

doc
CA1
EA365
87V02
FRE



Affaires extérieures External Affairs
Canada Canada



Le concept PAXSAT

Techniques de télédétection à partir de l'espace
appliquées à la vérification du contrôle des
armements et du désarmement



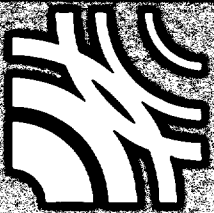
Nous recommandons que le Canada multiplie ses efforts multilatéraux au sein de l'OTAN, des Nations Unies et dans d'autres tribunes où il est question du désarmement, de même que ses négociations bilatérales avec les États-Unis et l'Union soviétique ainsi qu'avec d'autres pays, afin de faire accepter un ensemble de mesures de contrôle des armements ... [dont] la prévention d'une course aux armements dans l'espace extra-atmosphérique.

Recommandation 16e du Rapport du Comité mixte spécial du Sénat et de la Chambre des communes (« Rapport Hockin »), juin 1986.

Le Canada apporte une contribution substantielle à la discussion qui se poursuit sur ce sujet à la Conférence sur le désarmement. Notre Section de la vérification et de la recherche a fait faire des études sur la vérification dans l'espace pour étayer les futures propositions canadiennes.

Les relations internationales du Canada : Réponse du gouvernement du Canada au Rapport du Comité mixte spécial du Sénat et de la Chambre des communes, décembre 1986.

43-215-667



Le concept PAXSAT

Techniques de télédétection à partir de l'espace
appliquées à la vérification du contrôle des
armements et du désarmement

Dept. of External Affairs
Min. des Affaires extérieures

APR 8 1987

RETURN TO DEPARTMENTAL LIBRARY
RETOURNER A LA BIBLIOTHEQUE DU MINISTERE



L'illustration en page couverture symbolise le dialogue permanent sur le contrôle des armements et le désarmement qu'entretiennent les Canadiens entre eux et celui qu'ils établissent avec la communauté internationale.

An English translation of this study is available. To obtain a copy, please contact:

Arms Control and
Disarmament Division
Department of External
Affairs
Tower A, 6th Floor
125 Sussex Drive
Ottawa, Ontario
Canada
K1A 0G2

Table des matières

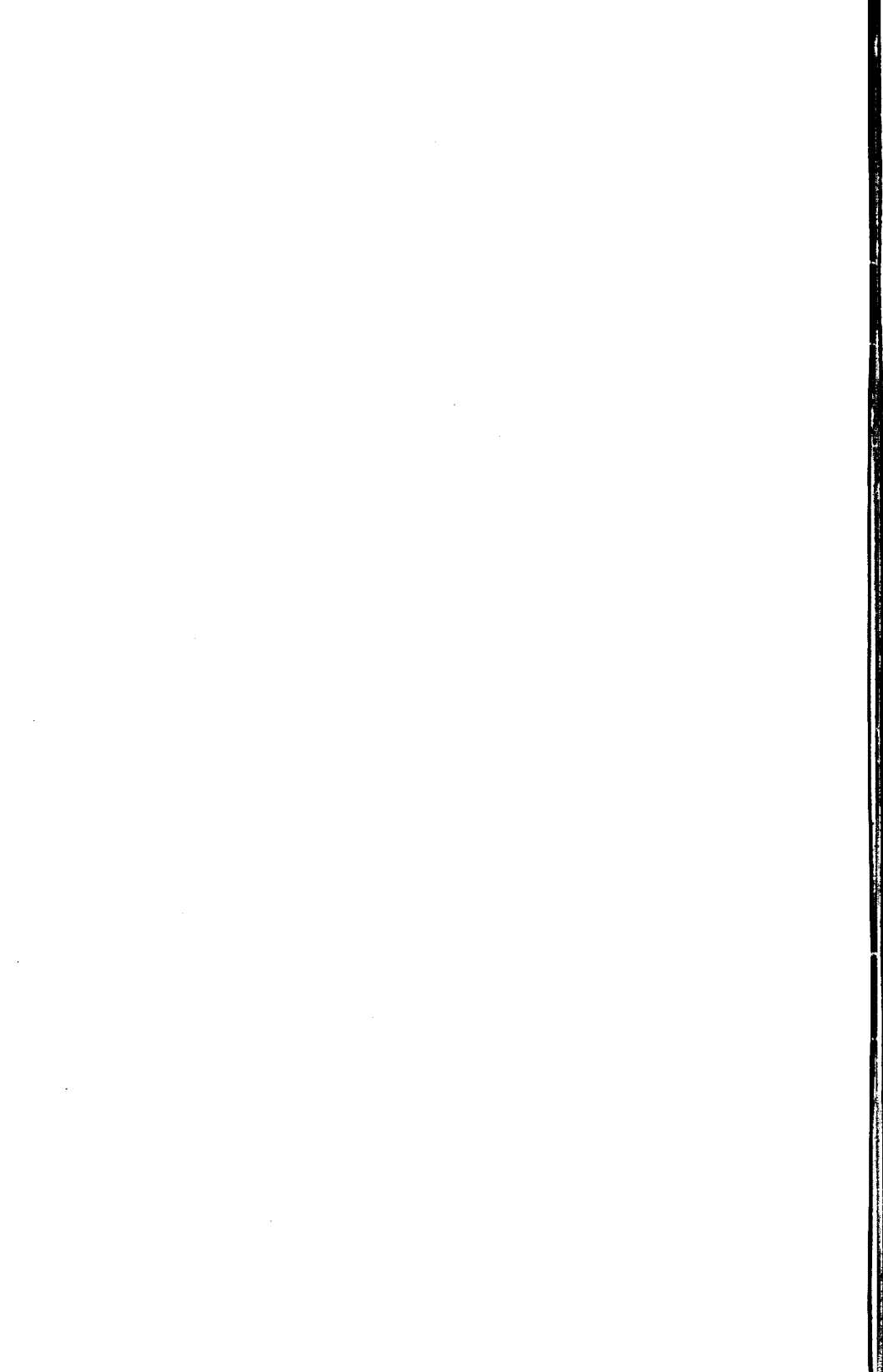
Introduction	7
Chapitre premier La télédétection	11
Qu'est-ce que la télédétection?	12
Applications civiles et militaires	13
Besoin de capteurs militaires dans l'espace	13
Techniques commerciales de télédétection	14
Mise en garde	17
Chapitre deux Expansion du club des nations spatiales	29
Chapitre trois Vérification multilatérale du contrôle des armements	35
Solution d'avenir?	36
« Troisième système »	37
Agence internationale de satellites de contrôle	37
Chapitre quatre PAXSAT : L'approche canadienne en matière de vérification multilatérale	39
PAXSAT « A » : Télédétection d'objets spatiaux à partir de l'espace	41
PAXSAT « B » : Télédétection au sol à partir de l'espace	44
Conclusion	45

Figures

1	Définition de la vérification	9
2	Spectre électromagnétique.....	15
3	Série d'images d'Ottawa, prises en télédétection.....	19
4	« Le Canada, lui aussi, est un État spatial »	34
5	Organigramme conceptuel des données fournies par PAXSAT.....	43
6	Lecture supplémentaire	47

Tableaux

1	Quelques satellites civils d'observation de la Terre, actuels ou proposés	16
2	Quelques réalisations canadiennes dans l'espace.....	31



Introduction

Introduction

En ce moment même, une multitude « d'yeux » artificiels surveillent paisiblement notre planète à partir de l'espace extratmosphérique. En orbite terrestre à diverses altitudes, ces détecteurs commerciaux ou militaires appartenant à plusieurs pays surveillent diverses choses. Certains collectent passivement des données aux fins du renseignement, d'autres vérifient la croissance des cultures, d'autres encore surveillent les conditions météorologiques; enfin, certains de ces détecteurs sont à la recherche de minéraux. Parmi les nombreux usages des satellites, la télédétection à partir de l'espace aux fins de la vérification est appelée à jouer un rôle de plus en plus important si l'on veut conclure des accords sur le contrôle des armements et le désarmement.

Jusqu'ici, ce sont les États-Unis et l'Union soviétique qui ont adapté leur capacité de surveillance à partir de l'espace à la vérification du contrôle des armements, surtout en rapport avec leurs accords bilatéraux. Aujourd'hui, cependant, d'autres nations, dont certaines sont déjà engagées dans le domaine spatial, se reconnaissent de plus en plus la responsabilité de participer davantage à certains aspects de la surveillance spatiale.

