

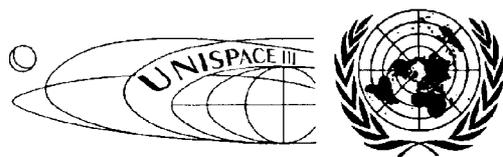
Distr. LIMITÉE

A/CONF.184/BP/9

26 mai 1998

FRANÇAIS

Original : ANGLAIS



**TROISIÈME CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'EXPLORATION ET LES UTILISATIONS PACIFIQUES DE L'ESPACE EXTRA-ATMOSPHÉRIQUE**

MISSIONS DE PETITS SATELLITES

Document d'information n° 9

Liste des documents d'information:

1. La Terre et son environnement dans l'espace
2. Catastrophes: prévision, alerte et atténuation des effets
3. Gestion des ressources de la Terre
4. Systèmes de navigation et de localisation par satellite
5. Communications spatiales et leurs applications
6. Sciences spatiales fondamentales, recherche sur la microgravité et leurs avantages
7. Aspects commerciaux de l'exploration spatiale, y compris les retombées bénéfiques
8. Systèmes d'information pour la recherche et les applications
9. Missions de petits satellites
10. Initiation et formation aux sciences et aux techniques spatiales
11. Retombées bénéfiques sur le plan économique et social
12. Promotion de la coopération internationale

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Paragraphes</i>	<i>Page</i>
PRÉFACE		2
RÉSUMÉ		4
I. LE PRINCIPE DES PETITS SATELLITES	1 - 12	5
II. COMPLÉMENTARITÉ DES MISSIONS DE PETITS ET DE GRANDS SATELLITES	13 - 17	7
III. APPLICATIONS DES MISSIONS DE PETITS SATELLITES	18 - 43	8
A. Télécommunications	19 - 25	8
B. Observation de la Terre (télédétection)	26 - 31	9
C. Recherche scientifique	32 - 37	11
D. Démonstrations de technologie	38 - 39	12
E. Formation théorique	40 - 43	12
IV. POSSIBILITÉS DE LANCEMENT DE PETITS SATELLITES D'UN COÛT MODIQUE	44 - 53	13
A. Lancements réservés	46 - 47	13
B. Lancements secondaires ou auxiliaires	48 - 50	14
C. Accès aux lancements	51 - 53	14
V. MOYENS DE SOUTIEN AU SOL NÉCESSAIRES POUR LES PETITS SATELLITES	54 - 58	15
VI. RETOMBÉES BÉNÉFIQUES DES PETITS SATELLITES SUR LE PLAN ÉCONOMIQUE	59 - 66	15
A. Retombées bénéfiques directes	60	16
B. Retombées bénéfiques indirectes	61 - 66	16
VII. COOPÉRATION INTERNATIONALE AUX NIVEAUX RÉGIONAL ET MONDIAL	67 - 75	17

PRÉFACE

L'Assemblée générale, dans sa résolution 52/56, a approuvé la recommandation tendant à tenir la troisième Conférence des Nations Unies sur l'exploration et les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique (UNISPACE III) à l'Office des Nations Unies à Vienne du 19 au 30 juillet 1999 en tant que session extraordinaire du Comité des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, ouverte à tous les États Membres de l'Organisation des Nations Unies.

UNISPACE III aura pour objectifs principaux de:

- a) Promouvoir des moyens d'utilisation efficaces des techniques spatiales afin d'aider à résoudre des problèmes d'importance régionale ou mondiale;
- b) Renforcer les capacités des États Membres, en particulier des pays en développement, pour leur permettre d'utiliser les applications de la recherche spatiale au service du développement économique et culturel.

Les autres objectifs d'UNISPACE III seront les suivants:

- a) Donner aux pays en développement la possibilité de définir leurs besoins en matière d'applications spatiales à des fins de développement;
- b) Étudier les moyens de faciliter l'utilisation des applications spatiales par les États Membres en vue de promouvoir un développement durable;
- c) Aborder les questions de l'éducation, de la formation et de l'assistance technique en relation avec les sciences et les techniques spatiales;
- d) Offrir un cadre propice à l'évaluation critique des activités spatiales et sensibiliser davantage le grand public aux retombées bénéfiques des techniques spatiales;
- e) Renforcer la coopération internationale en faveur du développement des techniques et des applications spatiales et de leur utilisation.

Dans le cadre des activités préparatoires à la Conférence, le Bureau des affaires spatiales a établi plusieurs documents d'information pour aider les États Membres participant à la Conférence, ainsi qu'aux réunions préparatoires régionales, à faire le point sur l'état d'avancement de la question et sur les dernières tendances qui se dessinent en matière d'utilisation des techniques spatiales. Ces documents ont été établis par le Bureau des affaires spatiales à partir des éléments fournis par les organisations internationales, les agences spatiales et les experts du monde entier. Les 12 documents d'information publiés dans la même série se complètent et devraient faire l'objet d'une lecture globale.

Il serait utile pour les États Membres, les organisations internationales et les industries spatiales qui prévoient de participer à UNISPACE III de tenir compte du présent document, notamment pour arrêter la composition de leur délégation et pour formuler leurs contributions aux travaux de la Conférence.

Le présent document d'information a été établi notamment à partir des contributions des organismes suivants: Académie internationale d'astronautique; Agence spatiale européenne; Centre national d'études spatiales (France); Centre royal de télédétection spatiale (Maroc); Institut d'études avancées pour la science et la technologie (Corée); Organisation météorologique mondiale; Sous-Comité sur les petits satellites en faveur des pays en développement et Surrey Satellite Technology Ltd., Université du Surrey (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord).

M. J. Rycroft, de l'Université internationale de l'espace à Strasbourg (France) et de l'Université de Cambridge (Royaume-Uni), a prêté un concours précieux pour la rédaction technique des documents d'information n° 1 à 10 (A/CONF.184/BP/1 à 10).

RÉSUMÉ

Les petits satellites offrent la possibilité de missions intéressantes faisant appel à des techniques éprouvées ou nouvelles dans tous les domaines des sciences et de leurs applications, pour les démonstrations de technologie et à des fins d'éducation et de formation. Ils intéressent certes les pays industrialisés ayant déjà des programmes spatiaux bien établis, mais surtout les pays en développement et les pays émergents du point de vue spatial, auxquels ils permettent d'accéder aux missions spatiales, à leurs applications et aux techniques dérivées. Avec leur délai de mise au point plus bref, leurs coûts de lancement modiques en raison de la taille et de la masse réduite des engins et leurs proportions plus maniables, les petits satellites apparaissent désormais comme une solution intéressante pour acquérir un savoir-faire national en matière spatiale et pour répondre aux besoins de tous les pays qui souhaitent entreprendre des missions nouvelles.

Les petits satellites, qui ont considérablement élargi les possibilités de missions spatiales, permettent donc aux pays qui s'engagent sur la voie des techniques spatiales d'accéder à l'espace à un moindre coût. Les petits satellites ne sont pas une solution pour tous les types de missions, mais ils permettent de réaliser des expériences et des applications scientifiques ambitieuses en complément des missions de plus grande ampleur. Leurs capacités se développent au fur et à mesure que des améliorations sont apportées aux processeurs et aux détecteurs électroniques.

