



Association Aéronautique
Astronautique de France

LA SOCIÉTÉ SAVANTE DE L'AÉRONAUTIQUE ET DE L'ESPACE

A decorative graphic on the left side of the page features several concentric, semi-circular arcs in shades of gray, resembling a stylized antenna or signal waves. A dark blue horizontal bar is positioned to the right of these arcs, containing the main title.

COMMISSION TECHNIQUE STRATÉGIE ET AFFAIRES INTERNATIONALES 2017 - 2019

Notes, Études documentaires

Le SCAF, un projet européen, Plaidoyer pour un système de surveillance et de contrôle de l'espace, L'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services par satellites, L'industrie aéronautique et de défense en Chine.

Articles parus dans la Lettre 3AF

SOMMAIRE

Préface du Haut Conseil Scientifique	6
---	----------

PARTIE I

Notes et études émises

SCAF, SYSTÈME DE COMBAT AÉRIEN DU FUTUR	9
--	----------

par un groupe d'experts 3AF/CSAI sous la présidence de Maurice Desmoulière avec l'assistance de Bernard Libat, Philippe Charruyer, Vincent Bonniot, Robert Dubost, Claude Roche

I. Introduction	9
------------------------	----------

II. Environnement	11
--------------------------	-----------

1. Une ambition stratégique sur le long terme 11
2. Un programme qui doit trouver d'autres partenaires européens 11
3. Le programme SCAF est un « système de systèmes » 11
4. L'OTAN : complémentarité certes mais avec capacité à s'en passer 12
5. Le partage des tâches, le choix des industriels 12
6. L'exportation comme moyen budgétaire et politique, une évidence 12

III. Ebauche de propositions	12
-------------------------------------	-----------

1. Neutraliser la dépendance européenne aux Etats-Unis 12
2. Inventer une organisation industrielle robuste 13
3. Mettre en œuvre une politique de démonstrateurs du système de systèmes prag-matique et coordonnée 13

IV. Quelles sont les propositions potentielles concernant les démonstrateurs ?	14
---	-----------

1. Bien utiliser les financements européens 15
2. Elaborer une politique d'exportation du SCAF 15

V. Conclusion	16
----------------------	-----------

PLAIDOYER POUR UN SYSTÈME EUROPÉEN DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE DE L'ESPACE	17
--	-----------

par un groupe d'experts 3AF/CSAI sous la présidence de Vincent Bonniot, avec l'assistance de Philippe Charruyer, Annick Jacquart, Bertrand de Montluc

I. Introduction	18
------------------------	-----------

II. Le Contexte	19
------------------------	-----------

1. Nouvelles tendances et concept de New Space 19
2. L'intérêt renouvelé des puissances 20
3. L'accroissement des menaces 21

III. Surveiller l'espace	24
---------------------------------	-----------

1. L'intérêt de la veille spatiale 24
2. Les moyens de surveillance dans le monde 25

IV. Perspectives pour la France et l'Europe	28
--	-----------

V. Conclusion	29
----------------------	-----------

OPECST « L'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services par satellites » 30

par un groupe d'experts conduit par Bertrand de Montluc et Philippe Charruyer avec l'assistance d'Iñaky Garcia-Brotons et Alain Wagner

I. Introduction	30
II. Le Contexte	30
III. Usages nouveaux	32
IV. L'action publique	34
V. Analyse	34
VI. Intelligence artificielle - Apports potentiels	36
VII. Évolutions sociétales	37
VIII. Freins éventuels	38
IX. Recommandations	38

L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE et de DÉFENSE en CHINE 40

Jean-Paul Perrais

I. Remarques sur le transport aérien	41
II. Remarques préliminaires sur l'industrie aéronautique civile	43
III. Remarques sur l'industrie de défense	44
IV. Comment envisager l'évolution future de l'industrie aéronautique et de défense en Chine ?	46

PARTIE II

Articles parus dans la Lettre 3AF

1. Conséquence de la loi anti-corruption américaine à travers le cas d'Alstom	48
<i>Page 8-13 de la Lettre 3AF n°27, septembre-octobre 2017 Marie-Claire Coët, Bruno Chanetz, Maurie Desmouliere, Bertrand de Montluc</i>	
2. La prise de contrôle du Bombardier Cseries par Airbus	54
<i>Pages 13-18 de la Lettre 3AF n°29, janvier-février 2018 Jean-Paul Perrais, Aurélien Rigollet, Maurice Desmoulière, Bertrand de Montluc et Bruno Chanetz</i>	
3. Réflexions inspirées par la lecture de l'ouvrage sur Elon Musk	60
<i>Pages 13-17 de la Lettre 3AF n°33, septembre-octobre 2018 Bertrand de Montluc</i>	
4. A propos de l'initiative « Observatoire du numérique » de 3AF, la digitalisation des entreprises	63
<i>Pages 22-24 de la Lettre 3AF n°34, novembre-décembre 2018 Bertrand de Montluc</i>	
5. La sécurité dans l'arctique : le rôle des satellites scientifiques et d'application	66
<i>Pages 16-24 de la Lettre 3AF n°35, janvier-février 2019 Bertrand de Montluc assisté de Louis Laidet, Michel Laffaiteur, Marie-Lise Chanin, Nelly Campbell</i>	

Préface du Haut Conseil Scientifique

« Souvenez-vous que c'est à vous de décider, mais quelque expérience que vous ayez, écoutez toujours tous les avis et tous les raisonnements de votre Conseil avant que de faire cette décision ». Ce paragraphe, tiré des Instructions au duc d'Anjou fut rédigé en 1700 par Louis XIV pour son petit-fils destiné à régner sur l'Espagne.

C'est bien le rôle de conseil que la *Commission Stratégie et Affaires Internationales* (CSAI) de la 3AF entend jouer. De fait la CSAI interagit au plus haut niveau parmi les partenaires industriels de la 3AF et les responsables de l'administration. Elle produit des analyses étayées et des synthèses argumentées sur des sujets d'actualité, exerçant sa mission de réflexion stratégique au profit des décideurs dans les domaines de l'aéronautique, de l'espace, de la défense et de la sécurité. Pour mener à bien ses missions, elle a la capacité à s'ouvrir au-delà du cercle de ses membres actifs, invitant à sa table les meilleurs experts, le temps de conduire une réflexion poussée sur un sujet d'intérêt.

Ce cahier en est l'illustration. Il rassemble les travaux produits par la Commission au cours des années 2017-2019 : notes, études documentaires et articles parus dans la Lettre 3AF.

Pour commencer, une note consacrée au *Système de Combat Aérien du futur* (SCAF) émanant d'une équipe d'experts ayant travaillé sous la conduite de l'ingénieur général de l'armement Maurice Desmoulière, président de la CSAI.

Vient ensuite un plaidoyer pour un système européen de surveillance et de contrôle de l'espace. Il est l'œuvre de Bertrand de Montluc, ancien président de la CSAI, entouré d'un groupe d'experts dont Vincent Bonniot, jeune actif de MBDA et Annick Jacquart. Au-delà des aspects civils et commerciaux, l'espace constitue un terrain stratégique pour la Défense nationale, comme l'a rappelé la ministre des Armées Florence Parly, en visite à l'ONERA le 10 janvier 2019 : *Chaque jour, nos quotidiens, nos renseignements et nos opérations s'appuient sur les satellites.*

Troisième contribution avec un rapport sur *L'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services par satellites*. Bertrand de Montluc a rassemblé durant l'été 2019 un comité d'expert composé de Philippe Charruyer, Inaki Garcia-Brotons et Alain Wagner en vue de répondre à une demande exprimée auprès de Michel Scheller, président de la 3AF. Ce rapport, sollicité par le sénateur Gérard Longuet, président de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, a été rédigé durant l'été pour être remis au commanditaire dès le début septembre 2019.

Enfin la quatrième étude documentaire émane de Jean-Paul Perrais et concerne *l'Industrie aéronautique et de défense en Chine*. Membre de la CSAI, Jean-Paul Perrais est un excellent connaisseur de la Chine, comme l'attestent ses nombreuses conférences sur le sujet.

Viennent ensuite les cinq articles parus en 2017 et 2018 dans la Lettre 3AF sous l'égide de la CSAI.

Le premier d'entre eux décrit *Les conséquences de la loi anti-corruption américaine à travers le cas d'Alstom*. Ces investigations ont été menées en partenariat avec Marie-Claire Coët de la Commission Information Stratégique et Prospective (CISP) de la 3AF. Ce dossier précise avec beaucoup d'acuité les répercussions de la vente d'Alstom sur la crédibilité de la filière nucléaire française. Si le mal est fait dans ce domaine, c'est une alerte très sérieuse qui doit être entendue pour éviter à notre industrie aéronautique de semblables déboires, car les mêmes mécanismes, qui ont acculé la société Alstom à céder sa branche Energie à General Electric pourraient également être mis en œuvre vis-à-vis de l'industrie aéronautique française.

Le second article est relatif aux conséquences de *La prise de contrôle du Bombardier Cseries par Airbus*. Il est dû à l'initiative de Jean-Paul Perrais, dont les connaissances dans le secteur aéronautique ont été une fois encore mises à contribution.

Dans un troisième article dont le point de départ est une biographie de l'entrepreneur américain Elon Musk, Bertrand de Montluc nous livre ses réflexions et interroge les Européens, sur la faculté d'évolution de leurs entreprises et institutions.

En réponse aux progrès de l'Intelligence artificielle, la 3AF a créé *L'Observatoire ouvert du numérique*. L'article *La digitalisation des entreprises* reproduit dans cette section a été écrit à la demande de Michel Scheller, président de la 3AF.

Pour clore ce recueil un article qui doit beaucoup à Louis Laidet, ancien président et fondateur de la CSAI : *La Sécurité dans l'Arctique : le rôle des satellites scientifiques et d'application*. Cet article vient éclairer *le plaidoyer pour un système européen de surveillance et de contrôle de l'espace*, déjà évoqué.

Ces contributions : notes, études documentaires et articles embrassent un large panorama des sujets d'actualité du secteur aérospatial et de défense. Ce cahier démontre la capacité de la 3AF à former, sous l'égide de la CSAI, un Conseil utile aux décideurs de l'industrie et du monde politique. Bref, pour employer une terminologie actuelle, la Commission stratégie et affaires internationales constitue un véritable *think tank*, qui a vocation à s'inscrire durablement dans le paysage aérospatial français.

Bruno Chanetz, Président du Haut Conseil Scientifique

PARTIE I

Notes et études émises

SCAF

SYSTÈME DE COMBAT AÉRIEN DU FUTUR

**Bernard Libat, Philippe Charruyer, Vincent Bonniot, Robert Dubost,
Claude Roche, Maurice Desmouliere**

I. Introduction

Toutes les conditions sont aujourd'hui réunies pour déclencher une étape majeure dans la construction de l'Europe de la défense : la volonté et le cadre politique dans la dynamique des accords franco-allemands, les exigences opérationnelles avec la désignation d'une nation leader pour chaque programme en coopération, la volonté affirmée des maîtres d'œuvres industriels et des sous-traitants principaux et enfin, la technique avec l'arrivée des technologies digitales qui transforment les anciens systèmes au profit de systèmes hautement coopératifs et intégrés.

De nombreuses questions sont bien sûr toujours en suspens comme les exigences opérationnelles détaillées, l'ampleur des commandes futures ou la gestion des exportations mais il est clair que l'enjeu majeur, l'avenir de l'Europe de la défense pour une Défense de l'Europe assumée, mérite que l'on fasse preuve de confiance envers toutes les parties prenantes pour saisir cette opportunité. Renforcés dans cette démarche face aux Etats-Unis qui souvent conditionnent leur soutien à l'achat d'armements américains, au détriment de l'autonomie stratégique de ses alliés, les Européens ont pris conscience de l'urgence de traiter ce sujet avec tout le sérieux nécessaire et sans préjuger des difficultés à venir, l'Europe se doit de garantir aux citoyens européens leur autonomie de décision et d'action.

A cet égard, le programme SCAF est emblématique. Il constitue en effet un système de systèmes aéronautiques mettant en œuvre, dans un système interopérable, des plateformes aériennes connectées à des centres de commandement et de contrôle opérationnel. Cette capacité de combat collaboratif aérien du futur constitue la colonne vertébrale de notre liberté d'action pour le demi-siècle à venir. Pour acquérir une véritable envergure européenne, elle doit s'appuyer sur de nombreux partenaires étatiques, sur la base du volontariat, et sur des compétences industrielles reconnues.

Cette initiative a également le devoir de s'inscrire en complémentarité avec l'OTAN en fournissant des éléments clés pour une défense commune des pays occidentaux. Cette situation soulève la question de la collaboration avec les Etats-Unis qui considèrent être le pivot de la défense des pays occidentaux. Il convient dès lors de définir quelle est la meilleure solution pour servir cet objectif ? L'Europe doit-elle n'être qu'un simple opérateur en soutien ou peut-elle apporter un savoir-faire particulier qui renforcera l'alliance ? Il nous semble que la seconde option est bien plus riche et autorise une palette de réponses plus large face à des menaces nombreuses, multiformes et évoluant très rapidement.

Le programme franco-allemand SCAF doit donner lieu au lancement de démonstrateurs dédiés aux plateformes et au moteur. Compte tenu de l'importance de la donnée et de

son traitement dans un système de systèmes connectés, l'aptitude à collaborer dans le programme SCAF va concerner un ensemble plus large de systèmes aéronautiques. Aussi, nous pensons que cette exigence doit être prise en compte ab initio dans un démonstrateur spécifique sous peine de se heurter à de graves difficultés d'interopérabilité dans l'avenir.

La question du financement est également cruciale quand bien même nous considérons que la volonté politique est le facteur déterminant sur ce point. De nouvelles possibilités se font jour à l'échelle européenne qu'il conviendra de mettre à profit.

Enfin, le choix des hommes responsables de la mise en œuvre de ce programme pour le compte des états et des industriels est déterminant et constituera un révélateur de l'importance accordée par les acteurs.

En conclusion, nous sommes faces à un alignement de planètes favorable qu'il nous faut exploiter au plus vite et sans arrière-pensées mais en posant d'emblée les bons principes fondateurs.

Le SCAF, un projet européen

Le souhait proclamé par la France et l'Allemagne d'une autonomie stratégique européenne, alors que le doute s'installe au sein de l'OTAN sur la confiance à accorder aux Américains en cas de coup dur, annonce-t-il enfin le moment opportun pour pousser les dossiers de la défense commune au sein de l'Union ?

Le plus emblématique des projets envisagés est bien sûr le Système de Combat Aérien Futur (SCAF). Ce projet de programme a pour caractéristique majeure de se vouloir dès l'abord comme un projet prenant pleinement en compte les nouvelles ruptures technologiques liées aux avancées désormais incontournables de l'intelligence artificielle et de l'innovation digitale. Il s'agit d'une option majeure introduisant par rapport à l'histoire du développement des programmes d'armement une petite révolution.

La volonté de la France et de l'Allemagne a été affichée en avril 2018 par la signature d'un document commun aux armées française et allemande annonçant leur accord de coopération pour développer une nouvelle génération d'avions de combat. Plus récemment, elle a été inscrite dans le traité d'Aix la Chapelle du 22 janvier 2019 qui dispose qu'il convient d'intensifier le développement de programmes de défense communs et leur élargissement aux partenaires en vue de favoriser la compétitivité et la consolidation de la base industrielle et technologique de défense européenne (article 4.3 du traité).

On peut souhaiter que la dynamique bilatérale marque le début d'une redistribution des cartes dans l'industrie aéronautique européenne, prélude à donner une certaine consistance concrète à une Europe à la souveraineté démontrée.

La présente note a pour but de proposer une mise en condition avec quelques pistes cherchant à faciliter une démarche d'une complexité jamais rencontrée depuis la fin de la dernière guerre.

II. Environnement

Dans un premier temps, il apparaît indispensable de brosser l'environnement difficile auquel un tel projet va avoir à faire face :

1. Une ambition stratégique sur le long terme

« Le couple franco-allemand est le noyau fort qui permet de développer une culture stratégique commune » assurait la Ministre de la Défense, Florence Parly, à l'Université d'été de la Défense 2018.

De même, après certaines déclarations du président Donald Trump dénotant une forme de défiance vis-à-vis de l'OTAN, la chancelière Angela Merkel a annoncé « Nous, Européens, nous devons prendre notre destin en main ». Enfin, le récent traité franco-allemand sur la coopération et l'intégration franco-allemandes (22 janvier 2019) stipule que l'objectif des deux pays est de favoriser la compétitivité et la consolidation de la base industrielle et technologique de la Défense européenne ainsi que de combler les lacunes capacitaires, tout en développant une approche commune en matière d'exportation d'armements en ce qui concerne les projets conjoints (art. 4.3).

Comment faire pour que ces déclarations diplomatiques deviennent réalité pratique sur le long terme, malgré, entre autres, les aléas politiques et les difficultés budgétaires ?

2. Un programme qui doit trouver d'autres partenaires européens

Commencer à deux, c'est sans aucun doute d'une évidente nécessité. Lancer en bilatéral une phase dite de définition et espérer, au cours de cette première étape, la venue volontaire d'autres partenaires exige une préparation minutieuse de ces arrivées potentielles en même temps que des discussions approfondies dès le départ du processus. Accueillir hâtivement des partenaires pour des raisons uniquement politiques ne pourra que mener au désastre.

Compte tenu de la difficulté de figer le besoin opérationnel à ce stade, l'approche proposée devra rester compatible avec des évolutions de ce besoin en cours de route ainsi qu'avec des évolutions techniques voire des ruptures technologiques en cours de développement. Le besoin pour une aviation embarquée, s'il se confirme, devra être pris en compte dès le début.

3. Le programme SCAF est un « système de systèmes »

Au-delà des aéronefs pilotés ou non, le système de systèmes implique un dialogue interactif, dans un monde connecté et sécurisé, entre senseurs, effecteurs et décideurs.

C'est sans doute sur cet aspect que doit se jouer la prise de conscience d'une indépendance de l'Europe pouvant amener à une autonomie de décision et d'actions. Il doit être pris en compte le plus tôt possible comme un moyen de sensibilisation puissant destiné à impliquer, par des moyens appropriés, le plus grand nombre de pays européens. Il revêt un caractère stratégique (face aux GAFAs notamment) et engage directement l'autonomie d'une Défense européenne.

4. L'OTAN : complémentarité certes mais avec capacité à s'en passer

Au sein de l'OTAN, nous sommes tributaires des Américains comme le rappelle régulièrement Hubert Védrine. Avec le souhait franco-allemand d'une autonomie européenne retrouvée, le programme SCAF peut être le vecteur qui, dès à présent, par une démarche appropriée, nous permettra de concrétiser cet objectif à l'horizon de sa mise en service.

5. Le partage des tâches, le choix des industriels

Dans le choix des industriels, la compétence doit primer sur le « juste retour ». Il est évident néanmoins qu'appliquer ce principe de façon aveugle sera contre-productif. Afin de trouver la meilleure façon d'« accueillir » de nouveaux partenaires de façon souple et efficace, au-delà des compétences clairement affichées, les gouvernements nationaux concernés affronteront des difficultés ardues. Avant le lancement des développements, une politique de démonstrateurs étendue peut apporter la souplesse permettant d'impliquer divers acteurs dans une phase technique et technologique. Le mode de financement correspondant doit être un levier puissant dans l'élargissement des travaux à des coopérants convaincus par la démarche.

6. L'exportation comme moyen budgétaire et politique, une évidence

L'exportation comme levier économique et politique doit être acceptée dès le début par les partenaires, moyennant l'établissement de quelques garde-fous permettant d'éviter toute dérive préjudiciable à la coopération. Le traité d'Aix la Chapelle devrait contribuer à progresser en ce sens.

Un accord-cadre avec l'ensemble des partenaires devrait permettre d'éviter toute possibilité de veto par l'un des membres hors les cas incontestables du type embargo de l'ONU.

III. Ebauche de propositions

Si l'on n'en dénature pas les objectifs globaux, le programme SCAF est d'une immense difficulté. Rechercher à travers lui une certaine autonomie européenne va faire naître de multiples blocages qui impliqueront un long travail de conviction et de patience.

1. Neutraliser la dépendance européenne aux Etats-Unis

Comment en effet développer un système de systèmes indépendant des Etats-Unis alors que la Grande-Bretagne, les Pays-Bas, l'Italie, la Turquie, la Norvège et, tout récemment, la Belgique ont choisi le F-35, avion de combat de 5ème génération fabriqué sous la maîtrise d'œuvre de Lockheed Martin ?

Et que dire, en plein Brexit, de l'annonce à Farnborough en 2018 du lancement du programme Tempest : une tentative de reconstitution du club Eurofighter et/ou de rapprochement auprès des Etats-Unis en intégrant Boeing dans l'équipe ?

Enfin comment faire admettre à l'ensemble des partenaires l'idée de fonctionner en coalition sous le commandement d'un État-major européen ?

2. Inventer une organisation industrielle robuste

Une autre difficulté de taille est le partage des tâches industrielles, la réalité étant que la France sera mise principalement sous pression, étant données ses compétences dans la plupart des secteurs d'un programme comme le SCAF.

Comment lancer le programme avec les meilleures compétences possibles ou plutôt avec les meilleures garanties pour sa réussite ?

Un écueil à éviter serait de vouloir figer dès le départ ou trop rapidement un partage viable sur le long terme. Un bon compromis serait que ce partage soit figé au lancement du développement proprement dit avec, à la rigueur, certaines options maintenues sur quelques sous-ensembles majeurs.

3. Mettre en œuvre une politique de démonstrateurs du système de systèmes prag-matique et coordonnée

Pour faciliter la prise de conscience européenne sur ces questions à caractère politique, militaire et industriel, tout en s'assurant que les technologies nécessaires, et au bon niveau, seront au rendez-vous, les démonstrateurs peuvent être un puissant levier pour affiner le jugement sur notre capacité à lancer à plusieurs le développement du programme SCAF avec les meilleurs chances de succès.

Les décisions à prendre, au niveau de l'organisation industrielle, le partage des tâches et la gestion des sous-traitances, s'en trouveront facilités ainsi que l'établissement d'une confiance mutuelle entre les différents acteurs : services officiels, DGA, Etats-majors et industriels. Un tel processus, à lancer le plus tôt possible, permettra à tout coopérant potentiel de trouver sa place dans le développement, une fois ses compétences acquises ou reconnues grâce à sa participation à tel ou tel démonstrateur.

L'échéancier envisagé pour le SCAF offre une panoplie étendue de démonstrateurs possibles. On peut avancer ici quatre niveaux qui laissent une large marge de manœuvre aux différents acteurs du programme :

- le niveau du système de systèmes : le contrôle de l'information sera l'un des facteurs clefs des conflits de demain. Le SCAF devra ainsi s'appuyer sur un solide réseau de communication et de liaisons de données. Celles-ci devront à la fois garantir de hauts débits et être robustes face aux défaillances et aux attaques Cyber. L'intelligence artificielle sera aussi au cœur du système ; elle devra notamment permettre aux opérateurs de faire face à une quantité importante de données qu'il faudra consolider, trier et privilégier en fonction de leur pertinence à un instant donné.
- le niveau système : on peut citer à ce stade les plateformes pilotées (avion de combat, ravitailleurs, aéronef de surveillance) ou pas (drones, missiles), et tous les effecteurs conduisant à la maîtrise de l'information au sens large (stations sol/surface, satellites).

- le niveau des sous-ensembles : on peut citer les moteurs, les radars, les équipements optroniques et de contre-mesures.
- le niveau technologique : on peut citer la mise au point d'un nouveau matériau ou celle d'un processus industriel prometteur.

Les systèmes d'armes occupent une place particulière: leur prise en compte en amont s'avère très importante pour faciliter ultérieurement leur intégration dans le système de systèmes. Des provisions spécifiques doivent notamment être prévues pour permettre l'intégration des armements air-sol de souveraineté dont potentiellement les futurs armements hypersoniques.

IV. Quelles sont les propositions potentielles concernant les démonstrateurs ?

A ce stade, il est préférable de laisser les industriels proposer les divers démonstrateurs qui leur paraissent nécessaires à la consolidation des dossiers techniques permettant de lancer les développements sans trop de risques.

A cet égard, il nous semble que l'Intelligence Artificielle sera au cœur des technologies fondatrices de SCAF. Dans cette démarche, les Etats devront s'assurer que les maîtres d'œuvre industriels font leur possible pour laisser la porte ouverte à une coopération européenne suffisante et justifiée.

On évoquera néanmoins la motorisation du futur avion piloté : le démonstrateur d'un moteur à cycle variable apparaît incontournable et surtout urgent quand on constate la confortable avance prise par les Américains dans ce domaine. Ce démonstrateur que l'on pourrait qualifier de global, sera le réceptacle des démonstrateurs des divers sous-ensembles du moteur. Leurs lancements seront précédés par la définition des spécifications avec le maître d'œuvre de la plateforme et des interfaces avec les différents intervenants. Dans ce processus il apparaît hautement souhaitable que toutes les compétences européennes soient associées le plus tôt possible aux travaux relatifs au démonstrateur.

Enfin, une démarche apparaît essentielle pour préparer le développement de l'architecture du système de systèmes : lancer progressivement un démonstrateur d'aptitude à la « collaborativité ». En effet, la vocation de SCAF, outil de souveraineté européenne, est d'être employé par les pays européens détenteurs du système lors d'opérations en coalition mais aussi, le cas échéant, par un pays décidant souverainement de s'engager dans une opération aérienne (voire aéroterrestre ou aéronavale) nationale. On peut, à cet égard, citer la mission de dissuasion nucléaire pour la France.