Au cours de quelques dernières années, le Programme de recherche sur la vérification du ministère des Affaires extérieures a réussi à réunir une équipe d'experts du gouvernement, des universités et de l'industrie afin d'étudier les moyens d'appliquer la technologie et le savoir-faire spatiaux du Canada à la vérification du contrôle des armements. Ces études ont abouti à un concept nettement canadien, dénommé PAXSAT (du mot latin « pax », paix), visant à évaluer la possibilité d'appliquer la télédétection à partir de l'espace aux tâches de vérification du contrôle des armements et du désarmement multilatéraux.

Les recherches PAXSAT ont porté avant tout sur deux applications possibles de cette forme de télédétection à la vérification multilatérale du contrôle des armements : d'une part, la télédétection espace-espace (PAXSAT « A ») portant sur la vérification d'accords concernant des objets spatiaux; d'autre part, la télédétection espace-sol (PAXSAT « B ») qui vise à aider la vérification d'accords sur les forces classiques. Cette brochure présente le concept PAXSAT de manière générale, précisant le contexte de la vérification multilatérale du contrôle des armements ainsi que les principales hypothèses sur lesquelles se fondent les projets PAXSAT.

Figure 1 Définition de la vérification

« La vérification est le fait de reconnaître une chose pour vraie ou exacte par l'examen ou la démonstration » Concise Oxford Dictionary (traduction).

Un accord sur le contrôle des armements est essentiellement un compromis où chaque partie, pour ce qui est de sa sécurité nationale, s'en remet, tout au moins en partie, aux promesses des autres signataires plutôt qu'à la force de ses propres armes. Par conséquent, il est essentiel que toutes les parties soient persuadées que leurs partenaires rempliront leurs obligations, particulièrement là où règnent la méfiance et l'incertitude. Puisque l'avantage, pour chaque État participant, résulte du respect de l'accord par les autres participants, il est naturel que l'on veuille disposer d'une garantie externe pour s'assurer que tous les participants respectent leurs engagements. La vérification est justement le moyen qui permet d'obtenir cette garantie. La mise au point de mesures de vérification sûres et suffisantes, associées à un accord sur le contrôle des armements revêt donc une importance vitale tant pour la négociation de l'accord que pour son application ultérieure.

La gamme des méthodes permettant de vérifier un accord sur le contrôle des armements est très vaste, allant de l'inspection *in situ*, où les inspecteurs visitent l'installation, à l'utilisation de détecteurs situés à une certaine distance de la région examinée. Ces derniers systèmes se sont révélés particulièrement importants pour la vérification des accords bilatéraux de contrôle des armements entre les États-Unis et l'Union soviétique. Dénommés « moyens techniques nationaux » (MTN), ils

ne sont pas précisés dans le texte de ces accords bilatéraux mais la *Arms Control and Disarmament Agency* américaine a proposé une définition utile des « moyens techniques nationaux » :

Installations, sous contrôle national, permettant de surveiller le respect des dispositions d'un accord. Les MTN comprennent les satellites de reconnaissance photographique, les systèmes aéroportés (tels que les radars et les systèmes optiques) ainsi que les systèmes fonctionnant à terre ou en mer (tels que les radars et les antennes utilisées pour la télémesure) (traduction).

Bien que les MTN englobent donc de nombreux systèmes techniques, on s'accorde pour dire que les systèmes satellites figurent au premier rang parce qu'ils présentent un degré d'intrusion relativement peu élevé.

La télédétection

Chapitre premier

La télédétection

Qu'est-ce que la télédétection?

En télédétection, on fait appel au rayonnement électromagnétique pour enregistrer à distance (souvent sous forme d'images) des données sur l'environnement, dont l'interprétation ultérieure fournit des informations utiles. Plus simplement, la télédétection permet de surveiller de loin des objets ou des événements. La conception d'un système de télédétection tient compte de plusieurs facteurs :

- **La source du rayonnement électromagnétique à enregistrer** : elle peut être d'origine naturelle, comme la lumière du soleil et la chaleur émise par la Terre, ou artificielle, comme les ondes radar.
- **L'interaction avec la cible** : les caractéristiques de la cible influent sur la quantité et les caractéristiques de l'énergie qu'elle émet ou réfléchit.
- **L'interaction avec l'atmosphère** : l'atmosphère peut causer une distorsion ou une dispersion du rayonnement électromagnétique qui la traverse. Ce facteur n'entre pas en jeu dans le cas d'une télédétection d'objets spatiaux à partir de l'espace.
- **Le détecteur** : le dispositif qui enregistre l'énergie qui lui parvient de la cible est un élément clé du système.

- **La transmission des données** : une fois captées, les données doivent être transmises de la plate-forme du détecteur jusqu'au sol, où elles sont reçues et mises en mémoire.

- **L'analyse et l'interprétation** : afin qu'elles soient utilisables, les données doivent être traitées et analysées par des ordinateurs et des spécialistes de l'interprétation. Ce dernier élément est très important, et pourtant on oublie souvent d'en tenir compte.

Les capteurs de télédétection peuvent être placés au sol, à bord d'un navire, d'aéronefs ou d'engins spatiaux. Nous examinons ici de tels dispositifs mis en place sur des satellites.

Il existe de nombreux détecteurs spatiaux qui décèlent l'énergie électromagnétique; ils comprennent les appareils photographiques, les caméras vidicon à faisceau de retour, les capteurs infrarouges et les analyseurs multispectraux. Les radars et les détecteurs passifs à micro-ondes peuvent également être utilisés à partir de l'espace. De plus, des dispositifs d'écoute électronique à bord d'engins spatiaux peuvent servir à détecter les télécommunications et les émissions radar.

Applications civiles et militaires

Les capteurs de télédétection à partir de l'espace sont aujourd'hui un instrument indispensable à toute société moderne, sur les plans civil et militaire. Souvent, un même type d'équipement sert aux deux fins. Toutefois, en règle générale, les télédétecteurs militaires offrent un pouvoir de résolution nettement supérieur à celui de leurs homologues civils. La résolution a trait à la grandeur du plus petit objet qu'un détecteur peut distinguer; elle est déterminée par la distance focale du détecteur, par son éloignement de l'objet visé et par la taille de « l'élément d'image » (ou pixel) du support d'enregistrement du détecteur. Certains affirment que les systèmes spatiaux de surveillance militaire les plus avancés ont une résolution au sol de l'ordre de 10 cm. Par contre, la meilleure résolution au sol des satellites commerciaux actuels est d'environ 10 m. Pour certaines fonctions de vérification du contrôle des armements, la simple *détection* d'un objet ou d'une activité peut suffire, tandis que d'autres tâches peuvent demander une *identification*, ce qui est plus exigeant au niveau de la résolution. Pour citer un exemple du genre de résolution qu'exigerait la vérification, des études ont révélé qu'une résolution au sol de 4,5 m convien-

drait pour détecter un aéronef au moyen de capteurs optiques, tandis que la résolution devrait atteindre 0,9 m s'il fallait identifier cet aéronef.

Besoin de capteurs militaires dans l'espace

La surveillance militaire à partir de l'espace a joué un rôle très positif dans la vérification du contrôle des armements. Même en usage militaire exclusif, ces systèmes ont fait un apport direct à la paix et à la sécurité mondiales en permettant de maintenir une dissuasion efficace. Sans eux, la crainte d'une attaque surprise (surtout en période de crise politique) aurait exigé un dispositif défensif et des déploiements militaires nettement moins sécuritaires que ceux d'aujourd'hui. Il n'est donc pas déraisonnable de conclure que les systèmes de surveillance militaire à partir de l'espace ont contribué au maintien de la paix au cours des deux dernières décennies. Au niveau de la sécurité mondiale, toute tentative d'entraver leur fonctionnement aurait eu des répercussions défavorables.

Les systèmes de surveillance militaire à partir de l'espace sont et resteront probablement essentiels à la vérification des grands accords de désarmement et de contrôle des armements. Le concept PAXSAT ne diminue

nullement le rôle critique que jouent ces systèmes.

Techniques commerciales de télédétection

L'essor des satellites civils de télédétection au cours des deux dernières décennies a été extraordinairement rapide. Conçus pour surveiller la surface des continents de manière assez détaillée, certains fournissent des données qui sont ensuite commercialisées. Les deux principaux exemples sont les satellites LANDSAT et SPOT. LANDSAT est le nom d'une série de satellites de télédétection lancés par les États-Unis. Remis au secteur privé en 1985, le programme LANDSAT continue dans le cadre d'un consortium dénommé EOSAT. Le cinquième satellite de cette série LANDSAT/EOSAT a été lancé en 1984 et d'autres lancements sont prévus. SPOT, d'autre part, est un satellite mis au point par la France. Le premier d'une série prévue de quatre satellites a été lancé en janvier 1986. Ce satellite est, lui aussi, exploité commercialement.

