
CANADA

DOCUMENT DE TRAVAIL

**LA VÉRIFICATION PAR DES MOYENS BASÉS DANS L'ESPACE:
LE *PAXSAT A* TEL QU'IL A ÉTÉ CONÇU À L'ÉPOQUE, ET FAITS
NOUVEAUX INTERVENUS DANS L'INTERVALLE****Faits intervenus au cours des années 80 ayant abouti à l'étude du *Paxsat A***

1. Au début des années 80, l'Union soviétique avait entrepris de déployer en Europe orientale une nouvelle génération de missiles balistiques à portée intermédiaire porteurs d'armes nucléaires. Les États-Unis ont riposté par des déploiements analogues en Europe occidentale. En outre, l'Union soviétique essayait depuis longtemps des systèmes antisatellites coorbitaux, porteurs d'une charge à corps de fragmentation et basés à terre. Les États-Unis, quant à eux, avaient entrepris de mettre au point un véhicule de destruction cinétique à ascension directe et lancé à partir de l'air, dont les essais de vol devaient commencer en 1985. Parallèlement, les États-Unis et l'Union soviétique s'attachaient à étudier et mettre au point des défenses antimissiles balistiques qui seraient basées dans l'espace et fondées sur les «autres principes physiques», comme les y autorisaient les déclarations concertées faites dans le cadre de leur traité bilatéral concernant la limitation des systèmes de missiles antimissiles, (Traité ABM), de 1972. Nombreux étaient ceux qui pensaient que le monde allait sous peu être entraîné dans une nouvelle spirale (quantitative, celle-ci) de la course aux armements, qui se déroulerait dans l'espace.
2. Cependant, des accords multilatéraux de limitation des armements avaient aussi été négociés à la même époque, qui devaient juguler efficacement d'épineux problèmes de sécurité, y compris dans l'espace. Pour être accepté par les superpuissances dans les années 80, un accord général de limitation des armements concernant l'espace allait devoir remplir plusieurs conditions. Premièrement, il devrait être équitable: un État partie ne pouvait posséder des capacités avancées, telles qu'un système antisatellite éprouvé, tandis qu'un autre État partie n'aurait plus la possibilité de se doter de capacités analogues. Tout traité envisagé afin d'interdire les armes dans l'espace allait donc devoir servir les intérêts en matière de sécurité de tous ses États parties, y compris les deux nations les plus puissantes de l'époque. Par conséquent, la vérification de l'absence d'armes, en vertu d'un traité universel, devrait présenter moins de risques pour la sécurité nationale que la défense nationale imparfaite des armes effectivement déployées dans ce milieu, sur laquelle les États feraient fond. Enfin, tout traité de l'époque qui aurait porté sur l'espace aurait dû être effectivement vérifiable. Avant le Traité de 1987 sur les forces nucléaires à portée intermédiaire, (Traité INF), l'Union soviétique n'aurait pas accepté d'inspections sur place dans le cadre d'un accord négocié de limitation des armements quel

qu'il soit. Il s'ensuit que, dans les années 80, toute interdiction des armes basées dans l'espace aurait dû être vérifiée par des systèmes de télédétection, par opposition à des inspections avant lancement – «goulets d'étranglement» presque parfaits. Ainsi a surgi la nécessité de concevoir un système de vérification basé dans l'espace qui utiliserait des satellites artificiels pour déterminer la fonction d'autres objets spatiaux.

3. Le concept *Paxsat A* («satellite de la paix») a été élaboré par des diplomates et des entrepreneurs canadiens aux fins de la vérification d'accords internationaux interdisant les armes spatiales. Les auteurs de l'étude sur ce concept, c'est-à-dire sur la faisabilité d'un système embarqué par un véhicule spatial qui aurait pour fonction de déterminer la présence d'armes dans l'espace, se sont penchés sur la question fondamentale de savoir s'il est possible, par des observations spatiales, de déterminer le rôle ou la fonction d'un objet dans l'espace. Cela leur a paru effectivement possible, sous certaines conditions. Pour pouvoir suivre le déroulement de leur réflexion et comprendre leur conclusion, il importe tout d'abord de cerner les multiples fonctions utiles que remplit l'espace et les orbites qui sont exploitées pour l'exécution de ces fonctions spécialisées.

