

Conflictualité dans l'Espace : enjeux et perspectives pour la France

Xavier TOURNEUX

Capitaine de vaisseau, auditeur de la 67^e session du Centre des hautes études militaires (CHEM).

Avec la fin de la guerre froide et de la confrontation entre les deux superpuissances dans ce domaine, l'espace exo-atmosphérique ⁽¹⁾ a pu paraître pendant de longues années propice à la coopération internationale, à une collaboration sans arrière-pensées. Pourtant, comme le soulignait, en décembre 2017, Florence Parly, ministre des Armées, « l'Espace a toujours été l'objet de fascinations, d'études, de conquêtes. Mais il est aussi devenu un objet de mouvement, de contrôle et de rivalités. » ⁽²⁾. Marqué à la fois par un mouvement de fond de montée en puissance de nouveaux acteurs, de transfert de l'étatique vers le privé, de démocratisation, qui va changer le paysage spatial à l'horizon 2030, mais aussi par un débordement des rapports de force entre puissances, le domaine spatial est l'un des nouveaux champs de confrontations, au même titre que le cyberspace. Alors qu'il est devenu absolument crucial tant pour la réussite de nos opérations militaires que pour nos économies ou même nos vies quotidiennes, il est indispensable de s'assurer de la pérennité et de la résilience du domaine spatial.

Le cadre juridique des activités spatiales et ses limites

Au même titre que l'espace aérien international, la haute mer et le cyberspace, l'Espace est considéré par les stratégestes comme un espace fluide, intégré dans le concept de *global commons*. S'il présente des homologues avec les autres milieux (logique de flux, existence de nœuds tels les lanceurs et les satellites pour le spatial), il a également des caractéristiques (transparence aux ondes, lois de la physique spatiale) et un cadre juridique propres.

Un cadre juridique réel

Les débats pour la mise en place d'un cadre juridique international de l'Espace ont débuté dès la fin des années 1950 mais ne se sont finalement concrétisés qu'à la fin

(1) Le terme « Espace » sous-entendra dans la suite du texte « l'espace exo-atmosphérique ».

(2) Discours devant ArianeGroup, Les Mureaux, 14 décembre 2017 (www.defense.gouv.fr/).

des années 1960, à l'initiative des deux superpuissances de la guerre froide. Le droit international spatial s'appuie ainsi depuis les années 1960-1970 sur cinq traités internationaux, négociés dans le cadre des Nations unies, fixant les grands principes du droit de l'Espace entre les États, complétés par des résolutions de l'Assemblée générale des Nations unies.

Le Traité de 1967, dit « Traité de l'Espace », ratifié par toutes les Nations spatiales majeures, établit notamment la liberté d'accès à et d'exploration de l'Espace, l'absence de souveraineté et de juridiction territoriale des États, l'utilisation de l'Espace à des fins pacifiques (la légitime défense est cependant applicable), le bannissement des armes nucléaires et des armes de destruction massive (dans l'Espace ou sur les corps célestes), la responsabilité des États pour les activités spatiales conduites par des organismes gouvernementaux ou non, la nécessité d'autorisation et de surveillance continue des activités des entités non-gouvernementales dans l'Espace, l'information – dans la mesure du possible – sur la nature et la conduite des activités spatiales. À ces règles, s'ajoute l'obligation pour l'État responsable de déclarer et immatriculer les objets lancés dans l'Espace.

La France a plus récemment traduit ces engagements internationaux dans le cadre législatif national par la Loi relative aux opérations spatiales (LOS)⁽³⁾. Elle affirme le rôle central de l'État dans le contrôle des activités spatiales nationales par le biais du Centre national d'études spatiales (Cnes) et précise les responsabilités des opérateurs spatiaux, notamment civils.

De l'impossibilité actuelle d'entraver juridiquement une arsenalisation de l'Espace

L'Espace n'est pas un milieu hors la loi. Néanmoins, il reste, comme le souligne la *Revue stratégique* (art. 139), peu régulé par le droit et peu encadré par des instruments de contrôle.

Comme le rappelle elle-même l'Assemblée générale des Nations unies⁽⁴⁾, les traités n'instaurent en effet pas de véritable régulation de l'Espace. Autorisant un bon degré de liberté, certes indispensable à la poursuite de la recherche spatiale et à la conservation d'un nécessaire esprit d'entreprise, leur application reste tout d'abord soumise à la bonne volonté des États et s'appuie essentiellement sur une base déclarative. Les États, contraints uniquement par leur propre souscription au cadre juridique international, ont la possibilité de se retirer des traités. Plus subtilement, et dès le temps de paix, ils peuvent, comme c'est le cas dans le cyberspace, s'appuyer sur l'ambiguïté du milieu spatial (distinction de plus en plus problématique entre moyens spatiaux à vocation civile et systèmes à caractère militaire, difficulté de contrôle, complexité de l'attribution des actions) pour y mener des activités discrètes et potentiellement contraires à la lettre comme à l'esprit des traités.

(3) Loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales, version consolidée au 22 juin 2018 (www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000018931380).

(4) ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES NATIONS UNIES, *Prévention d'une course aux armements dans l'Espace*, 70^e session, New York, 20 octobre 2015 (www.un.org/).

Par ailleurs, une arsenalisation de l'Espace ⁽⁵⁾, déjà explicitement envisagée durant la guerre froide, n'est pas formellement interdite par les traités qui ne font référence qu'aux armes nucléaires et de destruction massive. Si l'on s'en tient à la lettre, le placement d'armes dans l'Espace n'est donc pas explicitement interdit. Seule une interprétation plus large, s'attachant à l'esprit des traités et s'appuyant donc sur la notion d'utilisation pacifique de l'Espace, reviendrait à bannir toute arme de l'Espace.

Ainsi, le caractère non contraignant du cadre juridique international pour l'Espace et l'ambiguïté intrinsèque du milieu spatial doivent conduire à éviter une approche naïve. L'utilisation pacifique de l'Espace, si elle doit rester un objectif, un fil rouge, est régulièrement mise à mal. L'Espace est déjà militarisé de fait (40 % des engins spatiaux en orbite sont des satellites militaires en activité ⁽⁶⁾ ; la quasi-totalité des satellites peuvent être à double usage) et son arsenalisation, qui pourrait être une conséquence de l'intérêt stratégique croissant de l'Espace depuis le début des années 1990 et du retour de la compétition entre puissances, ne pourrait pas être freinée par le corpus juridique existant. Ce dernier est par ailleurs figé depuis près de 40 ans et va être de moins en moins adapté alors qu'un véritable changement de paradigme spatial est en cours.

Les défis du spatial aujourd'hui et à l'horizon 2030

Longtemps domaine des États, le spatial vit une profonde évolution, si ce n'est une révolution, portée notamment par le *New Space* ⁽⁷⁾, qui se sera largement concrétisée d'ici dix à quinze ans. Au-delà des annonces médiatiques, la multiplication des opérateurs spatiaux, privés ou étatiques, et la démocratisation de l'accès à l'Espace, l'accélération de l'innovation et l'apparition de technologies nouvelles dans le domaine spatial, font peser de nouveaux risques et menaces sur l'Espace tandis que l'importance stratégique de ce dernier est plus forte que jamais, notamment pour les opérations militaires.