Les projets de petits satellites peuvent être entrepris dans le cadre d'une coopération internationale aux niveaux régional ou mondial. Les programmes de coopération offrent également aux ingénieurs et aux scientifiques des possibilités de formation s'agissant de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des satellites. Les missions de petits satellites sont particulièrement intéressantes pour les pays qui s'engagent dans les activités spatiales – c'est-à-dire des pays qui disposent d'une base de connaissances techniques et d'une certaine expérience spatiale et auxquels ces missions permettront de tirer parti de nouvelles possibilités en échange d'un rapport coût-efficacité valable.

Dans le présent document, le principe et le rôle des microsattelites et des petits satellites sont examinés, de même que les aspects économiques des projets de petits satellites, le rôle des établissements d'enseignement et de recherche et celui du secteur commercial et les possibilités de coopération aux niveaux régional et international.

I. LE PRINCIPE DES PETITS SATELLITES

1. Dans les premiers temps de l'exploration spatiale, la plupart des missions spatiales étaient de petite ampleur essentiellement parce que les capacités de lancement étaient réduites. La taille des satellites a augmenté parallèlement à l'accroissement des capacités des lanceurs. Il ne faut pas oublier, cependant, que ces premiers petits satellites ont fait progresser de façon exceptionnelle les connaissances humaines. Au fur et à mesure que les projets, surtout dans le domaine scientifique, prenaient de l'ampleur, les milieux spatiaux internationaux se sont généralement inquiétés de la diminution graduelle du nombre des possibilités de vol dans chaque domaine spécifique, du coût de plus en plus élevé de missions qui devenaient de plus en plus complexes et de la flexibilité réduite que celles-ci impliquaient (en raison de la durée du délai de leur mise au point, par exemple).

2. L'intérêt de revenir à des missions de moins grande ampleur a donc été reconnu initialement par la communauté spatiale, dont les activités étaient d'ailleurs en voie de rationalisation vu la réduction des budgets alloués aux activités spatiales. Toutefois, le retour aux missions de petits satellites a aussi été favorisé par les progrès technologiques. Grâce à ces derniers, en effet, il est devenu possible de concevoir de petits satellites qui non seulement fournissent des résultats scientifiques précieux, mais aussi permettent des applications complètement nouvelles pour la télédétection, la surveillance de l'environnement et les communications.

3. Il n'existe pas de définition universellement acceptée des "petits satellites". En général, on s'en tient à une limite supérieure de 1 000 kg. Sur cette base, les satellites de plus de 100 kg sont souvent dits "minisatellites", ceux de 10 à 100 kg "microsatellites" et ceux de moins de 10 kg "nanosatellites". À l'Université du Surrey (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord), on parle de "petits" satellites entre 500 à 1 000 kg et de "mini" satellites de 100 à 500 kg. L'Agence spatiale européenne (ESA) utilise l'expression "petits satellites" pour une masse de 350 à 700 kg, "minisatellites" pour une masse de 80 à 350 kg et "microsatellites" pour une masse de 50 à 80 kg. Le coût de la mise au point et de la fabrication d'un minisatellite varie de 5 à 20 millions de dollars, celui d'un microsatellite va de 2 à 5 millions de dollars et celui d'un nanosatellite peut éventuellement être inférieur à 1 million de dollars. Dans le présent document, l'expression générique "petits satellites" s'entend des engins spatiaux d'un poids inférieur à 1 000 kg.

4. Dans leur principe, les petites missions spatiales sont mises au point en tenant systématiquement compte des aspects financiers dès la conception, avec des contraintes rigoureuses en matière de coûts et de délais et, dans la mesure du possible, dans un objectif unique. Ce principe s'appuie sur les quatre éléments ci-après.

Miniaturisation électronique et amélioration de la performance

5. Grâce au progrès de la technologie électronique, beaucoup des produits utilisés dans la vie quotidienne (ordinateurs, caméras vidéo, téléphones portables, radios, montres, etc.) deviennent plus petits, plus efficaces et, en général, moins coûteux. Il en va de même pour tous les éléments des satellites où interviennent l'électronique et les logiciels. Le progrès technologique va de pair avec la commercialisation des équipements dans le grand public. Des processeurs et des mémoires de grande capacité non qualifiés pour un usage spatial, mais plus puissants que leurs équivalents à qualification spatiale, ont été utilisés avec succès pour de petites missions. Les techniques de micro-usinage ont permis de remplacer des détecteurs électromécaniques encombrants, comme les accéléromètres, par des détecteurs à semi-conducteurs de masse et de volume très réduits.

Apparition de petits lanceurs

6. Si la masse des satellites de télécommunications en orbite géostationnaire a augmenté, c'est parce qu'une durée de vie, une puissance et un nombre de canaux accrus étaient souhaités. La capacité des lanceurs s'est donc développée en parallèle et a permis de procéder à des doubles lancements de satellites de télécommunications et d'appuyer les missions habitées. Grâce à cette capacité accrue, les missions scientifiques ont pris de l'ampleur, d'où certaines retombées bénéfiques du point de vue des économies d'échelle, mais aussi certains inconvénients inhérents

aux délais plus longs nécessaires pour obtenir le financement de missions importantes coûteuses et à la coordination difficile des spécifications contradictoires de multiples instruments. Pour lutter contre cette tendance, les États-Unis d'Amérique ont contribué, à la fin des années 80, à la mise au point commerciale de nouveaux petits lanceurs qui sont devenus opérationnels au milieu des années 90. Désormais, des lanceurs commerciaux généralement plus petits et moins coûteux sont aussi utilisés avec succès pour placer des "constellations" de petits satellites de communications sur orbite terrestre basse. La Fédération de Russie, qui a encouragé l'utilisation de missiles militaires modifiés pour lancer des petits satellites, pourrait influencer de façon décisive le marché des satellites en question compte tenu de la fiabilité élevée de ses lanceurs, disponibles en outre en grand nombre et à un coût moindre. L'Europe, avec son lanceur Ariane, joue un rôle de premier plan avec une plate-forme spéciale pour les lancements de microsatsellites (voir par. 50).

Indépendance

7. Un petit satellite sur lequel un seul instrument est embarqué et qui fait l'objet d'un lancement réservé est souvent, pour les nouvelles puissances spatiales, une solution abordable pour placer leur propre satellite sur orbite. Les petits satellites permettent aussi aux pays de se doter d'une capacité totalement indépendante en matière de communications, d'observation de la Terre ou de défense pour un coût modique et de ne plus être totalement dépendants, ainsi, des grandes puissances spatiales. Même si la performance des petits satellites ne peut pas égaler à tous égards celle des grands satellites, le fait qu'ils soient placés sous le contrôle direct du pays les rend très attractifs.

Complexité des missions et coût des satellites impliquant de multiples instruments

8. Parallèlement à l'augmentation du coût et de la complexité des missions scientifiques traditionnelles, les contraintes et la gestion qu'impliquent ces missions se sont alourdies. Des prescriptions de plus en plus rigoureuses en matière de sécurité sont appliquées pour protéger l'investissement, ce qui empêche d'utiliser des techniques de pointe. Ces éléments ont fait que les utilisateurs finals ont exercé un contrôle moindre sur les missions et qu'ils ont dû en attendre les résultats beaucoup plus longtemps. Avec les plates-formes pour de petites missions, on peut faire la démonstration et assurer la qualification en vol de matériels, de détecteurs et de systèmes nouveaux moyennant un coût modique, avec des résultats valables et dans un bref délai.