Cette observation met en lumière la nécessité de développer des interfaces nationales entre SCAF et d'autres systèmes et plateformes n'appartenant pas au périmètre SCAF. De même, l'arrivée, dans le futur, de nouvelles plateformes ou systèmes aériens, spécialisés ou non, nécessitera de nouvelles interfaces pour donner à la capacité de combat collaboratif toute sa dimension. On peut citer les nouveaux avions dédiés à la guerre électronique, à l'ISR, etc. Ainsi la capacité initiale de combat collaboratif de SCAF est appelée à évoluer pour prendre en compte, au fil du temps, de nombreuses interfaces qui

permettront de développer la capacité globale de combat collaboratif de l'Union européenne mais aussi celle de chaque pays de l'Union. Ceci est complexe, et l'architecture de SCAF doit être adaptée à ces nécessités.

C'est pourquoi, il nous semble que, dès le début du programme, un laboratoire technico-opérationnel du système de systèmes SCAF doit être mis en place entre les deux nations fondatrices. Dans le même temps, un démonstrateur d'aptitude à la « collaboration » entre SCAF et les systèmes et plateformes adjacents sera lancé, prenant en compte toutes les avancées des sciences de l'information et des technologies liées à l'intelligence artificielle. Ce démonstrateur pourrait être un moyen riche et robuste de dialogue et de mise en confiance entre toutes les parties européennes concernées : pays coopérants, Etats-majors, DGA et industriels. Pour préparer l'Europe à un tel défi, ne pourrait-on pas, dès le lancement de SCAF, utiliser pour ce démonstrateur les moyens aériens en service et les relier en réseau dans des exercices appropriés avant que les nouvelles plateformes ne soient disponibles ?

Cette démarche permettrait de rendre crédible une Europe souveraine capable d'une défense autonome dans le courant du 21^{ème} siècle. Dépassant les seuls aspects techniques et technologiques, elle aurait aussi pour vocation de susciter un dialogue constructif pour établir les bases d'une stratégie européenne partagée.

1. Bien utiliser les financements européens

L'objet de cette note n'est pas de parler budget et financement. Il apparaît néanmoins opportun d'évoquer l'importance qu'aura l'origine des financements qui seront consentis par les divers partenaires car cela pourra donner une relative souplesse quant à l'utilisation de ces fonds en fonction des travaux à réaliser.

En effet, un pays adhérera plus volontiers à tel ou tel travail dans la mesure où il participera volontairement à son financement. Ainsi il semble évident que le domaine du système de systèmes, pierre angulaire d'un certain engagement européen partagé à construire dans la durée, doit recueillir un financement européen (UE) : les fonds envisagés (BITD et démonstrateurs..) d'ici à 2027 devront être sollicités en priorité sur les financements bi ou multinationaux. On peut estimer que ce sera l'inverse pour le démonstrateur moteur, directement lié au programme proprement dit et à son calendrier avec le plus tôt possible le choix des meilleurs compétences existantes en Europe.

2. Elaborer une politique d'exportation du SCAF

S'il est exact que l'exportation de matériel de guerre soulève du côté allemand une sensibilité importante de l'opinion publique, il ne faudrait pas que le sujet soit exploité à des fins électorales par les responsables politiques en en faisant un obstacle préalable au lancement de programmes en coopération. C'est pourquoi une politique d'exportation et de coopération commune du SCAF doit être élaborée dès le lancement du programme.

Des deux côtés du Rhin, la vente d'armement obéit à la même double appréciation : l'une de politique étrangère, pas toujours alignée entre Berlin et Paris, l'autre écono-

mique avec des objectifs de commerce extérieur et, surtout, d'amortissement du développement du matériel par l'export. Il serait opportun de suivre les termes de l'accord Schmidt-Debré dans le cadre de l'approche commune prévue dans l'accord intergouvernemental d'Aix la Chapelle et de veiller à leur stricte application. Ils ont en effet permis jusqu'à présent de régler de manière satisfaisante la grande majorité des exportations de matériels franco-allemands.

De plus, dans le cadre de cette politique commune d'exportation et de coopération, à l'instar de ce qui a pu être observé aux Etats-Unis pour le programme F-35, la création précoce d'un cercle de clients potentiels du SCAF permettrait d'envisager de leur part une participation financière au développement.

Enfin, pour mieux accompagner et encadrer l'exportation de SCAF à des pays tiers, la transposition franco-allemande de la procédure « Foreign Military Sales » américaine nous semble souhaitable.

V. Conclusion

Le programme SCAF est un programme pilote qui doit marquer la maîtrise par l'Europe des technologies de l'information et de l'intelligence artificielle.

Il est porté aujourd'hui par le couple franco-allemand. Comme cela a été annoncé, son lancement ne doit pas tarder (juin 2019). Il convient de prendre les mesures adéquates pour l'accueil de coopérants potentiels, en particulier le Royaume-Uni, dans la préparation des travaux bilatéraux dont la notification contractuelle serait imminente à condition toutefois que ceci n'entraîne pas de complexification ou de retards excessifs.

Personne n'ignore le défi que pose à l'Europe le programme SCAF ni la complexité d'un programme de défense aussi innovant mené en coopération. Avec un programme qui va traverser tout le 21^{ème} siècle avec l'objectif d'une défense de l'Europe autonome, les difficultés doivent être abordées dès le départ sans se faire d'illusion sur la patience et les convictions qu'il faudra déployer pour les résoudre.

L'espoir qu'a fait naître le dialogue franco-allemand de ces derniers mois est immense. Aussi, en parallèle au travail bilatéral en cours, faciliter l'ouverture, le dialogue et l'implication de pays européens volontaires est d'une grande urgence. Le « démonstrateur collaboratif » proposé dans cette note peut y contribuer. Il s'agit d'une plateforme novatrice apte à préparer le travail incontournable de mise en réseau des futurs effecteurs et dotée d'une structure ouverte suffisamment souple pour, dans un premier temps et par paliers successifs, accueillir des effecteurs encore en service, jusqu'au milieu du siècle pour certains. Le lancement d'un tel processus, de par son enjeu stratégique évident, mérite que nous y mettions les moyens dès à présent.

PLAIDOYER POUR UN SYSTÈME EUROPÉEN DE SURVEILLANCE ET DE CONTRÔLE DE L'ESPACE

Vincent Bonniot, Philippe Charruyer, Annick Jacquart, Bertrand de Montluc

Note d'étude

Travail d'un groupe d'experts de la Commission Stratégie et Affaires Internationales de la 3AF animé par Vincent Bonniot et Philippe Charruyer.

Pour ce qui concerne le domaine spatial où les acteurs sont mieux connus et le seuil d'entrée technologique plus élevé, le renouvellement et l'augmentation des capacités de détection seront menés en coopération avec nos alliés européens. [...]

Vœux aux Armées **d'Emmanuel Macron**, Président de la République, 19 Janvier 2018 à Toulon

« Space is the 'next great American frontier' – and it is our duty – and our destiny – to settle that frontier with American leadership, courage, and values ».

Mike Pence, US Vice President

« Il nous faut surveiller plus et mieux nos satellites. Il nous faut connaître parfaitement les objets qui les entourent, qui croisent leurs trajectoires. Il nous faut une cartographie parfaite du ciel. Il nous faut décourager quiconque voudrait s'attaquer à nos satellites ».

Discours de **Florence Parly**, Ministre des Armées à l'occasion du Lancement de CSO, Paris, le 19 décembre 2018

« Comment prétendre maîtriser notre outil de défense spatiale si nous ne sommes pas capables d'observer le ciel seul et avec précision ? Nous devons être en mesure d'apprécier en autonomie la situation spatiale à tout instant, de comprendre les manœuvres qui s'y jouent. J'ai donc décidé de renforcer notre capacité nationale de surveillance spatiale et de renseignement ».

Discours de **Florence Parly**, Ministre des Armées

« Je crois pouvoir dire aujourd'hui que si nous perdons la guerre dans l'espace, nous perdrons la guerre tout court ».

Le général **Philippe Lavigne**, chef d'état-major de l'armée de l'air (CEMAA) lors d'une audition à l'Assemblée nationale en octobre 2018

I. Introduction

L'environnement économique de l'espace se modifie profondément. Il suffit pour s'en convaincre de voir le fleurissement d'initiatives, privées comme publiques, ainsi que l'intérêt croissant de fonds d'investissement pour un secteur jusqu'ici tributaire des deniers publics, pour s'en persuader. Tout cela est en grande partie lié à la digitalisation de l'économie, qui entraîne un accroissement fantastique des besoins en données de tout ordre et du même coup une forte augmentation des besoins en satellites. En parallèle, la réduction des coûts d'accès à l'espace, rendue possible par l'apparition de nouvelles technologies (lanceurs réutilisables, miniaturisation des satellites, polyvalence des coiffes,...) répond à ce besoin et en démultiplie le potentiel.

En écho à ces grands changements, l'espace est de plus en plus un territoire de rivalités géopolitiques où s'expriment les ambitions des grandes puissances mondiales, bien conscientes de cet intérêt stratégique grandissant. Les initiatives des puissances spatiales se multiplient sans aucune coordination internationale et avec l'unique motif de protéger et étendre leurs intérêts. La militarisation de l'espace s'amplifie, et la situation fait de plus en plus penser à la course aux armements nucléaires du début de la Guerre Froide, sans toutefois qu'une organisation internationale ne soit en mesure de la régler. Le Traité de l'Espace de 1967¹ exclut la présence d'armes de destruction massive (art.4) mais n'interdit pas le déploiement d'armes conventionnelles ou l'utilisation de personnels militaires à des fins de recherche scientifiques ou toute autre activité pacifique. Il est bien prévu que l'utilisation de l'espace doit se faire pour le bien et dans l'intérêt de tous les pays (art. 1) et qu'elle doit s'effectuer conformément au droit international en vue de maintenir la paix et la sécurité internationale (art. 3), mais cela tient plus des bonnes intentions car il n'existe aucun moyen de contrôle ni de coercition au niveau international. Par ailleurs les nouvelles activités liées au New Space mettent en évidence une adaptation nécessaire du droit de l'espace. **De fait, l'espace est en train de devenir un véritable Far West.**

Dans cet environnement de plus en plus fragile et chaotique, face à la militarisation inéluctable des systèmes spatiaux, **comment assurer la sécurité et la gestion des flux afin de favoriser le développement économique et la coopération internationale ?** Face à la compétition féroce qui se dessine, **quel positionnement stratégique la France et l'Europe devraient adopter pour défendre eux aussi leurs intérêts face aux autres puissances ? Quels sont les moyens existants et ceux dont il faudrait se doter pour parvenir à réaliser ces ambitions ?** C'est ce que se propose d'évoquer cette note d'études de la 3AF, qui a été élaborée suite à de nombreuses discussions avec des experts du domaine spatial.

1 / Principal traité international, il régit les activités des États en matière d'exploration et d'utilisation de l'espace extra-atmosphérique.

II. Le Contexte

1. Nouvelles tendances et concept de New Space

Il est bien difficile de donner un contenu précis au concept de « New Space » employé très souvent à tort et à travers: tantôt on évoque de nouveaux types de lanceurs performants et économiques, notamment réutilisables, tantôt la mise en service de réseaux de satellites de nouvelle génération plus petits, plus flexibles, opérant sur des orbites diverses, tantôt on pense aux utilisations nouvelles pour les services de défense et de sécurité des États de plateformes spatiales ou équipements de bord répondant à des besoins intrusifs ou dissuasifs inédits, tantôt enfin on évoque des perspectives révolutionnaires de travail non plus au sol mais dans l'espace et de conquête et d'exploitation des planètes ou des corps célestes, sans parler de façon générale d'un changement de paradigme introduit par les technologies de l'intelligence artificielle... Les professionnels du secteur spatial, qu'ils soient civils ou militaires, ingénieurs ou managers, ont l'habitude de voir apparaître à échéance régulière des « scoops » qui relancent la passion pour l'espace – ces scoops se révèlent en général décevants (dans les deux dernières décennies, évoquons comme simples exemples les cas de Skybridge, Globalstar, Iridium, etc.).

Force est toutefois de constater qu'une transformation profonde de l'écosystème spatial est à l'œuvre, tirée par la digitalisation de l'économie et des technologies associées. Cette transformation est d'une telle ampleur qu'elle impacte de façon incontestable la façon de concevoir et de fabriquer des produits et objets manufacturés, la manière d'imaginer et de mettre en œuvre des projets nouveaux innovants. C'est qu'aujourd'hui encore l'aventure spatiale est contrainte par la physique des lanceurs et la taille offerte par les coiffes ; l'espace reste extrêmement coûteux², mais cette dynamique est en train de se modifier avec l'apparition de nouveaux lanceurs ou de nouvelles technologies comme la réutilisation de certains éléments coûteux. La dynamique des marchés sous-jacents va en conséquence se trouver stimulée par les ruptures technologiques, alimentant à son tour un afflux de capitaux.

On peut prendre quelques exemples de défis et de ruptures dans le domaine du « space hardware » qui sont d'ores et déjà en train de prendre forme dans les laboratoires et les entreprises industrielles sous forme de tendances à :

- Miniaturiser les équipements et instruments ou servitudes ;
- Augmenter la taille des coiffes de lanceurs ;
- Favoriser la baisse des coûts du lancement, des opérations ; et employer des moyens de fractionner les tâches ou de réutiliser certains éléments très coûteux.

En accompagnement de ce mouvement, de nouvelles activités telles que les services en orbite (« In Orbit Servicing ») devraient probablement se développer afin d'optimiser les schémas d'intervention, en vue de faciliter les missions inspection in situ, de réparation, de ravitaillement, d'extension de vie, de modification d'objectif mission.

2 / Le prix d'un vol ordinaire va de 100 à 200 M\$, on parle de 10/100 k€ par kilo en orbite.

On pense à des productions dans l'espace, à des assemblages en orbite à partir de fabrications de sous-ensembles ad hoc construits au sol, ou même à des pièces directement usinées dans l'espace (protections, radiateurs, pièces mécaniques spécifiques) ; il est imaginable de construire des Hubs ou des bases en différentes orbites (LEO, GEO, Lune) de façon plus économique et modulaire; enfin il faut se préparer à faire plus de recyclage, à disposer des stocks pré-positionnés dans l'espace en vue d'éviter des transports inutiles (lancés en « piggy-bag »), à gérer les débris et à utiliser le plus possible des équipement et composants stériles, un objectif ultime étant de rechercher de l'eau, des carburants des matières premières dans le sol des planètes.

Il s'agit là de ruptures de nature technologique - qui ont trait à l'utilisation des progrès stupéfiants du numérique et de la robotique, aussi bien qu'à la logistique spatiale, au vivre et travailler dans l'espace, à une exploitation future des ressources minières. Les entreprises, et les institutions publiques en support, ont des propositions à faire afin de proposer des avancées significatives.

Répondant à la montée en puissance de l'économie spatiale, l'appétit des puissances se renforce, à la fois par crainte de voir des positions acquises contestées et par volonté de contrôler davantage cet environnement dont les perspectives paraissent si prometteuses. Cela constitue l'autre face du défi imposé par le New Space.

2. L'intérêt renouvelé des puissances

Puissance pionnière et avant-gardiste de l'espace, les États-Unis sont moteurs dans le développement du « New Space ». Historiquement fidèles à une conception libre-échangiste, aspirant à exploiter économiquement et coloniser le cosmos, les Américains ont promu jusqu'à présent l'ouverture de l'espace et garanti le libre accès à ce qu'ils considèrent comme un « Global Commons », source de développement économique et atout stratégique confortant leur puissance. L'arrivée de l'administration Trump modifie cette vision ouverte, privilégiant le rapport de force à la coopération internationale. Ainsi en va-t-il de la création d'une « Space Force », indépendante de l'US Air Force, chargée de consolider les activités liées au secteur spatial du Département de la Défense.

Cette volonté américaine de dominer militairement l'espace (« Space Dominance »), qui était déjà au cœur de l'Initiative de défense stratégique – IDS - de Ronald Reagan) est clairement réaffirmée dans la « Space Policy Directive » qui définit la politique spatiale américaine contemporaine. Elle s'appuie sur un budget en forte augmentation³ et une omniprésence dans tous les secteurs⁴. La domination américaine est écrasante dans les trois grands secteurs spatiaux – le civil étatique, le militaire et le commercial. Cette situation va nécessairement exacerber la rivalité des autres grandes puissances spatiales (à commencer par la Russie et la Chine) et amplifier la prolifération de moyens d'action dans l'espace. Les puissances spatiales secondaires verront de nouvelles menaces peser

3 / La requête budgétaire présidentielle pour l'exercice 2020 prévoit un budget de 14.1 Md\$ pour les activités spatiales non-classifiées du DOD, une augmentation de l'ordre de 17 % par rapport au budget alloué pour l'exercice 2019. Au total, avec le budget du NRO (National Reconnaissance Office) ainsi que les programmes classifiés, on estime que les dépenses militaires spatiales américaines s'élèvent à environ 40 milliards de dollars, soit quatre fois plus que l'ensemble du reste du monde.

4 / La moitié des satellites et des différents senseurs en service sont Américains.

sur leurs systèmes spatiaux sans être en mesure de les défendre faute de moyens, certaines d'entre elles accéléreront leurs efforts pour rattraper leur retard.

C'est une guerre silencieuse mais stratégique qui va segmenter très clairement les relations entre les puissances qui pourront peser dans l'espace, de celles qui ne le pourront pas.

L'intérêt stratégique de l'espace n'a jamais été sous-estimé en France et était déjà clairement cité au début des années 2000 - après la diffusion par Donald Rumsfeld du concept de « Pearl Harbor spatial » - dans les documents de stratégie du ministère de la défense⁵ et du ministère des affaires étrangères⁶ ; ultérieurement l'ESA et l'UE ont travaillé sur des concepts de surveillance de l'espace évolués (radars sol) et de textes stabilisants de type « code de bonne conduite ». Ces efforts sont restés préliminaires. L'évolution technique aidant, la prise de conscience des risques et menaces d'une nature autrement plus crédible caractérisant les opérations dans l'environnement spatial a pris une toute autre dimension ; s'y ajoute la conviction croissante qu'il faut éviter une pollution spatiale proliférant sans aller jusqu'à parler de « greener space ».

Dans ce nouveau contexte, géopolitique et économique, les menaces pesant sur un environnement autrefois pacifique et source de coopération internationale vont irrémédiablement s'accroître.

3. L'accroissement des menaces

Le risque principal est celui lié à l'encombrement de l'espace et la question des débris. Il y a en permanence 1 500 satellites en cours d'activité. Avec la mise en place de constellations, dont certaines pourraient opérer avec 1 000 satellites environ en orbite basse, on estime que jusqu'à 7 000 satellites supplémentaires, de toute taille, pourraient graviter autour de la Terre dans 10 ans. Cela va accentuer les risques de collision avec les quelques 29 000 objets estimés actuellement en orbite⁷. Chaque année, le nombre de débris augmente déjà inéluctablement⁸. C'est un problème récurrent de sécurité pour la station spatiale internationale et pour tous les systèmes spatiaux en orbite qui doivent régulièrement effectuer des manœuvres d'évitement sur les deux principales orbites. La collision en février 2009 entre des satellites de communication russe et américain, générant des centaines de nouveaux débris, a fait prendre davantage conscience de ce risque. La NASA estime que d'ici 2025, n'importe quel objet lancé dans l'espace sera

5 / *Rapports de la DAS, GOSPS, 2003.*

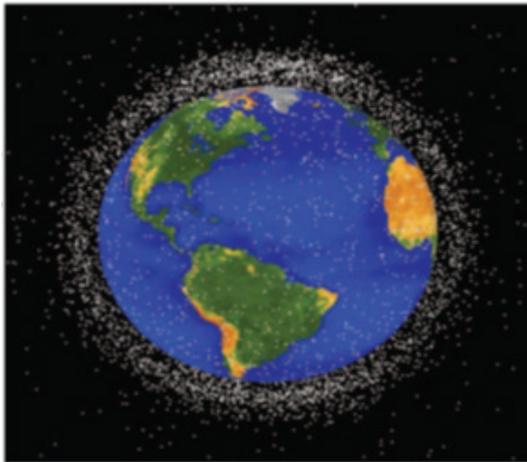
6 / *Document interministériel de 2007 suite au test ASAT Chinois.*

7 / *De plus de 10 cm en orbite basse et de plus de 1 m en orbite géostationnaire. Seulement 19 000 sont catalogués à ce jour. Il y aurait également près de 750 000 débris d'une taille inférieure à 10 cm.*

8 / *En 2017 on a assisté à la création de 506 nouveaux débris et au retrait de seulement 194 débris et la tendance devrait s'accroître avec le lancement de nombreux satellites miniatures à bas coûts dépourvus de propulsion, qui ne peuvent donc pas éviter les collisions en orbite ni se désorbiter en fin de mission.*

percuté par au moins un débris. Leur vitesse très élevée (jusqu'à 7 km par seconde) peut entraîner des dégâts très importants et la création de nouveaux débris par impact.

A l'extrême, une situation incontrôlée avec des impacts en chaîne⁹ pourrait même entraîner la destruction de tous les objets présents dans l'espace et empêcher toute utilisation de l'espace pour plusieurs générations.



Computer-generated image of objects in low earth orbit that are currently being tracked. Only about 5% of these objects are functional satellites, the rest is debris. (The dots are not drawn to scale with Earth.)

Image Courtesy of NASA Orbital Debris Office

L'autre risque est lié à l'essor de capacités antisatellites (ASAT) de plus en plus performantes. Outre les armes capables d'agir contre des satellites par leur énergie cinétique, comme les missiles balistiques, il existe de nombreuses autres options pour détruire des cibles dans l'espace ou en perturber leurs fonctions. Ces options comprennent par exemple l'utilisation d'énergie dirigée (lasers), les interférences électromagnétiques comme le brouillage ou les cyber-attaques. Ces attaques peuvent être dirigées contre les infrastructures en orbite ou leur infrastructure terrestre ou enfin les liens de communication entre elles. Enfin, des technologies sont en cours de mise au point permettant le rendez-vous et l'interaction avec des objets spatiaux en orbite à des fins tout à fait légitimes comme la maintenance ou la réparation de satellites ou pour l'enlèvement de débris spatiaux. Bien sûr ces technologies pourraient aussi être employées à des fins hostiles.

L'évaluation de cette menace est complexe car certains de ces armements peuvent être développés secrètement dans des laboratoires à l'abri des regards. L'utilisation de satellites commerciaux à des fins militaires va également rendre plus difficile cette tâche. Les

9 / C'est ce qu'on appelle le syndrome de Kessler, un scénario envisagé en 1978 par un consultant de la NASA dans lequel le volume des débris spatiaux en orbite basse atteint un seuil au-dessus duquel les objets en orbite sont fréquemment heurtés par des débris, et se brisent en plusieurs morceaux, augmentant du même coup et de façon exponentielle le nombre des débris et la probabilité des impacts.

États-Unis utilisent déjà des satellites commerciaux pour accueillir une charge militaire¹⁰ et d'autres puissances spatiales devraient également développer à l'avenir ce type d'applications duales.

Dans cette course aux armements, les destructions volontaires de satellites par des missiles antisatellites ont particulièrement marqué les esprits et ont contribué à gravement polluer l'espace. En janvier 2007, les Chinois ont réussi un tir de missile antisatellites et ont détruit un vieux satellite météorologique, Fengyun 1C en orbite basse (800 km d'altitude) générant un très grand nombre de nouveaux débris. En février 2008, les États-Unis ont répondu en détruisant à 247 km d'altitude un satellite en voie de désorbitation par un SM-3 Block 1 tiré du croiseur lance-missiles « USS Lake Erie ». Il faut noter toutefois que ce tir américain a eu lieu intentionnellement à basse altitude et avec une trajectoire descendante du missile de manière à limiter la génération de débris.

Si les capacités de destruction par lancement terrestre et impact cinétique sont désormais avérées, au moins pour l'orbite basse, d'autres formes de capacités antisatellites (ASAT) sont également développées directement à partir de l'espace. Ainsi la Russie a beaucoup d'expérience sur des satellites capables de changer d'orbite pour aller se positionner sur l'orbite d'un autre satellite, la différence de vitesse pouvant ensuite suffire à les éliminer tous les deux¹¹. En 2016, la Chine a lancé un satellite de test équipé d'un bras-grappin permettant de s'accrocher à d'autres satellites. Elle avait auparavant lancé plusieurs engins capables d'effectuer des manœuvres dans l'espace. Le but officiel est de lutter contre les débris spatiaux ou de pouvoir effectuer des réparations, mais on peut aussi imaginer que ces systèmes soient capables de rendre inopérants d'autres satellites, par exemple simplement en détruisant leurs antennes pour les empêcher de communiquer.

L'espace est régulièrement le théâtre d'activités suspectes comme l'apparition de navettes spatiales telles que le X-37, des arrêts inexplicables de satellites ou bien des manœuvres de rendez-vous non sollicitées¹². L'espace accueille également de nombreux objets inconnus et non déclarés pour lesquels il est probable que certains aient des fins militaires¹³. Le problème est que l'on a encore beaucoup de mal à identifier ce qu'il se passe dans l'espace et bien souvent on ne peut que constater ces comportements inamicaux. Enfin les menaces cyber sont en train de se développer. Beaucoup moins visibles et plus pernicieuses, elles présentent l'avantage à un ennemi potentiel d'éviter les débris qui sont néfastes pour tout le monde et pourraient permettre à de petites entités tels que des groupes terroristes de s'en prendre aux intérêts de puissances spatiales.

10 / Le DoD estime que c'est une source d'économies importante et que cela améliore la redondance des systèmes et renforce ainsi la dissuasion.

11 / En 2014, la Russie a lancé un satellite, Kosmos 2499, suspecté d'être un « satellite tueur ».

12 / Comme pour le désormais fameux satellite russe « Louch-Olymp », que la Ministre des Armées a pointé du doigt lors de son discours à Toulouse le 7 septembre 2018 pour son approche belliqueuse auprès du satellite de télécoms franco-italien « Athena-Fidus ».