Une dépendance croissante au spatial

Après s'être développé tout au long de la guerre froide, le domaine spatial militaire a connu un point de bascule en 1991 au moment de la première guerre du Golfe. Il a acquis depuis lors un rôle de premier plan qui ne pourra que se développer dans les décennies à venir. Les moyens déployés dans l'Espace, utilisés dès le temps de paix et permettant de s'affranchir des limites de la souveraineté des États, constituent en effet des multiplicateurs de forces majeurs pour les armées modernes, d'autant plus que

(5) *Space Weaponization* : mise en place d'armes dans l'Espace. À ne pas confondre avec la militarisation de l'Espace (*Space Militarization*) : utilisation de l'Espace en soutien des opérations militaires sans mettre en place d'armes dans l'Espace. Certains experts évoquent également la « martialisation » : mise en place dans l'Espace d'objets inoffensifs en eux-mêmes mais partie d'un système d'armes (ex. miroirs de réflexion laser).

(6) MOON Madeleine (rapporteur), « Domaine spatial et défense alliée » (rapport), Assemblée parlementaire de l'Otan, Commission de la défense et de la sécurité, Sous-commission sur l'avenir de la sécurité et des capacités de défense, 8 octobre 2017 (www.nato-pa.int/).

(7) Mouvement né aux États-Unis, lié à l'émergence d'une industrie spatiale d'origine privée.

leurs performances augmenteront (ex. : des capteurs optiques au moins aussi performants que ceux embarqués sur avion).

En dehors du champ de la dissuasion qui doit conserver une indispensable capacité à s'affranchir de l'Espace, les opérations ne se conçoivent aujourd'hui plus sans le soutien du spatial. Communications, positionnement-navigation-temps (PNT), connaissance stratégique et situationnelle, suivi et désignation des objectifs, frappes de précision (deux tiers des armements délivrés en opérations utilisent le *GPS* ⁽⁸⁾), numérisation du champ de bataille, météorologie, soutien du combattant (*Welfare*) sont autant de domaines tributaires des satellites. Les besoins de ces systèmes essentiels aux forces conventionnelles sont croissants. Leur perte entamerait gravement les capacités d'action des armées modernes et ferait peser un risque sur la réussite des opérations.

La dépendance au spatial ne se limite par ailleurs pas au domaine des opérations militaires. Conscient ou non, le recours au satellite est récurrent dans la vie quotidienne (en moyenne 47 utilisations par jour et par citoyen ⁽⁹⁾). On songe rapidement aux applications de positionnement (systèmes embarqués sur véhicules, téléphones mobiles) mais le spatial est également utilisé pour la synchronisation des transactions financières et commerciales, les prévisions environnementales, le fonctionnement de l'aviation et des transports maritimes et terrestres. La neutralisation des systèmes satellitaires aurait donc de graves et rapides répercussions sur les économies et les sociétés.

Avec le développement du spatial, le coût lié à une potentielle mise hors-service des infrastructures spatiales sera de plus en plus élevé, nécessitant la protection de ces dernières. Cette dépendance au spatial, qui n'est pas nécessairement symétrique, est ainsi une source de vulnérabilité, renforcée par l'absence de sanctuarisation du milieu.

Des risques et des menaces avérés dans l'Espace

Intrinsèquement hostile, mais aussi de plus en plus encombré, disputé et concurrentiel, l'Espace est un milieu où les objets sont à la fois soumis à des risques mais aussi de plus en plus à des menaces, loin d'une certaine invulnérabilité un temps imaginée.

Tout d'abord, en complément des risques naturels (vents solaires, astéroïdes), l'activité de conquête spatiale a, depuis ses origines, généré de nombreux débris qui sont autant de risques potentiels pour les objets spatiaux ⁽¹⁰⁾. Impactant majoritairement les orbites basses (*Low Earth Orbit, LEO*) où sont opérés la plupart des satellites militaires (hors satellites de communication), les débris même de petite taille peuvent endommager voire détruire un objet spatial et obligent à des manœuvres (la Station spatiale internationale – *ISS* – a ainsi été déplacé cinq fois en 2016) qui peuvent conduire à des interruptions de service. En 2007, la destruction volontaire par la Chine du satellite

(8) COMMISSION DE LA DÉFENSE NATIONALE ET DES FORCES ARMÉES, « Audition du GBA Jean-Pascal BRETON, commandant interarmées de l'Espace », 20 décembre 2017 (www.assemblee-nationale.fr/15/cr-cdef/17-18/c1718024.asp).

(9) *Idem*.

(10) 8 000 objets lancés, 1 400 satellites actifs, 2 900 inactifs, 23 000 débris de plus de 10 cm, 500 000 entre 1 et 10 cm, plusieurs millions de moins de 1 cm (source : ArianeGroup, décembre 2017).

Fengyun 1C (interception par une arme antisatellite), puis la collision en 2009 entre le satellite russe *Cosmos 2251* et le satellite américain *Iridium 33* ont généré autant de débris que plus de 20 ans d'activités spatiales ⁽¹¹⁾. Les débris présentent un risque majeur pour l'activité spatiale, pouvant aller jusqu'à une réaction en chaîne (syndrome de Kessler) et une pollution durable d'orbites.

Toutes les puissances percevant l'Espace comme un milieu stratégique, elles n'hésitent pas à y exprimer leurs rivalités. Le dernier *Livre blanc* chinois en fait ainsi un « Espace incontournable de la compétition stratégique internationale » ⁽¹²⁾. Du côté français, la *Revue stratégique* définit l'Espace comme un champ de confrontation émergent ⁽¹³⁾. Les États, voire des organisations non-étatiques, peuvent en effet y conduire dès le temps de paix, discrètement (en s'appuyant sur l'ambiguïté du milieu et sur les difficultés de caractérisation et d'attribution des actions) ou ouvertement, depuis la Terre ou l'Espace, des actes inamicaux ou illicites, voire user de la force (interdiction d'accès, dégradation des capacités spatiales adverses).

Des menaces réelles et démontrées pèsent depuis plusieurs années sur les satellites. Ainsi, des Armes antisatellites (*ASAT*) sont opérationnelles dans certains pays (États-Unis ⁽¹⁴⁾, Russie, Chine ⁽¹⁵⁾), d'autres seraient capables à court terme ou possèdent les briques technologiques pour devenir des acteurs *ASAT* (Inde notamment). Si une attaque cinétique par une Nation responsable paraît peu probable (syndrome de Kessler, risque de pollution durable des orbites), une prolifération des technologies à l'horizon 2030 n'est pas exclue, pouvant atteindre des pays non responsables ou non spatio-dépendants qui pourraient être tentés de rétablir en situation de conflit un équilibre des forces par une attrition spatiale. Ces technologies pourraient également être accessibles à une entité non-étatique.