9. On a donc constaté, dans les années 90, un intérêt de plus en plus grand pour un retour à l'utilisation de petits satellites qui peuvent être placés sur orbite quelques années après le lancement d'un programme. Le principe des petites missions a été celui adopté aussi par l'Administration nationale de l'aéronautique et de l'espace (NASA) des États-Unis d'Amérique, dont l'approche consiste à faire "plus vite, mieux, moins cher". Les missions scientifiques en vue de l'exploration des régions proches de la Terre et des planètes sont désormais menées selon ce principe et plusieurs engins spatiaux de la nouvelle génération ont déjà été lancés et sont utilisés avec succès. Outre que les missions sont d'une ampleur réduite, le degré de contrôle du client est aussi désormais restreint d'où ce qui permet d'autres réductions des coûts, à condition que le niveau de la qualité du produit soit maintenu pour assurer le succès des missions.

10. Un excellent exemple est fourni par le programme de l'Institut japonais de sciences spatiales et d'astronautique (ISAS) qui, avec des engins spatiaux scientifiques de petite taille, a permis d'obtenir des résultats scientifiques intéressants, y compris en matière d'exploration cométaire et lunaire. Une réduction de la taille des satellites s'impose désormais s'agissant des missions d'observation de la Terre plus ciblées qui, avec un nombre réduit de petits instruments, fournissent des services complets aux spécialistes ou aux pays utilisateurs, ainsi que dans le cas des satellites Envisat et MetOp de l'ESA ou des satellites du Système pour l'observation de la Terre (SPOT).

11. Pour la plupart ces missions nouvelles coïncident avec une contraction des budgets spatiaux dans tous les pays, mais elles sont aussi rendues possibles grâce au progrès des technologies – miniaturisation des composants

techniques et mise au point de microtechnologies pour les détecteurs et les instruments utilisés pour des missions scientifiques et des missions d'observation de la Terre à petite échelle et bien spécifiées. À l'extrême, le processus de miniaturisation permet d'intégrer les systèmes microélectromécaniques en utilisant la microélectronique pour le traitement des données, le conditionnement des signaux, le conditionnement de puissance et les communications, c'est-à-dire le principe de la micro-instrumentation intégrée pour chaque application. Les évaluations des microtechniques et des nanotechniques auxquelles il a été procédé initialement ont même conduit à l'idée de nanosatellites d'une dimension de quelques centimètres et d'une masse de quelques kilos, construits par superposition de micro-instruments intégrés de la taille d'une plaquette pour chaque application, avec photopiles et antennes extérieures.

12. Les petits engins spatiaux n'impliquent donc pas des technologies peu évoluées ou des durées de vie abrégées: ils peuvent au contraire nécessiter des techniques très avancées et offrir une masse de charge utile proportionnellement plus importante par rapport à la masse totale de l'engin spatial. Les petits satellites permettent en fait des missions intéressantes, y compris avec les techniques actuelles, dans le domaine scientifique et s'agissant des applications, ainsi que pour l'éducation et la formation. Compte tenu de leur délai de mise au point abrégé et des coûts de lancement modiques qui autorisent leur taille et leur masse réduites, les petits satellites se présentent désormais comme une solution attractive pour répondre aux exigences des missions nouvelles. Cet aspect est particulièrement important pour les pays en développement qui peuvent ainsi avoir accès aux missions et aux applications spatiales ainsi qu'aux technologies correspondantes.

II. COMPLÉMENTARITÉ DES MISSIONS DE PETITS ET DE GRANDS SATELLITES

13. Les missions de petits satellites ne remplacent pas les missions de grands satellites, car leurs objectifs et leur champ d'activité sont souvent différents. Les petites missions complètent les grandes. En favorisant la mise au point de méthodes et de techniques nouvelles, les petits satellites peuvent permettre, sur le plan expérimental et technologique, des avancées novatrices utilisables ensuite pour des missions de plus grande ampleur.

14. Les petits satellites présentent plusieurs avantages pour tous les pays, petits et grands: opportunités de missions plus fréquentes et plus variées; expansion plus rapide de la base de connaissances techniques; plus large participation des industries locales; et diversification plus poussée des utilisateurs potentiels.

15. Bien entendu, une solution unique n'est pas nécessairement applicable à tous les problèmes. Il existe, par exemple, des raisons valables qui justifient l'augmentation de la masse des satellites géostationnaires: le nombre des positions disponibles sur l'orbite correspondante est limité et une durée de vie plus longue accroît le retour sur investissement. En général, il existe entre petits et grands satellites une relation similaire à celle qui existe entre microprocesseurs et ordinateurs centraux. Il est plus facile de résoudre certains problèmes en ayant recours à des systèmes répartis, par exemple des constellations de microsatsellites ou de petits satellites (pour une couverture mondiale, en général), tandis que d'autres problèmes impliquent des systèmes centralisés (par exemple un grand instrument optique pour un télescope spatial ou un système de radiodiffusion directe de haute puissance).

16. Ces petits satellites relativement peu coûteux impliquent une approche radicalement différente, du point de vue de la technologie et de la gestion, pour que les objectifs visés en matière de coûts, de performances et de résultats soient atteints. En effet, les tentatives faites pour réaliser des petits satellites en recourant aux institutions spatiales classiques ont échoué en raison de la trop grande prudence de ces institutions sur le plan conceptuel et des rigidités de leur structure de gestion. Il est préférable que de petites équipes (25 personnes par exemple) travaillent en étroite concertation, avec des moyens de communication adéquats et un personnel bien informé et réceptif qui assure la gestion. C'est dans les petites entreprises ou équipes de recherche que ces critères sont le plus souvent réunis, et non dans les grands agences spatiales qui peuvent avoir du mal à mettre en place les procédures nécessaires pour fabriquer des petits satellites relativement peu coûteux avec le personnel et les structures prévus pour des projets spatiaux de plus vaste ampleur, ou pour modifier selon qu'il convient les procédures existantes.

17. Pour que les projets de petits satellites puissent aboutir, les éléments spécifiques suivants doivent être réunis:
- a) Un personnel technique très innovateur;
 - b) De petites équipes motivées;
 - c) Au niveau individuel, sens des responsabilités, rigueur et qualité;
 - d) Au sein de l'équipe, de bonnes communications, une concertation étroite;
 - e) Des objectifs et des contraintes bien définis pour chaque mission;
 - f) Une utilisation judicieuse des techniques et éléments existants;
 - g) Une architecture de systèmes superposée et résistante aux défaillances;
 - h) Des essais complets des composants du système et du système dans son ensemble;
 - i) Une gestion des projets compétente du point de vue technique;
 - j) Des délais brefs (pour éviter une amplification excessive, éventuellement, des objectifs).

III. APPLICATIONS DES MISSIONS DE PETITS SATELLITES

18. Diverses applications des techniques spatiales, en particulier celles qui impliquent l'emploi de petits satellites, peuvent contribuer à la solution des problèmes économiques et sociaux. Les besoins directs dans le domaine peuvent être définis selon les régions, les types de services et de produits ou les types d'applications. À l'heure actuelle, l'attention est focalisée surtout sur les communications, la surveillance des régions reculées, l'utilisation des terres agricoles ou la protection de l'environnement. Au-delà de ces besoins directs, les petits satellites peuvent aussi constituer un excellent moyen de tester et de valider des technologies nouvelles. Enfin, les petits satellites peuvent jouer un rôle utile en vue de la formation théorique, surtout pour les pays en développement; cet aspect mérite une attention particulière.