Les images fournies par ces deux systèmes à satellites, récemment diffusées dans la presse, à la télévision et dans des publications spécialisées, ont suggéré à beaucoup de gens la possibilité d'utiliser ces données pour vérifier le contrôle des armements.

Parmi ces photos publiées, on compte :

- Des images LANDSAT et SPOT de l'emplacement des réacteurs nucléaires de Tchernobyl, en Union soviétique, où un incendie catastrophique s'était déclaré en avril 1986.
- Des images LANDSAT de la guerre entre l'Iran et l'Iraq.
- Des images LANDSAT montrant apparemment la construction d'emplacements de missiles sol-air (SA-5) en Libye.
- Une image LANDSAT qui révèle apparemment des essais de lancement, sous la glace, d'engins balistiques soviétiques lancés à partir de sous-marins, dans l'océan Arctique, près de l'île Wrangel, en URSS.
- Une image LANDSAT de la presqu'île de Kola, dans le nord de l'URSS, montrant apparemment des bases aériennes et navales (de sous-marins) de construction récente.
- Une image LANDSAT d'une prétendue base d'engins balistiques mobiles à portée intermédiaire (SS-20) près de Kirov, en URSS.

Figure 2 Spectre électromagnétique

Cette figure montre le spectre électromagnétique et énumère des dispositifs servant à détecter le rayonnement à diverses longueurs d'ondes. À l'instar de l'oeil humain, sensible à une faible proportion seulement du spectre (lumière visible), certains détecteurs ne peuvent « voir » qu'à l'intérieur d'une bande donnée de longueurs d'ondes. D'autres détecteurs, par contre, sont conçus pour surveiller plusieurs bandes différentes, optimisées selon la tâche à accomplir.

En plus d'augmenter la gamme du spectre électromagnétique qui nous est « visible », les capteurs de télédétection, grâce à l'agrandissement et aux méthodes d'accentuation et d'analyse des images, offrent un relevé beaucoup plus détaillé.

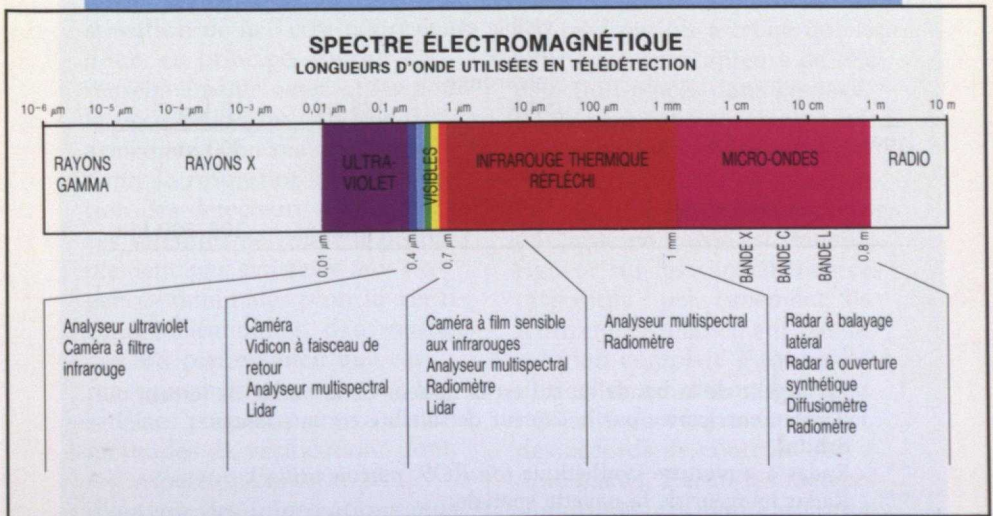


Tableau 1 Quelques satellites civils d'observation de la Terre, actuels ou proposés

Année	Programme	Pays	Détecteurs	Résolution	Largeur de la bande au sol*
1978	SEASAT-1	É.-U.	SAR**	25 m	110 km
1981	SIR-A***	É.-U.	SAR	40 m	50 km
1982	LANDSAT-4	É.-U.	Cartographie thématique	30-120 m	185 km
			Analyseur multispectral	82 m	185 km
1984	SIR-B	É.-U.	SAR	25 m	20-50 km
1986	SPOT	France	Visible et proche infrarouge	20 m	2×60 km
			Panchromatique	10 m	2×60 km
1989	LANDSAT-6	É.-U.	Cartographie thématique accentuée	15-120 m	185 km
			Analyseur multispectral à émulation	60 m	185 km
1990	ERS-1	ASE****	SAR	30 m	80 km
1990	SIR-C	É.-U.	SAR	25 m	20-50 km
1991	JERS-1	Japon	Radiomètre visible et proche infrarouge	25 m	150 km
			SAR	18 m	75 km
1993	RADARSAT	Canada	Visible et proche infrarouge	30 m	400 km
			SAR	8-28 m	100-500 km

* La largeur de la bande au sol est la largeur de la bande de terrain ou d'océan enregistrée par le capteur de satellite en un passage orbital.

** Radar à ouverture synthétique (ou ROS, parfois utilisé).

*** Radar imageur de la navette spatiale.

**** Agence spatiale européenne.

- Des images SPOT des installations de la navette spatiale soviétique à Tyuratam, en URSS.
- Des images SPOT d'une installation secrète près de Samarra, en Iraq, produisant, semble-t-il, des armes chimiques.

En janvier 1986, on a signalé aussi que les images LANDSAT servaient à surveiller les activités militaires soviétiques en Extrême-Orient. D'après un autre reportage intéressant dans la presse, paru en août 1986, des images SPOT prises pour le compte d'une entreprise suédoise auraient apparemment indiqué des préparatifs, en Union soviétique, pour la reprise des essais nucléaires souterrains.

Les satellites civils actuels d'observation de la Terre pourraient donc, en principe, fournir des renseignements assez utiles pour la vérification du contrôle des armements. En réalité, cependant, la résolution et la conception des détecteurs à bord de ces satellites ne peuvent probablement pas satisfaire aux exigences minimales pour la vérification. Néanmoins, dans certains cas, on conçoit bien que ces renseignements fournis par les satellites puissent mener à d'autres méthodes de vérification, dont les inspections *in situ*, afin d'obtenir des informations plus détaillées.

On ne sait pas aujourd'hui si la résolution des satellites commerciaux et l'étendue qu'ils surveillent continueront d'augmenter jusqu'à devenir des instruments plus efficaces, aptes à assurer la vérification du contrôle des armements. Il se peut que leur mission première, c'est-à-dire la télédétection civile de paramètres terrestres, n'exige tout simplement pas une telle capacité. Les exemples qui précèdent suggèrent cependant une autre possibilité : modifier la technologie élaborée pour les observations civiles de la Terre, ou actuellement prévue pour ces satellites, pour l'adapter davantage à la vérification. Cette idée est l'une des pierres angulaires de l'effort de recherche PAXSAT au Canada.

Mise en garde

On tend parfois à croire que rien n'échappe aux capteurs de télédétection placés dans l'espace, qu'ils peuvent voir tout ce qui se passe sous eux. Pour conclure cette discussion générale sur l'utilisation de tels capteurs, une mise en garde est donc de rigueur sur les capacités de ces dispositifs : pris isolément, ils n'offrent probablement pas la solution complète à toutes les difficultés qui découlent de la nécessité de vérifier le respect des accords de contrôle des armements. Parmi les facteurs importants qui limitent l'utilité des capteurs de télédétection

exploités dans l'espace, et qui doivent entrer en ligne de compte, figurent les suivants :

- Les contraintes relatives au pouvoir de résolution.
- D'autres limitations évidentes des détecteurs, comme l'impossibilité de voir à l'intérieur de bâtiments, sous la terre ou à de grandes profondeurs sous-marines.
- Les facteurs environnementaux et climatiques, par exemple la quantité de lumière disponible et le degré d'enneigement.
- Les contraintes orbitales et de couverture des satellites.
- Les limitations de charge utile des véhicules de lancement.
- Les limitations de carburant et de durée de service de l'engin spatial.
- Les contraintes de traitement des données qu'entraîne la collecte d'énormes quantités de données fournies par les satellites.
- Le coût et la disponibilité des compétences techniques spécialisés.
- La possibilité de brouiller les détecteurs ou l'utilisation de techniques de leurrage comme le camouflage.