Par ailleurs, alors qu'on assiste à des déploiements et mouvements dans l'Espace de satellites ou d'objets non déclarés (« débris » russe ayant changé d'orbite par exemple), d'autres menaces de mise hors-service, définitive ou provisoire, non cinétiques, pèsent sur les satellites : aveuglement laser, cyberattaques ⁽¹⁶⁾, armes à effet dirigé, brouillage (en particulier pour les Systèmes de positionnement par satellites – *GNSS* – de faible puissance qui peuvent être brouillés à partir du sol ou par un satellite butineur), écoute (satellite butineur), désorbitation (grâce à la maîtrise plus répandue du rendez-vous spatial, l'expérimentation d'avions spatiaux). Ces modes d'action moins perturbateurs et pour la plupart moins visibles sont les plus probables. Ils permettent en outre de cultiver l'ambiguïté, de rester sous le seuil de l'agression ou de perturber l'adversaire par une simple présence.

(11) LEFEBVRE Jean-Luc, *Stratégie spatiale – Penser la guerre des étoiles : une vision française*, L'Esprit du livre, 2011, 404 pages.

(12) BONDAZ Antoine et JULIENNE Marc, « Moderniser et discipliner, la réforme de l'armée chinoise sous Xi Jinping », *Note de la FRS n° 5/17*, Fondation pour la recherche stratégique, 2017.

(13) DANJEAN Arnaud (dir.), *Revue stratégique de Défense et de Sécurité nationale*, ministère des Armées, DICOd, octobre 2017, p. 45.

(14) Destruction d'un satellite militaire américain en perdition par un missile *SM3* en 2008.

(15) Destruction du satellite *Fengyun 1C* déjà évoquée.

(16) Pour prise de contrôle, arrêt, changement d'orbite, déni de service...

Développement des risques et de la menace

Champ de compétition stratégique et militaire mais aussi économique, l'Espace va très probablement voir s'accroître risques et menaces dans les deux décennies à venir. En effet, la montée en puissance rapide de nouveaux acteurs privés et la compétition économique et industrielle consécutive vont considérablement modifier le paysage d'un domaine spatial longtemps resté sous le contrôle étatique de quelques puissances majeures. Cette privatisation du secteur, mouvement de fond enclenché par le *New Space*, nouvelle ruée vers l'Espace, entraîne une démocratisation à la fois de l'accès à l'Espace mais aussi de son usage par la mise à disposition de technologies aujourd'hui réservées aux États.

Un des premiers impacts de cette forte implication des acteurs privés dans le domaine spatial est de permettre une baisse des coûts, liée à la compétition et au besoin de conquête des marchés. Ce phénomène est en premier lieu sensible dans le secteur des lanceurs. Bien qu'encore soutenu financièrement par la *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, SpaceX, entreprise créée en 2010, a ainsi rapidement conquis de larges parts de marché (110 tonnes lancées en 2017 contre 59 t pour ArianeGroup⁽¹⁷⁾) en baissant les coûts de lancement (de 30 à 50 % moins cher qu'un lancement *Ariane 5*⁽¹⁸⁾). ArianeGroup vise également une baisse des coûts avec son nouveau lanceur *Ariane 6*. La réutilisation (propulseurs, coiffe), qui paraissait, il y a encore peu, comme difficilement accessible, sera très vraisemblablement généralisée dans la prochaine décennie permettant encore de tirer les prix vers le bas. Enfin, les années à venir devraient voir l'apparition d'une offre de lanceurs légers (type *SS-520-5* japonais) adaptés aux petites charges et permettant encore une baisse du coût des lancements.

En conséquence, les offres vont croître fortement et l'accès à l'Espace sera plus aisé, notamment pour des acteurs non-étatiques rendant le contrôle des activités spatiales plus complexe⁽¹⁹⁾. De plus, cette compétition commerciale, avec ses offres de lancement *low-cost*, est à même de mettre en péril notre propre filière de lancement, fragile financièrement, soumise au financement des États et ce, d'autant qu'il n'existe pas de stratégie ni de préférence européenne pour le lanceur *Ariane*. C'est un risque majeur considérant qu'il est indispensable de garder « un mode de lancement consolidé et souverain en Europe »⁽²⁰⁾. Le classement du spatial dans les domaines de souveraineté de l'Europe et l'adoption d'une préférence européenne pour les satellites étatiques par toutes les Nations de l'Union permettrait de garantir la pérennité de cette capacité de lancement souveraine.

(17) Selon KYLE Ed qui, sur son site *Space Launch Report*, répertorie tous les lancements effectués dans le monde depuis 1998 (www.spacelaunchreport.com).

(18) DAGORN Gary et DESMAS Margot, « Comment SpaceX s'est fait une place dans l'aérospatiale », *Le Monde*, 7 février 2018 (www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2018/02/07).

(19) Lancement suspecté de *CubeSats* non autorisés par les États-Unis par la *start-up* californienne Swarm Technologies. Cf. WHITWAM Ryan, « FCC Accuses Startup of Launching Tiny Rogue Satellites », *Extreme Tech*, 12 mars 2018 (www.extremetech.com/extreme/265392-fcc-accuses-startup-launching-tiny-rogue-satellites).

(20) GBA Jean-Pascal BRETON, *op. cit.*

Cette démocratisation de l'accès à l'Espace ne serait pas suffisante à elle seule pour voir une multiplication des acteurs spatiaux si elle ne s'accompagnait pas de mouvements de fond dans le domaine des engins spatiaux eux-mêmes. Là encore, les acteurs privés vont jouer un rôle majeur et croissant – en particulier dans le domaine de l'innovation où la prééminence étatique s'effrite. Prenant des initiatives, s'affranchissant des agences étatiques dans une logique de compétition commerciale ⁽²¹⁾, ils vont rendre de plus en plus accessibles les technologies complexes à des coûts toujours plus bas. La miniaturisation est un élément majeur de l'évolution et de la démocratisation du domaine. Les satellites sont de plus en plus légers ⁽²²⁾ (développement des nano-satellites ou *CubeSats*, voire *PicoSats*, de quelques dizaines de centimètres) facilitant et réduisant le coût de leur mise en orbite, pour un niveau de performances qui sera aussi élevé que celui des satellites actuels ⁽²³⁾. Les industriels peuvent également jouer sur l'effet de série et passer d'une production « artisanale » de satellites lourds et complexes à une production à la chaîne ⁽²⁴⁾.

Par ailleurs, nouveau facteur de réduction des coûts, la durée de développement des satellites se réduit fortement : trois à quatre ans aujourd'hui (deux ans pour les satellites les plus simples) contre huit ans auparavant. L'industrie spatiale est donc en mesure de développer des satellites moins coûteux, plus petits, plus faciles à lancer et d'un niveau de performance de plus en plus poussé grâce aux progrès technologiques. Dans ce contexte, les projets de constellation de satellites se développent fortement (160 projets recensés) : *OneWeb* (environ 700 satellites en orbite), *LeoSat* (100), projet chinois (156) ou encore projet *Starlink* de SpaceX (12 000 d'ici 2020 !). De l'ordre de 4 000 satellites en orbite fin 2017, l'Espace pourrait ainsi en compter 25 000 en 2030 dont une grande partie en orbites basses ! Ces évolutions vont poser des défis considérables en termes d'occupation de l'Espace et de coordination (orbites de plus en plus occupées et convoitées, engorgement de certains plans orbitaux, satellites potentiellement non manœuvrants ⁽²⁵⁾) mais aussi d'allocation des fréquences. L'augmentation de l'occurrence de collisions dans l'Espace, pouvant aller jusqu'à une réaction en chaîne et une pollution durable d'orbites basses, va rapidement devenir une préoccupation majeure. En outre, le fait que de nombreux petits satellites sont plus difficiles à détecter et à suivre que quelques gros satellites complexifie le suivi de la situation spatiale et peut renforcer les activités ambiguës voire illicites.