L'implantation d'armes dans l'espace

4. Les plates-formes spatiales ont plusieurs avantages par rapport aux plates-formes terrestres. Un satellite peut fournir des images de la Terre entière et a donc une couverture dite mondiale. En outre, le Traité sur l'espace de 1967 assure le libre accès à ce milieu. Le passage de forces militaires sur la Terre ne peut se faire sans l'autorisation de l'État exerçant sa juridiction ou un contrôle sur le territoire concerné. Comme aucun pays ne saurait s'appropriier l'espace, tout État peut l'utiliser sans avoir à solliciter une autorisation préalable à cette fin, étant entendu, toutefois, que son exploitation doit se faire conformément aux règles établies par le Traité sur l'espace. Le troisième avantage d'une plate-forme spatiale réside dans le fait que celle-ci permettrait d'intervenir rapidement, sur la Terre ou dans l'espace, pour frapper des objectifs inopinés dans des circonstances où les délais ont une importance cruciale. Il faut un temps considérable aux missiles balistiques, missiles de croisière, aéronefs, navires et véhicules pour arriver de leur base de commandement à portée de l'objectif visé sur la Terre. Enfin, l'espace peut offrir certaines assurances de survie dans nombre d'orbites, étant donné que la plupart des pays n'ont pas leurs propres véhicules de lancement spatiaux.

5. Aussi attrayante que soit l'idée d'utiliser des vols spatiaux pour remplir diverses missions militaires, l'énergie, les efforts et le coût que suppose l'implantation de satellites artificiels dans l'espace sont tels que la conception des satellites et leurs orbites doivent être optimisées à l'extrême eu égard à leurs fonctions. Ces contraintes physiques, économiques et technologiques font que tous les satellites sont placés dans des orbites précises qui sont déterminées par les fonctions spécifiques de ces objets. La transparence de l'atmosphère et de l'espace permettant l'observation électromagnétique des objets spatiaux, tous les pays ont la possibilité de suivre les positions de ces objets et de déduire, de l'observation de l'orbite képlérienne d'un satellite, les fonctions qu'il peut plausiblement remplir.

6. Les satellites placés dans une orbite terrestre basse offrent la vue la plus détaillée de la surface de la Terre et sont les mieux placés pour détecter des signes électroniques faibles de sources à terre, en mer ou dans l'air. Lorsqu'ils se trouvent dans une orbite quasi polaire, de tels satellites artificiels ont, dans bien des cas, la possibilité de couvrir à distance au moins une fois

par jour toute la surface de la Terre alors que celle-ci tourne sur son axe. De ce fait, les satellites servant aux prévisions météorologiques, à la reconnaissance, à la surveillance des océans et au renseignement électronique sont souvent placés dans des orbites terrestres basses. L'orbite géostationnaire est préférée à toute autre lorsqu'il s'agit, dans le cadre d'une mission militaire, de surveiller continuellement et en même temps des zones étendues, de communiquer dans des zones étendues avec des récepteurs mobiles, ou de transférer de très gros volumes de données d'un point fixe à un autre. En conséquence, les satellites météorologiques, de télécommunication et d'alerte avancée sont tous placés dans cette orbite particulière.

7. L'orbite géosynchrone, quant à elle, ne permet pas d'avoir une bonne visibilité directe des régions élevées du bassin arctique pour les télécommunications avec les stations terrestres. C'est la raison pour laquelle les services pour ces régions sont souvent fournis par des véhicules spatiaux déployés dans des orbites elliptiques très excentriques et dont l'apogée sur l'hémisphère Nord dure 8 heures ou plus, sur une période de 12 heures. Outre aux télécommunications, ces types d'orbites servent à la navigation et à l'alerte avancée. La constellation de satellites du Système mondial de localisation (GPS), par exemple, utilise des orbites circulaires semi-synchrones pour fournir des signaux de navigation multiples dans les quatre coins du globe.

