

**LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE :  
LA PARTICIPATION DU CANADA**

**Lynne C. Myers**  
**Division des sciences et de la technologie**

*Révisé le 26 juillet 2002*



Bibliothèque  
du Parlement

Library of  
Parliament

**Direction de la  
recherche parlementaire**

**La Direction de la recherche parlementaire de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, elle assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.**

N.B. Dans ce document, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractère gras**.

**THIS DOCUMENT IS ALSO  
PUBLISHED IN ENGLISH**

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>PAGE</b>
DÉFINITION DU SUJET.....	1
CONTEXTE ET ANALYSE.....	3
A. La station spatiale.....	3
B. Le programme canadien de la station spatiale .....	6
1. Objectifs du programme : Pourquoi le Canada devrait-il y participer?.....	6
2. Le système d'entretien mobile (SEM).....	10
C. Autres contributions internationales.....	12
1. Kibo – le module-laboratoire japonais (JEM) .....	12
2. Columbus – le module pressurisé de l'Agence spatiale européenne (module de l'ESA).....	13
3. La contribution russe.....	13
4. L'état d'avancement de l'assemblage de la SSI .....	14
CHRONOLOGIE.....	16
BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE.....	18



CANADA

LIBRARY OF PARLIAMENT  
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

## LA STATION SPATIALE INTERNATIONALE : LA PARTICIPATION DU CANADA\*

### DÉFINITION DU SUJET

Depuis de nombreuses années, les États-Unis sont engagés activement, et en général avec succès, dans l'exploration de l'espace. Ce pays a mis en orbite des vaisseaux spatiaux habités et non habités et les a ramenés sur Terre. Il a permis à l'homme de marcher sur la Lune et d'en revenir sain et sauf. Avec la navette spatiale, il a prouvé qu'il était possible – mais non sans danger – de réutiliser le même vaisseau spatial. La National Aeronautics and Space Administration (NASA) des États-Unis estime que la construction et l'exploitation d'une station spatiale habitée en permanence constituent la prochaine étape majeure de l'évolution de l'exploration de l'espace par l'humain. La station spatiale remplira trois missions.

- En premier lieu, elle formera une base de recherches orbitale dans laquelle il sera possible d'étudier les effets de longs séjours dans l'espace sur la physiologie et le bien-être des humains. Nous avons absolument besoin de cette information pour poursuivre avec succès l'exploration et l'exploitation de l'environnement spatial.
- La station jouera aussi le rôle de laboratoire de recherche de pointe, dans lequel il sera possible de commencer à mieux comprendre comment utiliser les caractéristiques propres à l'espace – gravité presque nulle, vide presque parfait et absence d'interaction avec l'atmosphère – pour étudier de nouveaux matériaux, de nouveaux médicaments et de nouvelles technologies.
- Enfin, la station spatiale sera un banc d'essai technique qui permettra d'apprendre comment construire, exploiter et entretenir des systèmes complexes dans l'espace.

---

\* La première version de ce bulletin d'actualité a été publiée en février 1987. Le document a été régulièrement mis à jour depuis.

En 1984, le président de l'époque, Ronald Reagan, a annoncé la décision des États-Unis de construire d'ici dix ans une station orbitale habitée en permanence, et il a invité le Canada et le Japon ainsi que l'Agence spatiale européenne (ESA) à participer à la réalisation de cet ambitieux projet. En mars 1986, le Canada a annoncé qu'il acceptait l'invitation. La même année, 11 pays de l'ESA et le Japon ont confirmé eux aussi leur participation. En janvier 1998, le Canada et les autres participants du début ont signé un accord intergouvernemental révisé en vue de l'établissement d'un nouveau partenariat pour la station spatiale internationale (SSI), dont font maintenant partie la Russie et le Brésil. Les nouveaux accords reflétaient les changements apportés au programme de la station spatiale à cause de la participation importante de la Russie et les changements apportés au projet au fil des ans.

Les autorités canadiennes ont accepté que le pays se charge de la conception, de la construction et de la mise en service d'un élément crucial de la station, le Système d'entretien mobile (SEM), pour des tâches d'assemblage, d'entretien et de mise au point effectuées sur la station spatiale. Le SEM était censé être composé d'un système à base mobile, de deux manipulateurs (le télémanipulateur et le MAS, ou manipulateur agile spécialisé) et du Système canadien de vision spatiale (SCVS). Voici des raisons que l'on a citées pour justifier la participation du Canada : l'occasion de faire avancer l'industrie spatiale canadienne, dont la réputation est déjà bien établie; les retombées possibles des progrès que cet effort ne manquera pas d'engendrer dans le domaine de la robotique et de l'intelligence artificielle; l'accès futur à la station orbitale pour des projets de recherche et de développement scientifiques. On a d'abord estimé le coût de cette participation à 800 millions de dollars, mais cet engagement a augmenté au fil des ans et devait se chiffrer à environ 1,9 milliard de dollars d'ici 2005. Toutefois, les efforts de réduction du déficit ont obligé le Canada à réduire cet engagement. Par suite des nouvelles négociations qui ont eu lieu dans la foulée du budget de 1994, le Canada a réduit son engagement financier, qui est passé à 496 millions de dollars, somme qui vient s'ajouter aux 713 millions de dollars déjà versés. Le total de sa contribution est ainsi tombé à environ 1,2 milliard de dollars. Comme nous le précisons plus loin dans cette étude, bien que le Canada ait réduit sa participation financière, il a conservé les volets du programme qui offrent les meilleures possibilités de retombées économiques et scientifiques pour les Canadiens.