Par ailleurs, sous l'impulsion du dynamisme et de l'esprit de compétition des acteurs privés, et rendus possibles par les progrès techniques et des coûts toujours plus

(21) Exemple d'Airbus qui autofinance quatre satellites *Pléiades Neo* (optique très haute résolution en *LEO*), sans soutien du Cnes, et commercialisera les images.

(22) Entre 2016 et 2017, diminution de 50 % de la masse moyenne des satellites lancés.

(23) Performances (meilleure résolution pour les satellites d'observation, par exemple) qui pourraient aussi être atteintes par le déploiement sur des orbites très basses (de l'ordre de 200 km) à l'étude en France et au Japon en ayant recours à une propulsion électrique longue endurance (*Air-Breathing Thruster*).

(24) Par exemple Airbus pour la constellation *OneWeb*, avec un objectif de production 40 à 60 satellites par mois, engendrant une baisse des coûts de l'ordre de 100 k€/kg vers 10 k€/kg. Cf. LAMIGEON Vincent, « Fabriquer deux satellites *OneWeb* par jour : l'incroyable défi d'Airbus », *Challenges*, 27 juin 2017 (www.challenges.fr/).

(25) La propulsion des *NanoSats* devrait cependant être atteignable à l'horizon 2030 grâce aux progrès de la propulsion électrique (voir l'entente entre ISIS, fabricant néerlandais de nanosats, et la *start-up* française ThrustMe, spécialisée en propulsion électrique – source : *Air & Cosmos*, 2 mars 2018).

bas, de nouveaux services devraient voir le jour dans les dix ans à venir. Ainsi, les progrès des techniques de rendez-vous dans l'Espace, de la robotique et de la propulsion électrique, permettront à moyen terme aux opérateurs spatiaux de proposer des services dans l'Espace ⁽²⁶⁾ : réparation, ravitaillement, changement de charge utile d'un satellite... Les capacités des engins spatiaux développés dans ce cadre sont éminemment duales, elles peuvent aussi permettre d'attaquer un satellite, de le neutraliser ou le désorbiter. Sous le couvert de développements civils, des États peuvent ainsi se doter d'armes antisatellites. Enfin, le développement de lanceurs lourds (*Falcon Heavy* de SpaceX, programme russe), allié aux progrès de la robotique et de l'impression 3D, devrait aussi permettre la fabrication en orbite, renforçant une certaine opacité et l'ambiguïté des activités spatiales.

La multiplication des acteurs du spatial peut également avoir des conséquences dans le domaine des ressources humaines. Sans aller jusqu'à imaginer une fuite des cerveaux vers les opérateurs privés, malgré tout dans le domaine du possible, une demande accrue en compétences pourrait tendre la ressource et générer des difficultés pour nos opérateurs.

Milieu où les rivalités entre puissances débordent d'ores et déjà, « où certains États peuvent être tentés d'user de la force pour en dénier l'accès ou menacer l'intégrité de ses composants » ⁽²⁷⁾, l'Espace n'est plus un domaine préservé et pourrait l'être encore moins dans les années à venir. S'il est difficile d'envisager toutes les possibilités qui s'ouvriront dans les quinze prochaines années, des tendances de fond peuvent néanmoins être dégagées : dissémination de nouvelles technologies civiles ou duales permettant à des acteurs multiples de se doter de moyens jusque-là apanage des États (cryptographie, brouillage...), réduction progressive d'une asymétrie qui était encore restée forte, risque de perte de contrôle et de détournement des techniques, possibilité d'affrontement larvé (en dessous du seuil de déclenchement de la guerre, voire sans aucune manifestation ouverte). Ces tendances, créatrices de nouveaux risques et menaces, nécessitent une veille accrue du domaine spatial mais aussi de rechercher des voies pour sa sécurisation.

Quelles voies pour sécuriser l'Espace ?

Face à cette compétition accrue entre États et à l'irruption de nouveaux acteurs, la nécessité de conserver notre liberté d'action dans l'Espace (accès et libre utilisation de l'Espace à des fins militaires ou civiles) doit nous conduire à explorer toutes les voies juridiques pour limiter ou réduire risques et menaces, mais aussi à résolument s'engager dans les opérations spatiales et tirer parti des ruptures technologiques à même de renforcer notre résilience spatiale.

(26) Expérimentation d'avions spatiaux (Boeing *X-37B* américain, *Shenlong* chinois) dont les missions sont difficiles à interpréter et potentiellement duales. Projet de *Space Tug* ou « remorqueur spatial » d'Airbus.

(27) *Revue stratégique, op. cit.*, art. 130, p. 45.

La voie juridique : vers un « Traité NG » ou la définition d'un code de bonne conduite ?

De nombreux États, dont la France, considèrent que les règles communes qui gouvernent l'Espace sont insuffisantes et de moins en moins adaptées au nouveau paysage des acteurs spatiaux. Cependant, les chances de voir aboutir d'ici 2030 des négociations en vue d'un nouveau « Traité de l'Espace » sont minces. Les instances de discussion (Conférence du désarmement de Genève pour la prévention d'une course aux armements dans l'Espace ; Comité des Nations unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique – *UN-COPUOS* – pour le droit spatial international et la mise en œuvre des traités) sont paralysées entre tenants d'une régulation contraignante et promoteurs de la seule utilisation responsable de l'Espace.

Le principal projet *Prevention of an Arm Race in Outer Space (PAROS)*, porté par la Russie et la Chine, a reçu un accueil défavorable des États-Unis. Alors que la Russie et la Chine font partie des États perçus comme les plus agressifs dans l'Espace, et que l'état des relations des pays occidentaux avec la Russie ne porte guère à l'optimisme, l'aboutissement de ce projet est compromis. Une autre voie possible en vue de faire progresser la sécurité spatiale, soutenue par l'Union européenne ou encore par l'Otan, est celle de l'établissement d'un code international bonne de conduite pour un comportement responsable dans l'Espace. Cette approche, qui pour l'instant n'a pas rencontré de succès, a plus de chances d'aboutir à moyen terme mais ne dépasse pas le cadre de la bonne volonté des États. Enfin, certains prônent l'instauration de mesures de transparence, à l'instar de celles mises en place dans le cadre du traité *ABM (Anti-Ballistic Missile)* ou du Traité Ciel ouvert ⁽²⁸⁾. Instrument clé des mesures de transparence, l'Espace en deviendrait lui-même l'objet. Outre les jeux de puissance, une difficulté majeure commune à l'ensemble de ces solutions réside dans la complexité de surveillance et de contrôle des activités spatiales. La Russie a d'ailleurs proposé au *COPUOS* la création d'une plateforme d'information alimentée par les États et les acteurs privés qui permettraient de mettre en place un catalogue précis des objets spatiaux. Au-delà du déclaratoire, la mise en place d'une véritable surveillance spatiale internationale serait nécessaire. Elle n'est pas inenvisageable à l'horizon d'une quinzaine d'années et pourrait même être encouragée par les opérateurs civils compte tenu du risque accru de collision. Elle permettrait de mettre en place une régulation (*Space Traffic Management*), évolution que l'aviation a connue en conséquence logique de son développement au XX^e siècle.