13 / Le COSMOS (Centre opérationnel de surveillance des objets spatiaux), qui assure le suivi et établit le catalogue des objets spatiaux en orbite, estime qu'environ 2% des objets spatiaux sont « des inconnus avérés ».

Typologie des systèmes ASAT

Cinétiques	Lancement de surface	ISA-A, SC-19, SM-3
	Lancement aérien	ASM-135
	Lancement spatial	BX-1 ?
Non cinétiques	Laser terrestre	Sary-Shagan ?
	Laser aéroporté	Sokof Eshelon
	Armes EMP	Non encore démontré

Dans ce nouveau contexte, il nous apparaît nécessaire que la France et l'Europe soient **en mesure d'apprécier en permanence et en toute autonomie la situation dans l'espace.**

III. Surveiller l'espace

1. L'intérêt de la veille spatiale

La veille spatiale est aujourd'hui incontournable. Ce que les Américains appellent la « Space Situational Awareness » (SSA) a des applications militaires et civiles considérables. Ne pas savoir ce qu'il se passe dans l'espace n'est pas concevable pour n'importe quelle puissance spatiale qui souhaite garder un œil sur des satellites de communication, d'observation ou de télédétection, qui sont des équipements militaires stratégiques. Une bonne connaissance du milieu spatial est également indispensable pour l'alerte avancée qui permet de détecter en amont des essais balistiques ou empêcher un objet spatial de déclencher une fausse alerte. C'est également une capacité nécessaire pour la détection d'activités hostiles, l'évaluation des moyens de puissances rivales et l'utilisation éventuelle d'armes ASAT.

Outre ces missions qui relèvent de la souveraineté nationale, la veille spatiale est aussi un puissant facteur de renforcement de la coopération internationale en permettant notamment la bonne application des traités spatiaux. Ainsi le Traité de l'Espace impose aux États une obligation d'autorisation et de surveillance continue de leurs activités et les incite, par l'échange d'informations, à développer la coopération internationale en matière d'exploration et d'utilisation pacifiques de l'espace extra-atmosphérique. En cataloguant de manière exhaustive les objets spatiaux, la communauté internationale serait en mesure de détecter des nouveaux objets artificiels dans l'espace et dénoncer d'éventuelles activités non conformes au droit international. Cela pourrait avoir des effets rassurants, en empêchant par exemple un objet spatial ressemblant à un missile de déclencher une fausse alerte.

La veille spatiale permet également de prévoir les mouvements des objets spatiaux, préalable nécessaire à la réglementation et la sécurisation du trafic spatial, notamment pour éviter les collisions. Car là est bien l'enjeu principal. Pour que l'homme puisse continuer à évoluer et se développer dans l'espace il faut qu'il puisse avoir accès sans encombre et en sécurité, ce qui est de moins en moins le cas.

Cette mission de veille spatiale devient de plus en plus compliquée avec l'augmentation du nombre de satellites et de débris orbitaux, aussi bien que les nouvelles trajectoires de lancement, les nouvelles orbites non standard et orbites géosynchrones. Ces nouvelles tendances rendent nécessaire la modernisation continue du réseau de surveillance spatiale.

2. Les moyens de surveillance dans le monde

Les moyens d'observation au sol sont en général des radars ou des télescopes. Les moyens dans l'espace sont des détecteurs embarqués sur des satellites ou sur la station spatiale, ou bien encore simplement des équipements qui ont été récupérés lors d'opérations de maintenance en orbite. Ces moyens peuvent être civils ou militaires, leurs capacités sont complémentaires et permettent de suivre des objets de taille et d'orbite diverses.

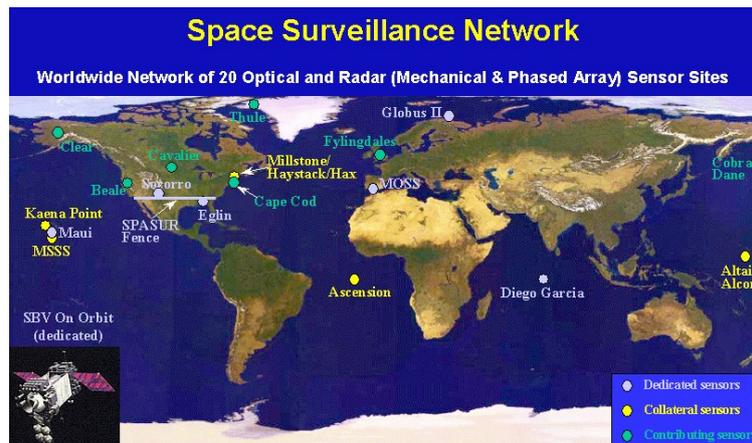
Moyens	Domaine de Fonctionnement	Capacités
<ul style="list-style-type: none"> • Radar Sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Orbites Basses (altitudes inférieures à 2000 km) 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection d'objets de plus d'1 cm à 1000 km • Poursuite d'objets de plus de 10 cm
<ul style="list-style-type: none"> • Télescope Sol 	<ul style="list-style-type: none"> • Orbite Géostationnaire • Orbites Géosynchrones ou MEO 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection d'objets de plus de 20 cm • Poursuite d'objets de plus de 50 cm
<ul style="list-style-type: none"> • Capteurs embarqués • Matériels récupérés 	<ul style="list-style-type: none"> • Fonction de l'altitude du satellite porteur • Orbite très basse pour matériels récupérés 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection d'objets de 1 à 10 mm

Source : CNES

Les moyens américains sont de très loin les plus importants. La SSA est une mission jugée depuis longtemps comme une activité stratégique majeure, au même titre que la surveillance maritime ou aérienne¹⁴. Les États-Unis disposent d'un système complet de surveillance spatiale fait de senseurs dédiés et de capteurs doubles qu'ils rationalisent et modernisent régulièrement. Ce réseau mondial dénommé « Space Surveillance Network - SSN » détecte, suit, répertorie et identifie des objets artificiels orbitant autour de la terre. Il comprend essentiellement des capteurs optiques comme des télescopes et radioélectriques passifs et actifs comme les radars¹⁵. A ces moyens au sol, s'ajoutent des satellites également dédiés uniquement à la surveillance spatiale¹⁶. Le programme a une forte vocation militaire et comprend les systèmes d'interfaces nécessaires pour le commandement et le contrôle, le ciblage, l'évaluation des dommages au profit des forces armées américaines.

14 / Les Américains ont commencé à cartographier l'espace dès le début avec le lancement de Spoutnik dans le cadre du « Project Space Track ». Le besoin de détection en temps réel et le suivi ont augmenté de concert avec la croissance de l'activité des Soviétiques. Ces activités ont conduit à la création de la DARPA et du North American Aerospace Defense Command, ou NORAD en 1958. La coordination de l'ensemble se fait au niveau de USSTRATCOM.

15 / L'ensemble de ces moyens terrestres compose le « Ground-based Electro-Optical Deep Space Surveillance – GEODSS ».



Source : U.S. Strategic Command

Le Département de la Défense maintient un catalogue des objets spatiaux faisant autorité (plus de 15.000 objets suivis en permanence) et des données issues de ces observations, ainsi que des services de base en matière de trafic spatial, sont mises à disposition gratuitement des utilisateurs par le Département du Commerce. C'est un outil puissant pour la mise en place de normes et standards internationaux et cela place les États-Unis en position de contrôler et organiser le trafic spatial au niveau mondial. Un nouveau système bientôt opérationnel, Space Fence¹⁷, pourrait permettre de suivre jusqu'à 200 000 objets, ce qui permettra de suivre l'ensemble des objets spatiaux et une grande partie des débris.

La France a également pris conscience assez tôt de cette nécessité de disposer en permanence d'une veille spatiale. Elle s'est dotée de systèmes pour surveiller les orbites basses (jusqu' à 1 000 km d'altitude pour les systèmes de radars terrestres GRAVES¹⁸ et SATAM¹⁹), moyenne et même géostationnaire (télescopes, via le réseau TAROT²⁰ du CNRS et le système GEOTracker²¹ d'ArianeGroup qui donne un début de capacité). Il est prévu de moderniser le radar GRAVES pour un budget prévu de 36 millions d'euros. Le perfectionnement du système GEOTracker est également envisagé. Thales de son côté investit dans de nouveaux capteurs qui permettront le catalogage et l'identification des

16 / Le « Space Based Space Surveillance – SBSS » est un système spatial basé sur une constellation de satellites opérant en orbite géostationnaire, en cours de déploiement depuis 2010.

17 / D'un coût de 1,5 milliard de dollars, ce système de radars terrestres en bande S est développé par Lockheed-Martin et est prévu d'entrer en service opérationnel en 2019.

18 Le système militaire français GRAVES (Grand réseau adapté à la veille spatiale) a été développé par l'ONERA et est mis en œuvre par le CDAOA (Commandement de la Défense Aérienne et des Opérations Aériennes) depuis 2005. Il permet de suivre de l'ordre de 2000 objets en orbite basse.

19 / Les radars de trajectographie SATAM (Système d'acquisition et de trajectographie des avions et des munitions) sont mis en œuvre par l'Armée de l'Air et ont pour mission principale le suivi et des débris pour la gestion des risques de collision et la prévision des rentrées atmosphériques.

20 / Le système TAROT (Télescope à Action Rapide pour les Objets Transitoires), utilisé par le CNES, est constitué de deux télescopes, l'un installé en France et l'autre au Chili. Il est utilisé en mission secondaire (15% de son temps disponible) pour l'observation des objets spatiaux en orbite géostationnaire ou géosynchrone et a permis la constitution d'un catalogue expérimental d'objets en orbite géostationnaire.

objets spatiaux. La France ne dispose pas de moyens de surveillance dans l'espace. L'Allemagne a pris conscience tardivement de l'importance de surveiller l'espace mais a depuis réalisé des progrès importants formalisés par l'adoption d'un concept en 2008 puis d'une stratégie pour l'espace en 2010 et le développement du système GESTRA²² en complément du radar TIRA²³ pour la surveillance des objets en orbite basse.

La Grande-Bretagne dispose de moyens importants qui contribuent essentiellement au réseau de surveillance américain. Elle opère le radar militaire de Fylingdales qui est le plus puissant en Europe, le radar de Chibolton ainsi que le télescope Starbrook basé à Chypre.

Au niveau européen, les programmes EU SST (Space Surveillance and Tracking) est piloté par la Commission Européenne. Il est chargé de coordonner à partir de Darmstadt en Allemagne les données provenant des divers sites nationaux et de proposer une standardisation des données au niveau européen. L'objectif est de pouvoir publier un catalogue de données qui puisse être accessible par les acteurs civils, sur le modèle du catalogue américain du SSN²⁴. Outre les moyens français, allemands et britanniques, le programme SST s'appuie sur le télescope de Tenerife opéré directement par l'ASE, les télescopes ZIMLAT et ZimSMART suisses et un réseau de radars scandinaves EISCAT.

Le réseau de surveillance russe est aussi composé de radars et de télescopes. Il est opéré par les troupes de la défense aérienne nationale (PVO) avec la participation de quatre autres organisations au niveau des opérations (IKI INASI, Space Research Centre Kosmos, Vympel Corporation, Kias System). Grâce à ce système, un catalogue d'objets est créé et maintenu. Aucune version publique de ce catalogue n'est toutefois disponible.

Seuls les Etats-Unis dispose d'une vision complète et en temps réel de la situation spatiale. Les autres pays disposent de capacités significatives mais sans commune mesure avec celles des Américains. Entre les différents États, institutions internationales, opérateurs privés disposant de moyens de surveillance, **la capacité de surveiller l'ensemble des objets présents dans l'espace est donc bien présente. La volonté politique d'avoir un système commun de surveillance à l'échelle internationale est en revanche inexistante. Pour 3AF c'est à l'échelle européenne qu'une telle capacité prendrait tout son sens.**

21 / Démonstrateur proposé par ArianeGroup qui a investi sur fonds propre. Le système est basé sur un réseau de six télescopes à travers le monde (en Europe, en Australie et au Chili). Il permettrait de suivre un millier d'objets et a notamment surveillé les manœuvres du satellite Luch-Olymp pour le compte du ministère des Armées.

22 / Ce système GESTRA (German Experimental Space Surveillance and Tracking Radar) sera opérationnel mi-2019 et mis en œuvre conjointement par l'Armée de l'air et le German Aerospace Center (DLR).

23 / Le radar TIRA (Tracking & Imaging Radar) permet l'observation d'objets spatiaux en orbite basse.

24 / En 2018, 110 satellites étaient enregistrés pour bénéficier de ce service.

IV. Perspectives pour la France et l'Europe

Le paysage spatial se transforme donc rapidement sous l'impulsion d'une demande exponentielle de recueil et d'échanges de données qui va générer un nombre croissant d'objets en orbite. Cette dynamique conduit de nombreux États à développer ou modifier les missions des senseurs dédiés à l'observation de l'espace.

Ce nouvel élan dans la connaissance des objets en orbite, initié très tôt par les nations « nucléaires » pour les alertes balistiques, avec des réseaux de radar détectant les objets en orbite basse, est aujourd'hui enrichi par l'utilisation de télescopes optiques et de moyens laser qui offrent un complément indispensable pour les orbites moyennes et géostationnaires.

L'étape suivante, probablement déjà mise en œuvre par certaines nations, consiste à utiliser des moyens d'observation, voire d'identification, des objets spatiaux depuis l'espace.

Ce besoin s'avère déterminant avec la forte augmentation annoncée des satellites en orbite qui s'ajoute aux actuels, actifs ou passifs, aux débris de toutes tailles générés par les lancements depuis plus d'un demi-siècle, les collisions accidentelles ou générées par l'action de nations voulant affirmer leur « puissance » en démontrant leur capacité de destruction de satellites.

Au vu de toutes ces évolutions, il est impératif de pouvoir évaluer la situation spatiale en toute autonomie. Cette surveillance de la situation spatiale constitue le préalable à la mise en œuvre d'un système de gestion durable du trafic dans l'espace. Elle souligne également l'intérêt d'une réglementation internationale de ce trafic afin d'assurer un contrôle légitimé par la loi et qui repose sur une connaissance fine du milieu spatial.

Pour 3AF cette capacité d'évaluation autonome ne peut se faire qu'à l'échelle européenne pour pouvoir avoir la taille critique et peser face aux autres puissances spatiales. Aujourd'hui pourtant, l'Europe avance en ordre dispersé sur ce sujet facteur d'unité, de cohérence et de puissance. Des senseurs nationaux existent et sont exploités souvent à temps partiel pour l'observation de l'espace, les échanges d'informations sont menés la plupart du temps en bilatéral en négligeant l'échelon européen. Cette situation fragmentée fait le jeu des autres grandes nations spatiales, États-Unis, Russie, Chine qui disposent de moyens souvent plus complets, plus sophistiqués et qui parlent d'une seule voie.

Comme évoqué dans cette étude, des initiatives sont en cours à l'ESA, notamment pour développer ou améliorer des senseurs et les exploiter dans un second temps. L'UE propose également un service de détection, de catalogue et de prédiction des mouvements en orbite qui met à profit les moyens de 5 nations²⁵; il est opéré par le centre satellitaire de l'Union Européenne (EU SatCen de Torrejon). La France, avec ses moyens qui sont les plus significatifs et les plus complets en Europe, a tout intérêt à s'engager résolument dans ces initiatives afin de se porter à l'avant-garde d'une capacité européenne

²⁵ / France, Allemagne, Espagne, Italie et Royaume-Uni.

qu'elle pourra influencer dès le départ. Certes cela implique un partage de capacités avec d'autres pays européens qui n'ont pas investi autant que nous, mais c'est une étape nécessaire pour contribuer au projet européen et pérenniser notre rôle de leader dans ce domaine stratégique.

V. Conclusion

3AF appelle de ses vœux une Europe unifiée sur ce sujet capital qui doit contribuer au développement économique et technologique du continent, et au bien-être et à la sécurité des citoyens européens.

Il est urgent de mettre en œuvre toutes les synergies pour disposer des moyens de détection et offrir un service de surveillance et de suivi à l'ensemble de la communauté européenne, en toute autonomie. Les budgets nécessaires sont très raisonnables au regard des enjeux car il s'agit essentiellement, dans un premier temps, de moderniser et d'interfacer des moyens existants.

Ce premier niveau de service européen offrirait l'avantage indéniable de pouvoir discuter entre partenaires de niveau équivalent avec les principales nations spatiales.

Ce service constituerait le précurseur d'un futur système européen, voire international, de gestion de trafic spatial qui s'appuierait sur une réglementation commune, mais qui reste cependant à établir.

OPECST

« L'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services par satellites »

Bertrand de Montluc, Philippe Charruyer, Iñaky Garcia-Brotons, Alain Wagner,

Afin de répondre à la demande de l'OPECST formulée par le Sénateur Gérard Longuet auprès du Président de 3AF, Michel Scheller dans la suite de la rédaction par l'Office d'un projet de Note scientifique « Les satellites et leurs applications » en date du 5 juillet 2019, la 3AF a décidé de mettre en place un groupe de travail composé d'experts de la société savante et en particulier de membres de la Commission stratégie et affaires internationales 3AF afin d'élaborer un document de synthèse qui pourrait être utile à l'OPECST sur le sujet dès le 19 septembre 2019. Compte tenu du délai, il a été décidé de mettre l'accent tout particulièrement sur un aspect fondamental : l'innovation comme perspective stratégique de valorisation des services satellitaires.

I. Introduction

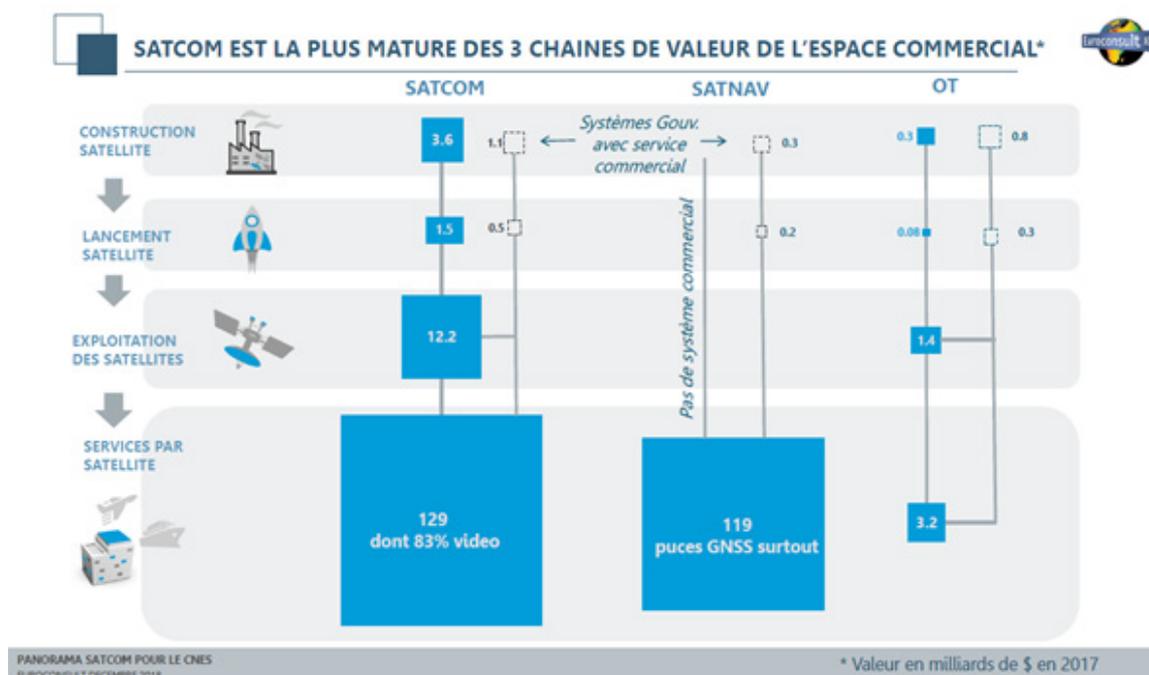
Un constat s'impose dès l'abord : la France, leader mondial dans le secteur spatial sur l'accès à l'espace et les satellites, ne paraît pas occuper dans les applications spatiales une position en rapport avec son leadership. Cependant, des initiatives audacieuses avaient été prises dès les années 1980 avec la création de la société Spot Image destinée à la commercialisation et à la valorisation des données de télédétection par satellites (SPOT), la création de la société CLS dans le domaine de la géolocalisation et de la société MEDES pour la médecine spatiale. Il existe certes des champions d'envergure mondiale tels qu'Eutelsat dans les télécommunications ou Airbus dans la géo-intelligence, mais il est certain que compte tenu de l'évolution internationale qui se manifeste plus fortement que prévu un sursaut stratégique est indispensable pour accroître la présence de la France dans le domaine des services utilisant des données spatiales.

II. Le Contexte

La création de valeur de l'économie spatiale se situe majoritairement dans l'aval de la filière qui, selon une étude Morgan Stanley, pourrait atteindre 1.000 milliards d'euros en 2040. Une autre étude du cabinet Frost & Sullivan (janvier 2018) prévoit le lancement de 13.000 nouveaux satellites d'ici 2030 et l'arrivée de 120 nouveaux acteurs sur le marché des applications.

Euroconsult évalue le marché aval à 250 Md€ en 2019. Alors que l'estimation du chiffre d'affaires annuel lié à la fabrication de satellites au niveau mondial est de 20 milliards de dollars ; à l'échelle de l'Europe, l'industrie spatiale totaliserait des ventes commerciales et institutionnelles de 8,4 Md€ dont 4,2 Md€ réalisés en France (58,5% en vente de satellites). Dans sa note scientifique n°9 (les lanceurs spatiaux réutilisables), l'Office Parlementaire

et d'Évaluation des Choix Scientifique et Technologiques fait le constat suivant : « Les activités permises par la maîtrise de l'espace, essentiellement avec l'envoi de satellites autour de la terre, prennent de plus en plus d'importance, concernant tous les secteurs économiques et impactent la vie quotidienne : télécommunication, connectivité, télédiffusion, météorologie, géolocalisation observation de la terre, prévention et secours en cas de catastrophes naturelles, surveillance des infrastructures, sécurité et défense, connaissance scientifiques, suivi des évolutions climatiques, exploration spatiale... ».



Source : EuroConsult

L'ensemble de ces applications se répartit schématiquement en trois strates :

- **Leur Espace** : animé par les Gouvernements, le prestige et la science
Poursuit des objectifs politiques de haut niveau, quel qu'en soit le coût ; l'espace est un outil de souveraineté dont les décideurs politiques et militaires sont les dirigeants. Les États financent et possèdent les infrastructures spatiales nécessaires.
- **Notre Espace (B2B)** : animé par les sociétés privées orientées vers le B2B, essentiellement les télécommunications depuis le milieu de la décennie 1970 et le GNSS depuis les années 1990. Diffusion d'informations et de divertissements (grande distribution) par des exploitants.
Les opérateurs ne possèdent pas systématiquement leur infrastructure.
- **Mon Espace** : animé par une multitude d'acteurs orientés vers le B2C, accès à l'internet par satellite (partout, tout le temps), agriculture de précision, déforestation, catastrophes naturelles...
Services individualisés proposés par des fournisseurs, des distributeurs ou des partenaires non-spécialistes de l'espace.
Les sociétés possèdent rarement leur infrastructure spatiale propre.

Si « leur espace » et « notre espace » est aujourd’hui familier, « mon espace » se développe de manière exponentielle sous l’effet du « new space » et des usages nouveaux.

Schématiquement, le « new space » se caractérise par l’arrivée de capitaux et d’investisseurs privés pour financer les activités spatiales. Ce phénomène a été déclenché aux États-Unis, leader mondial du spatial privé, sous l’égide de la NASA, en externalisant des fonctions jusqu’alors régaliennes.

Cela se concrétise par la combinaison de la baisse des coûts d’accès à l’espace (coût unitaire au kg) pouvant conduire à une multiplication du nombre de satellites en orbite basse et par la multiplication du nombre des acteurs publics (arrivée de nombreux pays créant de nouvelles agences) et privés ainsi que par des ruptures technologiques et opérationnelles (i.e. constellations, miniaturisation des composants, propulsion électrique, impression 3D, production de série, fabrication/assemblage/services dans l’espace, analyse de données massives, intelligence artificielle...).

III. Usages nouveaux

Des usages nouveaux s’ajoutent aux applications actuelles pour former le paysage futur : varié, connecté et innovant.

- **Leur Espace**

- Météorologie, catastrophes naturelles (prévention, gestion des secours...), suivi des évolutions climatiques (océans, vents, CO2, méthane, eau...);
- Géolocalisation (pour des applications souveraines et de sécurité, la surveillance du trafic maritime et aérien);
- Sécurité, surveillance des infrastructures;
- Connaissance scientifique, exploration spatiale;
- Télécommunications;
- Observation de la terre, écoute, positionnement, ciblage, préparation de missions (trajectoires, environnement 3D...).