## CONTEXTE ET ANALYSE

### A. La station spatiale

La station spatiale américaine ne sera pas une première; en 1973-1974, le Skylab – qui pouvait recevoir à son bord des astronautes pour des séjours pouvant aller jusqu'à trois mois consécutifs – était déjà en orbite autour de la Terre. Entre ce moment et la décision prise en 1984 de construire une station orbitale, les États-Unis ont axé leurs efforts sur la mise au point de la navette spatiale (ou STS – système de transport spatial). Dans l'intervalle, le programme Saliout a doté l'URSS d'une station spatiale habitable et permanente, qu'elle utilise depuis 1971. Par ailleurs, en exploitant la station spatiale MIR pendant de nombreuses années, les Soviétiques ont acquis une expérience précieuse. Après le démantèlement de l'Union soviétique, l'avenir de la station MIR avait été remis en question, mais il semble maintenant que la station pourra poursuivre ses activités. Depuis mai 1995, la NASA a amarré ses navettes spatiales Atlantis et Discovery à la station spatiale MIR une dizaine de fois, afin de permettre l'intégration progressive de la Russie au programme américain de la SSI.

Le programme de la station spatiale américaine, tel qu'il était conçu initialement, était à la fois ambitieux et novateur. La station devait remplir un vaste éventail de fonctions, et servir :

- de laboratoire spatial pour la recherche scientifique et la mise au point de nouvelles technologies;
- d'observatoire permanent comportant des éléments sur orbites polaires et à faible degré d'inclinaison pour l'observation de la Terre et de l'univers;
- de centre de transport où les véhicules et les charges utiles transiteront pour les préparations nécessaires avant de rejoindre l'orbite leur ayant été assignée;
- de station-service où les charges utiles et les véhicules pourront être entretenus, réparés ou reconditionnés;
- d'installation d'assemblage où des structures spatiales de grandes dimensions pourront être assemblées et testées;
- d'installation qui permettra de tirer parti des conditions exceptionnelles offertes par l'environnement spatial pour fabriquer des produits que l'on ne pourrait obtenir sur Terre et d'ouvrir ainsi de nouveaux débouchés commerciaux;

- de dépôt de stockage où les charges utiles et les pièces détachées pourront être conservées en orbite pour une utilisation ultérieure;
- de base logistique pour d'éventuels projets spatiaux futurs comme, par exemple, la construction d'une base permanente sur la Lune, une mission habitée vers Mars, des vols de reconnaissance pilotés vers les astéroïdes, la mise en place en orbite géosynchrone d'une station scientifique et de télécommunications habitée, ou pour des sondes planétaires automatiques.

En 1990, en raison de restrictions budgétaires et de certains doutes formulés sur les principes techniques de la station proposée, le Congrès a demandé à la NASA de réviser ses plans et de modifier le programme de manière à l'adapter aux contraintes financières toujours en vigueur. Une fois ce réexamen terminé, la NASA a proposé une version plus petite de la station spatiale, qui est devenue la proposition officielle. La nouvelle version n'a pas modifié les principes de conception du SEM et le Canada a poursuivi ses travaux, à partir des critères formulés au départ par la NASA.

Or, depuis qu'il a approuvé la première fois le projet, le Congrès américain n'a pas assuré le financement équivalant au montant que la NASA avait demandé et prévoyait. Par exemple, en 1988, la NASA a demandé au total 767 millions de dollars pour le projet, mais le Congrès n'a approuvé qu'une somme de 393 millions. Des décisions semblables ont été prises les années suivantes, et en 1992, un comité du Congrès a même adopté une résolution visant l'arrêt de tout financement pour la station spatiale. La Chambre des Représentants a toutefois rétabli ce financement, mais pour une somme de 1,9 milliard de dollars, alors que la NASA avait demandé 2,45 milliards. En 1993, la rumeur a voulu que le financement de la station spatiale soit amputé ou même éliminé. Au début de cette année-là, la Maison-Blanche a toutefois annoncé qu'elle demanderait des fonds de l'ordre de 2,305 milliards de dollars pour la station spatiale pour l'exercice 1994. Le président de l'époque, Bill Clinton, a de nouveau affirmé son appui au programme, tout en exigeant une nouvelle modification des plans de conception afin de réduire encore plus les coûts. Avant même que les nouveaux plans de conception ne soient soumis à l'approbation du président, des négociations ont été amorcées avec la Russie, qui désirait elle aussi offrir son expertise et son matériel pour la réalisation de la station spatiale internationale. Les défenseurs américains de la SSI espèrent que le Congrès sera moins porté à sabrer dans le projet maintenant qu'il en est au stade de la construction. Les partenaires internationaux de la NASA espèrent également qu'il ne sera pas nécessaire de modifier de nouveau la conception de la station.

Tout comme la conception, les objectifs officiels du programme de la NASA ont eux aussi été modifiés, de manière à refléter des objectifs à plus court terme, et peut-être même moins grandioses. Ces objectifs officiels ont été formulés ainsi :

- établir une installation multifonctions habitée en permanence sur orbite terrestre basse (LEO) au cours des années 1990;
- améliorer et accroître les capacités de vie et de travail des humains dans l'espace, de manière sécuritaire;
- favoriser les technologies d'importance nationale en les mettant à profit pour la fourniture des fonctions de la station spatiale;
- assurer l'exploitation et l'utilisation à long terme et de manière rentable d'installations scientifiques en constante amélioration aux fins de travaux scientifiques, technologiques, commerciaux et opérationnels, facilités ou enrichis par la présence de l'humanité dans l'espace;
- promouvoir un fort degré de coopération internationale dans l'espace;
- créer et multiplier les occasions d'activités dans l'espace pour le secteur privé;
- assurer l'évolution de la station spatiale de manière qu'elle puisse satisfaire aux besoins et aux défis futurs;
- favoriser la connaissance et la compréhension par le public du rôle des systèmes spatiaux habitables dans l'évolution de l'expérience humaine au-delà de l'atmosphère terrestre.