A. Télécommunications

19. Dans le domaine des télécommunications, les applications spatiales sont nombreuses. Seules seront abordées ici les questions des communications mobiles et à distance (y compris la messagerie, le courrier électronique et la localisation) à l'aide de petits satellites en orbite terrestre basse.

20. Les systèmes de communications à l'aide de satellites en orbite terrestre basse permettent de fournir de nombreux services de communications, par exemple entre un terminal portable comme ceux employés pour la téléphonie cellulaire et un téléphone normal du réseau de télécommunications fixe existant. Les deux utilisateurs concernés en l'espèce peuvent être localisés où qu'ils soient, ce qui est particulièrement intéressant dans les zones ou les régions isolées qui sont dépourvues d'infrastructures de communications. Il est également possible d'établir des communications entre un utilisateur mobile et un utilisateur du réseau fixe dans le monde entier, la connexion finale étant assurée dans ce cas par l'intermédiaire du réseau existant.

21. L'utilisation de plates-formes de collecte de données automatiques, combinée aux caractéristiques bidirectionnelles des communications par satellite en orbite terrestre basse, permet l'installation d'un réseau de collecte de données à large couverture et fournissant un service en temps réel. En outre, les systèmes de

communications à l'aide de satellites en orbite terrestre basse permettent de localiser tous les utilisateurs de terminal mobile. Le degré de précision de ce positionnement, de l'ordre de 100 mètres, suffit pour la plupart des applications. Le terminal mobile de communications par satellite en orbite terrestre basse peut également être couplé à un télécopieur pour la transmission de données graphiques. Cela permet, par exemple, de transmettre un fax d'électrocardiogramme en cas d'urgence médicale dans une zone isolée.

22. La télémédecine est une application qui renforcera l'efficacité des services médicaux en permettant la transmission directe d'informations obtenues par des détecteurs simples et peu coûteux aux unités thérapeutiques complexes des centres médicaux importants, où ces données pourront être interprétées comme il convient par des spécialistes. Il sera possible, ainsi, de mettre des services d'urgence puissants et efficaces à la disposition des régions pauvres et sous-développées, de sauver de nombreuses vies et d'éviter aux patients des déplacements superflus. Le projet HealthNet est un exemple d'applications dans le domaine de la télémédecine qui utilise un microsattellite de 60 kg (HealthSat) en orbite terrestre basse pour relayer des données et des informations médicales entre pays d'Afrique et d'Amérique du Nord.

23. S'agissant de prévenir les défaillances des systèmes en cas de catastrophe naturelle de grande envergure, les communications mobiles pourraient là aussi jouer un rôle important puisque grâce à elles les victimes pourraient être secourues plus rapidement et un soutien logistique aux services de secours pourrait être apporté.

24. Les systèmes de communications à l'aide de satellites en orbite terrestre basse pourraient aider à surmonter les problèmes de communications qui se posent pour les pays en développement ayant de vastes territoires isolés. Il conviendrait donc de privilégier les efforts dans le domaine, car à l'heure actuelle les systèmes de communications par satellite en orbite terrestre basse qui sont proposés s'adressent surtout aux pays développés ayant d'importants marchés évolués. Mais comme le coût pour les utilisateurs finals peut devenir excessif dans le cas des zones reculées des pays en développement, ces derniers doivent faire un effort important pour définir comme il convient leurs besoins. Ainsi, le processus de coordination et de réglementation, au niveau international, du spectre des fréquences radio s'en trouvera facilité. Les missions de petits satellites peuvent donc, de par leur nature, contribuer à faire bénéficier tous les individus d'une éducation et des progrès dans le domaine social.

25. On a un exemple de mission réservée aux pays en développement avec le projet ECO-8, initialement conçu par le Brésil. Étant donné que la plupart du territoire de ce pays est situé en zone tropicale, les spécialistes brésiliens ont estimé que des orbites à faible inclinaison couvriraient leurs besoins. Cela signifie qu'au lieu d'une multitude de satellites, comme dans les programmes Iridium (66 satellites) ou Globalstar (48 satellites), il suffirait de 8 (ou éventuellement de 12) satellites pour fournir le service. Ce système beaucoup moins coûteux pourrait intéresser d'autres pays tropicaux.

B. Observation de la Terre (télédétection)

26. Les applications en relation avec l'observation de la Terre considérées ici couvrent différents aspects de la collecte des données et de l'imagerie. De même que les télécommunications, la question de l'observation de la Terre peut être conçue de différentes façons et selon les spécificités de chaque pays et des scénarios uniques différents s'agissant des applications peuvent être conçus. Quoiqu'il en soit, les petits satellites peu coûteux peuvent désormais servir à mettre en place des réseaux constitués de multiples satellites d'observation de la Terre à un coût raisonnable et en ramenant les intervalles d'observation de dix à vingt jours à environ douze heures sur l'ensemble de la surface du globe.

27. De nombreux pays ont bénéficié très tôt des retombées de la télédétection par satellite, mais il leur reste un long chemin à parcourir pour en tirer tout le parti possible compte tenu de leurs capacités actuelles. Il existe toutefois, aux niveaux national et régional, des besoins spécifiques qui appellent des solutions nouvelles. Le Brésil et la République de Corée, par exemple, mettent déjà au point un nouveau programme de satellites adapté à leurs besoins spécifiques. L'Amérique latine, l'Asie du Sud-Est et d'autres régions en développement ont besoin de capacités

spéciales en relation avec les paramètres des détecteurs, par exemple bandes spectrales, résolution spatiale, résolution temporelle, coût de l'image, autonomie et investissements consacrés aux équipements au sol, ainsi que du point de vue du savoir-faire requis pour utiliser ces mesures.

28. À la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement, tenue à Rio de Janeiro du 3 au 14 juin 1992, tous les chefs d'État ont mentionné et défendu dans leurs interventions les notions de développement durable et de biodiversification. Un développement durable bien conçu implique nécessairement que l'utilisation des ressources naturelles puisse être surveillée et contrôlée comme il convient au niveau local. En obtenant des informations sur ses ressources de façon systématique et permanente et au niveau planétaire, par exemple au moyen d'un petit satellite adapté à ses besoins spécifiques, un pays peut élaborer des stratégies à long terme. La télédétection par satellite et la distribution des données de télédétection devraient donc aider à lutter contre l'appauvrissement des ressources naturelles, y compris des forêts ombrophiles. Il importe aussi pour le développement durable de ne pas négliger les moyens logistiques nécessaires pour appuyer les politiques d'installation de populations et d'emploi.

29. La télédétection avec des stations au sol mobiles et des systèmes spatiaux d'un coût modique a un rôle important à jouer à cet égard. L'une des caractéristiques fondamentales des systèmes spatiaux est qu'ils assurent directement les liaisons descendantes avec de multitudes de petites stations au sol, ce qui élimine la nécessité d'un système centralisé de traitement et de distribution. Parmi les avantages de ces systèmes, on peut mentionner l'accès en temps réel aux observations, des bases de données de taille réduite et une distribution de l'information commode, même dans les zones qui ne sont pas bien desservies par les systèmes de communications. Dans certains cas – feux de forêt et de brousse, pollution, pêche et orages – la surveillance en temps réel et la décentralisation sont impératives. Aux fins de prévention des catastrophes, les besoins en matière de prévision des tremblements de terre, de détection précoce des orages tropicaux et d'anticipation de l'activité volcanique sont évidents aussi. Des activités dans le domaine scientifique et pour la conception des systèmes devraient donc être entreprises dans ces secteurs.