En collaborant et en faisant appel à d'autres méthodes de vérification, on peut surmonter bon nombre de ces limitations, à condition que soient résolus au préalable les sérieux problèmes politiques relatifs à la souveraineté nationale et au facteur intrusion associé à ces autres méthodes.

Figure 3 Série d'images d'Ottawa, prises en télé-détection

Les images figurant sur les pages 21 à 27 montrent la ville d'Ottawa, vue à partir de diverses altitudes par des dispositifs de télé-détection. Elles illustrent certaines capacités de toute une gamme de télé-détecteurs spatiaux sensibles au rayonnement de divers segments du spectre électromagnétique.

Le rayonnement reçu par un dispositif de télé-détection a certaines caractéristiques qui sont, en partie, fonction de l'objet ayant réfléchi ou émis le rayonnement. En analysant et en interprétant ces données, on peut en tirer des renseignements sur l'objet. Ces renseignements varient selon la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique capté.

Ces images montrent bien que la distance entre le détecteur et l'objet surveillé est un facteur important en télé-détection puisqu'elle influe directement sur ce que l'on peut « voir ». Les détecteurs à bord d'aéronefs peuvent généralement fournir des images beaucoup plus détaillées que ceux placés sur des satellites. D'autre part, la « largeur de la bande au sol », soit l'étendue de terrain couverte par les détecteurs, est généralement beaucoup plus étroite pour les détecteurs aéroportés que pour les détecteurs à bord d'un satellite. Autrement dit, les détecteurs aériens voient

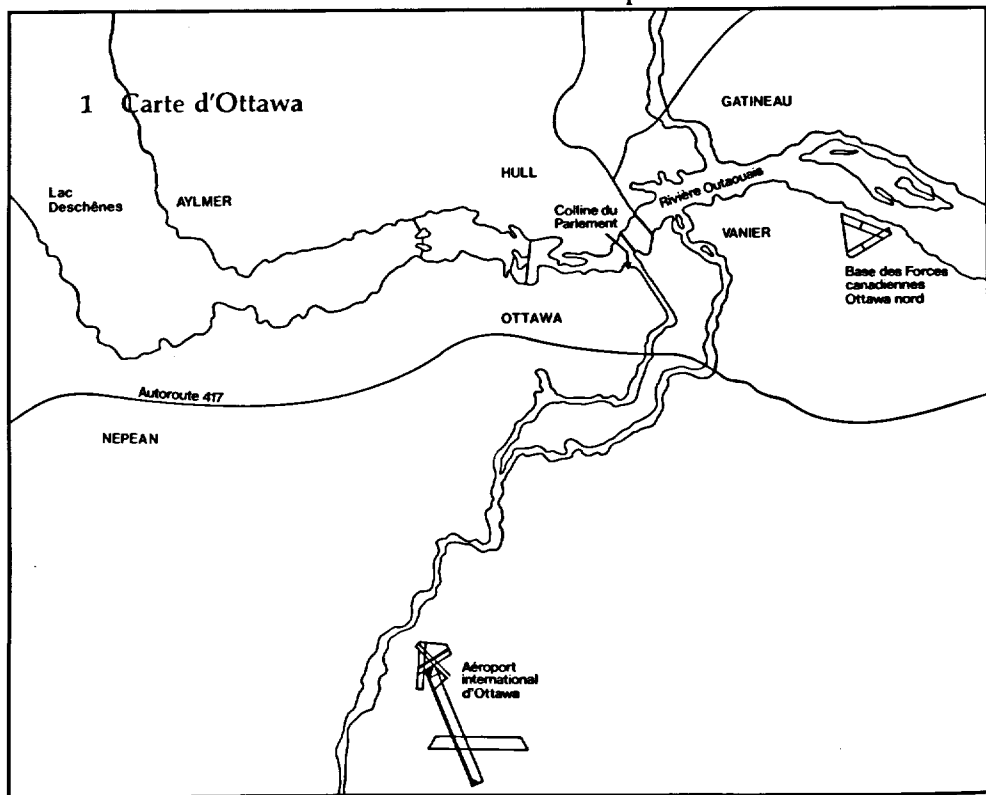
généralement de façon plus détaillée un nombre plus réduit de choses que les détecteurs à bord de satellite, qui, par contre, peuvent couvrir un territoire beaucoup plus grand. Ce rapport entre, d'une part, le niveau de détail de l'image, et d'autre part, la portée et la rapidité de couverture, illustre bien les nombreux compromis qu'il faut faire lorsqu'on choisit le capteur de télé-détection le mieux adapté à la tâche.

L'un des principaux avantages des capteurs de télé-détection à partir de l'espace, dans le contexte de la vérification du contrôle des armements, est que ces dispositifs ne pénètrent pas dans l'espace aérien national. Toutefois, un problème clé découlant de leur position à des centaines de kilomètres au-dessus de la Terre, est de pouvoir « voir » des objets et des activités avec suffisamment de détail pour déterminer s'il y a manquement à une obligation de contrôle des armements. Complication supplémentaire : dans le cadre de cette surveillance, il faut noter et enregistrer des événements qui se produisent sur des territoires très vastes au-dessus desquels un satellite ne passe peut-être que de temps en temps.

L'avantage qu'il y a à faire un usage complémentaire de différents types de dispositifs capteurs est une autre caractéristique importante de la télé-détection,

dans le contexte de la vérification du contrôle des armements, caractéristique qu'illustrent également ces images. Par exemple, l'imagerie thermique infrarouge a des possibilités (et des limitations) de détection sans pareilles, s'écartant de celles d'autres types de capteurs de télédétection tels que les caméras en lumière visible ou le radar. Par conséquent, en utilisant simultanément toute une gamme de capteurs de télédétection, on est mieux placé pour saisir des informations pertinentes à la vérification.

Plusieurs images sur ces pages ont été réalisées à partir d'informations sous forme numérique, qui peuvent être traitées par ordinateur. Ce traitement peut multiplier les informations utiles tirées des données brutes que produit un détecteur. Par exemple, bien que la résolution d'une image ne puisse être améliorée par ces méthodes d'accentuation informatique, on peut réduire le flou et le mauvais contraste. Dans le passé, le film photographique a généralement permis une résolution meilleure que ces détecteurs électroniques, mais cela n'est plus le cas.



2 Image d'Ottawa prise le 28 janvier 1986 par un radar à ouverture synthétique (ROS) aéroporté, à une altitude de 9,5 km, au moyen d'un ROS STAR-1, dans la bande K, ayant une résolution de 6 m. L'échelle est de 1 : 250 000. Il est intéressant de noter que les petits points visibles sur certaines parties de l'Outaouais sont des réflexions provenant de cabanes de pêche sur la glace. Parmi les applications civiles des images ROS on compte la cartographie, la géologie, l'agriculture, l'océanographie et les études sur les glaces. (INTERA Technologies Ltée, Ottawa)



3 Image d'Ottawa fournie par le radar à ouverture synthétique (ROS) en bande L de SEASAT, qui était un satellite américain expérimental conçu surtout pour l'océanographie. Cette image a été relevée le 30 juillet 1978, à une altitude d'environ 800 km; elle a une résolution au sol d'environ 25 m.