Dans ce contexte, quelle position la France devrait-elle adopter ? Le rapport Fioraso de 2016 préconise une redynamisation de la réflexion juridique spatiale en France et la responsabilisation des acteurs *via* des réglementations internationales ⁽²⁹⁾. Cette réflexion serait en mesure de dégager les lignes de conduite à même de faire évoluer le cadre juridique international pour les aspects de sécurité que de défense. Alors que la France a légiféré dès 2008 sur le domaine spatial (LOS), une première

(28) NARDON Laurence, *Transparency Measures in Space?*, Document de travail n° 17, Ifri, 2007, 8 pages (www.ifri.org/en/publications/enotes/notes-de-lifri/transparency-measures-space).

(29) FIORASO Gèneviève (dir.), DEDIEU Vincent et MÉNÉTRIER Laure (rapporteurs), *Open Space, l'ouverture comme réponse aux défis de la filière spatiale*, Premier ministre, 2016, p. 117-119.

étape pourrait donc être de convaincre les États, européens dans un premier temps, voire l'Europe elle-même, d'adopter en interne une loi sur les opérations spatiales en vue de limiter les risques (gestion des débris). La France, appuyée par l'Europe, pourrait également se positionner en médiateur dans les négociations internationales, en conservant des principes, comme l'utilisation pacifique et la non-appropriation de l'Espace, ou encore le maintien d'un certain degré de liberté permettant de poursuivre recherche et développement, et en prônant l'engagement à ne plus créer de débris, voire à les récupérer, le bannissement des armes dans l'Espace et la mise en place d'une instance internationale de surveillance et de contrôle des activités dans l'Espace. Ces actions s'inscrivent nécessairement dans le temps long et doivent être abordées avec pragmatisme ; l'intérêt des acteurs spatiaux restera en effet prédominant. Notre capacité à négocier et à s'inscrire dans le paysage comme médiateur ne pourra qu'être renforcée par une stratégie spatiale militaire claire reposant sur des capacités crédibles.

Engager la France dans les opérations spatiales militaires

Face aux changements majeurs qui affectent le domaine spatial et continueront de le bouleverser, deux attitudes sont possibles⁽³⁰⁾ : continuer de le considérer seulement comme un multiplicateur de forces et donc un strict soutien aux opérations ou bien l'affirmer comme un domaine stratégique à part entière et s'y engager résolument.

Les États-Unis, première puissance spatiale, ont clairement fait le second choix et leur exemple peut être éclairant. S'étant très tôt engagés dans l'usage systématique du spatial en appui aux opérations (Panama, 1^{re} guerre du Golfe), les États-Unis ont rapidement pris conscience de leur forte dépendance à l'Espace et d'une vulnérabilité croissante. Dès 2001, donc bien avant le tir d'*ASAT* chinois, Donald Rumsfeld, alors secrétaire à la Défense, évoque la possibilité d'un « Pearl Harbor spatial ». L'Espace est dès lors considéré comme un domaine stratégique majeur et les opérations spatiales sont conceptualisées⁽³¹⁾. En 2010, la *National Space Policy* souligne que l'utilisation pacifique de l'Espace autorise les activités de défense et de sécurité. Contestés dans l'Espace par la Chine et la Russie, les États-Unis se fixent pour objectif de protéger et défendre le domaine spatial en s'appuyant sur des tâches allant de la détection, l'attribution, la dissuasion de l'adversaire jusqu'à la destruction d'objets spatiaux agressifs. La doctrine américaine développe ainsi cinq missions⁽³²⁾ :

- *Space Situational Awareness (SSA)* ou connaissance de situation spatiale,
- *Space Force Enhancement* ou appui aux opérations depuis l'Espace,
- *Space Support* ou soutien au spatial,
- *Space Control* ou contrôle spatial,
- et *Space Force Application* ou opérations de combat ciblant la Terre, à travers et depuis l'Espace.

(30) TESTÉ Jean-Daniel, « L'avenir du spatial militaire », *Stratégie* n° 115, 2017, p. 147-150.

(31) USAF, *Counterspace Operations, Air Force Doctrine Document 2-2.1*, août 2004, 66 pages.

(32) USAF, *Joint publication 3-14, Space Operations*, États-Unis, 29 mai 2013 (www.dctrine.af.mil/Portals/61/documents/doctrine_updates/du_13_10.pdf).

L'ensemble du spectre des opérations est donc pris en compte. Par ailleurs, alors qu'en juin 2017 le *National Space Council* mis en sommeil pendant plus de dix ans était réactivé, les réflexions sur la création d'un commandement de l'Espace – aujourd'hui rattaché à l'*US Strategic Command* – entièrement autonome, voire d'une cinquième armée appelée de ses vœux par le président Trump ⁽³³⁾ confirment que les États-Unis considèrent l'Espace comme un domaine stratégique à part entière.

Notre dépendance au domaine spatial dans la conduite des opérations, notre vulnérabilité induite, mais aussi son rôle primordial pour le fonctionnement de la Nation, doivent nous faire prendre conscience que nous sommes sortis de l'époque où il n'était qu'un appui aux opérations, nous conduire à y développer une stratégie militaire et à nous engager clairement dans les opérations spatiales, sans pour autant renier notre vision pacifique de l'Espace. La *Revue stratégique* pousse d'ailleurs clairement dans cette direction (art. 277).

Une première brique indispensable pour mettre en place une stratégie spatiale est celle d'une gouvernance robuste. La création en 2010 du Commandement inter-armées de l'Espace (CIE) dont les responsabilités couvrent un large spectre (opérations stratégiques, politique spatiale militaire, directives d'emploi des moyens, coopération militaire internationale, programmes spatiaux) et dont le renforcement est annoncé dans le projet de Loi de programmation militaire (LPM) 2019-2025, procède de ce besoin. Bien que le Cnes ne soit pas sous sa tutelle pour la partie ministère des Armées (exercée par la Direction générale de l'armement, DGA), les liens entre les deux entités sont étroits et satisfaisants. En revanche, la compétence du CIE se limite aux moyens militaires, elle pourrait être renforcée pour une meilleure prise en compte des moyens duaux, voire civils également nécessaires à la conduite des opérations.