30. Les constellations actuelles de satellites météorologiques en orbite polaire ou géostationnaire permettent un partage des coûts et facilitent les synergies entre les détecteurs (données simultanées concernant une zone spécifique). Les progrès techniques réalisés pour les détecteurs et en particulier les nouveaux types de détecteurs hyperfréquence actifs et passifs permettent d'envisager l'utilisation de petits satellites avec une charge utile et une mission spécifiques. Bientôt, il pourra être entrepris des missions de petits satellites avec un seul instrument. Une constellation de ce type présentera de nombreux avantages, notamment du fait qu'elle sera moins vulnérable aux défaillances de source isolée.

31. Certaines entités privées ont aussi émis l'idée d'une commercialisation, à savoir que le secteur privé assurerait la construction, le lancement et l'exploitation de satellites de surveillance de l'environnement. Les données scientifiques ainsi obtenues seraient ensuite achetées par les services nationaux de météorologie et d'hydrologie, notamment.

C. Recherche scientifique

32. L'un des principaux avantages des projets scientifiques faisant appel aux petits satellites est qu'ils permettent de réaliser des mesures simultanées de paramètres physiques de différents points de l'espace. Dans le cadre des projets internationaux Aktivny, Apex et Interball, des systèmes comprenant un grand satellite (principal) et un petit satellite (subsidaire) ont effectivement permis de séparer les composantes temporelles et spatiales des variations des paramètres géophysiques. Les sous-satellites Magion de fabrication tchèque, d'une masse d'environ 50 kg, ont pu, d'une distance contrôlée, compléter les données recueillies par le satellite principal. Une multitude de projets de coopération scientifique actuellement menés dans le domaine de la physique des plasmas solaires et spatiaux démontrent les avantages des petits satellites lorsqu'il s'agit de mesurer des phénomènes en de multiples points. On mentionnera en particulier le programme international de physique Terre-Soleil, qui comprend l'Observatoire solaire et héliosphérique (SOHO) de l'ESA, le projet de la NASA pour l'étude des ondes et des phénomènes polaires, le

projet Geotail de l'ISAS et le futur projet Cluster 2 de l'ESA. Il ne faudrait pas en déduire pour autant que des petits satellites sont utilisés pour tous les éléments de ces programmes (voir SOHO par exemple).

33. Parmi les activités menées par les pays en développement au moyen de petits satellites, on peut mentionner notamment le projet FASat au Chili pour la surveillance de l'appauvrissement de la couche d'ozone et le projet KITSAT de la République de Corée, qui consiste à mesurer à l'aide d'un instrument les particules piégées dans le champ géomagnétique.

34. Au cours des dix précédentes années, il a été fait des progrès considérables en ce qui concerne la connaissance du comportement général des régions de la haute atmosphère et les relations de ces régions avec le milieu interplanétaire. Mais dans la mesure où les études ont été essentiellement centrées sur l'hémisphère Nord de la planète, il semblerait judicieux que les pays en développement, souvent situés dans l'hémisphère Sud et en particulier dans la zone tropicale, participent aux activités internationales afin de mieux comprendre leur propre environnement spatial. Il n'est pas très rationnel en effet que des études aussi importantes qui portent sur l'environnement et qui intéressent l'humanité tout entière soient limitées à l'hémisphère Nord et les pays de l'hémisphère Sud ont certainement les ressources humaines, les compétences et la motivation requises pour réaliser des études dans le domaine.

35. Compte tenu de l'insuffisance relative des études consacrées aux sciences spatiales dans l'hémisphère Sud, plusieurs phénomènes naturels intervenant dans la haute atmosphère de cet hémisphère et de la zone tropicale restent mal compris. On peut mentionner, à titre d'exemples, les déplétions plasmatiques dans l'ionosphère, ou bulles, observées au-dessus de l'Amérique du Sud, qui affectent les radiocommunications de façon plus radicale que partout ailleurs sous les faibles latitudes, ou encore l'anomalie géomagnétique de l'Atlantique Sud, avec ses vastes flux de particules précipitées chargées en énergie provenant de l'intérieur de la ceinture de rayonnement de Van Allen, qui endommagent fortement l'instrumentation des satellites (détecteurs, photopiles ou instruments photométriques), quand ils ne la neutralisent pas totalement.

36. L'hémisphère Sud est important aussi pour les études dans le domaine de l'astrophysique et en particulier pour l'étude des régions du ciel qui ne sont pas directement accessibles depuis l'hémisphère Nord; de nombreux pays en développement de l'hémisphère Sud ont participé, ces dernières décennies, aux études dans le domaine. Les satellites pourraient compléter utilement les études au sol réalisées jusqu'à présent par les pays en développement et ouvrir la voie à d'autres travaux.

37. Parmi les exemples récents de petites missions planétaires, on peut mentionner les programmes Discovery et New Millennium des États-Unis, qui sont à la fois novateurs et probants, les missions planétaires et lunaires mises au point par l'ISAS au Japon et le projet de minisatellite lunaire d'un coût modique conçu par l'Université du Surrey. Ces projets démontrent l'intérêt considérable d'approches aussi novatrices consistant à faire "plus vite, mieux, moins cher".

D. Démonstrations de technologie

38. La démonstration de technologie est une application évidente pour les petits satellites, qui offrent un moyen attractif et peu coûteux de démontrer, de vérifier et d'évaluer des technologies ou des services nouveaux dans un environnement orbital réaliste et moyennant des risques acceptables, avant de décider de passer à une mission de grande ampleur plus coûteuse. On peut mentionner, à titre d'exemples, les programmes Discovery et New Millennium de la NASA, les projets de la série Hypersat au Japon et le projet d'autonomie de bord (PROBA) de l'ESA. Le Centre national d'études spatiales (CNES) en France met au point la plate-forme universelle Proteus qui assurera un certain nombre d'applications dans les domaines de la recherche spatiale, de la télédétection et des communications et qui servira à des démonstrations de technologie. Le CNES met au point, en parallèle, une famille de microsatsellites (d'une masse de 100 kg) destinés à des missions scientifiques et techniques et à des missions portant sur des applications.

39. Le programme Discovery de la NASA est un bon exemple de mission de démonstration de technologie pour l'exploration du système solaire (Lunar Prospector, Mars Pathfinder, NEAR). Si ce programme est bien connu en raison du type de mission et de sa couverture médiatique, d'autres missions réalisées avec succès ont permis de collecter des données très utiles sur le comportement des matériaux et matériels dans un environnement spatial, et en particulier dans un environnement de rayonnements dangereux en orbite terrestre basse ou même en orbite de transfert géostationnaire. Les satellites d'étude des techniques spatiales du Royaume-Uni en sont l'exemple.

E. Formation théorique

40. Les industries spatiales qui se développent et les nombreuses institutions scientifiques ou organisations de services qui leur sont associées ont besoin en permanence de jeunes ingénieurs et scientifiques enthousiastes, formés et compétents pour relever les défis du futur. Les pays qui s'engagent dans les activités spatiales ont aussi intérêt à profiter de l'expérience de ceux qui les ont précédés dans l'espace et à se doter d'une structure d'encadrement avant de créer une agence spatiale nationale et d'établir leur présence dans l'espace. Des programmes de collaboration très probants pour le transfert de technologie des petits satellites et la formation pertinente ont été réalisés par le Royaume-Uni et par l'Afrique du Sud, le Chili, la Malaisie, le Pakistan, le Portugal, la République de Corée et la Thaïlande.