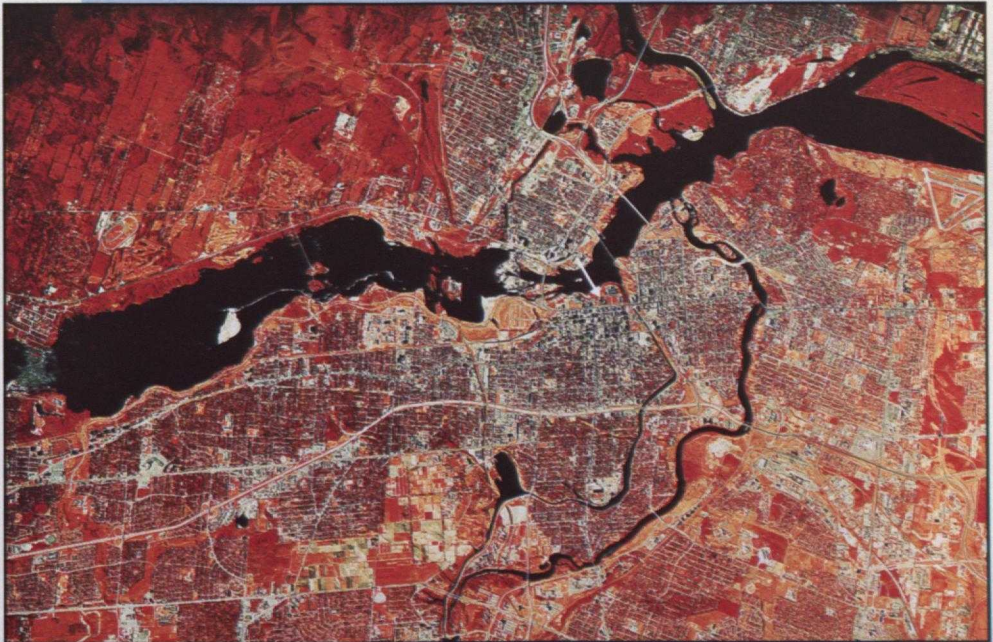
Le radar offre l'avantage de pouvoir pénétrer à travers les nuages, d'une part, et de fonctionner le jour ou la nuit, d'autre part. Par contre, à cause de sa plus grande longueur d'onde, le radar a généralement un pouvoir de résolution nettement inférieur à celui des détecteurs en lumière visible. Grâce au ROS, qui synthétise une ouverture radar plus longue en profitant du mouvement de la plate-forme, on peut obtenir une plus grande résolution. Certains affirment qu'une résolution de 1 m pour les ROS dans l'espace sera peut-être réalisée au cours de la prochaine décennie.

Dans le cas d'un radar, il faut générer des impulsions électromagnétiques qui reviennent ensuite par réflexion à un récepteur; les radars



exigent donc une source d'alimentation plus importante que la plupart des autres détecteurs, ce qui est un inconvénient lorsque le poids est un facteur critique, comme dans le cas des satellites. Les ROS produisent aussi des quantités massives de données, ce qui augmente nettement l'effort de traitement par ordinateur. (Centre canadien de télédétection)

4 Photo aérienne en infrarouge en « fausses couleurs » prise le 20 août 1978 d'une hauteur de 12 km au moyen d'un appareil photo aérien standard doté d'un objectif de 15,24 cm. Lorsqu'on prend de telles photos, on utilise un film et des filtres d'objectif spéciaux. La végétation sur la photo semble rouge, et c'est pourquoi on parle de « fausse couleur ». Les applications civiles de ces images comprennent la surveillance agricole, la cartographie, l'analyse des effets des catastrophes environnementales et l'archéologie.
(Photothèque nationale de l'air)



5 Photo aérienne d'Ottawa, en couleurs, prise en juillet 1985 d'une altitude de 2 400 m. L'échelle est de 1 : 15 000. Il y a de nombreuses applications civiles de la photographie aérienne, notamment la cartographie et la planification de l'utilisation des terres. (Photothèque nationale de l'air)



6 Image LANDSAT d'Ottawa, prise le 24 octobre 1982 d'une altitude de 710 km par le dispositif de cartographie thématique à bord du satellite américain LANDSAT-4 lancé en 1982. La résolution de cette image est de 30 m. On peut distinguer sur cette photo un grand nombre de routes, d'aéroports et de grands immeubles. Ce type d'image peut servir à toute une gamme de fins civiles dont l'utilisation des terres, la foresterie et la cartographie. (Le Centre canadien de télédétection)



7 Photo aérienne d'Ottawa, en couleurs, prise en juillet 1985 d'une altitude de 6 300 m. L'échelle est de 1 : 40 000. Les appareils de prise de vue utilisés pour cette photo et pour la photo n° 5 avaient tous deux un objectif de 15,24 cm. (Photothèque nationale de l'air)



8 Image de la colline du Parlement prise en octobre 1983 d'une altitude de 1 500 m par MEIS II, qui est un capteur multispectral en peigne aéroporté. Parmi les applications de ce type de capteur électronique figurent l'agriculture, la foresterie, le contrôle de la pollution, la cartographie et la gestion des terres. (La Division de l'acquisition des données du Centre canadien de télédétection)



Expansion du club des nations signales

9 Image « en infrarouge thermique » de la colline du Parlement, prise en décembre 1983, à 11 h, d'une altitude de 450 m. L'imagerie en infrarouge thermique utilise un segment du spectre électromagnétique différent de celui de l'imagerie en fausse couleur représentée par l'image n° 4. Les régions plus claires de cette image sont plus chaudes que les régions adjacentes. Notons que l'image a été prise la nuit, ce qui met en évidence l'une des caractéristiques utiles de l'imagerie en infrarouge thermique : elle ne dépend pas de la lumière du jour.



On voit sur cette photo plusieurs détails intéressants. La chaleur émise par les bâtiments, un tunnel souterrain (A), les « ombres » thermiques des automobiles qui viennent de quitter leur espace de stationnement (B), et les lampadaires des rues. La visibilité du tunnel signale un autre avantage de ce type d'images, c'est-à-dire la possibilité qu'elles offrent, dans certaines circonstances, de « voir » des objets enterrés et de pénétrer à travers le camouflage.

La résolution des détecteurs en infrarouge thermiques est nettement inférieure à celle des caméras en lumière visible. Les applications civiles de ces images comprennent la gestion énergétique pour éviter les pertes de chaleur ainsi que le contrôle de la pollution.
(INTERA Technologies Ltée, Ottawa)

Les photographies 4), 5) et 7) proviennent de la collection de la Photothèque nationale de l'air et ont été reproduites avec l'autorisation d'Énergie, Mines et Ressources Canada.

Expansion du club des nations spatiales

Le 19 mars 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Le 17 avril 1968, l'Union soviétique a lancé son premier satellite artificiel de la Lune, le Lunik 16, qui a été placé en orbite autour de la Lune.

Chapitre deux

Expansion du club des nations spatiales

Le nombre des pays qui possèdent une technologie spatiale et qui ont accès à l'espace augmente rapidement. C'est la navette spatiale américaine qui a le plus répandu l'idée d'un accès plus facile à l'espace, tout en mettant en évidence les énormes défis et les dangers imprévus qui accompagnent son exploration. De plus en plus, d'autres nations spatiales offrent des services de lancement. La mise au point du véhicule de lancement Ariane par la France et par l'Agence spatiale européenne en est un exemple. Le Japon, la Chine et l'Inde avancent tous, à des cadences diverses, sur ce même chemin. Ces réalisations soulignent la capacité croissante de nombreux pays de construire et lancer des satellites; elles signalent également que la possibilité de surveiller la Terre à partir de l'espace ne sera bientôt plus l'apanage de quelques États.

Le Canada, lui aussi, est un État spatial. Troisième pays, après les États-Unis et l'Union soviétique, à avoir exploité un satellite dans l'espace, il a un long palmarès dans le domaine spatial, en commençant par le lancement du satellite Alouette en 1962. Nous sommes en droit d'affirmer que le Canada est à la fine pointe des connaissances dans de nombreux domaines des sciences et techniques spatiales.

Nous devons donc, nous aussi, incorporer nos connaissances spécialisées au processus de contrôle des armements auquel nous nous sommes voués avec nos alliés.

Il semble pratiquement certain que la télé-détection à partir de l'espace restera un élément indispensable à la vérification des accords bilatéraux de contrôle des armements entre les super-puissances. L'élément nouveau, aujourd'hui, est la probabilité croissante que d'autres pays seront à même d'employer des techniques similaires pour la vérification multilatérale. La forme que revêtira cette capacité embryonnaire n'est pas encore clairement esquissée. Sans aucun doute, d'autres pays en viendront à posséder leurs propres « moyens techniques nationaux » de vérification à partir de l'espace. Nous avons déjà mentionné également la possibilité que des satellites commerciaux fournissent certaines données pour la vérification du contrôle des armements, à tout pays ou groupe disposé à en payer le prix. Il se peut aussi que plusieurs pays qui ont une attitude commune envers le problème, qui possèdent une capacité en matière de techniques spatiales de pointe et qui agissent au nom d'un groupe plus vaste de signataires d'un traité, s'accordent pour partager leurs

ressources afin de vérifier un accord de contrôle des armements qui serait conclu à l'avenir. Cette dernière possibilité, que l'on pourrait qualifier de vérification « plurilatérale », mérite un examen plus approfondi.