Une deuxième brique consiste à se doter d'une stratégie opérationnelle. Il s'agit dans ce cadre de protéger nos moyens, de garantir la liberté d'accès et d'usage de l'Espace, en cas d'escalade d'être en mesure d'empêcher l'adversaire d'agir ou de le neutraliser afin de pouvoir assurer la bonne conduite de nos opérations dans les autres domaines. Si la mission de *Space Force Application* dépasse le cadre strict de la défense de nos intérêts spatiaux, les quatre premières missions définies dans la doctrine américaine pourraient être reprises, en les adaptant, dans notre doctrine nationale. La connaissance de situation spatiale (détection, suivi des objets, augmentés des éléments de renseignement, permettant caractérisation et attribution) est un fondement indispensable de la stratégie spatiale et de l'autonomie stratégique ; c'est elle qui permettra d'anticiper les risques (sécurité) et les menaces (défense) et qui constitue la base de la protection de nos moyens spatiaux. Sa maîtrise permet aussi un dialogue bilatéral de bon niveau avec les États-Unis, contribue à décourager un adversaire potentiel d'agir contre nos intérêts et permet notre propre action dans l'Espace. Les deuxième et troisième missions (appui aux opérations depuis l'Espace, soutien au spatial) sont déjà dans le spectre national. La mission de contrôle spatial a pour objet d'assurer la liberté

(33) BENNETT Jay, « President Trump proposes a Military Space Force », *Popular Mechanics*, 13 mai 2018 (www.popularmechanics.com/military/a19424679/president-trump-proposes-amilitary-space-force).

d'action dans l'Espace et, si nécessaire, de mettre en échec un adversaire, et potentiellement d'aller jusqu'à la neutralisation de ses capacités (à envisager sans génération de débris). Elle peut englober un large spectre de mesures : prévention, pression internationale et diplomatique, découragement de l'adversaire, protection et amélioration de la résilience des systèmes (y compris les segments sol), déception, perturbation, dégradation, déni de service ou encore neutralisation des capacités adverses. Si la connaissance de situation spatiale est un domaine où la France a déjà acquis des capacités, mais qu'il faut continuer de développer, le contrôle spatial nécessitera un investissement plus conséquent et ne sera atteignable qu'à moyen ou long termes.

Pour compléter cette stratégie spatiale, il conviendra de développer une communication stratégique mais aussi de mettre en place des moyens adaptés et résilients.

Développer nos capacités spatiales et notre résilience

Soutenir cette stratégie spatiale nécessitera au-delà du projet de LPM en cours d'examen ⁽³⁴⁾ d'investir dans de nouveaux systèmes, d'améliorer la résilience globale en captant l'innovation, sans perdre de vue les exigences de garantie d'accès à l'information, d'intégrité des données, de confidentialité et de meilleur rapport coût/efficacité. La France, plus souvent engagée dans une politique d'améliorations incrémentales ⁽³⁵⁾, ne doit pas hésiter à miser sur une innovation de rupture, en s'appuyant sur une coopération accrue entre les industriels et les *start-up* du spatial.

Dans le domaine fondamental de la surveillance de l'Espace, la France fait partie des rares Nations dotées d'une capacité. Elle s'appuie pour les orbites basses (*LEO*) sur le radar *Graves* ⁽³⁶⁾ complété du système *Satam* ⁽³⁷⁾. Cette capacité, certes limitée par la taille des objets détectés (de l'ordre du mètre ; 90 % des satellites d'intérêt militaires détectables mais seulement 18 % des *CubeSats*), le nombre d'objets suivis (quelques milliers contre quelques dizaines de milliers pour le système américain) et la zone de couverture (un seul radar implanté en France métropolitaine) est stratégique. Elle nous donne un certain niveau d'autonomie d'appréciation et une crédibilité pour la coopération avec les États-Unis. Notre dépendance est cependant encore forte et l'indispensable rénovation de *Graves* ne verra qu'une légère amélioration de la situation (environ 50 % d'objets supplémentaires suivis).

Pour prendre en compte les évolutions du domaine spatial, notamment la miniaturisation, et être prêts dans le courant des années 2030, il convient donc de travailler dès aujourd'hui, et probablement en coopération, au remplacement de ce radar, en envisageant de changer complètement de technologie (imagerie, trajectographie laser, etc. ?) et en visant une capacité de détection améliorée, une couverture plus large, un système suffisamment réactif pour détecter sous court préavis. Un changement

(34) Le projet de LPM 2019-2025 entérine l'importance du domaine spatial : renouvellement de huit satellites, rénovation des systèmes *Graves* (*Grand réseau adapté à la veille spatiale*) et *Satam* (*Système d'acquisition et de trajectographie des avions et des munitions*) et du système d'information spatiale.

(35) Un seul *CubeSat* lancé en France sur les 15 dernières années, 30 pour l'Allemagne.

(36) *Grand réseau adapté à la veille spatiale*.

(37) *Système d'acquisition et de trajectographie des avions et des munitions*.

technologique majeur pourrait être de basculer sur une surveillance *LEO* depuis l'Espace ⁽³⁸⁾. La surveillance des orbites géostationnaires (*GEO*) s'appuie aujourd'hui sur les télescopes du réseau *Tarot* ⁽³⁹⁾ du CNRS ⁽⁴⁰⁾, complétés à titre exploratoires par le réseau *GEOTracker* d'ArianeGroup (six télescopes répartis dans le monde). Ces télescopes permettent une surveillance sur la presque totalité des orbites (340°), mais ils ne donnent qu'une détection sommaire et ne permettent pas de caractérisation de l'objet détecté. Ainsi, la surveillance en *GEO* doit encore être développée, éventuellement par une surveillance depuis l'Espace. Si la détection des objets dans l'Espace est cruciale, la capacité d'analyse est tout aussi indispensable (elle repose sur l'expertise du Cnes en priorité) et, comme dans le domaine cyber, l'attribution est un autre défi majeur. Celle-ci étant complexe, une certitude à 100 % est très difficile à atteindre quels que soient les moyens mis en œuvre et elle sera *in fine* toujours une décision de niveau politique. Néanmoins, une voie pour améliorer cette attribution pourrait être de suivre les objets depuis leur lancement ; un lien est donc établi avec l'alerte avancée dont l'intérêt est renforcé.

La connaissance la plus exhaustive possible des risques et des menaces donne une première capacité de protection de nos moyens – possibilité de mouvement, découragement de l'adversaire – mais n'est pas une garantie suffisante. Ainsi, les capacités d'autoprotection de nos moyens spatiaux à venir, d'ores et déjà durcis contre les menaces ⁽⁴¹⁾, doivent être renforcées dans la perspective des menaces futures en vue d'améliorer leur résilience. Développer les capacités de communications laser (plus directives donc discrètes) permettrait de durcir nos satellites en termes d'écoute et de brouillage.

Une autre manière d'augmenter cette résilience est de compléter nos satellites souverains, lourds, très fiables, chers, donc peu nombreux et particulièrement précieux par des réseaux de petits satellites beaucoup moins chers (plus grande simplicité permettant un développement plus rapide, effet de série) qui pourront être beaucoup plus nombreux et seront très probablement d'un très bon niveau de fiabilité et de performances en 2030 (progrès des capteurs, de la propulsion électrique, utilisation d'orbites plus basses). L'atteinte de la résilience se ferait alors par le nombre (plus grande difficulté pour un adversaire de cibler une constellation de satellites que deux ou trois), par une capacité de remplacement avec la mise en réserve de satellites, couplée à une capacité de lancement légère et rapide à mettre en œuvre. En termes opérationnels, les réseaux de satellites offrent par ailleurs l'avantage d'un meilleur taux de revisite, pouvant même viser la permanence et la vidéo depuis l'Espace ⁽⁴²⁾, et d'une moindre latence. La vulnérabilité des segments sol, quoique bien protégés, ne doit pas non plus être ignorée ; elle pourrait nous orienter vers un nombre accru de stations, plus légères.