8. Les lois mécaniques newtoniennes limitent fortement la capacité qu'a un satellite de changer d'orbite sans un effort substantiel. C'est comme si chaque satellite tombait au fond d'un puits de gravité de par son placement dans une orbite particulière et qu'il devait déployer des efforts énormes pour en sortir et gagner une orbite différente. Dans cette nouvelle orbite, toutefois, il se retrouverait au fond d'un nouveau puits de gravité. Il serait donc probable que toute arme antisatellite implantée dans l'espace le serait dans le même volume général que ses cibles potentielles, étant donné la quantité de propergol nécessaire, sinon, pour exécuter à grande distance des manœuvres d'interception rapide dans l'espace. De même, il est probable que des systèmes de bombardement ou de défense antimissiles orbitaux soient déployés dans des orbites terrestres basses, analogues à celles de nombre de satellites de télédétection civils ou militaires, afin d'obtenir une couverture régulière des régions de la Terre. Toutes ces orbites intéressent une mission de vérification suivant le concept *Paxsat A*.

Détermination de la fonction d'un objet dans l'espace par observation

9. De prime abord, il peut paraître excessivement difficile de déterminer la fonction exacte d'un objet inconnu placé dans l'espace, mais si l'on y réfléchit plus avant, cela n'est pas impossible à des personnes connaissant bien la conception et l'évolution des satellites artificiels. Le cheminement technique peut être déduit de son aboutissement dès lors que les praticiens connaissent très bien, eux aussi, les lois de la physique. Le degré élevé d'optimisation inhérent à la conception physique de tous les véhicules spatiaux dans leurs orbites spécialisées et l'information supplémentaire que fournit la nature des signaux entre les satellites et des équipements terrestres ou d'autres objets dans l'espace offrent des données très significatives sur la fonction d'un satellite inconnu.

10. En architecture, il y a un principe suivant lequel la fonction fait la forme et qui semble s'appliquer aussi à la conception des véhicules spatiaux, en raison des multiples contraintes qui influent sur la conception d'un satellite, qui doit satisfaire aux exigences fonctionnelles d'une mission donnée. Le coût du lancement de satellites dans l'espace fait, aussi, que le moindre gramme de la masse du satellite doit apporter une contribution à une fonction essentielle.

Les images visuelles prises d'un véhicule spatial permettent donc de déterminer de très près le but servi par un satellite inconnu. Un interprète habile peut déterminer les détails de la conception d'un satellite à partir d'images optiques à haute résolution, en particulier en ce qui concerne les ouvertures, les antennes et les appendices du satellite. Si les images sont suffisamment fines, on peut discerner les dimensions des propulseurs de fusée nécessaires à la régulation d'orientation et aux manœuvres de changement d'orbite. L'identification de ces caractéristiques aidera à déterminer la capacité de tout objet spatial d'attaquer physiquement un autre satellite dans une orbite différente, quelle qu'elle soit, par l'exécution de manœuvres orbitales. Les dimensions de l'ouverture électro-optique ou en radiofréquences, associées à la mesure de la puissance rayonnée du satellite, permettent aussi d'évaluer la capacité qu'a n'importe quel objet spatial de perturber ou d'obstruer le signal dans les radiofréquences d'un autre objet spatial, voire d'endommager ou de détruire cet autre objet à une distance de sécurité.

11. La mesure des dimensions des panneaux solaires d'un objet permet aussi d'estimer la puissance de projection que celui-ci pourrait développer contre un autre objet dans l'espace ou sur la Terre. Si un satellite de vérification pouvait aussi générer des images dans la région thermique et infrarouge du spectre électromagnétique, il serait possible d'en tirer d'importantes informations supplémentaires au sujet du bilan énergétique et de l'utilisation d'énergie d'un véhicule spatial inconnu. Tout objet basé dans l'espace qui est spécialement conçu ou modifié pour endommager ou détruire un autre objet à une distance de sécurité significative possédera nécessairement des caractéristiques spécialisées à cette fin. On se souviendra, par exemple, de certaines des conceptions théoriques issues du programme de l'Initiative de défense stratégique mené par les États-Unis et le programme équivalent entrepris par l'Union soviétique au milieu et jusqu'à la fin des années 80.