- **Notre Espace**

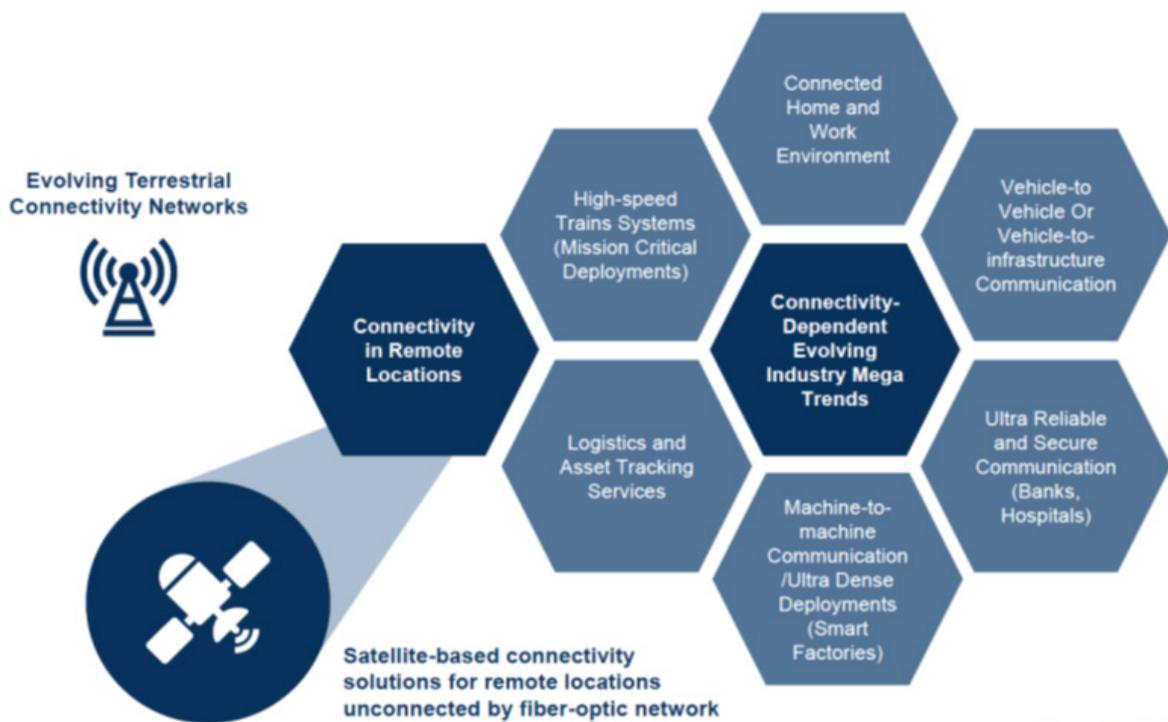
- Télécommunications de masse, notamment télédiffusion;
- Positionnement civil (GPS, Galileo...);
- Connectivité et convergence (IOT, automatisation, autonomie, réalité augmentée...);
- Services satellitaires pour répondre aux besoins des marchés émergents (Afrique, ASEAN)...

- **Mon Espace**

- Positionnement, télécommunications, connectivité (accès internet, IOT, big data, IA);

- Sectoriel

- **Transport/logistique** : véhicule assisté/autonome (sol/air), services individuels, suivi des marchandises et des livraisons, trafic terrestre, aérien et maritime...
- **BTP** : suivi et sécurisation de chantiers...
- **Agriculture** : caractéristiques et état des sols, anticipation/prédiction des récoltes, conseil pour l'apport des intrants pixel par pixel...
- **Territoires** : cartographie 2D/3D, déforestation, plantations...
- **Météo et évolutions climatiques** : anticipation des événements climatiques extrêmes, inondations, traits de côtes, mesures des paramètres essentiels du climat...
- **Santé/télémédecine** : suivi des épidémies, accès à la médecine pour tous, suivi individualisé...
- **Villes intelligentes** : concept de villes et de produits intelligents, gestion du trafic en temps réel, connectivité des infrastructures, monitoring global...
- **Protection des infrastructures** : systèmes étendus de surveillance et automatisés...



Connectivité - Rôle de l'espace

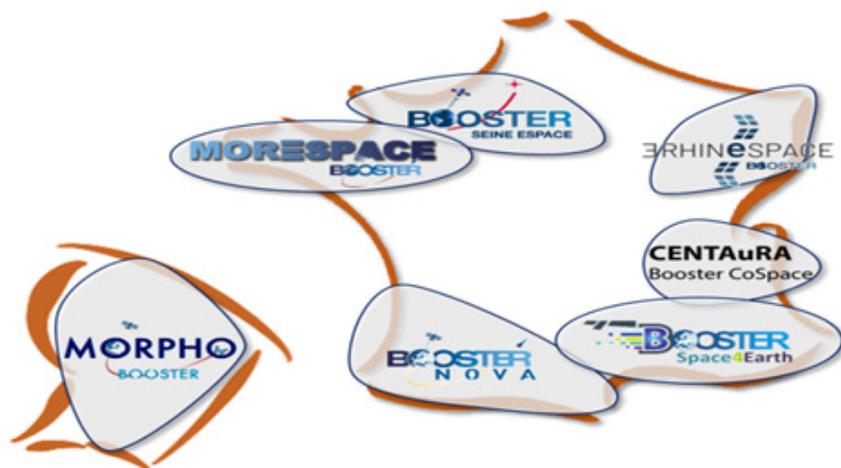
IV. L'action publique

Il convient de souligner le soutien du CNES et de la DGA à la filière « Infrastructures spatiales ». Le CNES, l'ESA et l'UE sont également très présents sur les actions de R&T et d'innovation, ainsi que l'acquisition de capacités spatiales.

Pour les applications spatiales, les soutiens publics existent mais de manière disparate et probablement insuffisante.

La Direction des Applications du CNES, les « Boosters » du Cospace (écosystèmes locaux réunissant des acteurs du spatial, du numérique et de secteurs d'usage pour susciter des idées de startup ou de nouveaux services), les pôles de compétitivité sont les points d'entrée des budgets FUI et PIA pour financer de nouveaux services et des budgets régionaux, tous orientés vers les start-up et les PME.

Il y a aujourd'hui 7 boosters en France.



V. Analyse

Dans la chaîne de valeur du spatial, nous constatons que le marché aval prend une importance espérée depuis longtemps mais désormais très réelle. L'importance socio-économique des applications spatiales avec les progrès de l'informatique, de la connectivité, de l'intelligence artificielle²⁶ croît en volume et en valeur.

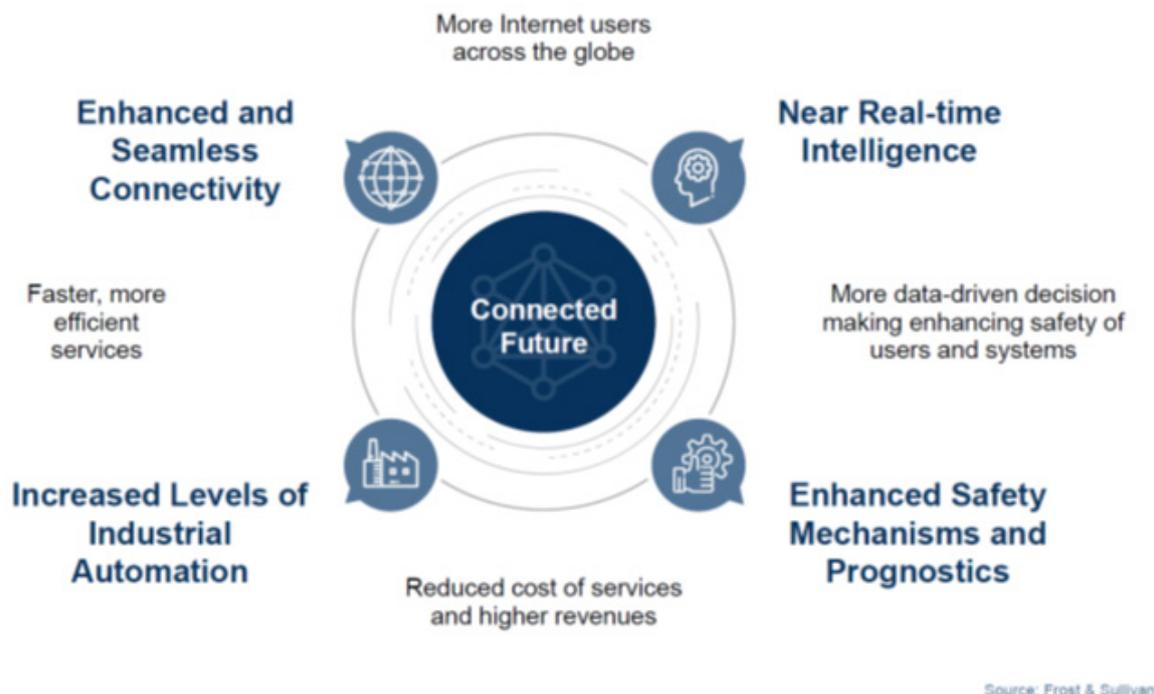
Mais les satellites ont une couverture régionale et mondiale ce qui pose des problèmes de distribution des services (pour atteindre les utilisateurs/clients) et par ailleurs le spatial reste perçu comme cher ou trop compliqué. Pour prendre un exemple il reste dif-

26 / Voir planches dans le texte du cabinet de conseil cité plus loin Frost & Sullivan page 7 : "By 2030 AI driven automation will have become an industry and consumers will remain connected to commercial services » et 62 : " By 2030 interoperable, integrated systems will be utilizing human-controlled, automated decision, enabling large scale predictive analysis.

ficile de boucler un business plan clair avec la famille des satellites d'observation de la terre : il faut servir plusieurs marchés (défense, agriculture, énergie...) qui sont autant d'écosystèmes différents.

La tendance lourde n'en demeure pas moins prégnante²⁷.

Concrètement, la croissance en valeur des services spatiaux est intimement liée à la progression constante du nombre d'utilisateurs d'internet et à la couverture de nouveaux espaces géographiques grâce aux satellites.



Dynamique de la connectivité (Source : Frost et Sullivan)

De nouveaux services feront leur apparition, poussés par la demande croissante de connectivité permanente. L'internet des objets (« IOT ») devrait prendre une place de plus en plus importante²⁸, la tendance à l'assistance aux activités humaines (robotisation, automatisation), les besoins des plateformes de marchés, des magasins en ligne, la réalité augmentée, la surveillance et le contrôle des activités, la gestion du trafic en temps réel, la connectivité des infrastructures, le domaine en pleine expansion de l'e-santé, devraient également apporter leur lot de nouveaux services.

27 / Voir l'étude du cabinet FROST & SULLIVAN, *The Future of Space, 2030 and Beyond* (janvier 2018) jointe en annexe.

28 / L'étude de Frost & Sullivan chiffre à 80 milliards le nombre d'objets connectés en 2020 et 120 milliards en 2025. Ils seront omniprésents dans notre vie et seront connectés sur soi (« personal analytics »), à la maison (« home automation »), en ville (« connected cities ») et au travail (« smart office »).

Key Application Areas:

- Autonomy in cluster/constellation missions
- Autonomy in deep space missions
- Autonomy in surveillance mechanisms



Source: Frost & Sullivan

IA et big data dans les services intégrés (Source : Frost & Sullivan)

VI. Intelligence artificielle - Apports potentiels

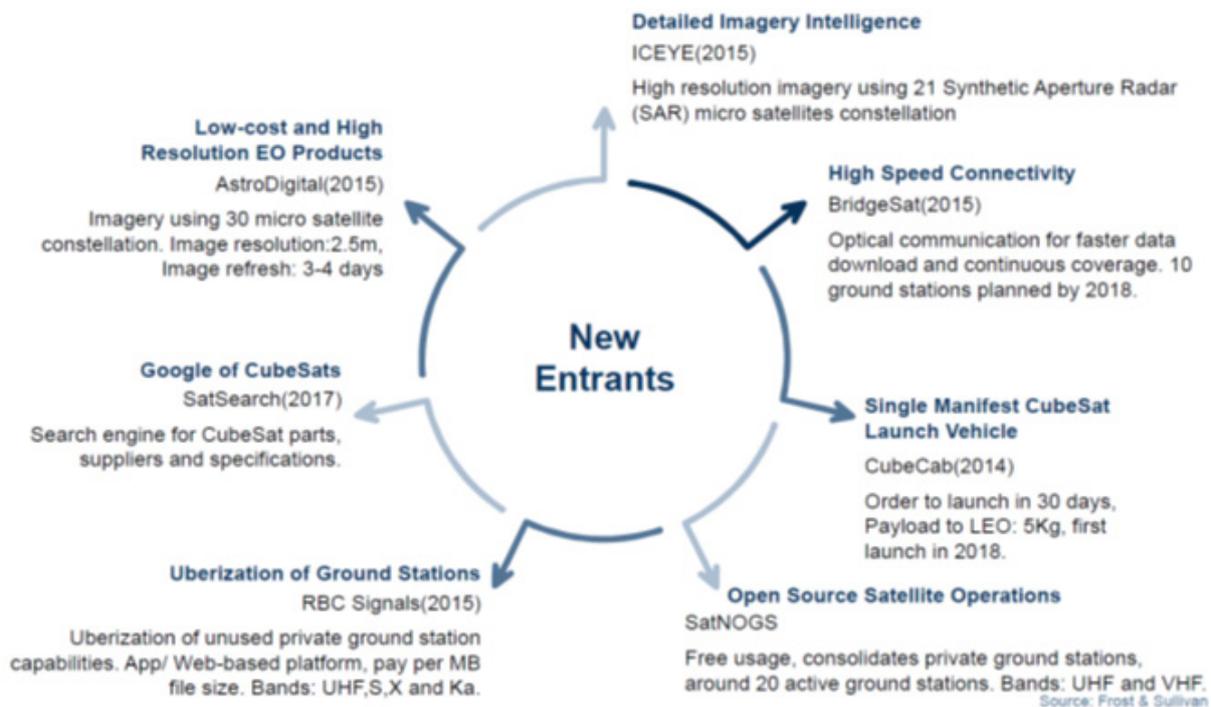
Naturellement, la rupture viendra d'Internet (un accès sans intermédiation simplifie drastiquement la distribution des services), de l'analyse des données massives et de l'intelligence artificielle qui permettront sans doute de remplacer, in fine, les algorithmes « Métiers » par des systèmes évolutifs et auto-apprenants.

Sur ce volet, l'AAAF a lancé un observatoire ouvert du numérique qui permet de partager les expériences et les bonnes pratiques sur les différentes facettes de ce sujet qui transforme en profondeur nos organisations, nos méthodes et nos moyens de production.

Comme le mentionne l'étude précitée du cabinet Frost & Sullivan, d'ici 2030, on s'attend à un afflux de nouveaux entrants sur les marchés de l'espace, avec de nouveaux modèles économiques et des positionnements de marché diversifiés qui vont modifier en profondeur la chaîne de valeur industrielle. Ces entrants contrôleront étroitement leurs niches et séduiront de nouveaux clients.

Pour citer quelques exemples : micro-constellation d'imagerie haute résolution (radar ICEYE et optique Planet), connectivité rapide par liaisons optiques (BridgeSat), CubeSats de Google (SatSearch), imagerie bas-coûts/haute résolution par microsatellites (Astro-Digital), Uber des stations sol (RBC Signals)²⁹...

²⁹ / Voir étude Frost & Sullivan, pp74-77.



Nouveaux entrants dans la chaîne de valeurs (Source : Frost & Sullivan)

S'agissant des principales constellations de satellites actuellement envisagées, elles sont au nombre de cinq et devraient entraîner une multiplication de services associés : SES O3B, OneWeb, Leosat, Telesat et Starlink.

VII. Évolutions sociétales

Nous avons abordé brièvement les grandes tendances des applications spatiales permises par les satellites et les ruptures technologiques en cours.

Analysons leurs impacts sur nos modes de production et nos modes de vie.

Les constellations en orbite basse vont offrir une couverture mondiale permettant de développer un accès à internet, aux échanges et à l'exploitation de données de toute nature, partout et dans d'excellentes conditions (faible temps de latence ou de revisite, qualité et fiabilité des informations). Dès aujourd'hui, nous constatons leurs impacts dans la vie quotidienne via les services de mobilité individuelle (Uber, vélo/trottinette en libre-service...) et à travers la dématérialisation (billets d'avions, de trains, paiements de tous ordres, facturations...).

En conséquence, le développement des applications spatiales va se traduire par une croissance économique.

Il est constaté que plus de services génèrent une demande encore accrue de données. Nous sommes dans un cercle vertueux où le développement de nouveaux services provoque la multiplication des applications.

VIII. Freins éventuels

Il convient toutefois d'analyser un risque important qui apparaît avec le développement de ces échanges généralisés de données et de leur commercialisation.

La protection de la vie privée, la maîtrise et la protection des données personnelles et le contrôle des entités qui exploitent les données (clouds - infrastructures réseaux et data centres -).

Soit l'individu profite des nouveaux services et perd la maîtrise de ses données soit l'individu refuse de partager ses données et perd le bénéfice des services globaux et individualisés.

La majorité des sociétés qui possèdent les données sont Américaines (GAFAM) ou Chinoises (BATX) avec tous les risques que cela comporte en termes de compétitivité et de souveraineté (règles d'extraterritorialité du droit américain, confusion public/privé en Chine...).

En relation étroite avec l'augmentation du nombre de satellites en orbite, il existe un risque significatif d'inhibition des applications spatiales qu'il faut traiter rapidement, c'est la question des débris spatiaux afin d'assurer une utilisation durable de l'espace propice au développement de secteur aval.

En l'absence d'un « code de l'espace » et de moyens de régulation/répression, les orbites préférentielles et notamment les orbites basses sont le théâtre d'incidents de plus en plus fréquent avec l'augmentation de satellites et l'arrivée de nouveaux acteurs (cf. les échanges récents entre l'ESA et la société SpaceX pour éviter une collision probable).

Pour éviter que l'espace ne se transforme en « far west », il faut

- des moyens européens de surveillance et de gestion du trafic (cf. note AAAF « Plaidoyer pour un système européen de surveillance et de contrôle de l'espace », 08/2019) ;
- établir un « code de l'espace » mondial (et éviter ainsi l'imposition sans concertation de règles étrangères) ;
- développer des moyens de nettoyage de l'espace (engin spatial et moyens sol, laser notamment).

IX. Recommandations

Concernant les applications spatiales, l'AAAF recommande, pour donner à la France une place équivalente à celle qu'elle occupe dans le reste des activités spatiales, les actions suivantes :

- Mettre en place un écosystème propice aux initiatives publiques et privées :
 - Externalisation de certaines fonctions régaliennes à l'instar de la NASA pour susciter l'arrivée de capitaux privés ;
 - Mettre en place un guichet unique donnant accès aux aides régionales, nationales et européennes, à l'instar du Royaume-Unis (i.e. pour mieux servir les Boosters avec le soutien de la Direction de l'innovation du CNES) ;
 - Mener une politique publique en soutien des initiatives privées, organiser un dialogue constructif État-industrie à travers un pilotage de la filière.
- Mettre en œuvre une infrastructure européenne de réseaux et de data centres souverains garant de la sécurité des données et du respect de la vie privée.

Si les recommandations de ce document sont principalement dédiées aux applications spatiales, il convient de rappeler les 4 pré-requis indispensables suivants :

1. Maintenir un accès souverain à l'espace ;
2. Disposer de moyens de surveillance, de gestion du trafic spatial et de nettoyage des débris ;
3. Établir un « code de l'espace » ;
4. Accentuer les efforts pour soutenir l'innovation (R&T, démonstrateurs...).

L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE et de DÉFENSE en CHINE

Jean-Paul Perrais

De longue tradition, la Chine excelle à dialectiser les contradictions : puissance régionale de son propre aveu, elle cherche pourtant à l'évidence à égaler les plus grands ; adepte du passage en harmonie au statut d'Etat industriel développé, elle augmente de plus de 10% en moyenne, chaque année depuis dix ans, son budget de défense, tout en complétant ses capacités, encore lacunaires dans bien des domaines, notamment ses capacités spatiales et de projection.

Certains experts se risquaient encore, il y a quelques années à démentir, la volonté de puissance et à douter des ambitions industrielles de la Chine ; elle aurait pris, au fil des XIX et XXème siècles, un retard difficilement rattrapable en moins d'une ou deux générations et ne serait au XXIème qu'une puissance pacifiste non alignée parmi d'autres dans le Tiers Monde asiatique ... Or, s'il est bien exact que dans plusieurs domaines hautement stratégiques la Chine accuse un retard technologique probablement d'une quinzaine d'années - s'agissant par exemple de la capacité à développer des grands systèmes complexes comme les porte-avions, les avions civils et de combats, les SNLE, les centrales nucléaires ou même les satellites (d'observation de la terre et de télécommunications) - le fait marquant de la décennie est plutôt sa progression impressionnante dans de nombreux domaines industriels comme les industries de l'information et de la communication, les systèmes de transport, les grands équipements d'infrastructure, le spatial, les missiles, et probablement demain l'aéronautique.

Puissance tranquille adepte du développement harmonieux, la République Populaire de Chine (RPC/PRC) est désormais pour Washington (et pour Moscou pour d'autres raisons) un acteur majeur avec lequel il faut compter, sinon une menace. Diplomatiquement, elle se positionne au cœur des dossiers de tensions internationales les plus sensibles (Corée du Nord, Iran, Syrie, Moyen Orient, Ukraine sans parler du Japon et de Taiwan). Au plan stratégique, l'arme nucléaire est la pièce maîtresse de sa posture politico-stratégique et elle cherche à en améliorer la qualité (missiles, voir infra). Enfin, s'agissant du business, la Chine est passée maître dans l'art de conquérir les marchés avec des productions à moindre coût et dont la qualité s'améliore.

Vue de l'Occident, vue d'Europe en particulier - sachant que notre expertise technologique et industrielle est particulièrement bien établie dans les domaines de l'aéronautique, de la défense, du spatial et du nucléaire - il paraît clair que la Chine, immense réservoir de devises, constitue un marché potentiel providentiel pour nos produits et systèmes dans la présente période de crise. Mais en même temps, elle devient pour les industriels un concurrent de plus en plus vraisemblable.

Aussi a-t-il semblé à la Commission stratégie et affaires internationales (CSAI) de la 3AF, société savante d'excellence du domaine aérospatial, qu'une étude de situation sur le niveau actuel de l'industrie chinoise de ce secteur serait révélatrice des qualités et des faiblesses de l'opaque complexe chinois, de ses ambitions à moyen terme, permettant à nos experts dans une étape ultérieure de définir une stratégie combinant dans la mesure du possible concurrence et coopération.

I. Remarques sur le transport aérien

En parcourant le document le lecteur constatera que l'évolution de l'industrie aéronautique et de défense en Chine depuis la prise de pouvoir du PCC en 1949 a été lente. Par contre depuis les années 1980 celle du transport aérien civil a été remarquable. Le document ne traite pas du transport aérien civil chinois, mais les quelques indications données ci-dessous à son sujet seront utiles pour comparer son évolution à celle de l'industrie aéronautique et de défense.

La CAAC (Civil Aviation Administration of China) jusqu'au milieu des années 80 était encore un ministère dirigeant directement toutes les activités du transport aérien. C'était à la fois la compagnie aérienne unique, construite sur le modèle de l'Aeroflot soviétique de l'époque, le contrôleur de la circulation aérienne civile, le gestionnaire des aéroports, l'organisateur des lignes, etc...

Mais au fil des années le transport aérien est devenu un élément clé de l'ouverture économique internationale du pays et s'est réorganisé à partir des années 80. La CAAC a d'abord été divisée en trois : CAAC Pékin (devenue depuis Air China, CAAC Shanghai (depuis China Eastern), CAAC Canton (depuis China Southern) et a commencé à séparer progressivement les fonctions opérationnelles (compagnie aérienne, management du trafic aérien, gestion des aéroports), et étatiques (licences aux compagnies, certification des avions, etc..).

Parallèlement l'introduction d'avions commerciaux occidentaux a commencé (des Tri-dents de British Aerospace au début des années 1970, suivis surtout de Boeing, puis peu à peu d'Airbus), jusqu'à la disparition complète des appareils soviétiques puis russes très nettement dépassés. Cet abandon des avions non occidentaux est apparu indispensable pour que le transport aérien du pays puisse affronter la concurrence internationale.

Après un certain nombre d'étapes (créations de compagnies nombreuses, puis regroupements et fusions, apparition de groupes, les compagnies aériennes ont adopté des structures qui les rapprochent de leurs homologues des pays occidentaux, (actionnariat qui n'est plus à 100% d'Etat, introduction en Bourse, entrée dans les alliances internationales comme Star Alliance, oneworld, et Skyteam, quelques apparitions d'opérateurs low cost etc..).

Au niveau international les 3 grandes occupent des places de plus en plus importantes dans le transport mondial. Entre 2006 et 2012, Air China est passé de la 24^{ème} place mondiale en chiffre d'affaires à la 12^{ème}, China Southern de la 23^{ème} à la, 16^{ème}, China Eastern de la 25^{ème} à la 13^{ème}, le nombre d'avions de l'ensemble des compagnies chinoises de 940 à 1850 (et non 2600 en 2010). L'aéroport de Pékin est passé (en termes de passagers) du

9^{ème} au 2^{ème} rang, (avec 74 millions de passagers en 2012, se rapprochant des 89 millions d'Atlanta), le nombre d'aéroports ouverts au trafic commercial de 144 à 185.

Le niveau de sécurité autrefois impossible à apprécier en raison de l'opacité à la soviétique sur les accidents, et encore très élevé en 1992 (5 accidents en 4 mois) s'est très considérablement amélioré depuis. La disparition des appareils russes ou copiés sur ceux-ci au profit des Boeing et Airbus et de quelques Embraer ou Bombardier y a contribué, avec une action énergique de la CAAC et des compagnies elles-mêmes pour améliorer les procédures opérationnelles. Ce niveau est proche de celui des pays occidentaux, et bien meilleur que le russe.

En 2013 la CAAC qui intervient encore dans les prix des billets a assoupli sa politique, ce qui renforce la concurrence entre les compagnies sur les lignes domestiques et favorise l'émergence de low costs (encore rares). Les grandes compagnies (les 3 grandes et le groupe Hainan Airlines), cherchent à se développer sur l'international, qui ne représente qu'environ 20% de leur chiffre d'affaires. Elles y affrontent la concurrence des compagnies étrangères occidentales et du Moyen Orient, mais veulent y dégager des profits. Elles sont encouragées dans cette voie par la CAAC, pour conforter la présence chinoise dans le monde.

En résumé, en environ 30 ans le transport aérien chinois a fait de remarquables progrès et est nettement au-dessus du russe (au plan de la qualité et de la sécurité des vols), et de l'indien, en particulier au plan quantitatif³⁰.