(38) Voir le programme américain de surveillance de l'Espace *GSSAP (Geosynchronous SSA Program)* : capacité de *SSA* (connaissance de situation spatiale) en orbite géosynchrone ; deux satellites opérationnels en 2015, deux autres lancés.

(39) *Télescopes à action rapide sur les objets transitoires*. Réseau de télescopes automatiques installés dans le Sud de la France, à La Réunion et au Chili.

(40) Centre national de recherche scientifique. Le Cnes dispose de temps d'utilisation de ces télescopes.

(41) GBA Jean-Pascal BRETON, *op. cit.*

(42) Perspective intéressante d'un point de vue opérationnel : poursuite d'objectifs mobiles, capacité de changement d'objectif...

Une autre façon d'améliorer la résilience des capacités spatiales militaires est également de les diluer en jouant sur la dualité civilo-militaire et en s'appuyant plus sur les opérateurs civils français ou européens. À titre d'exemple, 80 % des communications satellitaires du Département de la défense américain passent par des moyens civils. Les progrès tant de la cryptographie que de l'optique très haute résolution ouvrent de bonnes perspectives dans cette voie.

Par ailleurs, la résilience plus globale de nos armées pourrait s'appuyer en milieu permissif sur des moyens non spatiaux de type ballons haute altitude (*HAPS*, *High Altitude Platform System*) ou drones stratosphériques utilisés soit en secours, soit en complément des moyens satellitaires. Compte tenu de leur très longue endurance (jusqu'à un an de permanence en vol) ils peuvent représenter l'équivalent de satellites de théâtre. Enfin, il convient de maintenir à niveau la capacité des armées à agir sans soutien spatial, au moins dans un cadre espace-temps limité. Développé il y a déjà plusieurs années par les États-Unis, mis en œuvre par la marine nationale depuis le début des années 2010, le concept de *C2D2* (*Command and Control in a Denied or Degraded Environment*) permet par exemple par des entraînements réguliers de s'assurer d'une continuité dans la conduite des opérations tactiques sans soutien spatial.

En dernier lieu, la capacité à agir dans l'Espace est un élément important pour compléter notre dispositif. Compte tenu des positions nationales relatives à l'utilisation de l'Espace, et de moyens financiers qui ne seront pas infinis, il semble indispensable de s'appuyer sur la dualité des services en orbite, dont les briques technologiques sont accessibles, en démontrant à l'horizon 2030 une capacité (pouvoir), qui pourrait se concrétiser *via* un système de type *Space Tug*, accompagnée d'une communication stratégique adaptée (vouloir) sans agressivité mais confirmant notre aptitude à se défendre. Ceci permettrait de contribuer au découragement de potentiels adversaires à agir contre nos intérêts spatiaux.

Les opérations spatiales, un accélérateur pour la défense européenne ?

Malgré les efforts de défense conséquents que la France a programmés pour les années à venir, soutenir une forte ambition spatiale dépassera vraisemblablement les ressources financières nationales qui pourront être mise à disposition de ce domaine, même en envisageant des baisses de coûts substantielles liées à la démocratisation de l'Espace. Comme le démontrent les coopérations déjà mises en œuvre avec nos alliés (en particulier avec l'Allemagne), l'Espace est un formidable outil de fédération des énergies et de collaboration. Tout en préservant les ambitions de maintien de souveraineté nationale, la coopération est nécessaire pour partager les coûts, augmenter la résilience globale, assurer la capacité de nos industries dans un monde très concurrentiel, échanger des informations et capacités.

L'importance croissante du spatial pour l'Europe, sa prise de conscience ⁽⁴³⁾ – quoiqu'encore timide – des risques et menaces et de ses vulnérabilités, peuvent être

(43) COMMISSION EUROPÉENNE, *Stratégie spatiale pour l'Europe*, Bruxelles, 2016, 15 pages (<https://ec.europa.eu/>).

Conflictualité dans l'Espace :
enjeux et perspectives pour la France

un terreau favorable pour renforcer la coopération européenne dans le domaine spatial et promouvoir l'Europe de la défense. Le programme européen de financement de la surveillance de l'Espace (*EU SST – Space Surveillance & Tracking* ⁽⁴⁴⁾), dont l'objectif est de fournir un service à tous les opérateurs publics, est une initiative essentielle. En s'appuyant sur la dualité des développements spatiaux, il permet déjà de contribuer au financement du radar *Graves*. Ce programme pourrait également être exploité pour financer le système qui succédera à *Graves*, dans le cadre d'une mutualisation acceptée avec les partenaires européens, confirmée par la *Revue stratégique* (art. 260) et d'un partage des informations brutes ⁽⁴⁵⁾. La France ne doit pas hésiter à assumer un rôle de *leader* dans le domaine spatial européen et, au-delà des aspects sécuritaires principalement pris en compte par nos partenaires, à les amener sur le terrain de la défense. L'Agence européenne de défense (AED), relativement peu active dans le spatial (hors du programme *GovSatcom*) ou le cadre de la Coopération structurée permanente (CSP) pourraient ainsi être de nouvelles voies à explorer pour renforcer la coopération européenne dans le domaine spatial.

Enfin, alors qu'une *Revue stratégique de cyberdéfense* ⁽⁴⁶⁾ vient d'être publiée, compte tenu des forts enjeux de l'Espace pour la défense et la sécurité nationales, une *Revue spatiale* ne serait-elle pas opportune ?

(44) Fonds de 1 G€ à compter de 2021.

(45) La *SST (Space Surveillance and Tracking)*, « simple » élaboration de pistes et météorologie de l'Espace, peut être partagée. Elle ne doit pas être confondue avec la connaissance de situation spatiale (*SSA*) situation renseignée partageable uniquement selon des accords bilatéraux entre gouvernements.

(46) Secrétariat Général de la Défense et de la Sécurité Nationale (SGSDN), *Revue stratégique de cyberdéfense*, février 2018, 167 pages (www.sgdsn.gouv.fr/evenement/revue-strategique-de-cyberdefense/).

Conflictualité dans l'Espace : enjeux et perspectives pour la France

Éléments de bibliographie

Traités, conventions et accords internationaux

Traité sur les principes régissant les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique, y compris la Lune et les autres corps célestes, 1967.

Accord sur le sauvetage des astronautes, le retour des astronautes et la restitution des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, 1968.

Convention sur la responsabilité internationale pour les dommages créés par des objets spatiaux, 1972.

Convention sur l'immatriculation des objets lancés dans l'espace extra-atmosphérique, 1975.

Accord régissant les activités des États sur la Lune et les autres corps célestes, 1979.

Articles et ouvrages

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES NATIONS UNIES, *Prévention d'une course aux armements dans l'Espace*, 70^e session, New York, 20 octobre 2015 (www.un.org/).