Dans le projet original, la station spatiale ressemblait à un grand rectangle de poutrelles métalliques en treillis. Ces treillis auraient été amenés dans l'espace par la navette, puis auraient été assemblés sur place par le Système d'entretien mobile fabriqué au Canada. Selon la version la plus récente, les treillis seront maintenant pré-intégrés et pré-testés sur Terre, et tous les sous-systèmes seront installés avant le lancement. Plusieurs modules seront d'abord lancés et accouplés, puis le treillis intégré sera ajouté. Le Canadarm – le Bras canadien (ou télémanipulateur) – déjà utilisé à bord de la navette spatiale, servira au début de la construction de la station, et le SEM servira plus tard durant la construction et l'entretien.

La nouvelle station spatiale sera plus petite que le prévoyait le premier projet (108 m au lieu de 150), et pourra accueillir de quatre à six astronautes au lieu de huit. De plus, son débit de transmission vers la Terre équivaldra à seulement un sixième du débit par minute prévu au départ.



Il est évident que l'envergure et le nombre d'expériences réalisables dans cette nouvelle configuration seront inférieurs aux prévisions originales. Cependant, pour le Canada, il ne s'agit pas de changements graves, puisque tant l'ancienne que la nouvelle version de la station ont besoin du SEM.

Les plans et les échéanciers de lancement et de construction continuent de changer. **La NASA a bien lancé les deux premiers éléments de la station spatiale en novembre et décembre 1998. Elle a toutefois retardé à plusieurs reprises le lancement du troisième élément, fourni par ses partenaires russes. Ce lancement n'a eu lieu qu'en juillet 2000. La NASA prévoit avoir entièrement terminé la construction à la fin de 2006, bien qu'il soit vraisemblable que le calendrier sera de nouveau modifié et que de nouveaux retards se produiront. Après seulement six vols d'assemblage, la station en est déjà rendue au stade de visitabilité (MTC, pour « man-tended capability »). Les trois premiers astronautes résidents sont arrivés en novembre 2000. Depuis, la navette spatiale a continué d'effectuer plusieurs vols chaque année pour des opérations d'assemblage et de maintenance; trois vols d'exploitation ont lieu annuellement. Pendant ces trois vols, la navette et son équipage de sept s'amarrent à la station pour une période d'environ deux semaines; quatre membres d'équipage réalisent des expériences pour le compte des utilisateurs de la station. Les pays participant à l'exploitation de la station partageront les coûts de ces séjours dans l'espace. Le temps et l'espace auxquels ils auront droit dans les laboratoires dépendront de leur contribution respective. D'autres pays pourront faire réaliser des expériences dans la station sur une base commerciale, selon l'espace et le temps disponibles.**

## B. Le programme canadien de la station spatiale

### 1. Objectifs du programme : Pourquoi le Canada devrait-il y participer?

La réponse à cette question n'est pas simple. On avance de nombreuses raisons pour justifier la participation canadienne à cet ambitieux programme spatial : le prestige international à tirer en tant qu'économie industrielle à la fine pointe de la technologie; l'entrée dans des domaines nouveaux et importants de la technologie de pointe; les applications technologiques terrestres; l'accès à long terme à l'environnement spatial pour les chercheurs canadiens; le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée dans les secteurs de la robotique et de l'automatisation. À court terme, les retombées techniques et économiques sur Terre sont sans doute l'aspect le plus

intéressant du projet, alliées à la création d'un réservoir de scientifiques et d'industriels au fait des nouvelles technologies. Les responsables de l'Agence spatiale canadienne soulignent que les entreprises canadiennes ont déjà profité de retombées de plus de un milliard de dollars de l'activité économique directement liée à la station spatiale, et que celles-ci pourraient même dépasser cinq milliards de dollars au cours des 20 ou 25 prochaines années. Nombre des technologies mises au point pour la station spatiale, particulièrement dans les secteurs de la robotique et de l'automatisation, auront des applications terrestres, entre autres le travail dans des milieux « hostiles » comme l'industrie nucléaire, l'exploitation minière et la mise en valeur des ressources offshore. **En 2001, l'Agence spatiale canadienne a établi que les retombées de l'industrie spatiale au Canada (notamment les satellites de télécommunications et les technologies terrestres connexes ainsi que la participation du Canada à la SSI) s'élevaient à quelque 1,25 milliard de dollars par année. Près de la moitié de cette somme provient des activités d'exportation. L'industrie spatiale a créé environ 5 000 nouveaux emplois dans le secteur de la haute technologie à l'échelle du pays.**

En 1991, le Bureau du programme de la station spatiale de l'Agence spatiale canadienne a détaillé les objectifs du programme comme suit :