12. Tous les objets basés dans l'espace qui serviront à attaquer d'autres objets également basés dans l'espace, de positions initiales éloignées de leurs cibles, devront aussi posséder des capteurs et des capacités de propulsion caractéristiques. Qu'ils soient employés contre des missiles balistiques ou d'autres satellites, de tels intercepteurs devront tous être équipés de capteurs autodirecteurs fournissant suffisamment d'informations de guidage pour que les ordinateurs embarqués puissent calculer les trajectoires d'interception requises. La configuration et la taille des propulseurs, de même que le volume interne disponible pour le stockage de quantités importantes de propergol, se traduiront probablement, elles aussi, par des caractéristiques observables qui permettront à l'interprète habile d'attribuer à un objet spatial un indice de danger de son emploi potentiel contre d'autres objets. Dans le concept *Paxsat A*, l'accent a été mis sur les capacités de télédétection tant optiques que dans l'infrarouge d'un objet spatial soumis à des investigations rapprochées ou à distance.

13. L'exploitation de presque tous les types de véhicules spatiaux suppose un volume important de communications entre le véhicule et un émetteur-récepteur. Les caractéristiques des transmissions – protocoles de communication, débits de données, bandes de fréquence exploitées et leur largeur, puissance rayonnée et cycle d'exploitation des émetteurs-récepteurs – entre ces véhicules et les stations terrestres ou des objets dans l'espace, sont toutes d'un grand intérêt diagnostique pour un interprète habile de tels signaux de communication. Par exemple, différentes parties du spectre électromagnétique sont attribuées par accord international aux télécommunications militaires et civiles. De même, pour les émissions de satellites de télédétection, on utilise des radiofréquences différentes de celles qui servent aux satellites fixes, mobiles ou de navigation. Le codage de ces signaux et le degré de leur protection peuvent aussi

aider à faire le départ entre fonctions militaires et fonctions civiles. La charge utile du véhicule spatial conçu pour *Paxsat A* devait donc être occupée, en deuxième place, par un programme de mesures de soutien électronique pour la détermination des paramètres de toutes les émissions d'un véhicule spatial examiné. Ce programme devait aussi offrir une sensibilité suffisante pour caractériser tous les signaux dans les radiofréquences dirigés vers le véhicule spatial inconnu.

14. Afin qu'il soit possible d'obtenir des informations suffisantes dans le cadre d'une enquête sur le respect des dispositions convenues, le concept *Paxsat A* prévoyait le vol de concert avec le véhicule spatial examiné et des opérations à proximité du véhicule pendant une période pouvant aller jusqu'à un an. Tout véhicule spatial *Paxsat A* devait ainsi être équipé de capacités embarquées autonomes et de détection du déplacement relatif à l'aide d'un radar ayant des capacités analogues à celui qui est utilisé à bord de la navette spatiale pour le rendez-vous et l'arrimage. La présence d'un radar à bord donnait en outre aux véhicules spatiaux *Paxsat A* une capacité de diagnostic supplémentaire pour le calcul de la masse du véhicule examiné. À l'issue d'études ultérieures, des analyseurs de gaz ont été ajoutés à l'ensemble de capteurs afin qu'il soit possible de détecter les matières servant à des lasers chimiques et de déterminer le type des propergols utilisés par le satellite examiné. Des détecteurs de rayonnement devaient également être employés pour l'identification des matières associées à des sources de propulsion nucléaire ou des armes nucléaires.