Tableau 2 Quelques réalisations canadiennes dans l'espace

Septembre 1962	Alouette 1 : Le Canada devient le troisième pays, après l'Union soviétique et les États-Unis, à exploiter un satellite dans l'espace. Alouette 2 est lancé en novembre 1965.
Janvier 1969	ISIS 1 (Satellite international pour l'étude de l'ionosphère). ISIS 2 est lancé en avril 1971.
Novembre 1972	Anik A1 : Le Canada est le premier pays à exploiter un système national de télécommunications utilisant un satellite en orbite géostationnaire, le premier de trois satellites Anik A. Anik A2 est lancé en avril 1973 et Anik A3 en mai 1975.
Janvier 1976	« Hermès » ou CTS (<i>Communications Technology Satellite</i> — Satellite technologique de télécommunication) : Premier satellite

- satellite capable d'émissions directes destinées aux récepteurs domestiques, peu coûteux, dans la bande de fréquence de 12 à 14 GHz.
- Décembre 1978 **Anik B** : Premier satellite de télécommunications exploité simultanément dans les bandes de fréquences de 4-6 GHz et 12-14 GHz.
- Août 1982 **Anik D1** : Premier satellite commercial construit par un entrepreneur canadien, Spar Aérospatiale Limitée. **Anik D2** est lancé en novembre 1984.
- Novembre 1982 **Anik C3** : Lancé lors de la première mission commerciale de la navette spatiale. **Anik C2** est lancé en juin 1983 et **Anik C1** en avril 1985, lors de missions ultérieures de la navette spatiale.
- Novembre 1982 « Le bras canadien » ou système de télémanipulation : Il est déclaré opérationnel après plusieurs voyages et essais réussis lors de missions de la navette spatiale.
- Février 1983 **SARSAT** (*Search and Rescue Satellite Aided Tracking* — Poursuite assistée par satellite de recherche et sauvetage) : Le Canada fournit les émetteurs-récepteurs pour le satellite et conçoit et construit plusieurs stations au sol pour ce projet international.

- Octobre 1984 **Marc Garneau : Le premier astronaute canadien voyage à bord de la navette spatiale *Challenger*.**
- ? 1991 **M-SAT (satellite du programme de télécommunications mobiles par satellite)* : Satellite de télécommunications visant à permettre de meilleures communications vocales et de données avec les véhicules, aéronefs, navires et autres stations mobiles, pour une vaste gamme de communications personnelles ou d'affaires dans les régions éloignées ou rurales du Canada.**
- ? 1993 **RADARSAT* : Satellite de télédétection par radar à ouverture synthétique fournissant des informations sur l'état des glaces, les icebergs, les navires et les conditions océaniques dans nos zones économiques côtières et arctiques, ainsi que des données pour la cartographie des terres. Le satellite fournira également des informations globales sur les vents marins ainsi que des données pour la cartographie stéréogéologique par radar.**
- ? 1994 **Station spatiale : L'une des contributions du Canada sera probablement le Centre mobile de servitude de la station.**

* En février 1987, ni le projet M-SAT ni le projet RADARSAT n'avaient reçu l'approbation finale.

Figure 4 « Le Canada, lui aussi, est un État spatial »



La reproduction de ces timbres a été autorisée par la Société canadienne des Postes.

Vérification multilatérale du contrôle des armements

Chapitre trois

Vérification multilatérale du contrôle des armements

Solution d'avenir?

Aujourd'hui, en partie suite à une série d'importants accords bilatéraux de contrôle des armements, ce sont les États-Unis et l'Union soviétique qui possèdent l'essentiel des capacités mondiales de vérification à partir de l'espace extra-atmosphérique. Si l'on exclut le Traité de 1968 sur la non-prolifération, on peut affirmer qu'il n'existe pas encore de traité multilatéral suffisamment important qui justifierait, pour la vérification de ses clauses, le haut niveau de perfectionnement technique et de ressources financières qu'exigerait la télédétection à partir de l'espace. À mesure qu'évolue le processus de contrôle des armements, l'avènement de traités multilatéraux importants semble pourtant de plus en plus probable. Il pourrait s'agir de traités concernant l'espace extra-atmosphérique, les armes chimiques ou le contrôle des armements dans des régions spécifiques, notamment en Europe. Dans ces trois cas, la télédétection à partir de l'espace est probablement appelée à jouer un rôle important, sinon essentiel, au niveau de la vérification.

Dans ce contexte, l'accord conclu à Stockholm en septembre 1986 est un exemple pertinent. Désigné sous le nom de « Document de Stockholm », cet ac-

cord a été signé par 35 pays membres de la Conférence sur la sécurité et la coopération en Europe (CSCE). Il comporte un ensemble complexe de mesures destinées à renforcer la confiance mutuelle et la sécurité en réduisant la crainte d'attaques surprises et en établissant une plus grande confiance réciproque dans le domaine militaire en Europe. Les méthodes de vérification prévues par cet accord comprennent les inspections terrestres et aériennes. La mise au point de capteurs ultramodernes pour la télédétection à partir de l'espace, dans le seul but de vérifier le Document de Stockholm, ne sera peut-être pas justifiée, puisque les mesures précisées dans ce document ne créent peut-être pas le même degré d'inquiétude, quant à la vérification, qu'un accord réduisant ou limitant substantiellement les armements. Néanmoins, il ne faut pas sous-estimer l'importance politique de cet accord, signé par tous les pays d'Europe (sauf l'Albanie) ainsi que par le Canada et les États-Unis; il compte parmi les quelques accords multilatéraux sur la sécurité adoptés ces dix dernières années. Exemple probant de l'approche multilatérale aux négociations Est-Ouest sur le contrôle des armements, la mise en oeuvre du Document de Stockholm ouvre peut-être la voie au contrôle des armements et au désarmement multilatéraux.

À mesure qu'aboutissent des accords multilatéraux supplémentaires, le nombre de pays participant à la vérification devrait augmenter. Il est évidemment dans l'intérêt de tout pays de participer au système conçu pour vérifier le respect des accords qu'il a conclus.

Cette évolution vers les accords multilatéraux se produit au moment même où de plus en plus de pays deviennent capables d'employer des détecteurs placés dans l'espace pour vérifier les accords de contrôle des armements. Ces deux tendances qui se renforcent mutuellement (c'est-à-dire un plus grand nombre d'accords multilatéraux et davantage de pays possédant des capteurs placés dans l'espace) semblent indiquer que nous en arrivons au point où, plus qu'une simple possibilité, la multilatéralisation de la vérification du contrôle des armements est en passe de se réaliser, sous une forme ou une autre. Il reste à mettre au point un « troisième système » de vérification et d'orienter son application.

« Troisième système »

Le terme « troisième système » se réfère à une capacité de vérification que les superpuissances n'exploitent pas en exclusivité. Un « troisième système » ne servirait pas d'arbitre dans des questions ayant trait uniquement aux superpuissances, sa mise au point résultant plutôt

d'obligations qui découlent d'accords multilatéraux précis.

Le concept PAXSAT porte sur la faisabilité d'un tel « troisième système ». À l'encontre d'autres concepts proposés, son exploitation se ferait dans un contexte multilatéral; il part du principe qu'il doit se rapporter à un traité précis; enfin, il reflète la participation du Canada au processus de négociation du contrôle des armements et du désarmement.

Agence internationale de satellites de contrôle

Lors de la première session spéciale des Nations Unies sur le désarmement (UNSSOD I) en 1978, la France a proposé que l'ONU établisse une Agence internationale de satellites de contrôle (ISMA) pour aider à vérifier les traités de contrôle des armements, en vigueur ou futurs, ainsi que pour d'autres fonctions de désamorçage des crises. Cette Agence, selon le plan en trois étapes proposé, devait être développée sur une base globale, sous l'égide des Nations Unies. Elle représentait une approche novatrice concernant la multilatéralisation des techniques de vérification, concept appuyé par le Canada.

Dès le départ, on constate plusieurs problèmes sérieux. Bien que la plupart aient été cernés en 1982 dans l'étude des experts de l'ONU sur l'ISMA, les

conclusions tirées de ce rapport n'en ont pas tenu suffisamment compte. En premier lieu, on a noté un manque remarquable d'enthousiasme de la part des superpuissances. Non sans justification, elles se sont peut-être dit que leur participation aurait trop révélé sur leurs propres « moyens techniques nationaux ». D'autres pays se sont révélés assez réticents quant à l'utilisation, dans d'autres contextes, de la télé-détection de la surface terrestre. Ces inquiétudes seraient sans doute exacerbées si la sécurité nationale était directement en jeu. La vérification n'équivaut pas à la collecte pure et simple de données techniques. Loin d'être de simples questions techniques, l'interprétation des images fournies par les satellites et le jugement concernant le respect de l'accord font partie intégrante du processus politique.