- (i) Renforcer la capacité du Canada à agir dans l'espace et à l'exploiter, de la façon suivante :
- assurer la mise sur pied et l'exploitation du SEM afin qu'il joue un rôle prédominant dans l'assemblage et l'entretien de la station spatiale;
  - mettre au point et appliquer des technologies stratégiques pour le SEM, particulièrement dans les secteurs de l'automatisation et de la robotique;
  - faciliter la participation de l'industrie, des gouvernements et du milieu universitaire canadiens à l'utilisation de la station spatiale;
  - assumer la part des opérations courantes de la station spatiale revenant au Canada;
  - réaliser, à l'intention des utilisateurs, des expériences de démonstration axées sur les technologies à potentiel commercial;
  - participer à la gestion internationale de la station spatiale.
- (ii) Maximiser les avantages sociaux et économiques pour les Canadiens, de la façon suivante :
- améliorer la répartition régionale des fonds gouvernementaux dans le domaine spatial;
  - assurer la commercialisation des technologies de la station spatiale.

À l'époque, le programme canadien se divisait en quatre grands volets :

- (i) Mise sur pied et exploitation du Système d'entretien mobile. Il devait s'agir de la principale contribution du Canada à la station spatiale, consistant en une plate-forme, un télémanipulateur et un manipulateur agile spécialisé; les opérations du SEM comportaient des installations terrestres de haute technicité permettant de simuler la planification des opérations;
- (ii) Exploitation de la station spatiale. Cette tâche devait représenter la contribution du Canada à l'exploitation et à l'entretien de la station spatiale, une fois lancée, avec l'aide des astronautes canadiens;
- (iii) Le programme de développement de technologies stratégiques en automatisation et en robotique (TSAR), qui consistait en contrats accordés à l'industrie pour la mise au point de technologies de la prochaine génération, destinées à assurer l'évolution continue du SEM;
- (iv) Le programme de développement axé sur les utilisateurs (PDU) destiné à favoriser, au moyen de contrats passés avec des entreprises et des universités, l'utilisation et l'exploitation commerciales canadiennes de la station spatiale, en particulier de la microgravité, grâce à la mise au point de nouveaux matériaux, produits et procédés dans l'espace.

Ce programme a quelque peu changé, surtout en ce qui concerne les volets (i) et (ii), par suite de la renégociation de la participation canadienne qui a suivi le dépôt du budget de 1994. Dans le cadre du volet (i), le Canada prévoyait concevoir et construire le SEM et le MAS (manipulateur agile spécialisé, également appelé « main canadienne »). Selon l'entente de 1994, il devrait terminer la conception et la construction du SEM et rester responsable de son exploitation une fois celui-ci sur la station. Cependant, il devrait seulement terminer la conception, et non la construction, du MAS; le Canada a obtenu trois années de plus pour décider s'il construira le MAS. Selon l'ASC, le nouveau programme conservait les éléments les plus importants de l'ancien, puisqu'il permettait aux entreprises et aux scientifiques canadiens de continuer à perfectionner leur savoir-faire en matière de conception dans les secteurs importants de l'automatisation et de la robotique. En avril 1997, cependant, le premier ministre est revenu sur la première décision et a annoncé que le Canada investirait 150 millions de dollars américains dans la construction du MAS.

Le SCVS (Système canadien de vision spatiale) – un concept révolutionnaire dont la mise au point se fait dans le cadre d'un programme conjoint de l'Agence spatiale canadienne et la NASA – fait maintenant partie de la participation canadienne à la SSI. Le système est conçu de façon à fournir aux télémanipulateurs de la station des « indices visuels synthétiques » qui leur permettent de visualiser ce qu'ils font. Le SCVS a été mis à l'essai en orbite lors d'un vol de la navette spatiale en 1992. Une version perfectionnée du système a été employée pour

réaliser un amarrage dans la soute de la navette, au cours d'une mission qui a eu lieu en novembre 1995. En décembre 1998, le SCVS a servi à l'amarrage des deux premiers éléments de la station spatiale : Zarya et Unity. **Son rendement opérationnel continue de répondre à toutes les attentes.**

Le deuxième changement en importance dans la participation du Canada à la station est l'abandon de l'engagement à participer à son exploitation permanente (volet (ii)). Le Canada réalisera ainsi des économies d'environ 270 millions de dollars sur dix ans. Bien que le Canada ait décidé de retarder l'utilisation de sa part des ressources de la station spatiale, il conservera l'option d'accorder aux chercheurs canadiens l'accès à la station, en payant à l'utilisation. Néanmoins, les astronautes canadiens sont assurés de pouvoir effectuer un vol par année jusqu'à ce que la construction de la station soit terminée. Par la suite, des astronautes étrangers procéderont aux expériences envoyées à la station par les chercheurs canadiens. Le fait de ne pas utiliser de façon régulière sa part des ressources de la station (2,3 p. 100) permettra au Canada d'économiser 75 millions de dollars de plus. **Ces nouvelles modalités de participation ont également atténué la nécessité du volet (iv), le programme de développement axé sur les utilisateurs, qui a été remplacé par le programme de commercialisation de la SSI.**