15. L'étude du *Paxsat A* a montré que la nature et la fonction d'un véhicule spatial inconnu ayant la capacité d'endommager ou de détruire un autre objet pouvait être déduite directement, avec un degré de certitude élevée, de son observation ou par voie d'élimination. Deux équations sont importantes à cet égard, à savoir l'équation «fusée» pour les armes à projection de masse et l'équation «puissance rayonnée effective» pour les armes à projection d'énergie. Les auteurs de l'étude ont conclu qu'une incertitude subsisterait dans le cas de systèmes fondés sur des effets de perturbation plutôt que sur des effets d'endommagement ou de destruction, cependant que l'utilisation de tels moyens dans l'espace pourrait certainement être déterminée si les satellites stratégiques étaient équipés de dispositifs de localisation par radiofréquences ou par éclairage à laser et de notification.

Les opérations menées à l'aide de concept *Paxsat A*

16. Le concept *Paxsat A* pour la vérification à partir de l'espace postulait l'emploi de quatre satellites, dont deux seraient déployés dans des orbites terrestres basses, le troisième, dans une orbite semi-synchrone et le quatrième, dans une orbite géostationnaire. L'objectif consistait à discerner des objets ou des activités susceptibles de procurer un avantage militaire significatif à celui qui violerait les accords. Quant à la solution de déploiement des satellites *Paxsat A*, il a été préconisé de les mettre régulièrement à poste dans des orbites d'attente, puisque cela éviterait de ne pas pouvoir les lancer à temps lorsque des problèmes de respect des accords surgiraient. En outre, cela éviterait l'aggravation d'une situation délicate en cas de problème d'exécution des accords par le spectacle alarmant d'une impossibilité de lancer une mission *Paxsat A*.

17. Ne pouvant embarquer plus de 3 000 kg de carburant correspondant à une vitesse delta d'environ 3 400 mètres par seconde, il aurait fallu aux satellites en orbite terrestre basse jusqu'à 90 jours pour effectuer le rendez-vous avec le satellite en cause. Après d'autres études, des capacités de ravitaillement ont été ajoutées à la configuration du satellite *Paxsat A* par l'emploi d'une conception en modules ou des concepts de ravitaillement en orbite que l'on mettait alors

au point pour l'exploitation des stations spatiales. Il fallait cette capacité de ravitaillement pour que les satellites *Paxsat A* en orbite terrestre basse puissent accomplir un plus grand nombre d'investigations. Lorsqu'il n'était pas en train d'examiner un véhicule spatial, le véhicule *Paxsat A* devait accomplir une mission de suivi d'objets spatiaux et profiter de passages à proximité de satellites en orbite pour collecter d'autres données d'information.

18. Il a été reconnu dans l'étude du *Paxsat A* que l'exécution d'opérations à proximité d'un satellite soumis à investigation constituerait une activité tout à fait névralgique, sinon provocatrice. En conséquence, le concept *Paxsat A* devait être exploité à titre de moyen autorisé de vérification des accords internationaux concernant la non-implantation d'armes dans l'espace. Il était envisagé que les satellites soient exploités par un organisme conventionnel et conformément à des modes opératoires convenus. Il était envisagé en outre que les États parties contribueraient des données collectées par des moyens techniques nationaux en application du traité et que les données qu'il serait souhaitable de mettre en commun seraient avant tout celles qui concerneraient le suivi d'objets spatiaux et qui seraient collectées par des installations terrestres de poursuite de satellites par radar et par des moyens électro-optiques. Ces informations devaient aussi aider à hiérarchiser et appuyer les inspections en orbite effectuées par le satellite *Paxsat A*.

19. Les violations soupçonnées d'un accord international qui seraient découvertes à l'aide du système *Paxsat A* devaient être signalées par l'un quelconque des États parties aux autres États parties. À l'issue de leurs délibérations, les États parties allaient décider du déplacement éventuel d'un satellite *Paxsat A* aux fins d'investigations et, le cas échéant, fixer un délai acceptable pour la communication des constatations aux États parties à l'accord international.

Obstacles à l'élaboration de systèmes comparables au système *Paxsat A*

20. À bien des égards, le concept *Paxsat A* était en avance sur l'époque. Au cours de l'étude, il est venu au jour que les États-Unis avaient envisagé un concept analogue dans les années 60: le SAINT («satellite interceptor»), c'est-à-dire un intercepteur de satellites. Ce véhicule devait être le premier à examiner un satellite en vue de déterminer s'il s'agissait d'une arme ou non et à pouvoir ensuite écarter toute menace éventuelle par le recours à la force militaire. Il semble que ce projet n'ait jamais été mené au-delà du stade de l'étude pendant la guerre froide.