Toutefois des goulots d'étranglement existent encore. Malgré une diminution de l'emprise des militaires sur le ciel chinois, l'espace aérien est encore trop restreint au trafic civil. Le nombre de pilotes formés est insuffisant. Les effectifs de la CAAC pour certaines tâches comme la certification des aéronefs sont encore trop faibles et inexpérimentés pour des certifications primaires³¹.

Mais la volonté politique est sans failles. Li Jiaxiang ancien général de l'APL devenu patron de la CAAC, a dévoilé un plan d'accompagnement du 12^{ème} plan quinquennal (2011- 2015) spécifiant la somme de 1.5 trillion RMB (de l'ordre de 200 milliards de dollars) pour de nouveaux aéroports, des systèmes de navigation et des aéronefs.

30 / Début 2014 il y avait 375 avions dans l'ensemble des avions commerciaux indiens et 2038 en Chine.

31 / Une certification est dite primaire quand c'est la première attribuée à un type d'aéronef. Elle est délivrée par le pays constructeur. Par exemple pour un modèle Airbus c'est l'EASA autorité européenne, pour un modèle Boeing c'est la FAA. Pour un avion Airbus ou Boeing ou autre acheté en Chine, la CAAC délivre une certification chinoise par équivalence (à la suite d'accords conclus avec l'autorité du pays d'origine), ce qui est évidemment beaucoup plus facile, compte tenu des positions mondialement reconnues de la FAA et de l'EASA.

II. Remarques préliminaires sur l'industrie aéronautique civile

La volonté politique s'est aussi clairement exprimée dans le domaine de l'industrie aéronautique civile. Le 11^{ème} Plan quinquennal (2006-2010) a placé le programme d'avion-moyen courrier C919 dans la liste des 16 programmes majeurs de ce plan.

Un saut important dans l'organisation de l'industrie aéronautique a été la création au début des années 2000, de la COMAC (Commercial Aircraft Corporation of China), chargée de piloter les nouveaux programmes d'avions civils, l'AVIC (China Aviation Industry Corporation), gardant tous les programmes militaires, les avions régionaux à hélice, les hélicoptères civils et militaires en étant sous-traitante de COMAC pour des sous-ensembles de cellules et gardant l'ensemble civil et militaire de l'industrie des moteurs et équipements.

Toutefois cette volonté de bâtir une industrie de construction aéronautique civile forte n'a pas pour le moment débouché sur des innovations réelles :

- l'avion régional à réaction ARJ21 est très fortement inspiré du MD 80 de Douglas (dont une licence avait été acquise par l'usine de Shanghai, (maintenant dépendant de COMAC). De plus ce programme a pris un retard considérable, en grande partie du à l'inexpérience de l'industrie et de l'administration pour certifier au niveau mondial un avion civil conçu en Chine ;
- le C919 est très proche dans sa conception générale de l'A320, conçu dans les années 1980, et que la Chine connaît bien grâce à la chaîne de montage de Tianjin. Ce programme accuse des retards par rapport au calendrier initial, mais bénéficiera de l'expérience acquise avec les déboires de l'ARJ21.

Mais elle reste toujours aussi déterminée. Le 12^{ème} Plan a gardé l'industrie aéronautique et de défense, comme les activités spatiales, dans sa liste d'initiatives stratégiques, avec l'objectif d'acquérir un niveau d'excellence internationale dans tous les compartiments technologiques et de savoir-faire qui composent ces domaines.

III. Remarques sur l'industrie de défense

L'industrie de défense, n'est pas sujette aux règles du marché international des produits civils et fait toujours l'objet d'un embargo occidental, et n'a pas eu jusqu'à présent de résultats comparables à ceux de ses homologues occidentaux.

Pourtant le complexe militaro-industriel chinois est, en termes d'effectifs, parmi les plus importants au monde et l'un des rares à être capable de produire une très large gamme d'équipements de défense (avions, navires, blindés, missiles, armes légères). Mais il reste encore en-dessous du niveau technologique atteint par les pays les plus avancés. Historiquement développée grâce à un savant mélange de copiage, d'espionnage industriel ou au mieux de production sous licence de modèles soviétiques devenus russes ou ukrainiens et européens (pour les hélicoptères), l'industrie chinoise n'a cessé de se bâtir sur des modèles étrangers. Plus récemment, des contacts avec l'industrie israélienne (en dépit d'une forte opposition américaine), ainsi qu'une politique active de cyber-espionnage, ont permis des progrès substantiels.

Traditionnellement, les points forts de l'industrie de défense sont liés à la posture défensive visant à sanctuariser le territoire chinois : missiles balistiques et systèmes de défense anti-aérienne. Avec l'aide de l'URSS, la Chine a commencé à bâtir cette industrie au début des années 50. En 15 ans, elle a réussi le tour de force de construire sa première bombe nucléaire qui explose en 1964. Aujourd'hui, la Chine est devenue l'un des rares pays à disposer de la triade nucléaire, d'une capacité antisatellite (ASAT – test réussi en 2007 sur un satellite en orbite basse), et de défense antimissile balistique DAMB³². C'est aussi désormais un pays très avancé dans la maîtrise des missiles balistiques antinavires (Antiship Ballistic Missiles ASBM) avec l'entrée en service opérationnel du DF-21D, proclamé conçu pour être « tueur de porte-avions ».

Aujourd'hui, servie par le second plus grand budget de défense au monde, la Chine a entamé une très forte politique de modernisation qui touche l'ensemble des systèmes d'armes importants : porte-avions³³, destroyers et frégates³⁴,

32 / Essai réussi en 2010 sur une cible à 20km, peu de temps après que les États-Unis aient annoncé la livrai-son de systèmes Patriot PAC-3 à Taiwan, et début 2013, probablement pour célébrer l'entrée en fonction de Xi Jinping.

33 / Après les débuts très suivis en 2012 du « Liaoning », (ex porte-avions ukrainien), avec l'avion de combat J-15, la Chine a indiqué récemment avoir l'ambition de disposer de 4 porte-avions d'ici 2020.

34 / Destroyers LUYANG (Type 052) et frégates JIANGKAI (Type 054A).

sous-marins nucléaires³⁵, avions de chasse de 4ème et 5ème génération³⁶, hélicoptères de transport et d'attaques, avions de transport stratégique³⁷, drones armés³⁸,... Elle n'hésite plus à afficher ses ambitions géopolitiques, transforme sa doctrine (les fameux chapelets d'îles « colliers de perle ») et se dote progressivement de capacités de projection, essentiellement maritimes. En se développant tout azimut, la Chine s'émancipe de la dépendance à l'égard de la technologie russe, notamment sur les nouveaux programmes d'aéronefs. Elle bénéficie également de plus en plus de synergies entre la construction civile et militaire, particulièrement dans le domaine de la construction navale. Bien sûr tous ces progrès doivent être nuancés car de nombreuses lacunes persistent dans le domaine de la propulsion, de la furtivité, de l'électronique embarquée et des capacités C4ISR (Command Control Computer Communication Information Surveillance Reconnaissance).

Corollaire de cet essor au niveau domestique, la Chine devient également un important pays exportateur d'armement qui a dépassé en 2012 le Royaume-Uni en termes de ventes d'armement. Ce constat reste toutefois à nuancer car le nombre de « pays clients » est très réduit, correspond à la zone d'influence de la Chine avec de fortes connotations politiques (comme avec le Pakistan) et la qualité des équipements vendus est régulièrement critiquée. Toutefois, la Chine joue sur des avantages qui lui sont propres, à savoir sa politique indépendante de l'Occident, sa « tolérance » vis-à-vis de pays jugés peu fréquentables ou soumis à des embargos, des coopérations industrielles avantageuses, des pratiques commerciales qui lui permettent des « barter deals » (trocs entre différents type de biens, ressources naturelles contre armement par exemple) et des prix qui restent très attractifs.

35 / 3 SNLE de la classe JIN (Type 094) opérationnels (sur 5 prévus) équipés du missile nucléaire JL-2 d'une portée de plus de 7 000 km.

36 / 2 SNA classe SHANG (Type 093) opérationnels (sur 6 prévus) avec le projet d'une nouvelle génération de SNA disposant d'une capacité de frappe à terre.

36 / Le chasseur furtif J-20 a fait ses débuts en 2011 et un an plus tard un nouveau prototype, le J-31 a fait ses débuts (d'apparence très proche au JSF américain).

37 / Le Y-20, d'une portée annoncée de 5 000 à 10 000 km, est en développement depuis 2006 par la Xi'an Aircraft Industrial Corporation.

38 / L'UCAV Lijian, (très proche en apparence du nEUROn et du X-47B), développé par AVIC a commencé des tests début 2013.

Lors du dernier salon aéronautique de Zhuhai en 2012, une copie du Reaper, le Wing Loong était exposée par AVIC.

IV. Comment envisager l'évolution future de l'industrie aéronautique et de défense en Chine ?

En se tournant vers l'avenir, qui ne s'est pas posé la question : la Chine, grand marché ou dangereux concurrent à terme. Bien entendu la question ainsi formulée est trop binaire. On ne voit pas pourquoi la Chine qui a progressé à grands pas dans maints domaines impliquant de la haute technologie (l'espace, certains armements, l'électronique) ne se fixerait pas des objectifs ambitieux dans les domaines aéronautique et de défense. Mais, plusieurs témoignages montrent que les chinois n'ont pas encore démontré qu'ils maîtrisaient l'ensemble de la chaîne de conception et de développement de très grands systèmes complexes (force nucléaire stratégique avec la composante des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins, porte-avions à pont plat, centrales électronucléaires, etc.), ni des activités essentielles comme le contrôle de la qualité ou la maintenance. Malgré un certain nombre de déclarations officielles, ils sous estiment encore leurs retards sectoriels et leur capacité à les rattraper aussi vite qu'ils le pensent.

Dans le cas particulier des avions civils, les grands constructeurs occidentaux rêvent de continuer à vendre sur le marché chinois autant que possible sachant que les demandes de la partie chinoise de constituer des joint-ventures, de transférer de la technologie, de tolérer des contournements de la réglementation de protection de la propriété intellectuelle ne s'arrêteront pas facilement. Des économistes pourraient également avancer que l'enjeu de bâtir une Chine leader dans le domaine aérospatial relève plus de l'obsession de grandeur nationale que de conquête économique et technologique... Mais les choses peuvent changer, malgré les tensions de toutes sortes nationales et internationales.

PARTIE II

Articles parus dans la Lettre 3AF

POINTS DE VUE

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

Marie-Claire Coët (CISP), Maurice Desmoulières (CSAI), Bertrand de Montluc (CSAI) et Bruno Chanetz

Cet article traite de l'application extraterritoriale de la loi anti-corruption américaine et de ses conséquences pour l'industrie européenne à travers le cas d'Alstom. Il émane des commissions « information stratégique et prospective » (CISP) et « stratégie et affaires internationales » (CSAI).

LA VENTE D'ALSTOM-ENERGIE, UN CAS D'ÉCOLE EN INTELLIGENCE ÉCONOMIQUE (IE)

En 2015, la compagnie américaine General Electric rachetait la branche énergie d'Alstom. Pour beaucoup, cette opération fut considérée comme un acte normal de cession d'une entreprise, dans le droit fil du modèle libéral. Mais cette vente faisait suite à quatre ans d'enquêtes et d'investigations de la part des autorités américaines, au titre de la poursuite des actes de corruption dans les opérations à l'export, la base juridique invoquée par Washington étant le « *US Foreign Corrupt Practises Act - FCPA* ». Un des responsables de l'entreprise française a été détenu plus d'un an en prison aux Etats-Unis, où il s'était rendu pour affaires. Sous la pression, Alstom a fini par accepter un « *Deal of Justice* » et une amende de 772 millions de dollars, mettant à mal des finances déficitaires. Au final et en dépit des réserves formulées par le Ministre français de l'industrie, General Electric a racheté la branche convoitée d'Alstom, en faisant valoir qu'une cession résoudrait bien des problèmes et mettrait fin aux poursuites ; le scénario s'est alors déroulé de la sorte et sans vagues.

L'affaire de la vente d'Alstom-Energie à General Electric est devenue un cas d'école au sein des communautés d'IE et même un sujet d'étude universitaire. Ainsi un jeune analyste, Alexandre Leraître, a mené une étude très documentée sur les règles et la pratique du FCPA, dans le cadre d'un Mastère spécialisé en Analyse Stratégique et Intelligence Economique, au sein de l'École Internationale des Sciences du Traitement de l'Information (EISTI): cf. encadré 1. Les commissions Affaires Internationales et Information Stratégique et Prospective de la 3AF ont eu l'opportunité de le rencontrer. Le présent article restitue la substance de son analyse avec l'objectif de contribuer à sensibiliser industriels et ingénieurs à ces aspects inédits de politique industrielle, aux pratiques commerciales internationales prédatrices s'apparentant à une guerre économique, et à l'enjeu majeur de la maîtrise de l'Intelligence Economique, en France et en Europe.



Encadré n°1

Le mastère spécialisé Analyse Stratégique et Intelligence Economique de l'École Internationale des Sciences du Traitement de l'Information (EISTI)

Depuis 2003, ce mastère forme des experts du domaine de l'Intelligence Economique.

Il s'agit d'une formation qui aborde tous les aspects de l'IE : les différents outils de veille et de méthodologies d'investigations « poussées » sur le web, la gestion et la communication de crise, le lobbying et les stratégies d'influences, etc. Les étudiants y sont admis en formation initiale après avoir fait 5 ans d'études après le bac, validées par un diplôme de niveau master 2. Des dérogations sont possibles pour les étudiants, reprenant des études après un parcours professionnel.

Les étudiants sortent du mastère spécialisé de l'EISTI avec le diplôme d'Expert analyste en intelligence stratégique et économique. Il y a entre 10 et 15 étudiants par an, pas plus afin d'assurer un suivi rigoureux des travaux menés. Près de 150 personnes, professionnels expérimentés ou jeunes diplômés, ont déjà bénéficié de ce programme d'excellence offrant de nombreux débouchés (responsable IE, consultant, conseiller en stratégie, lobbyiste, expert en gestion de crise, expert en benchmark, analyste stratégique, etc.) et à l'issue duquel, les auditeurs sont dotés des compétences nécessaires pour mettre en place une cellule d'IE en entreprise.

<http://eisti.fr/fr/mastere-specialise-analyse-strategique-et-intelligence-economique>

ENTRETIEN AVEC ALEXANDRE LERAÎTRE, NICOLE BEAUVAIS-SCHWARTZ ET DAVID GENDREAU

Alexandre Leraître est auteur d'une thèse professionnelle « Guerre économique et utilisation offensive du droit : le cas de la vente d'Alstom Energie ». Il est co-réalisateur, avec David Gendreau, d'un documentaire « Guerre fantôme : la vente d'Alstom à General Electric ». Nicole Beauvais-Schwartz dirige le Mastère Spécialisé Analyse Stratégique et Intelligence Economique de l'EISTI et est ancienne auditrice de l'Institut des hautes études de défense nationale (IHEDN).

3AF : Si la vente d'Alstom-Energie à General Electric a été assez largement médiatisée, notamment car le maintien d'emplois à Belfort en était l'un des

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

enjeux majeurs, nombreux sont ceux qui ignorent le détail de cette affaire et ses multiples rebondissements, voire ses dessous ; pouvez-vous nous résumer les faits ?

EISTI : Il y a déjà la « version officielle » des faits.

Le 24 avril 2014, une dépêche de l'agence de presse américaine Bloomberg révèle que General Electric serait sur le point de racheter Alstom pour 13 milliards de dollars. Le gouvernement français est pris au dépourvu ; le ministre de l'Économie, du Redressement productif et du Numérique, Arnaud Montebourg, convoque à Bercy le PDG d'Alstom, Patrick Kron et tente de l'intimider. Ce dernier, qui était encore à Chicago la veille pour négocier l'accord avec General Electric, menace de faire un plan social si l'Etat venait à bloquer la vente. Alstom et GE doivent finalement assumer au grand jour cet accord, qui devait rester secret jusqu'à la dernière minute pour réduire au maximum le risque d'intervention de l'État. Une opération de communication, à travers les médias mais aussi vis-à-vis du pouvoir est engagée : les deux entreprises s'entourent des plus prestigieux cabinets de conseil de la place de Paris et le 30 avril 2014, le PDG de General Electric, Jeffrey Immelt, s'explique sur France 2, tandis que Patrick Kron est questionné sur TF1. Les deux hommes assurent qu'une alliance de long terme sera mise en place, suivie d'investissements conséquents.



Alexandre Leraître et David Gendreau

Arnaud Montebourg tente de s'immiscer à la table des négociations, mais sa marge de manœuvre est réduite : l'Etat n'est pas au capital d'Alstom et n'a en principe pas son mot à dire. Il va cependant tenter d'arbitrer la transaction en deux temps :

- tout d'abord en suscitant une offre alternative de Siemens, qui ne sera finalement pas retenue ;
- puis en menaçant de faire avorter l'opération par un nouveau décret d'opportunité, permettant de bloquer la vente d'une entreprise française pour des raisons stratégiques et de sécurité nationale ; ce décret ne sera

finalement pas utilisé.

Fort de ces deux armes, un compromis est trouvé : plutôt qu'une absorption d'Alstom, c'est une alliance qui sera mise en place. Trois coentreprises seront créées, partagées à parts égales 50/50 entre Alstom et General Electric, tandis que l'Etat français se réserve un droit de veto sur certaines décisions, comme la délocalisation du siège social.

Officiellement donc, la filière nucléaire française est préservée, et le Ministre rassure en assurant qu'il s'agit là d'un accord de long terme.

3AF : Avec les turbines Arabelle des centrales nucléaires, Alstom Energie détient une filière d'excellence française ; comment donc la vente d'une branche aussi stratégique d'une entreprise française, susceptible de fragiliser la souveraineté du pays et son indépendance énergétique, a-t-elle ainsi pu être négociée aussi rapidement et quasiment à huis clos ?

EISTI : On ne peut comprendre tous les enjeux d'une telle opération sans évoquer les affaires de corruption qui minaient Alstom depuis des années.

Sauvé de la faillite par l'État en 2003, Alstom, incapable de rivaliser en taille avec les géants General Electric et Siemens, accepte de nombreux petits contrats dans des pays où il est coutume de verser des commissions. En 2010, la justice indonésienne ouvre une enquête sur Alstom, à propos du versement de pots de vins (75 millions de dollars) pour la construction d'une centrale nucléaire en 2003. Quelque mois plus tard, la justice américaine se saisit à son tour du dossier ; elle contacte Alstom en lui expliquant que les paiements ont transité par une de ses filiales aux Etats-Unis, et qu'en conséquence le *Department of Justice (DOJ)* peut intervenir sur ce dossier. Ce dernier propose un plaider coupable assorti d'une amende à Alstom, qui refuse de coopérer.

La justice américaine multiplie alors ses investigations et met à jour un système de corruption étendu et très élaboré. La pression monte : un premier cadre du groupe est arrêté le 2 novembre 2012 ; il accepte de plaider coupable en échange d'un allègement de peine.

Le 13 avril 2013, le FBI arrête à l'aéroport de New York Frédéric Pierrucci, un cadre historique d'Alstom employé depuis 22 ans. Celui-ci est immédiatement emprisonné pour l'affaire de corruption en Indonésie et sera détenu pendant 14 mois dans une prison de haute sécurité. Il plaide coupable sur conseil des avocats d'Alstom, mais ces derniers le lâchent subitement : il sera ensuite licencié pour « absence prolongée ». Libéré sous caution (1,5 million de dollars) en juin 2014 au moment de la signature

POINTS DE VUE

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

du protocole d'accord entre Alstom, GE et l'État, son jugement n'a pas encore été rendu à ce jour.

Cette enquête américaine et ces pressions mettent en lumière le concept d'extraterritorialité du droit américain : à travers la loi FCPA (*Foreign Corrupt Practices Act*), les Américains s'arrogent le privilège de poursuivre des entreprises étrangères pour corruption, dès qu'un lien, même ténu, avec leur territoire, peut être établi. (cf. encadré n°2 p.13)

3AF : A ce stade, la question qui se pose est de savoir si de telles pressions ont pu motiver Patrick Kron à vendre Alstom à General Electric, à la fois pour régler la question de l'amende en suspens, mais aussi pour éviter d'autres poursuites contre les personnes, lui-même courant le risque d'être incarcéré lors de ses séjours outre atlantique ?

EISTI : En effet ; pour autant, il n'y a pas de preuves formelles et définitives, mais seulement un faisceau très troublant de circonstances concordantes :

- entre février et mars 2014, donc en pleine affaire judiciaire et tandis que des cadres d'Alstom étaient sous les verrous ou continuaient d'être arrêtés, Patrick Kron et ses proches équipes ont pu se rendre aux USA pour négocier avec General Electric, sans jamais être inquiétés par la justice américaine ;
- par le passé, General Electric avait déjà racheté quatre entreprises poursuivies par la justice américaine, en prenant en charge le paiement de leur amende ; Alstom est un cinquième cas étrangement similaire ; General Electric, s'était là aussi engagé à payer l'amende d'Alstom, mais la justice américaine tranchera autrement à la dernière minute et finalement c'est Alstom qui paiera ;
- c'est trois jours seulement après la validation de la vente par l'assemblée générale des actionnaires du groupe qu'Alstom plaide coupable face à la justice américaine (les 19 et 22 décembre 2014) ;
- à tous les stades du processus, General Electric a participé aux négociations avec le département de la justice américain ;
- Emmanuel Macron, successeur d'Arnaud Montebourg à Bercy en août 2014, a par la suite confié à la Commission des affaires économiques avoir l'intime conviction, sans en avoir malgré tout de preuve, que ces poursuites avaient bien motivé la vente.

3AF : Mais alors qu'est devenue l'alliance promue par Arnaud Montebourg entre General Electric, Alstom et l'Etat français ?

EISTI : Les trois co-entreprises ont bien vu le jour, mais pas à parts égales entre Alstom et General Electric,

comme initialement annoncé. Il s'agissait en fait d'un partage à 51/49 en faveur de GE pour les deux premières (réseaux et énergies renouvelables) et 80/20 toujours en faveur de GE pour la troisième Joint-Venture, la plus stratégique : celle dans le secteur du nucléaire. D'un point de vue opérationnel, c'est General Electric qui contrôle ces structures : le conglomerat américain possède une majorité de droits de vote et nomme les CEO et les directeurs financiers. Enfin, les accords précisent que General Electric s'engage à partir de 2018 et 2019 à racheter toutes les parts d'Alstom, sur demande éventuelle de ce dernier, l'inverse n'étant pas possible. Tout semble donc bouclé pour qu'Alstom cède aux Américains ce qui lui reste de pouvoir et de capital dans ses activités énergie.

Arnaud Montebourg avait néanmoins réussi à négocier la possibilité (qui expire en octobre 2017) de nationaliser à tout moment 20% d'Alstom ; une telle nationalisation partielle n'a jamais eu lieu.

Par le décalage entre les annonces médiatiques faites et la réalité des accords signés, Alstom et l'État ont menti aux Français, aux actionnaires et aux parlementaires en présentant cette transaction comme une alliance et non comme une session.

3AF : Et aucun politique n'a réagi ; pourquoi et comment l'expliquer ?

EISTI : Le 17 mai 2014 (soit un mois avant que le protocole d'accord ne soit signé), le député-maire UMP de Maisons-Laffitte, Jacques Myard, demande l'ouverture d'une commission d'enquête parlementaire sur l'affaire Alstom, mais celle-ci n'a jamais été mise en place, bien que l'UMP, en tant que parti d'opposition, eût le droit de déclencher une telle enquête. En effet, chaque groupe parlementaire d'opposition peut exiger une enquête et une seule par session parlementaire. C'est le « droit de tirage ».

Par ailleurs, à travers l'étude menée, on constate l'existence d'un réseau complexe de relations interpersonnelles, au niveau de l'Etat, de la majorité et de l'opposition politiques avec les grandes banques impliquées dans la vente, avec des cabinets de conseil, voire directement avec Alstom et General Electric. Des commissions de déontologie ont statué sur certaines situations sans néanmoins rien y trouver à redire.

3AF : Pour vous cette affaire a été dûment préparée du côté américain pour faire tomber un fleuron de notre industrie ; d'autres cas se sont-ils produits et quelles sont les entreprises actuellement menacées ?

EISTI : Effectivement d'autres entreprises françaises ou européennes sont passées sous pavillon américain. En

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

2010, la société Technip, leader en recherche pétrolière, s'est vue infliger une amende de 338 millions de dollars et en 2016 la vente s'est concrétisée. Alcatel a aussi été rachetée. En revanche, Total, BNP-Paribas et Siemens ont seulement payé des amendes. Actuellement Volkswagen est dans le collimateur, pour la triche aux véhicules Diesel.

Areva est également visé, à cause de l'achat frauduleux de la société Uramine, dont les mines d'uranium se sont révélées inexistantes. Un Français, auteur d'un livre mettant en cause Areva, a fait l'objet de tracasseries de la part du groupe. Par vengeance, il a signalé cette affaire au DOJ.

Et actuellement, le SFO (*Serious Fraud Office*) britannique (cf. encadré n°2) allié au DOJ est en train de déclencher une offensive contre Airbus...

LES CONSÉQUENCES DE CETTE VENTE

Les conséquences les plus immédiatement perceptibles pour la France de la session d'Alstom Energie à GE sont relatives aux enjeux de souveraineté.