BONDAZ Antoine et JULIENNE Marc, « Moderniser et discipliner, la réforme de l'armée chinoise sous Xi Jinping », *Note de la FRS* n° 5/2017, Fondation pour la recherche stratégique, 24 février 2017, 12 pages (www.frstrategie.org/).

COMMISSION DE LA DÉFENSE NATIONALE ET DES FORCES ARMÉES, « Audition du général de brigade aérienne Jean-Pascal BRETON, commandant interarmées de l'Espace », 20 décembre 2017, Assemblée nationale (www.assemblee-nationale.fr/15/cr-cdef/17-18/c1718024.asp).

COMMISSION EUROPÉENNE, *Stratégie spatiale pour l'Europe*, Bruxelles, 2016, 15 pages (<https://ec.europa.eu/>).

DAGORN Gary et DESMAS Margot, « Comment SpaceX s'est fait une place dans l'aérospatiale », *Le Monde*, 7 février 2018 (www.lemonde.fr/les-decodeurs/article/2018/02/07).

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA), *The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2017*, 2017, 239 pages.

FIORASO Gèneviève (dir.), DEDIEU Vincent et MÉNÉTRIER Laure (rapporteurs), *Open Space, l'ouverture comme réponse aux défis de la filière spatiale*, Premier ministre, 2016, 170 pages (www.ladocumentationfrancaise.fr/).

LEFEBVRE Jean-Luc, *Stratégie spatiale. Penser la guerre des étoiles : une vision française*, L'Esprit du livre, 2011, 404 pages.

Livre blanc sur la Défense et la Sécurité nationale, La Documentation française, 2013, 160 pages (www.livreblancdefenseetsecurite.gouv.fr/).

Loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales, version consolidée au 22 juin 2018 (www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000018931380).

MINISTÈRE DES ARMÉES, *Projet de Loi de programmation militaire 2019-2025* (www.defense.gouv.fr/).

MOON Madeleine (rapporteur), « Domaine spatial et défense alliée » (rapport), Assemblée parlementaire de l'Otan, Commission de la défense et de la sécurité, Sous-commission sur l'avenir de la sécurité et des capacités de défense, 8 octobre 2017 (www.nato-pa.int/).

NARDON Laurence, « Space Security: Europe Takes the Lead », *Note de l'Ifri*, janvier 2009, 26 pages (www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/Nardon_note_coc_janvier2009.pdf).

NARDON Laurence, « L'arsenalisation de l'Espace : projets américains, réactions européennes », *Note de l'Ifri*, Institut français de relations internationales, octobre 2007, 28 pages (www.ifri.org/).

NARDON Laurence, « Space Situational Awareness and International Policy », *Document de travail* n° 14, Ifri, octobre 2007, 10 pages.

NARDON Laurence, « Transparency Measures in Space? », *Document de travail* n° 17, Ifri, 2007, 8 pages (www.ifri.org/en/publications/enotes/notes-de-lifri/transparency-measures-space).

National Space Policy of the United States of America, 28 juin 2010 (www.nasa.gov/sites/default/files/national_space_policy_6-28-10.pdf).

PARLEMENT EUROPÉEN, « Résolution sur une stratégie spatiale européenne », 12 septembre 2017 (www.europarl.europa.eu/).

RAMEL Frédéric, « Accès aux Espaces communs et grandes stratégies : vers un nouveau jeu mondial », *Études de l'Irsem* n° 30, Institut de recherche stratégique de l'École militaire, 2014, 41 pages (www.defense.gouv.fr/espanol/irsem/page-d-accueil/vient-de-paraitre/etude-de-l-irsem-n-30-2014).

SAUZAY Arthur, *Espace, l'Europe contre-attaque ?* (Note), Institut Montaigne, décembre 2017, 111 pages (http://www.institutmontaigne.org/ressources/pdfs/publications/espace-europe-contre-attaque-note_0.pdf).

Conflictualité dans l'Espace : enjeux et perspectives pour la France

SECRETARIAT GÉNÉRAL DE LA DÉFENSE ET DE LA SÉCURITÉ NATIONALE (SGDSN), *Revue stratégique de Défense et de Sécurité nationale*, Dicod, 2017, 111 pages (www.defense.gouv.fr/).

SGDSN, *Chocs futurs – Étude prospective à l'horizon 2030 : impacts des transformations et ruptures technologiques sur notre environnement stratégique et de sécurité*, 2017, 208 pages (www.sgdsn.gouv.fr/).

TESTÉ Jean-Daniel, « L'avenir du spatial militaire », *Stratégique*, n° 115, 2017, p. 147-150.

USAF, *Joint publication 3-14, Space Operations*, États-Unis, 29 mai 2013 (www.doctrine.af.mil/Portals/61/documents/doctrine_updates/du_13_10.pdf).

WEITZ Richard, « China, Russia, and the Challenge to the Global Commons », *Pacific Focus*, vol. 24, n° 3, 2009, p. 271-297.

Sites consultés

Arms Control (www.armscontrol.org).

Challenges (<https://challenges.fr>).

Centre national d'études spatiales – Cnes (<https://cnes.fr>).

Fondation pour la recherche stratégique – FRS (www.frstrategie.org).

Institut français de relations internationales – Ifri (www.ifri.org).

Institut de recherche stratégique de l'École militaire – Irsem (www.defense.gouv.fr/irsem).

Le Monde (www.lemonde.fr).

Les Échos (<https://lesechos.fr>).

National Aeronautics and Space Agency – NASA (www.nasa.gov).

Popular Mechanics (www.popularmechanics.com).

United Nations Office for Outer Space Affairs - UNOOSA (www.unoosa.org).

Space News (<http://spacenews.com>).

Space Launch Report (www.spacelaunchreport.com).

Entretiens

Colonel Jérôme BERNIER, Centre Interarmées de Concepts, de Doctrines et d'Expérimentations (CICDE).

Général de brigade aérienne Jean-Pascal BRETON, commandant du Commandement interarmées de l'Espace (CIE).

M. Arnaud CARLIER, sous-directeur Réseaux, stations et alerte - Cnes.

M. Joseph HENROTIN, rédacteur en chef de *Défense et Sécurité Internationale (DSI)*, chargé de recherche au Centre d'analyse et de prévision des risques internationaux (Capri).

Ingénieur en chef des études et techniques de l'armement (ICETA) Frédéric PLANCHON, Direction générale des relations internationales et de la stratégie (Dgris).

Général de corps d'armée aérien (2S) Henry DE ROQUEFEUIL, conseiller militaire du président – Centre national d'études spatiales (Cnes).

Conférences

Lieutenant-colonel Thierry CATTANEO, « Présentation du Centre opérationnel de surveillance militaire des objets spatiaux (Cosmos) à l'Institut des hautes études de défense nationale (IHEDN) », décembre 2017.

M. Yannick DEVOUSSOUX, « Présentation d'ArianeGroup à l'IHEDN », décembre 2017.

Remerciements

À M. Franck SABOURIN, du Centre de documentation de l'École militaire (CDEM),
pour son très riche appui documentaire.