21. Si l'idée de mettre au point des systèmes spatiaux pour des opérations rapprochées aux fins de la vérification n'a pas été développée dans l'intervalle, c'est, en partie, du fait que les puissances spatiales les plus avancées pouvaient disposer de systèmes terrestres de surveillance de l'espace très performants et moins coûteux. Ces derniers systèmes n'ont pas été développés non plus en raison des moyens de reconnaissance très performants que les grandes puissances spatiales avaient déjà mis en orbite. Après le dernier désastre de la navette spatiale, il est devenu de notoriété publique que les États-Unis pouvaient, à l'aide de leurs moyens de vérification techniques nationaux, y compris leurs satellites de reconnaissance en orbite, examiner les tuiles de la navette en mission. Or, il a été révélé que des tuiles étaient tombées lors du premier vol de la navette, au début des années 80, fait qui n'a pas manqué de susciter des conjectures au sujet de ces capacités.

22. La mise au point de telles missions rapprochées a aussi été freinée pendant la guerre froide par le danger qu'il y avait à approcher sans préavis le satellite d'un autre pays, acte qui serait probablement considéré comme une provocation. Un tel risque aurait été écarté par le *Paxsat A*, qui aurait fait fonction de moyen de vérification accepté dans le cadre d'un accord international. Si, dans le passé, la guerre froide a eu pour effet de mettre en veilleuse ce type d'activités, aujourd'hui, la mise au point de microsattelites à double usage et certaines doctrines militaires prévoyant des opérations offensives de contre-attaque dans l'espace à l'aide de véhicules conçus pour des opérations rapprochées suscitent de nouvelles inquiétudes au sujet de satellites à même d'opérer à proximité d'autres satellites. Certaines de ces évolutions pourraient un jour être appliquées à une vérification basée dans l'espace et d'autres, à des activités offensives de contre-attaque dans l'espace.

Faits intervenus récemment

23. Aujourd'hui, la miniaturisation suscite des difficultés en matière de vérification que ne présentaient pas les grosses armes envisagées dans les années 80, encore que des satellites plus petits embarquent nécessairement des quantités moindres de propergol. S'y ajoute le fait que des satellites plus petits ont des ouvertures plus petites et moins de puissance pour accomplir leur mission principale. De petits satellites qui visent à endommager d'autres satellites doivent donc opérer à proximité de leur cible. Les contraintes inhérentes aux armes miniatures basées dans l'espace ouvriront la voie à l'attribution de signatures opérationnelles discernables à des moyens améliorés de connaissance de la situation dans l'espace.

24. Il reste que, aujourd'hui, une multitude de missions de satellites font apparaître l'exécution d'opérations rapprochées et des capacités de ravitaillement en orbite. Les plus récentes sont notamment les missions XSS-11 et Global Express du DARPA (Organisme de défense pour les projets de recherche avancée), le projet DART (Démonstration de la technologie de rendez-vous autonome) de la NASA et la mission ConeXpress des Pays-Bas. Le Canada a entrepris d'exécuter au cours des prochaines années deux missions de surveillance de l'espace à partir de ce milieu. L'une de ces missions, le projet Saphir, fournira un appui opérationnel à la mission de surveillance de l'espace telle que conçue par le Commandement de la défense aérospatiale de l'Amérique du Nord (NORAD).

25. La nature des faits qui continuent d'intervenir dans le domaine des opérations rapprochées des satellites artificiels fait apparaître que tous les pays doivent impérativement améliorer leurs capacités de connaissance de la situation dans l'espace – tant à partir de ce milieu qu'à partir de la Terre – afin d'avoir conscience de l'émergence éventuelle de menaces susceptibles de compromettre leurs intérêts nationaux en matière de sécurité dans un nouveau domaine.