- **Perte de souveraineté énergétique** pour le pays, qui devient dépendant d'un acteur étranger pour l'entretien de sa filière nucléaire, puisque General Electric possède désormais le monopole de la maintenance des turbines à vapeur équipant ses centrales nucléaires.
- **Perte de souveraineté commerciale**, puisque les exportations de centrales nucléaires clé en main de la France devront préalablement être soumises à l'autorisation du gouvernement américain ; qu'en diront ses potentiels clients chinois ou russes ?
- **Perte de souveraineté militaire**, avec l'entretien des fleurons de la marine française par Thermodyn, une filiale de GE. Depuis plusieurs décennies, Thermodyn construisait et entretenait déjà l'intégralité des turbo-réducteurs et turbo-alternateurs des sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE) et des sous-marins nucléaires d'attaque français. Mais jusqu'à présent, c'est Alstom qui entretenait le turbo alternateur du porte-avions Charles de Gaulle ; ce sera désormais également Thermodyn. General Electric arrive en situation de monopole. Rappelons que lors de la guerre d'Irak, à laquelle la France avait refusé de participer aux côtés des Américains, ceux-ci avaient bloqué par mesure de rétorsion, la livraison de pièces de rechange à l'armée française, impliquée sur d'autres théâtres d'opération.

Au-delà et avec l'objectif d'un retour d'expérience et d'une alerte au profit du secteur aérospatial, il est instructif de souligner également les impacts potentiels au plan opérationnel et à moyen terme sur le parc entier des réacteurs nucléaires civils et sur la capacité des instances fran-

çaises à être confrontées à ce type de situation. Aussi, dans une volonté de croiser au mieux les regards entre des enjeux purement souverains et d'autres, propres au secteur énergie, un entretien avec un Auditeur Défense (AD), connaissant très bien le secteur de l'énergie et qui a souhaité rester anonyme, nous livre un éclairage complémentaire sur les conséquences de cette vente.



La turbine « Arabelle »

3AF : La lecture de la thèse d'A. Leraître et le visionnage du documentaire nous interpellent sur de très nombreuses questions. Parmi elles, celles qui sont relatives aux aspects opérationnels qui peuvent se poser avec une articulation sur des aspects stratégiques ?

AD : D'abord, ces deux supports interrogent avec encore plus d'acuité, l'ampleur du risque pris pour la *supply chain* du parc nucléaire français (58 réacteurs). L'approvisionnement pour de gros composants, s'est toujours fait par les deux partenaires EDF et Areva, avec une volonté commune de préserver l'homogénéité sur l'ensemble du parc. Quand on parle de sa standardisation, on pointe bien plus que le simple fait d'être constitué de réacteurs de même type (à eau pressurisée) contrairement à de nombreux pays. Car cela signifie aussi, qu'en dépit de trois paliers de puissance différents pour ces réacteurs (900 MW, 1300 MW et 1600 MW), leurs gros composants ont un design très similaire, voire carrément identique : la plupart du temps chaque type de composant est d'ailleurs obtenu chez un même fournisseur pour les trois paliers. Il en va ainsi du turbo-alternateur. Cet élément clef des centrales – puisque c'est précisément là, en son sein, que se fait la transformation d'énergie calorifique (turbine) en électricité (alternateur) – est fourni uniquement par Alstom pour chacun des 58 réacteurs du sol français, mais aussi pour ceux construits par les Français sur des sols étrangers. Dans le passé, des problèmes d'approvisionnement ont porté sur des composants majeurs.

POINTS DE VUE

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

Ce fut le cas pour la cuve du réacteur, un temps fabriqué au Japon, ce qui présentait un « goulot d'étranglement », à caractère géopolitique, suivant la nationalité des compétiteurs aux appels d'offre de construction de nouveaux réacteurs. La leçon, chèrement apprise, a conduit à rouvrir Le Creusot. La pérennité de cette standardisation du parc (inscrite dès les premiers réacteurs en 1970) permet au plan opérationnel une position forte de l'opérateur pour négocier ses achats de gros composants, et d'interventions de son fournisseur, en maintenance programmée ou en cas d'aléas. Mais au-delà, cette standardisation revêt aussi un aspect stratégique : en permettant l'agrégation des retours d'expérience (retex) des trois paliers, parce qu'ils restent comparables, la base de données ainsi constituée par heure de fonctionnement par réacteur de 1970 à nos jours, est une force de frappe française pour arracher les appels d'offre internationaux. Par ailleurs, cette base peut solidement assoir la démonstration d'une probabilité de fusion du cœur inférieure à 10^{-7} : parce que toutes les améliorations du Parc se sont faites au fil des décennies sans rupture technologique. Il ne s'agit pas de réacteur révolutionnaire, en rupture du reste d'un parc, comme opté avec l'AP1000 par nos concurrents US. Pour notre Parc, ceci est d'ailleurs traduit par le sigle du dernier réacteur, l'EPR : *Evolutionary Pressurised Reactor* (Initialement E était « *European* » pour la même raison qu'il fallait faire l'Airbus).

3AF : Comment pourrait-on situer l'importance du turbo-alternateur par rapport aux autres constituants d'une centrale nucléaire, et les enjeux de maintenance associés ?

AD : Parce que des images d'explosion atomique ont frappé les mémoires collectives, de nombreuses personnes imaginent que c'est le cœur nucléaire, qui donne le tempo et la note au reste d'une centrale nucléaire, et en particulier au turbo-alternateur, pour lequel ce cœur nucléaire produit la vapeur. Mais c'est faux, et même tout l'inverse : c'est le turbo-alternateur, qui impose son niveau de puissance au cœur. Car c'est le turbo-alternateur, qui s'adapte en premier à la demande du réseau. L'exploitant traduit cela par « le secondaire tire le primaire » (le secondaire constitue une partie de l'îlot conventionnel, et le primaire une partie de l'îlot nucléaire, tels qu'ils sont très bien montrés dans le documentaire). C'est pour cette raison que des réglages du turbo-alternateur, fins et nombreux, s'ils n'étaient pas réalisés avec précision parce qu'un savoir-faire est mal transféré, activeraient de manière inopportune des automates de protection, ce qui déclencherait des arrêts d'urgence du cœur inopinés.

Or des interruptions brutales par arrêt d'urgence automatique, font l'objet d'une déclaration d'incident de niveau 1 auprès de l'autorité de Sûreté Nucléaire (ASN)

avec un minimum de deux jours d'instruction, et sont à la fois dommageables pour la réputation, le rendement de l'installation et pour son vieillissement, car son usure est alors anormale. De plus, au plan international, il existe une sorte de notation des exploitants, afin de pouvoir les comparer entre eux dans leurs performances : elle repose sur la manière dont on rend maximale la disponibilité de l'outil à produire de l'électricité. Ainsi, les compétences rares qui se perdraient à la maintenance et aux réglages d'Arabelle par exemple, feraient baisser la note internationale de performance de l'opérateur, et cela de manière beaucoup plus drastique qu'avec d'autres composants. Or l'acheteur clé en main d'une centrale nucléaire est très attentif aux deux grandeurs que sont la probabilité de fusion du cœur, donnée par la pertinence de la conception, et le coefficient de performance, donné par l'optimisation de l'exploitation.

3AF : Quels impacts potentiels sur l'opérationnel du turbo-alternateur, liés au fait que personne ne peut garantir une qualité des relations avec GE, indépendantes des enjeux nationaux ?

AD : Malheureusement le retour d'expérience (retex) Défense pointe que cette indépendance peut soudainement être confisquée. Or une telle dégradation pourraient impacter plusieurs aspects opérationnels. En premier lieu celui qui est cité dans le documentaire : une « soudaine » difficulté pour l'approvisionnement en pièce détachées du turbo-alternateur, ou pour une disponibilité de personnels GE. Cela rendrait la planification des arrêts pour rechargement, et la maîtrise de la durée des visites décennales, encore plus compliquée.

En second exemple, pourrait se poser la question du maintien de la performance des sites français en raison de la sensibilité des réglages du turbo-alternateur. Cela se répercuterait sur des mécanismes de marché de l'électricité qui exigent de plus en plus de flexibilité de l'outil de production. D'ailleurs, la production décentralisée par les énergies renouvelables, a un impact sur le réseau : cette nouvelle technologie sensible de pilotage neuronique, devra-t-elle être détaillée à GE pour la bonne synergie des réglages cœur/turbo-alternateur ? Enfin, comme ils peuvent dépendre aussi de la nature et de la gestion des combustibles mis dans le cœur, comment se joue alors le « droit d'en connaître » par un acteur américain présent sur des sites français, alors que l'équilibre des flux de matières, amont et aval, à la production relèvent de la sécurité nationale ? Enfin, pourra-t-on encore répondre à des appels d'offre internationaux avec GE, ce fournisseur pouvant, dans le même temps se présenter comme compétiteur ?

CONSÉQUENCES DE LA LOI ANTI-CORRUPTION AMÉRICAINE À TRAVERS LE CAS D'ALSTOM

CONCLUSION : QUESTIONS SUR L'ATTITUDE ADOPTÉE DANS LA NÉGOCIATION PAR LA PARTIE FRANÇAISE IMPLIQUÉE

Comment se fait-il qu'apparemment le réel débat sur les enjeux d'autonomie et de souveraineté concernant la filière nucléaire française ait été esquivé ?

Comment peut-on avoir éludé la constitution d'une réponse à la hauteur de l'enjeu stratégique que constituait la menace américaine ?

Pourquoi, face à l'attaque américaine, la paralysie a, semble-t-il, pu gagner à ce point les partenaires français impliqués, que ce soit au niveau industriel, politique ou étatique, toutes tendances politiques confondues, au point que seul l'enjeu du maintien des emplois soit apparu comme essentiel ?

Que n'a-t-on pu s'appuyer sur les compétences de l'Agence des Participations de l'État (APE), de l'Autorité de Sécurité Nucléaire (ASN) et des grands corps d'ingénieurs, pour établir un dossier en rapport avec la complexité d'une telle opération, plutôt que de faire appel à des cabinets dont on peut douter de l'indépendance véritable et de la compétence tout au moins dans les domaines techniques concernés ?

Pour la partie américaine la corruption d'Alstom est avérée. Cet élément devait-il être privilégié à ce point par la partie française dans le bras de fer engagé avec nos partenaires outre-Atlantique ?

Et maintenant, à qui le tour ? ■

« *Guerre fantôme : la vente d'Alstom à General Electric* » est un film de 52 minutes, réalisé par David Gendreau et Alexandre Leraître et produit par Along Production et LCP-Assemblée Nationale ; il a été diffusé sur LCP les lundi 25 septembre et 18 octobre 2017 et sera rediffusé le 1^{er} Novembre 2017 à 00h30 sur cette même chaîne.



Encadré n°2

Extraterritorialité : quelques informations et notions de base juridique

- L'extraterritorialité est une situation dans laquelle les compétences d'un Etat régissent des rapports de droit situés en dehors dudit Etat, hors de son propre territoire.
- Le FCPA (*Foreign Corrupt Practices Act*), de l'administration américaine en est le texte de base, il date de 1997. D'autres textes plus anciens existent comme le « *Racketeer Influenced and Corrupt Organizations Act* » (RICO, 1970). A l'OCDE, il existe une convention, également de 1997, sur la lutte contre la corruption d'agents publics étrangers que la France a signée. La justice américaine, qui interprète largement cette convention OCDE, estime que toute entreprise cotée à la bourse de New York, ou réalisant des transactions en dollars, ou envoyant des emails et des communications via un système informatique dont les serveurs sont américains, etc., opère sur le territoire américain ; avec de telles pratiques, la plupart des grands groupes industriels sont en principe justiciables par le *Department of Justice*.



FPCA (*Foreign Corrupt Practices Act*)

- L'administration du Royaume-Uni dispose d'un « *Serious Fraud Office* » (SFO), aussi puissant que le DOJ.
- Au niveau national, la France n'avait pas de dispositif anti-fraude (ce qui explique à l'origine l'intervention du juge américain) ; elle a fait une avancée récente avec la loi dite Sapin II (Loi N° 2016 1691 du 9 décembre 2016 relative à la transparence, à la lutte contre la corruption et à la modernisation de la vie économique).
- Une mission d'information parlementaire (K. Berger, P. Lellouche, AN, 5 octobre 2016) a été conduite dans le contexte de l'examen du projet de loi Sapin II mentionné plus haut qui comporte des dispositions pour lutter contre la corruption. D'autres aspects, comme l'exigence de transparence fiscale, le respect des sanctions imposées à certains pays, paraissent en revanche non traités à ce stade.
- Au niveau européen, la Commission (DG politiques extérieures) a produit en 2012 une étude complète mais restée sans suite intitulée « *The Extraterritorial Effects of Legislation and Policies in the EU and US* » (EXPO/B/DEVE/FCW/2009 01/Lot3/03). ■

POINT DE VUE

LA PRISE DE CONTRÔLE PAR AIRBUS DU PROGRAMME BOMBARDIER CSERIES

par Maurice Desmoulière, président de la Commission Stratégie et Affaires Internationales (CSAI),

Bertrand de Montluc, membre de la commission CSAI et Bruno Chanetz, rédacteur en chef

Cet article résulte des interviews de Jean-Paul Perrais et Aurélien Rigollet, très au fait des questions de stratégie industrielle, politique et commerciale dans le monde aéronautique et spatial.



Jean-Paul Perrais



Aurélien Rigollet

Jean-Paul Perrais, membre de la 3AF, fait partie de la Commission Stratégie et Affaires Internationales ; il est membre de l'Académie de l'Air et de l'Espace, qu'il représente au bureau 3AF. Il a occupé pendant une grande partie de son activité les fonctions de Directeur des programmes Avions régionaux au sein de la Division Avions d'Aérospatiale (maintenant partie d'Airbus Group).

Aurélien Rigollet, fondateur d'AeroSynopsis et d'Aero-Translation basé en Allemagne, est spécialisé dans la veille aéronautique multilingue et la traduction aéronautique. Il s'appuie sur de multiples sources issues de plusieurs pays pour établir des rapports sur les programmes aéronautiques actuels ou en projet. Pour plus d'informations :

<http://www.aerosynopsis.com/>

AIRBUS SOUS LES FEUX DE L'ACTUALITÉ

A la fin 2017, on parlait d'une journée historique pour Airbus, lorsqu'une commande de 430 avions A320/A321 pour près de 50 milliards de dollars venait d'être annoncée au Salon aéronautique de Dubaï. Dans le même temps, Airbus se trouvait soupçonné d'affaires de corruption. De ce fait le climat à l'intérieur de la société s'est progressivement révélé altéré, plusieurs dirigeants étant amenés à quitter le groupe. Dans ce contexte, l'engagement d'achat (Memorandum of understanding) pour 20 A380 (accompagné d'une prise d'options pour 16 exemplaires supplémentaires) annoncé fin janvier 2018 par la compagnie Emirates apparaît comme une bouffée d'oxygène pour le programme A380, dont l'arrêt de la production était déjà évoqué.

Mais la nouvelle la plus étonnante, par son caractère conquérant, est l'annonce récente de la prise de contrôle du programme CSeries de Bombardier par Airbus. Dans la mesure où cette démarche peut toucher à la fois les intérêts américains et chinois, et poser de sérieuses questions de positionnement futur à des sociétés comme Embraer, il est apparu utile à la Commission Stratégie et Affaires Internationales de la 3AF de faire le point.

HISTORIQUE ET COÛTS DE DÉVELOPPEMENT

L'aventure CSeries débute à la fin des années 1990. Elle se concrétise en 2004 sous la forme d'une étude de faisabilité portant sur un avion à cinq sièges par rangée, décliné dans une variante de 110 à 115 sièges, ainsi que dans une version de 130 à 135 sièges. Après des années d'hésitation, le programme est finalement lancé en juillet 2008 avec une lettre d'intention d'achat de Lufthansa. Baptisés C110 et C130, ces projets seront renommés respectivement CS100 et CS300 en mars 2009 alors que le groupe allemand signe la première commande ferme du CSeries. Le développement du CSeries effectué par des équipes jusqu'alors habituées à des avions plus petits, est semé d'embûches. Les essais en vol ont piétiné, entre autres en raison de problèmes de motorisation, et l'entrée en service du CS100 n'a eu lieu qu'en juillet 2016, et celle du CS300 en décembre 2016.

Les coûts de développement annoncés en 2008 par Bombardier avoisinaient 2,6 Mds\$, dont 0,8 Mds\$ d'aide étatique. Actuellement on serait sur un coût total de 4,4 Mds\$. D'autres sources suggèrent un coût total de 6 ou 7 Mds\$, tout dépendant du périmètre effectif mais également des règles comptables. En avril et juin 2016, le Québec investit au total 1 milliard de dollars dans Bombardier. Début 2017, le gouvernement canadien a consenti un second prêt (le premier de 350 millions C\$ date de 2005) pouvant aller jusqu'à 372,5 millions C\$ à Bombardier. Le tiers du montant sera affecté au CSeries.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET PERFORMANCES

Les CSeries sont de conception récente (études de faisabilité à partir du début des années 2000) par rapport aux Boeing 737 et aux A320, dont les lancements officiels remontent respectivement à 1965 et 1984. Quatre générations de Boeing 737 se sont succédé et nous en sommes à la seconde génération d'A320.

Cette conception plus novatrice apparaît dans la cellule, avec l'aérodynamique des ailes et de leurs « winglets », les matériaux utilisés (composites dans les ailes, le fuselage

POINT DE VUE LA PRISE DE CONTRÔLE PAR AIRBUS DU PROGRAMME BOMBARDIER CSERIES



CS 300 au salon du Bourget 2015 (photo A. Rigollet)

arrière et les empennages, aluminium/lithium dans une grande partie du fuselage), qui offrent un gain en masse appréciable. Les systèmes et équipements profitent des nouvelles technologies que proposent les meilleurs fournisseurs américains et européens : freins électriques (sans hydraulique) sur les roues, commandes électriques, avionique modulaire intégrée de dernière génération. La conception du poste de pilotage, avec son mini-manche notamment, est plus proche de celle d'Airbus que de celle de Boeing.

Les CSeries ont surpris avec des performances en opération à leur entrée en service (consommation / distance franchissable) supérieures à celles vendues. C'est plutôt rare actuellement, a fortiori sur les premières machines utilisées par les clients. Le CS100 et le CS300 affichent officiellement une distance franchissable de 3100 NM (5700 km) et 3300 NM (6100 km) respectivement.

SITUATION COMMERCIALE, DÉMARRAGE DE LA PRODUCTION ET MISE EN SERVICE

A mi-janvier 2018, avec la récente commande d'Égyptair de 12 CS300, 372 commandes fermes d'appareils CSeries ont été enregistrées, dont 123 CS100 et 249 CS300. Ce dernier est actuellement le seul nouvel appareil en service sur le segment des 125-150 places, sur lequel il a une part de marché de 55%. Notons que sur ce même segment l'A319neo n'a été commandé qu'à 33 exemplaires et que l'arrêt de cette variante est attendu. De même, seuls 65 Boeing 737 MAX 7 ont été commandés, et ce malgré les modifications du projet apportées par l'avionneur de Seattle en juillet 2016 pour répondre aux demandes des clients de cette variante.

Le client de lancement SWISS a reçu son premier CS100 en juin 2016 tandis que le premier CS300 a rejoint la flotte d'AirBaltic en novembre 2016. Les CSeries ont particulièrement bien réussi leur mise en service opérationnelle, les appareils des compagnies aériennes clientes affichant des taux de disponibilité très élevés pour de nouveaux avions.



A321 neo au salon du Bourget 2017 (photo A. Rigollet)

CONFLITS AVEC EMBRAER ET BOEING ET ACTIONS DU GOUVERNEMENT AMÉRICAIN

Embraer se plaint de concurrence déloyale et le gouvernement du Brésil a porté plainte auprès de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC). Selon le Brésil, les subventions accordées par les pouvoirs publics canadiens au programme CSeries avoisineraient les 3 Mds\$.

La compétition entre Boeing et Bombardier est devenue féroce. Boeing, prétendant que Bombardier vend le CSeries à perte aux États-Unis grâce aux subventions publiques reçues, a demandé l'ouverture d'une enquête au Département américain du commerce en mai 2017. Cette démarche juridique s'inscrit en marge des campagnes de vente houleuses auprès de United Airlines et de Delta Air Lines, deux compagnies initialement intéressées par le CS100, segment sur lequel Boeing n'est pas présent. La première compagnie a finalement opté pour le B737-700 plus gros, tandis que la seconde a bel et bien choisi le CS100 en 2016. Fin septembre 2017, le Département du commerce américain recommande une mesure de rétorsion en imposant des droits de douane de 220 % sur les pièces du CSeries qui ne sont pas d'origine américaine. Fin décembre 2017, cette même administration propose d'imposer des droits de douane de 300 % ! En annonçant la mise en place d'une seconde ligne d'assemblage du CSeries à Mobile dans l'Alabama aux États-Unis, Airbus et Bombardier affirment contourner ce risque potentiel. Ce projet soulève beaucoup de questions, au niveau économique notamment. Sur le plan politique, le Canada et le Royaume-Uni ont mis des acquisitions de matériel militaire américain dans la balance. Le premier ministre canadien Justin Trudeau a clairement suspendu l'achat attendu de F/A-18E/F Super Hornet neufs à Boeing et décidé l'achat de 18 F/A-18 Hornet d'occasion à l'Australie. Au-delà de cette décision intérimaire, le F-35 et les trois chasseurs européens sont cités comme candidats potentiels pour la prochaine acquisition. Bombardier étant le premier employeur privé d'Irlande du Nord (14 000 emplois en dépendraient), la position américaine a également été

vivement critiquée au plus haut niveau au Royaume-Uni, partenaire historique majeur de Boeing (dont l'activité défense supporterait presque 13 000 emplois dans le pays). Les acquisitions futures auprès de Boeing sont ouvertement menacées d'être remises en cause. Le Président américain a été sollicité par M. Trudeau et Mme May. Les États-Unis ne s'opposent désormais plus uniquement au Canada et au Royaume-Uni sur ce sujet mais également à l'Union Européenne. Celle-ci avait adressé en novembre une lettre au Secrétaire du Commerce des États-Unis Wilbur Ross dans laquelle elle dénonçait de sérieuses lacunes tant au niveau de la méthodologie que des résultats de l'enquête américaine. L'*US International Trade Commission* a finalement considéré à l'unanimité que la vente du CSeries à Delta Airlines n'avait pas pénalisé Boeing, rejetant ainsi les droits de vente exorbitants qui avaient été proposés. Ainsi les perspectives du CSeries sur le marché américain s'éclaircissent.

L'ARRIVÉE D'AIRBUS DANS LE PROGRAMME CSERIES ET SES CONSÉQUENCES POLITIQUES

Étant donné les risques financiers que le programme CSeries fait courir sur l'ensemble du groupe Bombardier, ce dernier cherchait depuis plusieurs années à trouver un avionneur partenaire pour ce programme. En octobre 2015, les discussions entre Airbus et Bombardier avaient échoué. Plus récemment Boeing aurait refusé un accord similaire à celui finalement conclu avec Airbus. Quant à l'intérêt des Chinois pour le CSeries et ses technologies, il est très probable : Bombardier a des partenaires chinois importants et des accords avec COMAC sur le long terme ont été signés en 2011, 2012 et en juin 2013 (au salon du Bourget), en déclarant que le CSeries et le C919 chinois étaient complémentaires. Mais il semble depuis que cette coopération soit peu active : Alain Bellemare, président de Bombardier, n'a pas fait état de contacts avec COMAC lors de sa visite à Pékin en juin 2016.

Le gouvernement canadien, qui a fini par consentir un second prêt à Bombardier début 2017 et n'aurait pas été très favorable à un rapprochement avec la Chine, serait à l'origine de la seconde tentative de rapprochement avec Airbus. Si celle-ci a finalement abouti, il faut souligner que les risques pris par Airbus sont minimes par rapport à ceux de 2015 : les deux appareils sont désormais certifiés, en service et affichent de bonnes performances, et ce alors qu'Airbus a peiné dans le même temps à vendre son A319neo. À l'issue de cette prise de participation, la répartition des actions de la société en commandités (ou en commandite ?) Avions CSeries s'établira à 50,01 % pour Airbus, les participations de Bombardier et d'Investissement Québec étant respectivement réduites à environ 31 % et 19 %. Par ailleurs, on peut craindre que cette

coopération avec Bombardier n'accroisse les contentieux transatlantiques Airbus / Boeing.

Mais outre ces conséquences indirectes et inévitables, n'est-il pas envisageable qu'Airbus puisse être attaqué pour position dominante sur le marché ? Boeing et Embraer, qui ont déjà des relations privilégiées, ont annoncé fin 2017 être en discussion afin d'évaluer les possibilités de rapprochement. Si celles-ci échouaient ils pourraient éventuellement plaider à l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) contre une position jugée dominante.

LES CONSÉQUENCES INDUSTRIELLES POUR LE FUTUR ENSEMBLE AIRBUS CSERIES

COMPLÉMENTARITÉ / CONFLITS ENTRE LES PRODUITS, PILOTAGE DES PRIORITÉS.

Le CS100 complète la famille A320 par le bas. Quant au CS300, il domine très largement le segment 125-150 passagers sur lequel se trouvent aussi le Boeing 737 MAX 7 et l'Airbus A319neo (versions re-motorisées) notamment. Avec respectivement 65 et 33 commandes chacun (avions Airbus d'affaires inclus), ces derniers sont des échecs commerciaux, malgré l'avantage des « familles » (qualifications faciles des pilotes, certaines pièces de rechange communes, etc.). Non seulement il s'agit de versions raccourcies non optimisées pour la charge marchande transportée du fait de la politique de famille, mais la conception de base beaucoup plus ancienne ne peut rivaliser avec un avion de conception entièrement nouvelle. L'A319neo, n'a ainsi pas enregistré de commandes destinées à l'aviation commerciale depuis 2012. Il ne représentait fin 2017 que moins de 0,6% du carnet de commande de la famille A320neo. Son avenir fait débat depuis plusieurs années et l'accord sur le CSeries devrait se traduire tôt ou tard par un abandon total. La prise de participation dans le CSeries est une opportunité incroyable pour Airbus : il domine le segment au travers du CS300 sans avoir à investir davantage dans son A319neo. Un accord avec Bombardier en 2015 aurait probablement évité le développement de l'A319neo.