On pourrait croire que le fait de renoncer à utiliser régulièrement la station spatiale invalide la raison pour laquelle le Canada a décidé en premier lieu de participer au programme. Les responsables de l'Agence spatiale canadienne soutiennent toutefois que les plus importantes retombées économiques et technologiques pour le Canada proviendront de la R-D et de l'activité industrielle résultant de la conception et de la construction du SEM, du MAS et du SCVS. Le fait que l'investissement de 713 millions de dollars par le gouvernement ait déjà produit des retombées d'un milliard semble appuyer cette déclaration. De plus, les spécialistes canadiens de l'espace continueront d'avoir accès à la station, bien que dans des conditions légèrement différentes de celles prévues au départ. **Le programme TSAR (volet (iii)) a pris fin en mars 2000, après l'attribution de plusieurs centaines de contrats à plus de 150 entreprises canadiennes spécialisées dans la mise au point de nouvelles technologies et à 50 universités et établissements de recherche canadiens. Un nouveau programme a été mis sur pied, le Programme de développement de technologies spatiales (PDTS), qui vise notamment la poursuite des activités de mise au point relatives à la SSI, entreprises dans le cadre du programme TSAR.**

## 2. Le système d'entretien mobile (SEM)

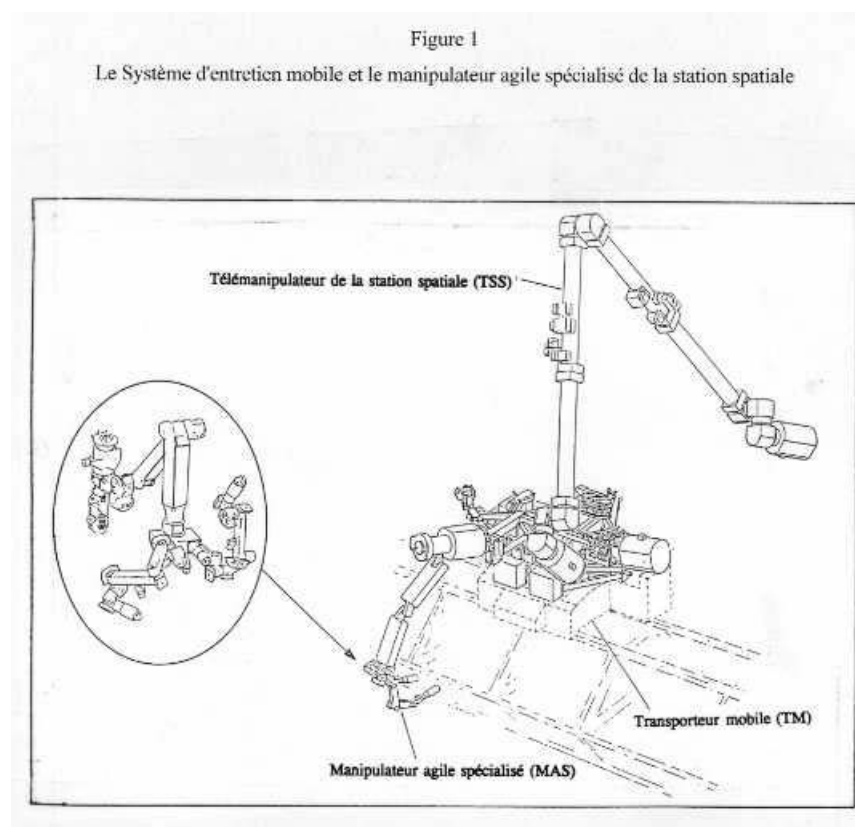
Jusqu'à présent, la contribution du Canada au programme spatial américain a été le bras Canadarm, qui s'est avéré un franc succès; on le trouve maintenant sur presque tous les vols de la navette spatiale. Lorsqu'on a demandé au Canada de se joindre au programme de la station spatiale, il était logique que le pays parte du savoir-faire accumulé. Toutefois, il a insisté pour que sa participation ne se résume pas à la simple fourniture d'un élément matériel, car il voulait ainsi s'assurer qu'il pourrait continuer à prendre part aux activités après la mise en service de la station. Une fois obtenu l'accord des États-Unis à ce sujet, le Canada a accepté de concevoir, de construire et d'exploiter le SEM. Il est bon de noter que, avant la participation de la Russie, le Canada était le seul pays étranger à fournir un élément crucial à la mission de la station, c'est-à-dire un élément qui doit absolument être prêt à temps et selon les critères établis pour que la mission puisse se poursuivre.

La figure 1 est un croquis non technique du SEM. Ce système remplira les tâches principales d'assemblage et d'entretien de la station spatiale; il déplacera du matériel et des fournitures sur la station, assurera le soutien des astronautes pendant leurs activités extravéhiculaires (EVA) et la maintenance des instruments et des autres charges utiles fixées à la station. De plus, le SEM servira à l'amarrage des navettes en visite ainsi qu'au chargement et au déchargement de la soute de la navette. Le Canada est responsable de toutes les tâches de conception, de mise au point et d'exploitation à long terme du SEM.

Comme le montre la figure 1, le SEM comporte deux éléments. Le premier est le télémanipulateur (ou, selon la nouvelle terminologie américaine, le télémanipulateur de la station spatiale ou TSS), la nouvelle génération du Canadarm installé à bord des quatre navettes. Le nouveau bras présente sept plutôt que six articulations actionnées par moteur et commandées par ordinateur. L'articulation supplémentaire permet au bras de reproduire la plupart des mouvements du bras humain. Le bras a 17,6 m (58 pieds) de long et peut saisir une charge utile de 116 000 kg (128 tonnes impériales). **Le TSS a été livré à la NASA en février 1999 et envoyé dans l'espace en avril 2001 à bord de la navette. Le bras est fixé au système de base mobile construit par le Canada. Cette base est installée sur le transporteur mobile fourni par les États-Unis, qui se déplace sur un rail fixé à la station.**