41. Bien que les petits satellites soient de taille réduite, ce sont néanmoins des engins complexes qui présentent pratiquement toutes les caractéristiques des grands satellites. Cela les rend particulièrement utiles pour l'éducation et la formation des scientifiques et des ingénieurs auxquels ils permettent d'acquérir une expérience pratique et directe à tous les stades et pour tous les aspects (technologie et gestion) d'une mission de satellite réelle, depuis la mise au point, la réalisation, l'essai et le lancement jusqu'à l'exploitation en orbite. La formation aux techniques spatiales est, pour de nombreuses régions du monde, un élément fondamental.

42. Dans plusieurs pays, notamment en Europe, les universités et les écoles qui forment les ingénieurs ont déjà mis au point, lancé et exploité leurs propres petits satellites. D'autres institutions se sont engagées sur la même voie, par exemple au Japon où, dans le domaine un concours entre étudiants a été organisé, en Afrique du Sud et aux États-Unis (programme universitaire d'exploration spatiale UNIX de la NASA). Le cadre universitaire est en effet idéal pour entreprendre des activités spatiales, notamment dans la mesure où il permet d'accumuler au niveau national les retombées bénéfiques usuelles des programmes spatiaux – acquisition de technologies et mise en place d'une organisation industrielle et de méthodes de gestion – au fur et à mesure que les étudiants quittent l'université pour entrer dans la vie professionnelle.

43. Vu son coût modique, le délai réduit qu'elle implique et ses proportions commodes à gérer, cette approche est très attractive pour les pays qui souhaitent acquérir et établir un savoir-faire national en matière de techniques spatiales. Bien que les programmes correspondants puissent être de nature exclusivement nationale, le plus souvent ils impliquent une coopération et un transfert de technologie. Ces programmes prévoient généralement aussi un enseignement théorique, une formation pratique et une coopération pour le satellite et la station au sol ainsi que des moyens de soutien pour l'exploitation du satellite.

IV. POSSIBILITÉS DE LANCEMENT DE PETITS SATELLITES D'UN COÛT MODIQUE

44. Il est vital, en particulier pour les pays en développement ayant des ressources modestes, de pouvoir accéder à l'espace à moindre coût afin de développer leurs activités spatiales initiales. Parmi les possibilités qui s'offrent pour le lancement de petits satellites, on peut mentionner l'utilisation d'un lanceur non récupérable réservé; le lancement d'un satellite secondaire ou auxiliaire à l'aide d'un gros lanceur non récupérable; le lancement à l'aide d'un lanceur unique non récupérable de deux engins spatiaux, dont un petit satellite, dans le cadre d'une double mission; et le lancement de petits satellites dans le cadre des services assurés par la navette spatiale (créneaux de compartiment de charge utile dits "offres spéciales de vol").

45. Pour faire le choix entre ces procédures, il convient d'évaluer les critères spécifiques auxquels doit satisfaire la mission par rapport aux capacités, aux coûts et aux contraintes des options de lancement, les considérations primordiales étant la flexibilité de la date de lancement et de l'orbite (en cas de lancement partagé) et la valeur de l'engin spatial. Les antécédents de fiabilité du lanceur potentiel ou l'expérience tirée de ses vols sont aussi à prendre en considération. Il n'est pas exclu que les pays qui lancent une série de charges utiles d'un coût modique soient prêts à prendre le risque d'utiliser un lanceur nouveau dont les antécédents ne sont pas démontrés, mais qui est moins onéreux. Une fois que l'utilisation de tel ou tel lanceur a été décidée, si finalement un engin différent de celui pour lequel le satellite et sa charge utile avaient été initialement conçus est employé certaines modifications pourront se révéler nécessaires.

A. Lancements réservés

46. Depuis une trentaine d'années, beaucoup de pays ont investi pour se doter d'une capacité propre en matière de lanceurs, soit en se tournant vers le marché commercial lucratif, soit en renforçant leurs propres programmes civils et militaires. Au niveau international, on voit se dessiner des politiques et des programmes dans le domaine spatial à mesure que les opportunités commerciales se développent et que les technologies pertinentes progressent. C'est dans la catégorie restreinte des lanceurs non récupérables que l'on a assisté au développement le plus net des activités des entreprises commerciales, tant aux États-Unis qu'ailleurs ces dernières années (y compris pour les lanceurs embarqués de type Pegasus). Les missiles à longue portée et les missiles intercontinentaux provenant des arsenaux des superpuissances qui s'affrontaient du temps de la guerre froide sont désormais disponibles, aussi, pour les lancements d'engins spatiaux civils.

47. Le coût relatif du kilogramme placé en orbite par les petits lanceurs est supérieur à celui des gros lanceurs, mais dans l'absolu ce coût est nettement moins élevé. Certains exploitants proposent également des services de lancement à prix réduit surtout sur les lanceurs nouveaux (sur un vol d'essai, le service peut même être gratuit). Les petits lanceurs non récupérables peuvent placer en orbite terrestre basse des charges utiles de 25 à 1 500 kg. Le lancement de deux petits satellites ou davantage par le même lanceur non récupérable (dit en "manifeste double") est une autre solution valable (voir par. 50).

B. Lancements secondaires ou auxiliaires

48. Pour tenter de réduire le coût de l'accès à l'espace et pour tirer parti des excédents de capacité en matière de performances, les fabricants de gros lanceurs non récupérables proposent aux clients souhaitant expédier une charge utile d'importance limitée la possibilité d'embarquer cette charge à titre secondaire, ou "auxiliaire", sur les missions où les capacités ne sont pas intégralement accaparées par la charge utile principale. Il a été recouru à cette possibilité à l'occasion de certains lancements de fusées Delta aux États-Unis et, dans la Fédération de Russie, dans le cas des lanceurs Soyouz et Tsiklon chargés d'emporter la charge principale des satellites Resurs et Meteor. Le calendrier fixé pour le lancement de la charge utile principale et sa fiabilité ne sont pas affectés par la charge utile auxiliaire et le propriétaire de la petite charge utile dispose ainsi d'une autre solution éventuellement d'un meilleur rapport coût-efficacité par rapport à celle qui consisterait à acheter un petit lanceur non récupérable réservé.

49. Cependant, les possibilités de lancement de charges utiles auxiliaires placées en orbite terrestre basse sont relativement rares et les paramètres et le calendrier des missions sont arrêtés par l'utilisateur principal. Il n'est pas exclu, compte tenu de la multiplication des lancements de satellites placés en orbite terrestre moyenne ou basse qu'impliquent les nouvelles constellations requises pour les télécommunications, que d'autres opportunités de lancements auxiliaires soient fournies dans l'avenir.

50. Pour le lanceur européen Ariane 4, une structure spéciale, dite structure Ariane pour charge utile auxiliaire (ASAP), a été mise au point en vue de lancer simultanément plusieurs petits satellites. La masse de chacun de ces satellites (qui peuvent être au nombre de sept par lancement) est limitée à 50 kg, mais le nouveau lanceur Ariane 5

plus puissant emportera plusieurs satellites de 50 à 100 kg. Cela facilitera grandement le lancement de petites satellites auxiliaires placés en orbite de transfert géostationnaire ou, dans certains cas, en orbite polaire basse.