Il se posait également la question financière de savoir s'il serait ou non acceptable de dépenser, pour un seul projet comme l'ISMA, une somme dépassant le budget annuel de l'ensemble de l'ONU.

Certains de ces problèmes ont été discutés lors de la réunion du 25^e anniversaire de la fondation du Mouvement Pugwash, à Pugwash, en 1982. M. Mark MacGuigan, alors secrétaire d'État du Canada aux Affaires extérieures, nota qu'avant de

pouvoir établir un organisme comme l'ISMA, la communauté mondiale devait d'abord conclure un accord de contrôle des armements suffisamment important pour justifier une telle agence.

En mai 1986 paraissait dans le journal *Space Policy* un article bref mais incisif, intitulé *The ISMA Proposal — Time for a Reappraisal* (La proposition ISMA à l'heure de la réévaluation), dans lequel les auteurs, fonctionnaires du gouvernement français, résumaient certaines des questions institutionnelles, financières, politiques et méthodologiques qui s'opposaient à cette proposition. Ils suggéraient une réévaluation du contexte dans lequel la télé-détection à partir de l'espace serait appliquée à la vérification du contrôle des armements.

En fait, à l'origine (en 1981), le concept PAXSAT découlait des problèmes définis par Mark MacGuigan à Pugwash et récemment résumés dans *Space Policy*. À l'encontre de l'ISMA, PAXSAT fut conçu dès le début comme applicable *uniquement* à un traité donné. À l'encontre de l'ISMA, PAXSAT s'inscrit dans un contexte régional. À l'encontre de l'ISMA, PAXSAT n'aurait aucune application en dehors du traité. Dans le cadre de PAXSAT, les participants seraient des parties au traité lui-même.

**L'approche canadienne en matière de
vérification multilatérale**

Chapitre quatre

PAXSAT : L'approche canadienne en matière de vérification multilatérale

Le Canada, qui préconise le progrès des négociations sur le contrôle des armements et le désarmement, met l'accent sur les aspects pratiques, et c'est l'une des raisons pour lesquelles les recherches sur la vérification des accords sur le contrôle des armements, comme les études PAXSAT, constituent, à notre avis, un domaine où nous pouvons faire un apport utile. Le très honorable Joe Clark, secrétaire d'État aux Affaires extérieures, a déclaré ce qui suit devant la Chambre des communes, le 23 janvier 1986 :

Les mesures de vérification efficaces favorisent le respect des traités de contrôle des armements et facilitent leur négociation. La vérification est un domaine où les connaissances spécialisées et les efforts diplomatiques du Canada s'entraident. . . Nous sommes en tête du peloton pour ce qui est de la mise au point de procédures et techniques de vérification répondant aux besoins pratiques des accords sur le contrôle des armements, qui sont prévus ou qui font actuellement l'objet de négociations (traduction).

Dès le début, les recherches PAXSAT ont tenu compte des réalités et tendances importantes décrites aux chapitres antérieurs. Par conséquent, certains points sont au coeur même du concept PAXSAT et favorisent la réalisation d'un tel système de vérification multilatérale. Voici quelques-uns de ces points :

- Il doit y avoir un important accord multilatéral en puissance pour justifier le niveau de perfectionnement technologique et l'engagement des fonds nécessaires à la mise au point d'un tel système technique de vérification.
- Les parties à un tel accord devraient au moins avoir la possibilité de participer à sa vérification.
- Le système PAXSAT serait conçu pour un traité précis : il serait utilisé uniquement en rapport avec l'accord pour lequel il a été conçu, dans le cadre d'un processus général de vérification de cet accord.
- Le traité à vérifier définirait l'autorité politique nécessaire pour le mécanisme de vérification et son exploitation.
- Les besoins technologiques seraient comblés par l'ensemble des participants et ne dépendraient pas de la parti-

cupation des superpuissances, bien que le traité soit, bien sûr, ouvert à tous les États.

- Dans la mesure du possible, PAXSAT doit être basé sur la technologie qui existe déjà et que l'on peut se procurer ouvertement, sans exiger des perfectionnements importants et coûteux. La technologie du secteur privé au Canada est à la base des études effectuées sur PAXSAT.

Bien que les recherches sur PAXSAT ne soient pas encore achevées, les deux sections suivantes résument plusieurs observations initiales.

PAXSAT « A » : Télédétection d'objets spatiaux à partir de l'espace

L'étude de faisabilité de PAXSAT « A » avait pour but de décider si un système d'observation à partir de l'espace pouvait aider à vérifier un accord de contrôle des armements dans l'espace extra-atmosphérique. À cette fin, l'étude devait répondre à deux grandes questions :

- 1) L'observation d'un objet spatial à partir de l'espace peut-elle déterminer le rôle ou la fonction de l'objet, particulièrement en ce qui concerne un système d'armes?
- 2) Les exigences opérationnelles permettraient-elles

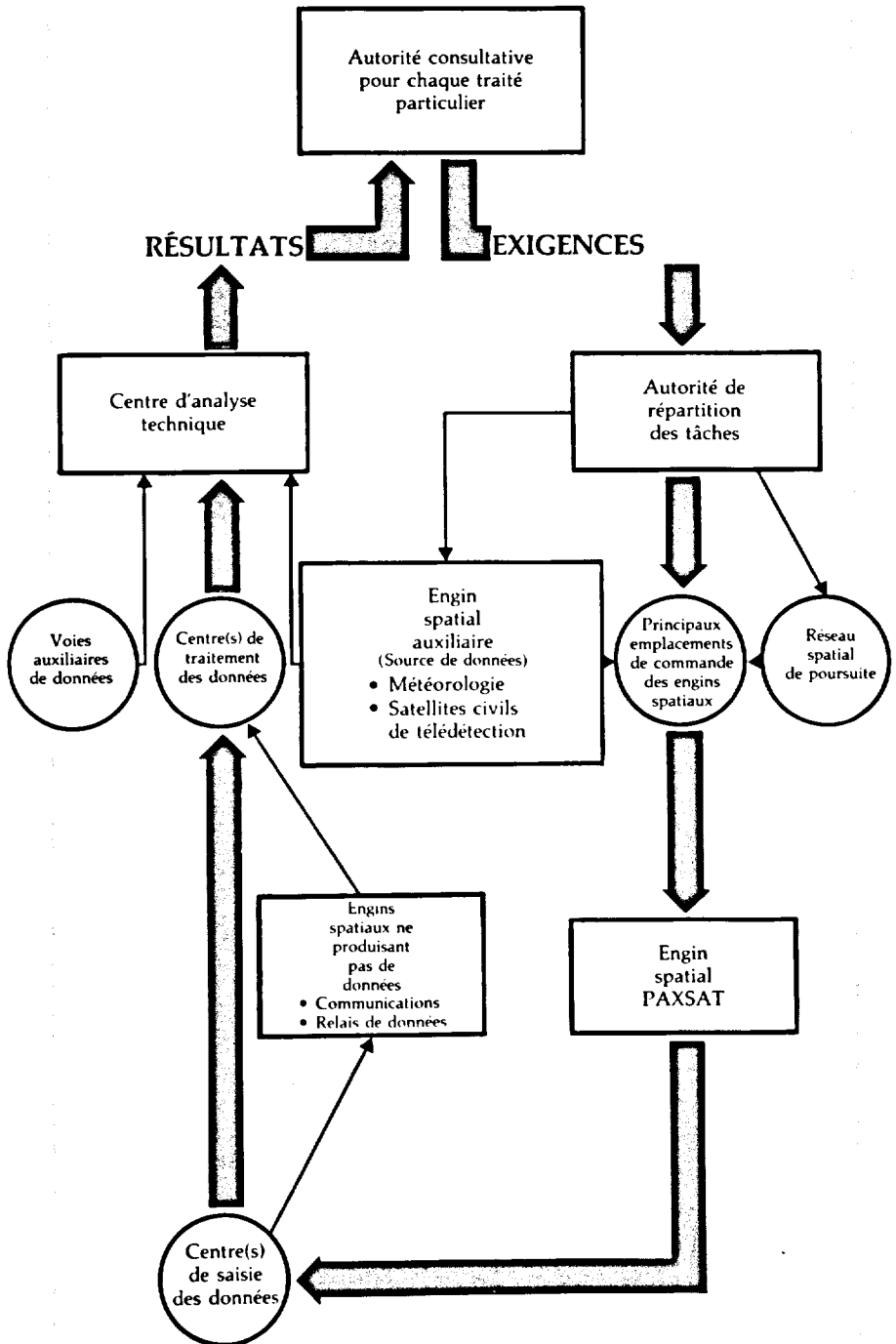
une conception viable de l'engin spatial pour la mission PAXSAT « A » ?