Le SEM comportera aussi un plus petit robot, appelé MAS ou Manipulateur agile spécialisé. Ce robot (que ses concepteurs ont baptisé du doux nom de « Hector the Erector ») aura

deux bras à sept articulations, chacun ayant environ 2 m (6,65 pi) de long; sa dextérité mécanique sera remarquable et lui permettra de réaliser les tâches les plus délicates, par exemple, des travaux sur les circuits électriques, les conduits de combustible et les systèmes de refroidissement. Les progrès dans les secteurs de la robotique, des systèmes de vision et de l'intelligence artificielle ont permis de doter le MAS de sens quasi humains. Par exemple, il comporte trois caméras distinctes qui lui permettent de « voir » ce qui se passe sur la station. Il peut reconnaître des cibles et corriger sa position en conséquence. Des logiciels perfectionnés préviennent aussi les collisions entre les deux bras et empêchent automatiquement le coude de frapper tout objet ou personne sur sa trajectoire lorsque les bras se déplient pour saisir un objet. En plus de la « vue », grâce au système de vision spatiale, le robot est aussi doté du sens du « toucher ». Il est équipé de systèmes capteurs de force qui l'informent de la pression avec laquelle il touche un objet, le pousse, le tire ou le tord. Grâce à ces capacités, le MAS peut servir à réparer ou à déplacer des pièces électroniques fragiles ou à serrer des écrous sans risquer de les endommager. Les astronautes n'auront donc plus besoin de sortir dans l'espace pour réaliser les réparations de routine.



Le TSS et le MAS sont conçus pour durer plus de dix ans et pour pouvoir supporter le stress d'une exposition prolongée dans l'espace avec un maximum de fiabilité. Comme le Canada a réussi à respecter les normes rigoureuses concernant le Canadarm, la NASA a décidé de lui confier le développement du TSS et du MAS. La composition de l'équipe industrielle chargée de la plupart des éléments du TSS et du MAS tient compte de l'objectif qui vise à répartir les fonds gouvernementaux en matière spatiale dans l'ensemble du pays. L'équipe est dirigée par Spar Aerospace (installée à Montréal et à Toronto). En font également partie IMP Group (Halifax), CAE Électronique (Montréal), CAL Corporation (Ottawa), SED Systems (Saskatoon) et MacDonald Dettwiler Associations (Richmond (C.-B.)). **Le MAS doit être installé à bord de la station spatiale internationale au cours d'une mission qui se déroulera en 2003.**

Le Programme de la station spatiale du Canada comprend aussi des installations au sol de pointe appelées « complexe des opérations SEM » et situées au siège de l'ASC à Saint-Hubert, au Québec. Y sont réunis l'infrastructure, les ressources, le matériel et les compétences nécessaires aux opérations spatiales du SEM. Le complexe est un centre moderne qui loge plusieurs installations d'exploitation et de formation, dont le centre de soutien des opérations de la station spatiale, l'installation de simulation du SEM, le simulateur cinématique des opérations et l'installation de formation du TSS. L'ASC indique que les contrôleurs utiliseront le complexe pour planifier les manœuvres complexes du TSS avant de les réaliser à bord de la station spatiale. Ils surveillent également la bonne marche du SEM et de ses systèmes matériels et logiciels complexes. Les astronautes et les cosmonautes de différents pays de la station spatiale visiteront le complexe pour en savoir davantage sur le SEM et son mode de fonctionnement dans les rigueurs de l'espace (FAQ sur la Station spatiale internationale, le 20 mars 2000).

### C. Autres contributions internationales

#### 1. Kibo – le module-laboratoire japonais (JEM)

À l'instar du Canada, le Japon participe à la réalisation de la station spatiale. Sa contribution prendra la forme d'un laboratoire où l'on se livrera à des activités générales de recherche scientifique et de développement technologique, y compris des études sur la microgravité. Dernièrement, le JEM a été baptisé « kibo » ce qui signifie « Espoir ». Il comportera un module

pressurisé, qui sera un tube de 10 m de long et 4,2 m de diamètre. Il comprendra aussi une plus petite installation ouverte sur l'espace, un sas reliant les deux premiers éléments, ainsi qu'un télémanipulateur local et un module logistique expérimental (ELM). Ce dernier module sera rattaché au laboratoire et il sera possible de l'en détacher, de le renvoyer sur Terre pour y livrer les résultats d'expériences et les produits fabriqués dans l'espace, de le remplir de nouveaux matériaux et de le renvoyer à la station pour l'amarrer de nouveau à Kibo. Kibo sera fixé à la structure en treillis de base de la station. L'ELM sera compatible avec le propre véhicule de lancement des Japonais, le H-2. **Le Japon a convenu de consacrer quelque deux milliards de dollars à sa contribution au projet de station orbitale, dont le lancement est maintenant prévu pour 2004 ou 2005.**

## 2. Columbus – le module pressurisé de l'Agence spatiale européenne (module de l'ESA)

L'Agence spatiale européenne (ESA) compte contribuer au projet de station spatiale, entre autres, en mettant au point un laboratoire fixe, pressurisé et polyvalent. Ce module de 12 m de long et de 4,5 m de diamètre sera fixé en permanence à la station spatiale. Il formera un environnement « en bras de chemise » pour les travaux scientifiques.

Tout comme le module Kibo du Japon et les unités d'habitation et laboratoires américains, Columbus prévoit une capacité de stockage et d'accueil suffisante pour créer un « îlot de sécurité » pour l'équipage. Autrement dit, en cas d'urgence, l'équipage de la station orbitale disposerait de suffisamment d'espace et de vivres pour attendre les secours. Le lancement de Columbus est prévu pour 2004.