PILOTAGE DES ACTIONS DE MARKETING (POLITIQUES DE PRIX, etc.)

La commercialisation du CSeries a fait l'objet de nombreuses critiques par le passé, ce qui a conduit à plusieurs remaniements d'équipes. Par ailleurs, Bombardier a dû se heurter de front à Airbus et Boeing, prêts à tout pour conserver leur duopole : campagnes de dénigrement, demande d'ouverture d'enquête aboutissant à des propositions de droits de douane exorbitants... et ce même au sujet du CS100 occupant un segment de marché sur lequel les deux grands avionneurs ne sont pas présents.

POINT DE VUE LA PRISE DE CONTRÔLE PAR AIRBUS DU PROGRAMME BOMBARDIER CSERIES

La prise de participation d'Airbus dans le programme CSeries change la donne sur ce point. Airbus devrait mettre à contribution son importante force de frappe commerciale. C'est définitivement un atout pour le CSeries. Le segment de marché actuel du CSeries reste toutefois beaucoup plus restreint que celui des gros monocouloirs. Il est par ailleurs très inférieur aux prévisions affichées par tous les avionneurs, ce qui peut être interprété de différentes manières.

COORDINATION (FUSION FUTURE ?) DES ÉQUIPES DE SUPPORT

Le réseau mondial de support client d'Airbus constitue un avantage indéniable pour le CSeries, et devrait contribuer à réduire la frilosité des compagnies intéressées. À noter que depuis l'officialisation du rapprochement avec Airbus, Egyptair a commandé ferme 12 CS300 (avec 12 options) fin 2017 tandis qu'un client européen non identifié a signé en novembre une lettre d'intention pour jusqu'à 61 avions.

ORGANISATION DE LA « SUPPLY CHAIN », NÉGOCIATIONS AVEC LES FOURNISSEURS, etc.

La réduction des coûts et la « maîtrise de la chaîne d'approvisionnement » sont présentées par Airbus comme une de ses premières contributions au programme CSeries. Dans quelle mesure l'aide d'Airbus sera-t-elle effective dans ce domaine ? Si l'avionneur européen a l'habitude des mesures de réduction des coûts dans sa structure gigantesque, il va devoir faire face à un programme issu d'une entreprise familiale où les méthodes à employer sont peut-être différentes.

De même, le précédent du B717 (nom donné au MD-95 de 110 places après le rachat par Boeing de McDonnell Douglas) est intéressant : Boeing n'est pas réellement parvenu à renégocier financièrement les contrats avec les fournisseurs car ceux-ci n'y avaient aucun intérêt dans un contexte de faible production (137 avions). En effet, si le B717 était considéré comme un bon avion, il n'en était pas moins orphelin (l'assemblage du premier exemplaire était en cours lorsque le rachat par Boeing a été officialisé) et présentait peu de synergies industrielles avec le Boeing 737 dont il était complémentaire sur le marché. La taille du marché et les choix stratégiques de Boeing ont conduit à un arrêt de la production en 2006. Le secteur aéronautique a changé depuis (on a entre autres assisté à une importante concentration et une mondialisation des fournisseurs aéronautiques) mais l'expérience du B717 continue à mériter réflexion, surtout si les ventes du CSeries devaient continuer à stagner, malgré son carnet de commande (backlog) de plus de 380 avions début 2018.

LA CONCEPTION DU CSERIES EST PLUS RÉCENTE QUE CELLE DE LA FAMILLE A320

Airbus peut-il en retirer un avantage technique et organisationnel pour le futur ? Cette prise de contrôle peut-elle notamment servir à préparer le successeur de l'A320 ? Pour tirer pleinement profit de ce partenariat, Airbus a tout intérêt à l'élargir aux équipes de développement, souvent difficiles à coordonner en raison des « esprits de chapelle » qui peuvent y régner. Bombardier apporte une culture d'entreprise familiale, de prise de risques (y compris techniques) et de persévérance dont l'avionneur européen peut fortement bénéficier. Airbus apporte lui une maîtrise de la production en « grandes » séries, mais aussi une culture plus conservatrice et plus réticente à l'innovation.

Quel que soit le positionnement effectif du successeur de l'A320 sur le marché et son architecture, son développement nécessitera compétences ciblées et expérience. Or Airbus n'a plus développé de nouvel avion monocouloir... depuis 1984. L'avionneur européen pourra bien entendu tirer en partie profit de son expérience plus récente sur les long-courriers. Différents facteurs (forte externalisation, fort taux de rotation du personnel, dévalorisation des fonctions techniques, niveau de spécialisation technique, gestion à long terme des ressources humaines et du savoir-faire, etc.) posent toutefois la question du maintien des compétences dans de nombreux grands groupes aéronautiques. Sans compter l'apparition de nouvelles technologies et le fait qu'un avion monocouloir répond à des contraintes techniques et économiques bien différentes de celles des derniers développements d'Airbus. Dans ce contexte, disposer d'une expérience récente sur un monocouloir de dernière génération constitue un atout considérable, même s'il ne sera effectivement perceptible sur le marché que dans 10 ans au plus tôt.

LA CHAÎNE DE PRODUCTION DU CSERIES FAIT APPEL À DE NOMBREUSES SOUS-TRAITANCES

A-t-on une idée du pourcentage des retombées en main d'œuvre au Canada, aux États-Unis et en Europe ? Comme indiqué dans l'Encadré n°1, le Canada, l'Europe (Irlande du Nord, Grande-Bretagne, Italie) et la Chine participent à la production de la cellule. Les États-Unis fournissent la plus grande partie des équipements laissant une petite part à l'Allemagne et à la France. Il est encore difficile de préciser les volumes de main d'œuvre dans chaque pays, des transferts étant possibles (vers la Chine par exemple). De plus, l'implantation d'une chaîne d'assemblage final à Mobile (Alabama) augmentera significativement la part des États-Unis.

POINT DE VUE LA PRISE DE CONTRÔLE PAR AIRBUS DU PROGRAMME BOMBARDIER CSERIES

Encadré n°1 : **PRINCIPAUX FOURNISSEURS DES CSERIES** (source J.-P. Perrais)

1) **MOTORISATION :**

PRATT & WHITNEY : Moteur PW1500 G (avec réducteur de soufflante)

2) **RÉPARTITION DES PRODUCTIONS ET GRANDS SOUS-TRAITANTS D'ÉLÉMENTS DE CELLULE :**

BOMBARDIER :

Chaîne d'assemblage finale à Montréal/Mirabel.

Voilures à Belfast (Irlande du nord), pour les premières tranches de production du caisson central

Fuselage : Bombardier dans différentes usines pour les premières tranches de production de certains tronçons.

LEONARDO (Italie) : Empennage horizontal et dérive, équipés (hydraulique, électricité, commandes de vol).

GKN Aerospace (Grande-Bretagne) : Winglets (extrémités de voilure).

SHENYANG Aircraft Company (filiale d'AVIC, Chine) : Fuselage : le fuselage arrière sera sous-traité à partir d'un certain rang de production.

3) **PRINCIPAUX ÉQUIPEMENTIERS :**

ROCKWELL COLLINS (USA) : Avionique

DELASTEK (Canada) : Ensemble intégré du poste de pilotage.

HAMILTON STANDARD (USA) : Génération et distribution électrique. Gestion des moteurs (électronique, carburant, prélèvement d'air, protection incendie)

PARKER Aerospace (USA) : Commandes de vol électriques, système hydraulique, distribution de carburant.

GOODRICH (USA) : Motorisation des becs et volets de voilure.

HONEYWELL (USA) : Générateur de puissance auxiliaire.

LIEBHERR Aerospace (France) : Pressurisation et système de gestion de l'air cabine.

SENIOR Aerospace (Grande-Bretagne) : Tuyauteries de conditionnement d'air.

ZODIAC (C&D, filiale US) : intérieur de cabine (panneaux, sièges, éclairage, oxygène).

ZODIAC (France) : Toboggans d'évacuation.

LIEBHERR Aerospace (Allemagne) : Trains d'atterrissage.

MEGGIT (USA) : Roues et feins. Système de freinage.

GKN (Pays-Bas, ex Fokker Elmo) : Câblages et systèmes d'interconnexion.

IL SEMBLERAIT QUE LA MISE EN SERVICE DES PREMIERS CSERIES SE DÉROULE DANS DE BONNES CONDITIONS

Quels sont aujourd'hui et demain les clients potentiels de cet appareil ? La prise de contrôle par Airbus peut-elle participer à l'accélération du processus ? Les clients potentiels comptent certaines grandes compagnies pour leur réseau secondaire, qui suivront l'exemple de Delta, Air Canada, Korean Air, Egyptair, Republic Airways ou leurs filiales (SWISS pour Lufthansa), et les grandes compagnies régionales qui auront besoin de capacités entre 100 et 130 places. Pour le moment les grandes « low costs » n'ont pas encore donné de marques d'intérêt notables, mais l'avenir le dira. Les commerciaux d'Airbus pourront dans certains cas proposer des flottes harmonisées en avions de la famille A320 et des CSeries, en particulier dans les grands groupes (compagnies majeures et leurs filiales).

ON VIENT D'APPRENDRE LA COMMANDE GÉANTE POUR AIRBUS DE 430 AVIONS DE TYPE A320

Comment se place l'appareil CSeries dans l'ensemble des créneaux des avions monocouloirs ? L'Encadré n°2 donne l'échelonnement des capacités des avions commerciaux entre 78 et 160 places. Les CSeries se placent avec 5 passagers de front dans la cabine juste en dessous des plus petits modules, 6 de front de la famille A320 et de la famille B737. Dans les capacités inférieures les Sukhoi SSJ et les COMAC ARJ21 sont aussi à 5 de front, les Embraer et le Mitsubishi étant à 4.

MALGRÉ UNE EUPHORIE QUI PEUT SE COMPRENDRE, ON CONNAÎT LES DIFFICULTÉS AUXQUELLES DOIT FAIRE FACE AIRBUS DANS LE MOYEN TERME

Dans cette prise de contrôle, peut-t-on penser qu'il y a eu une sorte « d'union sacrée » politique et industrielle au niveau européen ? Si côté canadien, cette seconde tentative de rapprochement avec Airbus semble avoir été faite sous l'impulsion du pouvoir politique, le présent accord répond avant tout à une logique industrielle tant côté Bombardier qu'Airbus. Ce dernier s'est battu sous la houlette de Tom Enders pour limiter l'influence des États européens sur le groupe.

CONCLUSION

Le présent article fait un point sur le processus engagé pour la prise de contrôle par Airbus du programme Bombardier CSeries. À ce stade, l'environnement industriel, politique et commercial de cette opération n'est pas, tant s'en faut, stabilisé. Aussi, un certain nombre de constats affichés mériteraient d'être approfondis et certaines hypothèses retenues devront être confirmées et sans doute amendées dans un avenir proche.

POINT DE VUE LA PRISE DE CONTRÔLE PAR AIRBUS DU PROGRAMME BOMBARDIER CSERIES

Parmi les questions non complètement résolues, on peut citer :

- le coût du développement : pourra-t-on réduire la fourchette allant aujourd'hui de 2,6 Mds\$ à 6 ou 7 Mds\$, avec une part des aides consenties difficile à préciser ?
- quel sera l'aboutissement des discussions entre Boeing et Embraer ?
- que dire du résultat des plaintes déposées par les mêmes constructeurs auprès de certaines agences américaines pour l'un et auprès de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) par les deux ?
- le montage industriel et commercial imaginé par les industriels permettra-t-il de faire face aux différents obstacles évoqués afin de donner au programme CSeries toutes les chances de succès ?

C'est pour répondre à ces questions que notre article invite à poursuivre les investigations.

Pour résumer on peut dire que les principaux concurrents sont les suivants :

- CS300 : A319neo, Boeing 737 MAX 7, Embraer E195-E2. Le dernier paraissant le plus sérieux.
- CS100 : Embraer E190-E2, Sukhoi SSJ. Le premier paraissant le plus sérieux. L'ARJ 21 et le MRJ figurent pour mémoire, l'Embraer E175-E2 se situe dans les capacités nettement plus faibles

Mais « l'effet de famille » jouera dans les cas de compétition forte entre Bombardier et Embraer. ■

Encadré n°2 : POSITION DES CSERIES DANS LES AVIONS COMMERCIAUX (source J.-P. Perrais)

Constructeur Programme	Caractéristiques opérationnelles		Dates repères		Situation commerciale (mi-novembre 2017)	
	Capacité (nb de sièges)	Rayon d'action (Milles naut.)	1° vol	Entrée en service	Avions en service (nb d'opérateurs)	Carnet de commandes
Airbus A319neo	140/160	3 750	Mars 2017	1 ^{er} trim. 2018 (prévision)	-	33
Boeing B737 MAX 7	138/172	3 350	-	Janvier 2019 (prévision)	-	65
Bombardier CS300	130/160	3 300	Février 2015	Décembre 2016	12 (2)	225
Embraer E195-E2	120/146	2 650	Mars 2017	Mai 2019 (prévision)	-	102
Bombardier CS100	108/135	3 100	Octobre 2013	Juillet 2016	8 (1)	115
Embraer E190-E2	97/114	2 850	Mai 2016	Avril 2018 (prévision)	-	83
Sukhoi SSJ 100	98	1 590/2 390	Mai 2008	Avril 2011	106 (7)	51
Embraer E175-E2	80/90	2 060	-	2021	-	100
COMAC ARJ21	78/90	1 200/2 000	Novembre 2008	Juin 2016	3 (1)	410 (selon COMAC)
Mitsubishi MRJ90	78	1 020/2 020	Novembre 2015	Mi 2020 (prévision)	-	223

POINT DE VUE

RÉFLEXIONS INSPIRÉES PAR LA LECTURE DE L'OUVRAGE SUR ELON MUSK

par Bertrand de Montluc, commission Stratégie et Affaires internationales



La biographie d'Elon Musk par Ashlee Vance, traduite aux éditions Eyrolles en 2017, a inspiré quelques réflexions à l'auteur qui en fait part à la suite de sa recension de l'ouvrage.

E. Musk est un brillant capitaliste américain, assez typique de l'optimisme faustien de type californien, surtout connu du grand public pour sa participation au lancement de PayPal puis au développement d'une automobile électrique innovante, la Tesla, enfin pour ses initiatives dans le domaine spatial avec la création de l'entreprise SpaceX qui produit des lanceurs extrêmement économiques, la filière Falcon, lesquels sont en train de changer les équilibres économiques traditionnels du marché des lancements orbitaux. Un livre vient d'être publié en français relatant l'histoire de cette aventure, permettant de mieux comprendre les forces singulières mais aussi les faiblesses de l'entreprise qui a émergé dans le scepticisme général y compris en Europe. La 3 AF se devait d'en faire une recension et d'esquisser une analyse des leçons à tirer pour nous de cette entreprise.

LA GENÈSE ET LE DÉVELOPPEMENT SPECTACULAIRE DE SPACE X

Pour la petite histoire, les premiers contacts de Musk avec la communauté aéronautique ont été initiés à Los Angeles via la Mars Society, association éclectique de passionnés par l'exploration et la colonisation de la planète rouge. A l'occasion d'un " gala dinner ", Musk y fit alors la connaissance de Carol Stoker chercheuse à la NASA dont le mari ingénieur également à la NASA travaillait à un projet de planeur qui survolerait Mars. Mais Musk trouvait les experts insuffisamment ambitieux et c'est pourquoi il créa en 2001 sa propre Fondation, " Life to Mars ", aux réunions de laquelle il invita des grands de la NASA tels que Mike Griffin ancien d'In Q Tel et d'Orbital Sciences (quelques années plus tard il deviendrait même patron de la NASA).



La fusée Falcon 9 de SpaceX atterrissant sur le bateau drone.

Par ailleurs, il fit un grand tour du petit monde spatial (de Pasadena à Moscou en passant par Paris) et décida enfin de se lancer dans le business des lanceurs, aventure coûteuse et hasardeuse à laquelle bien des millionnaires avant lui s'étaient essayés sans succès. Sa rencontre avec

Tom Mueller de TRW et avec John Garvey ex de McDonnell Douglas (lequel à Huntington Beach s'activait sur un nouveau moteur de fusée de 36 kg) se révéla déterminante. Mueller aida Musk à remplir sa feuille de calcul sur les performances et le prix d'une nouvelle fusée à bas coût visant le segment de petites charges utiles comme cheval de Troie pour s'ouvrir un boulevard d'une ère nouvelle de l'exploration et de l'exploitation de l'espace. A ce moment-là, PayPal étant entré en bourse, le portefeuille de Musk fit un bond en avant spectaculaire (son patrimoine était passé à des centaines de millions de dollars). Cela lui permit de créer en juin 2002 Space Exploration Technologies (SpaceX) à Hawthorne (Californie) dans un grand hangar servant de dépôt qu'il fit transformer en usine - suivant un schéma nouveau radicalement différent de celui des grands majors industriels, de très jeunes ingénieurs issus des meilleures universités côtoyant dans une atmosphère amicale de potaches surdoués, des informaticiens haut de gamme, aussi bien que des soudeurs et mécaniciens. L'entreprise construirait ses propres moteurs et achèterait le reste dans le commerce ou à des sous-traitants. L'avantage concurrentiel consisterait à produire un moteur meilleur et moins coûteux en optimisant le processus productif afin d'assembler les moteurs plus vite pour moins cher, l'objectif étant d'éviter à tout prix de devenir un énorme sous-traitant du gouvernement américain.

Musk s'identifie à la grande nation bienveillante, optimiste et réticente à la bureaucratie (l'Amérique) avec en perspective le projet de repartir de zéro dans le secteur des fusées sur des bases inédites par l'emploi de procédures et de techniques apprises dans la Silicon Valley, mettant à profit les énormes progrès intervenus depuis vingt ans dans les domaines des matériaux et du calcul, évitant les gaspillages et les dépassements de budget rituels chez les grands Prime, le tout pour le bien de l'humanité conquérante. La première fusée serait appelée Falcon en hommage au Falcon du film Star Wars.

A l'annonce d'intentions aussi sympathiques les militaires du Pentagone, qui traditionnellement paient une fortune leurs lancements, furent vivement intéressés - dans un contexte stratégique de recherche d'une panoplie spatiale plus "responsive", plus souple d'emploi et moins chère. Pete Worden, l'un des grands experts particulièrement créatif du petit monde spatial à cette époque et consultant de référence au Département de la Défense (DoD), se montra par exemple positif.

Les dirigeants embauchés par Musk formèrent une équipe d'élite intellectuellement musclée, venant de l'université mais aussi de grands constructeurs comme Boeing, TRW et du JPL de la NASA. Tout de suite ils s'attaquèrent à la construction d'un premier moteur, le Merlin, à sa coiffe, puis à un prototype complet Falcon 1

- tout en annonçant le projet d'un lanceur lourd visant la clientèle NASA, Falcon 5. Car déjà Musk avait trouvé un client, le DoD pour le lancement d'un satellite TacSat. Pour faire face à un tel plan de charge, il n'y avait qu'un moyen, travailler beaucoup dans l'esprit d'une Start up, et identifier des sous-traitants hors le cercle classique des équipementiers de l'aérospatial, capables d'accompagner la créativité et la vélocité de l'équipe de Musk. Les défis techniques étaient énormes, l'avionique en particulier qui comprenait l'électronique de navigation de communication et de pilotage de la fusée. Le premier test de mise à feu du Falcon (5 secondes) sur la base militaire de Vandenberg (mai 2005) ayant réussi, l'équipe se trouva par la suite contrainte pour le premier vol d'essai de trouver un site non militaire...en l'occurrence entre Guam et Hawaï sur un îlot des Marshall, Kwajalein ! Le premier essai fut un échec en raison d'une fuite d'oxygène sur un moteur et de défauts dans le système de distribution électrique obligeant l'équipe à se fournir auprès d'un distributeur de composants grand public. Le test du 24 mars 2006 fut un nouvel échec, le lanceur retombant sur le site suite à un incident sur le moteur (due à la corrosion de l'atmosphère saline de l'île). Mais le 30 juillet 2008 un lancement réussi du modèle Falcon 9 connu la réussite. Falcon 1 avait été pendant ce temps modifiée (nouvelle version du Merlin dotée d'un système de refroidissement modifié) ; toutefois un nouveau test en vol fut un nouvel échec (défaut d'allumage du second étage) alors que Musk qui avait mis 100 millions dans Space X se trouvait aux abois en raison surtout de difficultés sur le prototype de voiture électrique Tesla. Le quatrième lancement de Falcon, qui aurait bien pu être le dernier, eut lieu le 28 septembre 2008, sans charge utile, et ce fut un succès après 6 ans d'efforts de 500 personnes sur fonds privés et moyennant une débâcle financière pour Musk lui-même. En outre, Musk prit la décision de construire un lanceur lourd "Falcon heavy" par réunion de 3 Falcon 9, soit 27 moteurs Merlin capable de transporter 53 tonnes de charge en orbite.

Fort à propos, la NASA, quelques mois après, prit la décision de confier à SpaceX le développement de la capsule "DRAGO", laquelle devait pouvoir assurer la navette de fret avec la station spatiale ISS. Le contrat se montait à 1,6 milliard de dollars pour 12 vols (il fallut tout de même 4 années pour finaliser les développements, parfois avec l'aide de la NASA, de cette capsule de conception nouvelle pour un coût de production de 300 millions de dollar qui est désormais opérationnelle). En parallèle la société continuait de développer le lanceur Falcon 9, équipé de 9 moteurs à oxygène liquide et kérosène, la plupart du temps lancé sur la base de l'Armée de l'Air à Vandenberg, et facturé à un prix imbattable. Enfin, Musk a pris la décision de faire travailler son équipe sur un concept inédit de lanceur réutilisable (après quelques déboires, il parviendra à ses fins en 2018 ; récemment un satellite indonésien Merah Putih a été lancé sur un Falcon 9 block 5,

réutilisable 10 fois, et la récupération du premier étage a eu lieu sur une barge en mer avec succès).

En fait E. Musk ne veut pas seulement abaisser le coût des lancements de satellites et du ravitaillement de la station spatiale, créant de la sorte un nouveau modèle économique dans le domaine des lanceurs, il voit plus loin, la colonisation de Mars – qui supposera des moyens de ravitaillement et de fret sans précédents. Sa méthode n'est plus celle des PMI de la Silicon Valley. Installée à Hawthorne, l'usine SPACE X (50 000 m²) se distingue de ses concurrentes par des installations originales et des méthodes de travail jamais pratiquées dans le "business" spatial : les zones de travail sont délimitées de manière informelle, des lanceurs couchés attendent d'être livrés, une salle blanche accueille les capsules Drago, un banc d'essai est disponible pour les équipements électroniques et informatiques, des techniciens travaillent sur un moteur Merlin, une bâche protège les travaux plus classifiés ! Dans une zone latérale, Space X fabrique son électronique, des composites spéciaux. L'espace de bureau est installé au milieu de l'atelier, dans des box en verre, le tout baignant dans une lumière bleutée. Le concept d'ensemble de l'atelier est la construction intégrée, la société fabriquant de l'ordre de 80% des produits y compris cartes mères, circuits intégrés, détecteurs de vibration, ordinateurs de bord, panneaux solaires, équipement de soudage par friction (malaxage) ou les achetant dans le commerce, à contre-pied des grands Prime du spatial (ULA/Lockheed-Martin) qui recourent massivement à la sous-traitance. Des bancs de test informatique permettent de trouver des solutions en temps réel lors de défaillances détectées au dernier moment sur le site de tir – situation impensable pour les ingénieurs du complexe aérospatial classique. Il est même permis chez Space X de modifier les procédures de travail trop technocratiques ou régulatrices aux yeux de Musk (exemple : changement de filtre).

RÉFLEXIONS INSPIRÉES PAR LE LIVRE

Au final, l'objectif d'E. Musk paraît être de ne gagner que peu sur chaque contrat mais d'engranger un maximum de commandes publiques et privées, y compris provenant des acteurs et opérateurs du "New Space", et de faire baisser les prix du transport spatial de telle manière que la colonisation planétaire s'en trouverait grandement facilitée, l'objectif étant d'établir une base autonome sur Mars. Une esquisse d'analyse peut être tentée sur la base des quelques observations qui suivent.

Les leçons à tirer pour nous en Europe ne sont pas négligeables, contrairement à de premières analyses un peu rapides, même s'il reste vrai que le marché européen n'est pas comparable au marché américain. Première leçon, la liberté de travail aux Etats-Unis que l'entre-

prise Space X a su mettre à profit : peut-on concevoir qu'elle progresse dans les pays du Vieux continent ? Dans le même esprit, sommes-nous, agences publiques et industriels, capables de progresser plus vite sur la voie de nouvelles méthodes de travail et d'approvisionnement en nous libérant de certaines contraintes bureaucratiques issues de la logique de l'arsenal (profil des personnels, calcul des prix, gestion des échecs, etc.) ? Peut-on rêver à une telle révolution des procédures tout en gardant pour les agences publiques, nationales ou européennes, un rôle fédérateur, qui permette de transfuser en tant que de besoin de l'expérience et du savoir-faire des ingénieurs de la technostructure et, en revanche, de leur vendre à prix modéré des développements de qualité ("best value for money", en quelque sorte) ? Sur ce point, notons qu'Elon Musk s'est montré assez convaincant et persévérant : en fin de compte, les soutiens publics qu'il reçoit désormais sous forme de commandes de la part de la NASA et du Département de la Défense (DoD) sont déterminants, et ces grands donneurs d'ordre y trouvent leur compte.

Un indice encourageant de notre côté : la volonté de certains groupes de travailler autrement dans les établissements de fabrication, en recrutant des jeunes au profil atypique, en allégeant contraintes et habitudes, et en mettant l'accent au tout premier chef sur l'innovation. Le défi inouï lancé à l'origine par l'Américain Wylér "One Web" (internet de l'espace) est ainsi dorénavant porté par Airbus Defence and Space, couvrant toute une série de solutions techniques révolutionnaires en vue d'exploiter et d'explorer l'espace suivant un modèle économique inédit.