La réponse aux deux questions est affirmative, mais sous une certaine réserve. Voici quelques-unes des observations initiales tirées de l'étude PAXSAT « A » :

- Le haut degré d'optimisation qui caractérise la conception de tout engin spatial et ses paramètres orbitaux, ainsi que la nature des signaux à destination ou à provenance de l'engin, permettent d'obtenir des données très révélatrices sur sa fonction.
- Le moyen le plus utile de déterminer la fonction d'un engin spatial par des systèmes d'observation dans l'espace serait de placer l'engin observateur sur la même orbite et de le maintenir en position par rapport à la cible pendant un certain temps.
- Une autre méthode possible pour l'observation d'un engin spatial, méthode consommant moins de carburant, serait une intersection de l'orbite, qui permettrait une vérification préliminaire de la cible.

Figure 5 — Organigramme conceptuel des données fournies par PAXSAT

Ce diagramme indique le cheminement général des informations ainsi que les principaux points de prise de décisions, dans le système PAXSAT proposé pour la vérification à partir de l'espace. L'un des éléments importants que les participants à tout système PAXSAT doivent peser soigneusement, est la mise sur pied d'une autorité consultative pour chaque traité particulier, qui devra prendre des décisions politiques critiques sur les activités de vérification. Autre besoin important : élaborer des mesures permettant d'assurer le caractère confidentiel des données recueillies et analysées par les éléments techniques du système.



- Les problèmes de l'observation à partir de l'espace sont atténués par le fait que les missions spatiales militaires et connexes ont des orbites groupées dans des secteurs limités de l'espace.
- Un engin spatial PAXSAT « A » pourrait emporter plusieurs détecteurs, dont un système d'imagerie en lumière visible, un système d'imagerie thermique, un récepteur permettant de mesurer les signaux de communication, ainsi que des capteurs chimiques et de rayonnement.
- Tous les éléments proposés de l'engin spatial PAXSAT « A » relèvent de la technologie dont disposent les agences spatiales civiles des pays autres que les superpuissances, certains modules étant immédiatement disponibles, sans nécessiter de mise au point supplémentaire.

PAXSAT « B » : Télédétection au sol à partir de l'espace

L'étude de faisabilité PAXSAT « B » a porté sur l'application de la télédétection à partir de l'espace afin de vérifier le contrôle d'armements classiques, dans un contexte général. Afin de mieux centrer l'effort de recherche, on a choisi un territoire géographique bien précis : l'Europe. Citons quelques-unes

des observations préliminaires tirées de cette étude :

- Les accords sur le contrôle des armements qui seront probablement conclus en Europe exigeront divers types de mesures de vérification; la vérification à partir de l'espace pourrait combler certains de ces besoins.
- Les satellites de télédétection civile, actuels ou prévus, offrent un pouvoir de résolution et une gamme de fréquences de surveillance qui ne suffisent pas à tous les besoins de PAXSAT « B ».
- Cependant, les satellites civils comme le satellite canadien RADARSAT proposé, pourraient fournir des informations utiles, de niveau « détection », pour renforcer la confiance mutuelle.
- Pour répondre à tous les besoins de vérification des accords escomptés, il faut des capteurs et des plates-formes PAXSAT « B » réservés à cette fin.
- Il existe, en dehors des superpuissances, la base technologique nécessaire, à partir de laquelle l'ensemble du système PAXSAT « B » pourrait être mis au point d'ici le milieu ou la fin des années 1990.

Conclusion

Conclusion

Le Canada ne peut pas amener d'autres pays à conclure des accords sur le contrôle des armements et le désarmement. Il n'a pas l'intention non plus de mettre au point tout seul des systèmes de vérification comme ceux envisagés par les études PAXSAT. De par leur nature même, ces efforts exigent la collaboration de nombreux pays. Nous ne prétendons pas connaître toutes les solutions aux difficultés politiques et techniques qui entourent la négociation d'accords sur le contrôle des armements et leurs clauses de vérification. Toutefois, par nos efforts de recherche sur les techniques de vérification à partir de l'espace, nous pouvons jeter un peu de lumière sur l'application de ces techniques en vue d'une capacité de vérification multilatérale, dans l'espoir de contribuer ainsi au progrès du contrôle des armements.

Figure 6 Lecture supplémentaire

Les documents suivants sont disponibles dans les bibliothèques publiques et universitaires, au Canada.

- 1 John N. Barry. « Application of Space and Remote Sensing Technology to Verification of Weapons Systems for Use in Outer Space ». Dans *Compliance and Confirmation: Political and Technical Problems in the Verification of Arms Control of Chemical Weapons and Outer Space* pp. 97-111. Édité par Harald von Riekhoff. Ottawa: École Norman Paterson d'affaires internationales, Université Carleton, 1986.
- 2 R. Buckingham. *Satellite Surveillance and Canadian Capabilities*. Document de travail n° 7. Ottawa : Institut canadien pour la paix et la sécurité internationales, septembre 1986.
- 3 Canada. *La vérification sous tous ses aspects : Étude globale de la vérification aux fins du contrôle des armements et du désarmement présenté conformément à la résolution 40/152(0) de l'Assemblée générale des Nations Unies*. Rapport présenté aux Nations Unies, avril 1986.
- 4 F.R. Cleminson. « Feasibility of Space-based Remote Sensing in the Verification of a Treaty to Prevent an Arms Race in Outer Space ». Dans *Modelling and Analysis in Arms Control*, pp. 399-408. Édité par Rudolf Avenhaus, Reiner K. Huber et John D. Kettle. Série ASI OTAN — Series F. *Computer and Systems Sciences*, Vol. 26, Berlin : Springer-Verlag Heidelberg, 1986.

- 5 F.R. Cleminson et E. Gilman. Document de travail théorique sur le concept de vérification de la limitation des armements. Étude sur la vérification du contrôle des armements, n° 1. Ottawa : Ministère des Affaires extérieures, 1986.
- 6 F.R. Cleminson et E. Gilman. « Proposals and Technology in Arms Control Verification: A Survey. » Dans *Quantitative Assessment In Arms Control: Mathematical Modelling and Simulation in the Analysis of Arms Control Problems*, pp. 359-381. Édité par Rudolf Avenhaus et Reiner K. Huber, Université des Forces armées fédérales, Munich, République fédérale d'Allemagne. New York : Plenum, 1984.
- 7 A. Crawford, et al. *Compendium of Arms Control Verification Proposals*. 2^e édition. ORAE Rapport n° R81. Ottawa : Centre d'analyse et de recherche opérationnelle, Ministère de la Défense nationale, mars 1982.
- 8 William C. Heine. « Canada from Space ». *Canadian Geographic* (décembre 1986/janvier 1987) : pp. 42-55.
- 9 N.M. Matte. « International Verification Procedures: Past and Future Prospects ». *Annals of Air and Space Law XI* (1986) : pp. 237-257.
- 10 F.J.F. Osborne. « The PAXSAT Concept: A Study of Space-to-Space Remote Sensing ». Dans *A Proxy for Trust: Views on the Verification Issue in Arms Control and Disarmament Negotiations*. Édité par John O'Manique. Ottawa : École Norman Paterson d'affaires internationales, Université Carleton, 1985.



Nous enjoignons toutes les nations à collaborer et à participer à la mise au point des techniques de vérification nécessaires pour créer la confiance mutuelle qui permettra d'entériner ces accords, et pour prévoir les mesures à prendre, par la suite, dans tous les domaines du contrôle des armements. Car la vérification n'est pas une simple question de capacité technique mais aussi de volonté politique pour que nous puissions nous mettre d'accord sur l'application des technologies et des techniques.

Dans cet esprit et en collaboration avec d'autres pays, le Canada poursuivra ses efforts vigoureux afin qu'il y ait de réels progrès en matière de vérification.
(traduction)

L'honorable Joe Clark, secrétaire d'État aux Affaires extérieures, discours prononcé devant l'Assemblée générale des Nations Unies le 24 septembre 1986.



Canada