L'ESA est également à mettre au point le véhicule de transfert automatisé (ATV) qui servira à transporter les fournitures à la SSI et à en retirer les déchets. **La première mission ATV est prévue pour avril 2004.**

## 3. La contribution russe

Depuis la fin de la guerre froide, la Russie et les États-Unis ont entrepris plusieurs collaborations scientifiques. L'expérience russe de la station spatiale Mir a amené les États-Unis à inviter les Russes à participer à la SSI. La Russie a accepté de donner aux astronautes américains accès à la station Mir pour qu'ils acquièrent de l'expérience, et entrepris de mettre son expertise à profit pour la construction de plusieurs éléments de la SSI. Les États-Unis ont pris en charge la



conception et le financement de la construction en Russie du module Zarya (Lever du soleil), un module de fret fonctionnel. Premier élément de la SSI dans l'espace, il sert essentiellement à l'entreposage.

**La Russie a également accepté de fournir – et a déjà livré – des vaisseaux spatiaux Soyouz comme habitacles éjectables de secours. En outre, elle a accepté de prêter son lanceur spatial puissant Proton (une fusée) pour lancer des éléments de la station. Cette contribution avait été favorablement accueillie par les États-Unis, qui n'auraient donc pas à produire leur propre lanceur pour appuyer les missions de la navette spatiale pendant l'assemblage de la SSI. Toutefois, la NASA craint que la Russie ne puisse remplir ses engagements parce que deux fusées Proton se sont écrasées en 1999, peu après leur lancement. Ces accidents ont aussi retardé le lancement du module de servitude Zvezda, construit par la Russie.**

La contribution la plus complexe de la Russie est le module de servitude Zvezda. Il servira de premiers quartiers habitables pour les astronautes qui assemblent la SSI et contiendra des éléments de survie et de propulsion. Il devait être lancé en novembre 1999 au moyen d'une fusée Proton, mais un manque de ressources financières et les ratés des fusées Proton ont entraîné de nombreux retards, de sorte qu'il a fallu reporter maintes fois le lancement. **La NASA a versé des fonds additionnels dans l'espoir que le projet démarre et le lancement a enfin eu lieu en juillet 2000. Toutefois, la Russie a annoncé qu'en raison de contraintes financières, tous les travaux concernant les autres petits éléments de la station spatiale qu'elle avait accepté de fournir ont dû être arrêtés. De plus, elle ne sera probablement pas en mesure d'assurer l'appui promis pour le lancement au moyen des fusées Proton.** Ses problèmes financiers suscitent beaucoup d'inquiétude au Congrès américain relativement à la hausse des coûts qui s'ensuivra si la NASA doit à la limite fournir les éléments promis par la Russie.

#### 4. L'état d'avancement de l'assemblage de la SSI

Le module Zarya (Lever du soleil) de fabrication russe a été lancé le 20 novembre 1998 à partir de Baïkonour, au Kazakhstan. Il renferme des moteurs, du carburant et des dispositifs de communication. Le 4 décembre 1998, la deuxième partie de la station spatiale a été lancée à bord de la navette spatiale Endeavour. Ce vol transportait le module d'arrimage

américain (Unity). Au cours des semaines qui ont suivi, les astronautes ont fait trois sorties dans l'espace pour brancher les câbles d'alimentation électrique et de transmission de données entre Zarya et Unity. Le module Unity est une structure à six côtés, qui sont chacun muni d'un point d'assemblage pour le raccordement de futurs modules.

En mai-juin 1999, l'astronaute canadienne Julie Payette s'est rendue à la toute nouvelle SSI avec six collègues à bord de la navette spatiale. Aucun nouvel élément n'a été ajouté à cette occasion, car il s'agissait d'un vol logistique. L'équipage a approvisionné la station en pièces, outils, ordinateurs, eau et vêtements (environ 3 600 livres) en prévision de l'arrivée des premiers résidents de longue durée dans le courant de 2000. L'équipage de la navette a également pu réparer un système de communication à bord d'Unity et remplacer des batteries défectueuses à bord de Zarya.

Le prochain lancement devait avoir lieu en novembre 1999; la Russie devait alors lancer son module Zvezda au moyen d'une fusée Proton. Comme il a été mentionné, ce lancement a été retardé, mais a eu lieu le 12 juillet 2000. Le 26 juillet, Zvezda a été accouplé avec succès aux modules Zarya et Unity.

Jusqu'à la fin de 2000 et au début de 2001, la cadence des activités reliées à la SSI a augmenté. En octobre et novembre 2000, la station spatiale a fait l'objet de trois missions au total.

- D'abord, la navette a transporté la structure en treillis en forme de poutre et les composants électroniques connexes jusqu'à la SSI. L'équipage a installé ce matériel, qui supportera les autres éléments de la station à mesure qu'ils arriveront.
- La station a ensuite accueilli les trois membres de l'équipage d'Expédition 1, les premiers résidents à long terme de la station, pour un séjour de quatre mois environ. L'équipage d'Expédition 1 s'est rendu à la SSI à bord d'un vaisseau russe Soyuz. Le module Soyuz reste amarré à la station comme véhicule d'évacuation d'urgence.
- Lors du vol suivant, en novembre 2000, les premiers panneaux solaires – qui alimenteront la station spatiale – ont été livrés et installés. Ils ont été transportés à bord de la navette spatiale dans une configuration repliée, et il a fallu les installer et les déployer une fois rendus à la station.