C. Accès aux lancements

51. Il existe plusieurs moyens d'avoir accès aux lancements, soit à titre purement commercial soit dans le cadre d'une participation à des accords internationaux de coopération. Un pays peut préférer encore développer une capacité de lancement propre, compte tenu de la pénurie de lanceurs disponibles à un coût modique et des difficultés de tenir les délais imposés pour les lancements (à supposer que ce pays juge l'accès à l'espace indispensable à son développement).

52. L'acquisition de services de lancement auprès de sources commerciales internationales est parfois préférable aux mécanismes de coopération, car il peut être difficile de trouver un échange d'opportunités approprié. Il se peut, en particulier, qu'un pays souhaitant lancer son premier satellite voit dans l'acquisition commerciale de ce service la façon la plus efficace de procéder. Les services dans ce domaine devraient être inscrits par le pays dans la planification à long terme de son programme spatial. Les pays qui s'engagent dans les activités impliquant des satellites et qui cherchent à développer une infrastructure nationale (gouvernementale et/ou industrielle) doivent aussi se fixer des priorités pour l'acquisition du savoir-faire nécessaire pour gérer les activités de lancement.

53. Des missions en coopération peuvent être envisagées si plusieurs pays qui veulent tirer le meilleur parti possible de leurs ressources spécifiques et des financements disponibles peuvent y trouver un avantage clair. Les accords de coopération internationaux varient selon les missions et les pays, mais la plupart supposent que chaque pays assume l'entière responsabilité, sur le plan technique et financier, de sa contribution au programme commun. En outre, les accords dans le domaine spécifient clairement et distinctement les interfaces sur le plan technique et en matière de gestion.

V. MOYENS DE SOUTIEN AU SOL NÉCESSAIRES POUR LES PETITS SATELLITES

54. Le secteur sol a trois fonctions: a) les opérations, c'est-à-dire la surveillance de l'état du satellite et la préparation et la validation de la télécommande; b) les fonctions de poursuite, de télémétrie et de télécommande, qui sont assurées par la station de communications, éventuellement avec le centre d'exploitation; et c) la réception des données de la mission et leur transmission à l'utilisateur ou aux utilisateurs en vue de leur traitement et de leur distribution.

55. Selon le type de mission, la station au sol pour les petits satellites peut consister en une antenne à très haute fréquence (VHF) simple, comme la plate-forme standard utilisée au Royaume-Uni pour la série des satellites de l'Université du Surrey (UoSAT). Elle peut aussi être plus complexe, par exemple pour une mission d'observation de la Terre qui implique en général l'acquisition d'un volume de données important. Dans le cas des petits satellites, les considérations primordiales sont surtout l'autonomie de bord et des modes fiables, ce qui réduit la nécessité d'une surveillance continue depuis le sol tout en simplifiant le secteur terrien et en réduisant son coût. La possibilité de disposer, depuis peu, d'une autonomie de navigation à bord (en utilisant le système mondial de navigation et de localisation) conforte cette tendance.

56. Comme le coût des opérations représente une grande part du budget du programme de la mission, il est important de parvenir à le minimiser. Pour les opérations de routine, il est préférable de ne pas réutiliser les réseaux de poursuite des grandes agences spatiales, même si cela est difficile à éviter pour les phases de lancement et d'exploitation initiale. Généralement, il est bien plus économique de recourir à des systèmes nationaux, si possible en utilisant une station au sol unique.

57. Pour réduire le coût des opérations, il importe de comprendre que les ressources humaines représentent un poste de dépense majeur. Compte tenu du degré de fiabilité élevé des ordinateurs et de la puissance des ordinateurs personnels actuels, il semble toutefois qu'une autonomie des systèmes soit un objectif réaliste. Bien des aspects des opérations peuvent en effet se prêter à une automatisation: poursuite de l'antenne, déclenchement et arrêt du fonctionnement selon les passages, réception et stockage des données, conversion des données brutes, vérification du statut, etc. Dans l'avenir, les petits satellites avec des spécifications limitées en matière de télémétrie et de disponibilité devraient pouvoir utiliser des constellations de communications mobiles comme système mondial de relais de données.

58. Le système au sol des programmes de petits satellites doit certes être le moins coûteux possible, mais il doit quand même être suffisamment fiable pour ne pas manquer les passages du satellite et les données qu'il transmet. Il doit aussi permettre un retour rapide des données essentielles ainsi qu'une réponse sans délai aux ordres de commande critiques. Pour les données en vrac, un retour régulier pourrait être approprié selon l'application. Toutefois, l'établissement de liaisons descendantes directes avec les terminaux des utilisateurs et les stations terriennes mobiles pourrait être judicieux surtout pour les données de télédétection, comme on l'a déjà vu.

VI. RETOMBÉES BÉNÉFIQUES DES PETITS SATELLITES SUR LE PLAN ÉCONOMIQUE

59. On considère en général que les retombées bénéfiques sont de deux ordres, selon qu'elles résultent directement du domaine d'application ou découlent du développement des systèmes spatiaux dans le pays.

A. Retombées bénéfiques directes

60. Les avantages directs procurés par l'utilisation des petits satellites dépendent du domaine d'application, étant entendu que des engins spatiaux de grande taille pourraient procurer les mêmes retombées bénéfiques. Les petits satellites ont des contributions à fournir dans les domaines suivants:

a) Augmentation de la productivité de l'agriculture et de l'élevage dans les moyennes et grandes exploitations due à l'amélioration des prédictions météorologiques, de la connaissance des caractéristiques des sols, des communications et des transports;

b) Réduction des coûts de transport grâce à une organisation optimale de l'acheminement par voie routière, maritime ou fluviale et avec des possibilités accrues en matière de localisation et de détection rapide des vols, d'où une baisse du prix des marchandises;

c) Mise en place de systèmes de communications pour couvrir les besoins fondamentaux des petites communautés rurales dans les régions isolées;

d) Améliorations dans le domaine de la prévention des catastrophes naturelles et des secours en cas de catastrophe grâce aux systèmes de réseaux de satellites pour les activités scientifiques, les communications et la télédétection;

e) Programmes d'éducation à l'intention des populations des zones isolées.

B. Retombées bénéfiques indirectes

61. Les retombées bénéfiques indirectes intéressent particulièrement les pays en développement ou les petits pays qui désirent entreprendre un programme spatial. Même si les systèmes spatiaux sont effectivement coûteux, en particulier pour les pays en développement, l'expérience acquise au niveau international a montré que les

investissements dans les activités spatiales avaient un effet multiplicateur très important sur le produit national brut, puisque les études dans le domaine font référence à un chiffre de sept environ.

62. Un pays peut avoir tout intérêt à conserver sur son territoire une grande partie des investissements consacrés aux systèmes et aux services spatiaux commerciaux en renforçant la participation des industries nationales aux contrats internationaux de fourniture de systèmes et de services. Pour cela, il faut non seulement qu'une politique gouvernementale soit élaborée, mais aussi que des capacités locales soient disponibles.

63. Compte tenu de leur coût modique et des délais plus courts qu'ils impliquent, les projets de développement de systèmes de petits et microsattelites peuvent constituer le moyen idéal pour un pays d'acquérir le savoir-faire nécessaire pour assurer lui-même en partie les systèmes et les services spatiaux commerciaux dans lesquels il investit.