Plus récemment, en février 2001, la navette spatiale s'est de nouveau rendue à la SSI. Cette fois, elle transportait le module de laboratoire américain – Destiny – qui est un des plus gros éléments à être ajoutés à la station jusqu'à ce jour. Il s'agira du centre d'activités de recherche à bord de la SSI. Il a fallu un nombre sans précédent de « sorties dans l'espace » pour arrimer le module Destiny à la structure en treillis et aux autres modules. Cette tâche a été accomplie avec succès. En mars 2001, une mission de la navette a permis à l'équipage d'Expédition 2 de relever celui d'Expédition 1 et a permis de livrer et d'installer le module logistique réutilisable de fabrication italienne Leonardo (les supports à matériel dont sera muni le laboratoire Destiny).

En avril 2001, le télémanipulateur de la station spatiale, la principale contribution du Canada, a été lancé et installé. Le bras robotisé de nouvelle génération, de concert avec le bras canadien de la navette, servira à soulever et à maintenir les futures pièces de la SSI à mesure qu'elles seront amenées et installées. Le second module logistique polyvalent, Raffaello, a été livré au cours de la même mission de la navette. Ce vol a été suivi, en juillet 2001, par la livraison et l'installation d'un deuxième sabord d'arrimage (sas), de fabrication russe.

En août 2001, l'équipage d'Expédition 2 a été relevé par celui d'Expédition 3 au cours de la mission suivante de la navette spatiale. **Au cours du dernier tiers de 2001 et au début de 2002, d'autres vols à la SSI ont permis de livrer d'autres éléments de treillis pour agrandir la station ainsi que le système de base du télémanipulateur de fabrication canadienne (Canadarm 2), en plus d'assurer plusieurs changements d'équipages.**

## CHRONOLOGIE

- 25 janvier 1984 – Le président annonce que d'ici dix ans, les États-Unis auront une station orbitale habitée en permanence.
- 18 mars 1986 – Le premier ministre annonce que le Canada accepte l'invitation des États-Unis de participer au programme de la station spatiale.
- décembre 1987 – Les négociateurs canadiens et américains s'entendent sur le texte d'un protocole d'entente régissant la participation du Canada au projet de la

station spatiale. (Le texte est parachevé après avoir été approuvé par le Cabinet et par le Congrès au début de 1988.)

- 21 avril 1988 – Le gouvernement annonce sa décision de consacrer 1,2 milliard de dollars sur 15 ans à la réalisation du Système d’entretien mobile (SEM) destiné à la station spatiale américaine.
- 10 mai 1990 – Le projet de loi C-16 : Loi portant création de l’Agence spatiale canadienne et traitant d’autres questions liées à l’espace, reçoit la sanction royale. Le Programme de gestion de la station spatiale, qui relevait du Conseil national de recherches du Canada est confié à la nouvelle Agence spatiale canadienne.
- août 1994 – Une nouvelle version de la station spatiale, à laquelle la Russie participera, est approuvée par le Congrès des États-Unis. La construction des éléments de la station est en cours.
- novembre 1995 – Une version perfectionnée du Système canadien de vision spatiale sert au cours d’un exercice d’amarrage lors d’une mission de la navette spatiale.
- avril 1997 – Le Canada accepte de construire le SPDN (manipulateur agile spécialisé) pour la station spatiale internationale (SSI).
- 29 janvier 1998 – Le Canada signe l’Accord intergouvernemental révisé, c’est-à-dire le traité international établissant le nouveau partenariat de la SSI, dont fait partie la Russie.
- octobre 1998 – Le bras robotique canadien (le TSS) est livré à la NASA.
- 20 novembre 1998 – Le premier élément de la SSI, en l’occurrence le module de fret fonctionnel (FCB) de fabrication russe, appelé Zarya (Lever du soleil), est lancé à partir de Baïkonour au Kazakhstan.
- 4 décembre 1998 – Le module d’amarrage, Unity 3, est lancé à bord de la navette spatiale Endeavour. Il est jumelé au module Zarya le 5 décembre, à l’aide du télémanipulateur spatial canadien à bord d’Endeavour, et guidé par le Système canadien de vision spatiale.
- 12 juillet 2000 – Le module de service Zvezda est lancé. Il est amarré avec succès à la SSI et vient grossir la station.
- octobre-novembre 2000 – La structure principale en treillis qui supportera la SSI est ajoutée, tout comme les premiers grands panneaux solaires qui alimenteront la station en électricité. Les premiers résidents de la SSI, un équipage de trois membres, s’installent à bord de la station pour un séjour de quatre mois.

février 2001 – Le module de laboratoire américain, Destiny, est ajouté à la SSI.

mars 2001 – Les trois membres de l'équipage d'Expédition 2 viennent relever l'équipage d'Expédition 1. Le module logistique Leonardo est livré et ajouté au module Destiny.

**avril 2001 – Le télémanipulateur canadien est livré à la SSI et installé avec succès.**

## BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

Agence spatiale canadienne.

- « Programme canadien de la station spatiale », 1998.
- « Le gouvernement fédéral donne son aval à une nouvelle orientation du programme spatial », 3 juin 1994.
- « Résumé du programme canadien de la station spatiale. Performance économique », 12 juillet 1993.

National Aeronautics and Space Administration. « A Key to Discovery », *The international Space Station Fact Book*, octobre 2000 (<http://spaceflight.nasa.gov>).