64. Il a trop souvent dans le passé été pris des décisions qui n'étaient pas les mieux adaptées aux besoins des pays, faute de savoir-faire et de formation appropriés. Pour acquérir les capacités voulues, des programmes d'enseignement et de formation sont donc indispensables et devraient être négociés dans le cadre des contrats d'acquisition de systèmes spatiaux. C'est ainsi qu'on a procédé, par exemple, pour mettre au point le programme de satellite de télécommunications Koreasat. La formation théorique permet en effet de participer, directement, ensuite, à des projets spatiaux et il a déjà été dit que pour les pays en développement les programmes de petits ou de microsattelites pouvaient constituer une première étape d'un coût raisonnable.

65. L'échange coordonné d'informations entre les pays de la même région peut aider à développer le savoir-faire en vue de la définition des objectifs précis des programmes spatiaux. Une fois les besoins réels évalués grâce à des études détaillées, chaque pays peut mieux choisir la solution adaptée à ses besoins à la fois spécifiques et changeants, y compris à travers des accords de coopération avec les pays voisins.

66. La mise en place de constellations pour les services de télécommunications mobiles favorisera elle aussi les petites missions. La réalisation en série de petits satellites pour ces constellations abaisse en effet nettement le coût des équipements d'emploi courant pour ces satellites.

VII. COOPÉRATION INTERNATIONALE AUX NIVEAUX RÉGIONAL ET MONDIAL

67. Selon les principes de la Charte des Nations Unies et d'autres accords de coopération internationale en vue de l'exploration et des utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphérique, chaque pays a le droit de pouvoir participer aux activités spatiales. En outre, chaque pays a le devoir de coopérer aux efforts dans le domaine et de partager les informations existantes et la technologie appropriée pour aider les autres pays à concevoir, réaliser, lancer et exploiter des satellites.

68. Bien qu'il existe depuis un certain nombre d'années une coopération dans le domaine spatial, en particulier dans le cadre de projets scientifiques spécifiques, les activités correspondantes commencent seulement à inclure les petits satellites. Il faut donc s'attacher à définir les possibilités d'élargir les activités de coopération afin que les pays soient plus nombreux à accéder à l'espace et aux retombées bénéfiques des techniques spatiales. L'option des petits satellites est certainement pour les pays en développement le meilleur moyen d'entreprendre des programmes spatiaux propres pour un rapport coût-efficacité optimal.

69. Il existe de nombreux exemples de programmes de formation à la mise au point, à la réalisation et à l'exploitation de petits satellites à l'intention des ingénieurs. Des entreprises du Royaume-Uni ont aidé, par exemple, le Chili, le Pakistan et la République de Corée à mettre au point des petits satellites de moins de 100 kg ainsi que des petits pays d'Europe qui avaient décidé d'entreprendre un programme spatial. D'autres pays, comme la République de Corée, se sont engagés avec l'aide de pays industrialisés dans des programmes plus ambitieux de

petits satellites d'observation de la Terre de plusieurs centaines de kilos. L'Université technique de Berlin fournit au Maroc la plate-forme Tubsat-C pour que ce pays construise son premier microsatellite expérimental pour la messagerie et la télédétection. Il existe aussi des programmes de coopération plus classiques en vue de la mise au point de petits satellites, par exemple entre l'Argentine et la NASA, ou au niveau régional entre l'Argentine et le Brésil. D'autres pays envisagent déjà des mécanismes similaires pour favoriser la mise en place d'un programme spatial national.

70. Les activités de coopération dans le domaine spatial impliquent souvent des transferts de technologie sous une forme ou une autre. Pour être efficaces, les transferts de technologie liés au développement des activités de petits satellites doivent permettre de communiquer à une équipe l'impulsion requise pour réaliser la génération de petits satellites suivante. Il existe divers moyens de procéder à des transferts de technologie, mais pour assurer le succès, il faut s'attacher à transférer des connaissances et non un ensemble de technologies (c'est-à-dire à favoriser non seulement la maîtrise des procédés, mais leur compréhension).

71. Si l'on considère que tous les mécanismes de transfert de technologie impliquent la participation de personnes originaires de pays différents, leur succès implique que certaines conditions minimum soient réunies:

a) Il ne peut être transféré des technologies avec succès qu'à des personnes ayant les qualifications scientifiques et techniques voulues;

b) L'application de la technologie faisant l'objet du transfert implique qu'il y ait un accès aux infrastructures appropriées;

c) Un plan de développement à long terme, avec des objectifs précis et un financement adéquat, doit être mis en place, notamment parce que les transferts de technologie sont un processus de longue haleine.

72. Quand ils sont conduits de façon appropriée et accompagnés d'un transfert de technologie sous une forme ou une autre, les programmes de coopération sont viables et ils peuvent aider les pays qui décident d'y participer à accéder plus rapidement à l'espace.

73. Les pays de l'Asie et du Pacifique, en particulier, n'ont pas l'expérience de la coopération en matière spatiale et présentent une large diversité du point de vue économique et technologique. Il est donc déjà très difficile pour des pays qui sont en développement de s'associer à un projet de coopération existant dans le domaine spatial si cela implique une contribution financière. Pour remédier à cette situation, la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP) a proposé à l'intention des pays membres un cadre d'action qui a été jugé tout à fait viable et approprié, du moins au niveau de la région de l'Asie et du Pacifique. Ce mécanisme est fondé sur le principe de la contribution proportionnelle, c'est-à-dire que les coûts des projets sont partagés de façon flexible entre les pays en fonction de leur niveau de participation.

74. Selon la CESAP, les technologies requises pour les projets sont de deux catégories: les technologies publiées et les technologies nouvelles. Les technologies publiées peuvent être utilisées librement pour les projets (sans qu'une redevance pour transfert de technologie soit exigée). Quand des technologies nouvelles doivent être mises au point en vue d'un projet, le coût des activités de recherche-développement est couvert par le projet à travers une participation à quatre niveaux:

a) Participation à titre d'hôtes des pays qui disposent des technologies requises pour mettre au point les charges utiles communes et qui sont prêts à faire bénéficier le projet de ces technologies, mais sans contribution financière au projet. Ces pays ne devraient pas, toutefois, exiger le versement d'une redevance en échange de l'utilisation de leurs technologies dans le cadre du projet;

b) Participation à titre de détenteurs de technologie des pays qui placeront les charges utiles communes sur leurs propres satellites et les exploiteront, à condition d'assumer toutes les dépenses liées à la réalisation de ces charges utiles. Si une technologie nouvelle est requise, le pays détenteur doit assumer le coût des activités de recherche-développement pertinentes;

c) Participation à titre de partenaires des pays qui sont associés à la réalisation, en partie ou en totalité, des charges utiles communes. Une fois les charges utiles communes en orbite, les pays participant à titre d'hôtes, de détenteurs ou de partenaires peuvent faire librement usage de la constellation de satellites, selon des modalités arrêtées au préalable;

d) La participation au niveau du travail d'analyse intéresse les pays qui ne sont pas associés à la réalisation des charges utiles communes, mais qui effectuent des travaux d'analyse et de recherche en utilisant des données recueillies à l'aide des charges utiles communes; l'accès aux données et autres informations connexes est garanti à titre gracieux. Le matériel ou les logiciels spécifiques éventuellement nécessaires doivent être mis au point aux frais de chaque pays participant.

75. Les dépenses liées à la participation aux réunions ou séminaires en relation avec le projet sont à la charge de chaque pays participant. Si les pays hôtes ou les pays détenteurs de technologie ont à assurer la formation de personnels des pays participants ces derniers devront prendre à leur charge les coûts correspondants, qui d'ailleurs pourraient n'être que marginaux.