Un groupe de réflexion de la 3AF avec la participation de la commission Stratégie et affaires internationales pourrait se donner comme objectif de recherche d'analyser ce qu'il est envisageable de tirer comme conclusions de l'expérience Space X en vue de faire évoluer notre propre façon de travailler et de conduire nos projets en France et en Europe. ■



Secrétaire général du Professeur Blamont au Service d'Aéronomie du CNRS de 1972 à 1982, Bertrand de Montluc a ensuite consacré sa carrière au CNES aux affaires internationales et européennes puis en tant que directeur adjoint de la Stratégie.

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES À PROPOS DE L'INITIATIVE " OBSERVATOIRE DU NUMÉRIQUE " DE LA 3AF, LA DIGITALISATION DES ENTREPRISES

par Bertrand de Montluc, membre de la commission Stratégie et Affaires internationales de la 3AF

Le président de la 3AF a lancé un " Manifeste de l'Observatoire ouvert du numérique " dont il a confié le pilotage à M I. Garcia-Brotans. Cet observatoire est ouvert à des acteurs experts n'appartenant pas à la communauté aéronautique et spatiale. Son champ d'études est très vaste puisqu'il vise à traiter des différentes modalités de la transformation numérique (I.A., neurones artificiels, Deep Learning ¹, projets agiles, Big Data). Celle-ci joue en tant que rupture technologique, sans aucun doute majeure, un rôle croissant dans le domaine économique et industriel ainsi qu'en atteste la publication de nombreux travaux d'économistes, d'universitaires et de chercheurs sur ce sujet ².

De quoi s'agit-il ? De la mise en oeuvre de systèmes capables d'exécuter des processus neurologiques de haut niveau tels que l'apprentissage, la mémoire ou le raisonnement critique grâce à la maîtrise d'une masse considérable d'informations obtenues par interconnexion permanente en tout lieu et pratiquement pour tous usages, phénomène inédit à ce niveau.

Comment cela se traduit-il concrètement ? Une réponse évidente est que ces innovations " capacitanes " imposent aux entreprises industrielles et commerciales (y compris dans les domaines dits régaliens) de réinventer leur modèle économique, la chaîne de production et la chaîne de fonctionnement interne, au total un bouleversement des méthodes de travail. A partir de là, apparaît pour les acteurs un *modus operandi* nouveau : le renversement du poids respectif des grandes fonctions " immatérielles " (relations humaines, fonction commerciale, relations publiques (toutes fonctions au contact du client) dans la prise de décision, par rapport aux fonctions " matérielles " jusqu'à présent prépondérantes dans nos industries du secteur aérospatial et de défense du fait de la technicité des produits. En somme les usages plutôt que les performances ! La vie des entreprises industrielles - surtout celle des très grands groupes - s'en trouvera sérieusement modifiée : information en temps

réel et partagé, travail collaboratif en circuit court (méthodes dites agiles ³). Soit le modèle Space X de Musk plutôt que le modèle de l'arsenal ou du CNPF classique. Il est clair que compte tenu de la masse effarante d'informations et de données à dispatcher et à traiter, le mot d'ordre va être "Partager". Ne pas chercher à tout contrôler. Etre transparent, fluide, pour être efficace.

Il a été demandé à la CSAI/3AF de contribuer aux travaux du groupe 3AF " Observatoire du digital " par une réflexion, interne et préliminaire à ce stade, sur les enjeux de ces travaux, de façon à parvenir à identifier quelques fils conducteurs intéressant la communauté de la société savante pour l'essentiel composée d'ingénieurs de l'industrie et des agences.

La présente note a pour objet de présenter, à partir des observations d'un petit nombre de collègues ⁴, quelques remarques de méthode ou visant à clarifier une réflexion dont le champ est extrêmement diffus, en cherchant à contribuer modestement à dédramatiser les enjeux de l'IA et à mieux comprendre ce qui est possible et ce qui ne l'est pas.

Dans un premier temps, on fera deux remarques liminaires concernant la dynamique du groupe Observatoire, et dans deuxième temps on formulera quelques observations générales dans le champ de la réflexion.

* * *

1/ Une première remarque concernant l'Observatoire 3AF concerne l'objectif de la démarche. Il ne s'agit pas, à notre sens, d'un exercice visant seulement à étendre notre culture, même si un tel acquis est nécessaire aujourd'hui. La finalité devrait être, selon nous, d'identifier ce dont disposent, dans la " boîte à outils " IA ⁵, les entreprises qui souhaitent expérimenter des approches IA et, après un investissement dans les connaissances de ces nouvelles

¹ L'IA est un ensemble de disciplines informatiques qui s'intéresse au raisonnement et à l'imitation de capacités humaines. Les progrès de l'IA ont franchi une étape majeure suite aux découvertes qui ont permis d'imiter les structures de réseaux neuronaux à couches multiples du cerveau (Deep Learning). Il s'agit donc pour l'essentiel d'imaginer des architectures de réseaux assez similaires aux grands faisceaux de connexions structurés comme ceux du cerveau humain. Pour les définitions et les concepts de base, voir les publications de l'Académie des Technologies (Rapport sur l'industrie du futur, 2017, et Renouveau de l'IA, 2018).

² Notamment, D. Cohen " Il faut dire que les temps changent " (2018, Albin Michel), Y. Le Cun, Leçon inaugurale au Collège de France, Y N Harari " Homo deus " (2018, Albin Michel), S Dehaene, Y Le Cun, J Girardon, " La plus belle histoire de l'intelligence - Des origines aux neurones artificiels " (2018, Robert Laffont). C.Villani, " Donner un sens à l'intelligence artificielle - Pour une stratégie nationale et européenne ", rapport de mission parlementaire, mars 2018. J. Blamont, " Réseaux ! Le pari de l'intelligence collective " CNRS Editions, novembre 2018 (notamment chapitre 2). La révolution Big Data, Y Echenne, JC Cointot, éd. Dunod.

³ Voir les travaux récents de l'économiste D. Cohen dans l'ouvrage précité.

⁴ B. de Montluc, Ph. Charruyer, V. Bonniot, et P. Hummel.

⁵ Pour des détails sur la boîte à outil, voir un résumé dans le chapitre 2 du Rapport précité de l'Académie des Technologies, 2018, pp. 47-51.

disciplines, de comprendre :

- d'abord, en quoi les ruptures techniques introduites peuvent changer la méthode de production des " objets technologiques " (dont ceux qui nous sont familiers, systèmes de systèmes, développements industriels aérospatiaux ou de défense et sécurité), ce qu'on appelait la chaîne de production ?

- et, en second lieu, concernant les ruptures d'usage des équipements, de comprendre en quoi elles peuvent dans un avenir pas forcément très lointain bouleverser la conduite d'opérations (dont la définition reste à préciser). Saurons nous nous montrer à l'avant-garde de l'utilisation massive de l'information et du retour sur information ; jusqu'à quel point, au-delà des tabous professionnels, la machine va-t-elle remplacer l'homme y compris dans les opérations militaires ?⁶ Sur ce point, le texte récent de J-C. Noel, précité en note, intitulé " Vers une nouvelle révolution militaire ? " (IFRI, 2018) donne des éclairages assez précis sur le fait que les technologies IA capables de brasser une quantité énorme d'informations, de les relier, d'établir de meilleures connexions entre elles et de tester finalement les options favorables vont conduire à un bond en avant des capacités d'anticipation des forces et relancer la fameuse problématique EBO (Effect-Based Operations) en vogue depuis la guerre du Golfe de 1991 et un peu passée de mode depuis. A ce stade, on parle de complémentarité homme/machine, mais il paraît d'ores et déjà que la machine, de plus en plus autonome pour pallier les effets de communications possiblement peu sûres, produira des progrès étonnants en matière de fiabilité et de sécurité (résistance aux cyberattaques par exemple). La multiplication de machines artificielles au sein des armées pourrait même à terme si l'on en croit des experts militaires favoriser des affrontements tactiques entre unités automatisées conduites par des algorithmes. L'automatisation en ce sens est clairement un facteur significatif de l'amélioration des performances des systèmes de combat, quand bien même elle ne serait pas pour autant un facteur de réduction des coûts d'acquisition. Pour tempérer l'euphorie, rappelons que l'expérience a aussi montré que, jusqu'à présent, que les systèmes les plus sophistiqués peuvent être leurrés. Au plan international global, il est théoriquement envisageable que les doctrines d'emploi de l'IA des différentes

armées des grandes puissances puissent converger. En ce sens, on pourrait aller jusqu'à dire que l'IA deviendra au plan stratégique une arme politique redoutable (USA/Chine). D'ores et déjà une course aux armements à base d'IA est en cours avec des projets de recherche dotés de budgets considérables⁷.

- enfin il serait utile de progresser sur le fait de savoir in fine en quoi ou dans quels domaines ces technologies innovantes peuvent apporter des solutions vraiment utiles (aux industriels, aux opérateurs et usagers) éthiquement compatibles. La perspective de développer des machines capables non seulement de produire un comportement intelligent, mais aussi d'éprouver un sentiment de conscience de soi ou même d'une forme d'émotion, doit nous interroger.

2/ Une seconde remarque tient à la définition du champ de l'étude puisqu'il est susceptible de couvrir la numérisation des fonctions de conduites des systèmes techniques (leur usage, leur " command and control " ; C2 comme disent les américains), des aides à la décision opérationnelle, la mise en réseaux de systèmes (modélisation et anticipation d'effets), la transformation des processus des donneurs d'ordre et industriels, etc.

Quelques observations plus générales pourraient par ailleurs contribuer à la clarification des enjeux dans le champ de l'étude:

• Concernant la numérisation ou digitalisation de fonctions de pilotage de systèmes complexes (dans la défense, par exemple, conduite de tir en mer) comme on le fait depuis les années 70, il s'agit désormais d'intégrer encore plus le progrès monumental des ordinateurs, des composants électroniques et des logiciels (la fameuse loi de Moore, les avancées des GAFAs, algorithmes nouveaux). L'évolution se fera en fonction des progrès rapides de l'offre numérique⁸. En revanche, ne perdons pas de vue que la rupture peut être freinée ou accélérée par le facteur économique ou sociologique, par des raisons de coût ou de rigidité du facteur travail.

⁶ Voir l'article *Le Monde* par N Guibert " Les défis militaires de l'IA " 19 octobre 2018 et le récent rapport de l'IFRI, " IA : vers une nouvelle révolution militaire ? " par Jean Christophe Noel, 2018. Pour les conséquences du remplacement de l'homme par la machine dans les domaines sensibles tels que la santé ou les transports, voir l'ouvrage collectif précité de S Dehaene, Y Le Cun, J Girardon, " La plus belle histoire de l'intelligence ".

⁷ Les Etats-Unis consacreront 18 milliards USD pour des recherches (DARPA, ARPA-E) dans les trois prochaines années dans les domaines requis à l'automatisation de l'armement de défense et de sécurité. Les budgets globaux y compris dual et commerciaux seraient également importants en Chine, via un plan d'investissement étatique de 22 milliards USD à 2020 et des fonds privés massifs venant des Gafa chinois les BATX (Baidu, Alibaba, Tencent, Xiaomi) ; en Europe, la CE a publié le 6 juin 2018 un plan " Digital Europe " de 9,2 milliards d'€ dont 2,5 milliards pour l'IA. Voir " La guerre de l'Intelligence artificielle aura-t-elle lieu ? " M. Guillaume, B. Pajot, *Les Carnets du CAPS, Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères N°26, Automne 2018*.

⁸ Voir pour des explications et des exemples notamment l'ouvrage du professeur J Blamont, *Réseaux, éditions de CNRS, Paris 2018*.

Dans le domaine spatial, autre exemple, on peut imaginer d'embarquer sur ce qui vole ou se met en orbite des choses qu'on ne savait faire qu'à terre et qu'il fallait ensuite transporter. Les matériels proposés par le " New Space ", consommables, flexibles, sont grosso modo ceux du commerce des composants électroniques digitaux et peuvent être produits en série, à un coût a priori abordable. Reste que l'environnement spatial est contraignant et ne se prête pas systématiquement à l'amortissement d'investissements qui n'intéressent pas toujours le marché à court terme.

• Le domaine très important du C3I (command, control, communication, information) militaire ou civil est en évolution également depuis les années 70 avec des fortunes diverses en fonction de certains choix contractuels (systèmes propriétaires fermés, difficultés à élaborer les spécifications des logiciels faute de labos technico-opérationnels). Les " systèmes experts " d'aide à la décision (ancêtres du Deep Learning ?) ont voilà dix ou quinze ans représenté une avancée ; mais ils étaient basés avant tout sur l'action initiale de l'homme. Aujourd'hui dans le Deep Learning la machine absorbe les données et l'expérience puis détermine elle-même la conduite. La mise en réseau de systèmes, qu'on appelait au début des années 2000 dans les milieux de la défense " Network Centric Warfare " (NCW), est par conséquent un domaine en plein renouvellement où l'homme ne joue plus le rôle qu'on lui assignait traditionnellement. Là est sans doute une place évidente pour l'IA si des problèmes de standards (nationaux et internationaux), de fréquences et de robustesse peuvent être surmontés.

• Enfin, et surtout, les questions liées à la remise en cause via le progrès technologique IA du mode de fonctionnement et de production des organisations et des entreprises, non spécifique en soi au secteur aérospatial, sont nous semble-t-il capitales, sachant que dans le domaine industriel qui nous concerne certains paramètres peuvent (ou non ?) être différents de ceux du " business as usual ". Dans le commercial de grande consommation, on a plutôt du " push " (l'entreprise analyse et intuïte comme elle peut le besoin, trouve des solutions et voit si le marché aval répond et comment). Dans les domaines qui nous sont proches, on a le plus souvent à faire à des solutions " pull " pour des problèmes à court ou moyen terme formulés par des donneurs d'ordre pour le compte d'une famille d'utilisateurs, en tenant compte du retour d'expérience dans un milieu donné (espace, air, mer, terre). Force est de constater que dorénavant nous sommes face à un marché dominé par un pull nouvelle version - c'est-à-dire une démarche centrée essentiellement sur l'expérience des utilisateurs pour lequel le produit ou le service est individualisé le plus possible. Cela correspond au concept majeur de retour d'expérience au sens informatique du terme et à la notion de systèmes modulaires, flexibles et réversibles. L'impact des innovations numériques /IA sera à situer dans la relation " client " ou spécificateur et fournisseur industriel. ■

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

par Bertrand de Montluc, membre de la commission Stratégie et Affaires internationales de la 3AF

Contrairement à l'Antarctique protégé par le Traité de l'Antarctique signé en 1959 - c'est-à-dire voilà plus de cinquante ans - l'Arctique ne fait l'objet d'aucun régime juridique international, alors qu'il est aujourd'hui, avec le phénomène de réchauffement climatique qui touche la région, la cible d'appétits économiques potentiellement ravageurs. Au cours des dernières décennies, le phénomène géophysique du changement climatique a en effet dessiné un "nouvel Arctique" en raison de la fonte de la banquise et du dégel du pergélisol. Le rapport du GIEC (groupement d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) en 2013 a confirmé ce phénomène : augmentation des concentrations de gaz à effet de serre, réchauffement de l'atmosphère et des océans, diminution de la couverture neigeuse, recul des glaciers, élévation du niveau des mers. La crainte que la fonte massive du pergélisol entraîne une augmentation brutale des émissions de méthane - gaz à effet de serre 25 fois plus puissant que le gaz carbonique - constitue également une menace qu'il faut prendre au sérieux puisqu'elle aurait pour effet d'amplifier encore le réchauffement dans une mesure qui reste difficile à évaluer.

Autre source de fragilisation pour la région, l'attention des acteurs mondiaux a été attirée par les ressources énergétiques et naturelles recelées en quantité par l'Arctique, ainsi que par les possibilités d'ouverture de nouvelles routes maritimes, deux facteurs potentiels de globalisation de la zone. Cette évolution qui fait de la région, jadis scène de la rivalité bipolaire, une région en transition suscite naturellement l'intérêt croissant des grands acteurs internationaux, non seulement les cinq pays limitrophes mais aussi la République Populaire de Chine, l'Inde ou encore Singapour. Pour sa part, l'Union européenne a, dès 2002, sous l'impulsion de la présidence danoise du Conseil, marqué son intention d'être un acteur global en introduisant le concept de "fenêtre arctique" dans la dimension nordique.

La note qui suit a pour objet d'exposer à la fois les aspects scientifiques et les aspects géopolitiques de la question de façon à envisager la faisabilité d'un régime juridique de protection, ou d'une charte d'alerte en cas de catastrophe, utilisant toutes les ressources des satellites scientifiques et d'application.

La 3AF, société savante de l'aéronautique et de l'espace, estime en effet de son devoir d'alerter ses membres et les

milieux autorisés sur une problématique dont certains aspects seront traités par la Conférence des Nations Unies sur le Climat COP (UNFCCC) qui se réunit à Paris à la fin de l'année. En fonction des résultats de cette réunion internationale de très haut niveau, il pourrait se révéler opportun d'organiser, en liaison avec l'Académie de l'air et de l'espace, un Forum professionnel d'une journée, ouvert aux partenaires européens et aux experts étrangers, mettant l'accent sur le rôle des satellites pour protéger l'Arctique¹.

I - LA PHYSIQUE DU PHÉNOMÈNE ET SES CONSÉQUENCES

Pour commencer, rappelons quelques étapes de l'histoire de l'exploration de l'Arctique, une région qui s'étend sur 25 millions de kilomètres carrés dont 14 millions pour l'océan Arctique. Cette région dont le climat est extrême, est restée jusqu'au siècle dernier, très difficile d'accès et isolée. La région entourant le Pôle Nord semblait n'être qu'un espace vide déconnecté des événements internationaux. C'est lors de la Seconde Guerre mondiale qu'est apparue la vulnérabilité politique et stratégique de l'océan Arctique. La guerre froide (1946-1986) a ensuite transformé l'Arctique en un territoire stratégique. Jusqu'au milieu des années 1980, l'espace arctique, divisé en un secteur "Ouest" et un secteur "Est", pouvait être considéré comme un espace militaire critique dans lequel les intérêts politiques, économiques, scientifiques devaient être subordonnés aux intérêts de sécurité nationale. À partir de 1987, à l'initiative de M. Gorbatchev proposant des mesures pour la restauration de la confiance dans l'Arctique, a débuté une période de coopération internationale. En 1991, huit pays arctiques ont signé un document de stratégie pour la protection de l'environnement arctique (SPEA - Arctic Environmental Protection Strategy) qui a abouti en 1996 à l'instauration du Conseil de l'Arctique en vue de promouvoir le développement durable dans les domaines sociétaux, économiques et environnementaux de la région. Une déclaration sur la coopération militaire environnementale dans l'Arctique (AMEC - Arctic Military Environmental Cooperation Declaration) a en outre été signée en septembre 1996 par la Russie, les États-Unis et la Norvège. Plus récemment, en 2008, la Déclaration d'Ilulissat signées par le Canada, les États-Unis, la Russie, la Norvège et le Danemark a délimité de façon exclusive (en écartant l'Islande, la Suède et la

¹ Pour des références plus précises voir les travaux du " Centre for Climate and Energy Solutions " (www.c2es.org), l'ouvrage *La diplomatie climatique - Les enjeux d'un régime international du climat*, Editions Pedone, Paris, 2010, et l'analyse de la Fondation de la Recherche Stratégique (FRS) " Arctique : perspectives stratégiques et militaires ", recherches & documents N° 03.2013, Novembre 2013.

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

Finlande) l'extension de l'océan Arctique aux frontières côtières situées au nord du cercle polaire (66,56° de latitude Nord). Une définition plus souvent admise du continent arctique est délimitée par la ligne de 10° C, soit des régions où la température du mois le plus chaud n'excède pas les 10°... L'Arctique se trouve maintenant à un carrefour critique : se transformera-t-elle en une région fragmentée, une région stratégique, ou deviendra-t-elle une région de coopération internationale avec une gestion partagée de l'exploitation de ses ressources naturelles et des risques associés ?

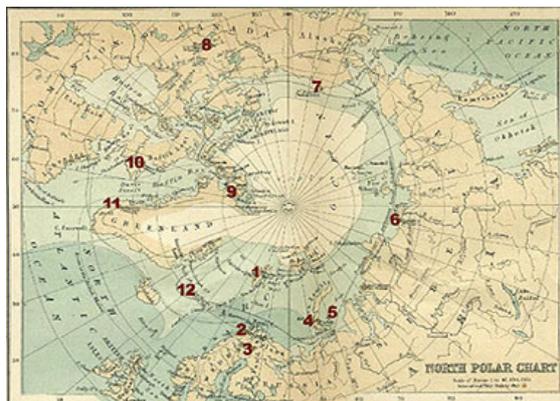
Avec le réchauffement climatique, ces enjeux prennent une importance croissante qui dépasse le cadre régional de l'Arctique car les effets de ce changement concernent le devenir de l'humanité. En évoquant le phénomène physique de changement climatique de quoi parle-t-on exactement ? On sait que depuis la fin du 19^e siècle, les régions septentrionales du globe (au nord de 60°N) se sont réchauffées environ deux fois plus vite que le reste de la planète, et cette amplification a toutes les chances de continuer au 21^e siècle. L'augmentation rapide des températures de l'air en Arctique, connue sous le nom d'amplification polaire, est attribuée à des rétroactions positives internes au système climatique arctique qui en accentuent la réponse au forçage anthropique.

Quantifier ces impacts est un pré requis pour accompagner l'adaptation des peuples riverains et plus généralement du milieu vivant aux changements du milieu physique et en outre pour favoriser une gestion efficace et sécurisée de la région face à son ouverture rapide à l'exploitation économique. Réaffirmée dans une résolution du Parlement européen en mars 2014, cette préoccupation a été endossée en mai dernier par le Conseil (affaires étrangères) de l'Union européenne (UE), estimant que l'Europe doit renforcer sa contribution à la coopération arctique en plaçant "pour un engagement actif de l'UE avec les partenaires arctiques en vue de relever les défis du développement durable, de manière prudente et responsable".

LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE INTERNATIONALE

Les domaines de coopération privilégiés en Arctique sont la recherche scientifique et l'exploration. Dans les régions polaires, difficilement accessibles en raison de la rudesse de leur climat, l'observation scientifique des phénomènes géophysiques et climatologiques ne peut se faire efficacement que par le biais d'une coordination internationale. La coopération internationale scientifique est née à la fin du 19^e siècle, en 1882-1883, avec la mise sur pied de la première année polaire internationale (API) qui eut des retombées spectaculaires dans de nombreux domaines scientifiques (carte Figure 1). Il fallut sept ans pour organiser cette première API à laquelle partici-

pèrent onze nations (Empire austro-hongrois, Danemark, Finlande, France, Allemagne, Pays-Bas, Norvège, Russie, Suède, Royaume-Uni, Canada, et États-Unis).



Stations de mesures mises en place lors de la première Année polaire internationale et occupées de 1881 à 1884

La deuxième API eut lieu en 1932-1933 à l'initiative de l'Organisation météorologique internationale avec la participation de 40 pays et la troisième API pendant l'Année internationale géophysique (AGI) en 1957-1958 organisée par l'International Council for Science (ICSU), à laquelle participèrent 80 000 scientifiques de 67 pays. C'est pendant la 3^e API, qui bénéficia des technologies héritées de la Seconde Guerre mondiale dont le radar, que les premiers camps dérivants sur la banquise arctique furent installés comme la fameuse station Alpha. C'est durant cette période de guerre froide qui correspond à l'ère pré satellitaire que la plupart des stations de recherche sur l'Antarctique existant aujourd'hui furent construites (et que fut édifié le Traité de l'Antarctique, ratifié en 1961). La quatrième API eut lieu en 2007-2008. Ayant pour sponsors l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et l'ICSU elle a montré une nouvelle fois la valeur d'une collaboration internationale coordonnée et l'importance de l'accès à des longues séries de mesures pour surveiller et comprendre l'évolution des régions polaires. Pour la première fois, l'API comportait une importante composante de recherches sur la biosphère et sur les sciences humaines. Le groupe des activités spatiales de cette quatrième API a réussi à coordonner la constitution, le traitement et l'archivage de jeux de données sur l'observation satellitaire des régions polaires par les différents organismes de recherche et d'exploitation qui ont participé à l'API.

L'OMM a souscrit à la poursuite de ces efforts en demandant à son Conseil exécutif de mettre en place les structures nécessaires pour suivre les progrès et intégrer les réseaux d'observation opérationnels et expérimentaux implantés dans les régions polaires. Ces réseaux seront incorporés au système mondial intégré des obser-

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

vations de l'OMM (WMO *Integrated Global Observing System* - WIGOS) et au Système d'information de l'OMM (SIO). Le programme d'observation de l'OMM englobera dorénavant les variables cryosphériques et instaurera un mécanisme international et pluridisciplinaire coordonné pour une veille mondiale opérationnelle de la cryosphère. Un système mondial intégré de prévision polaire (GIPPS-Global Integrated Polar Prediction System) est en train d'être mis en place. Il sera capable de fournir aux décideurs les prévisions dont ils ont besoin pour des échéances allant de quelques heures à plusieurs siècles. Ce système favorisera la prestation de services et l'élaboration de stratégies d'observation dans les régions polaires tout en permettant de s'attaquer aux incertitudes clefs afférentes à la variabilité et à l'évolution du temps, du climat, des ressources en eau et des variables environnementales connexes et, par conséquent, permettra d'améliorer la prévision météorologique à l'échelle du globe et de servir les grands objectifs de l'OMM.

Les orientations scientifiques majeures du GIPPS comprennent :

- Le développement de systèmes améliorés pour la prévision météorologique, hydrologique, cryosphérique et climatologique dans les régions polaires et leur utilisation pour la prestation de services et l'aide à la décision ;

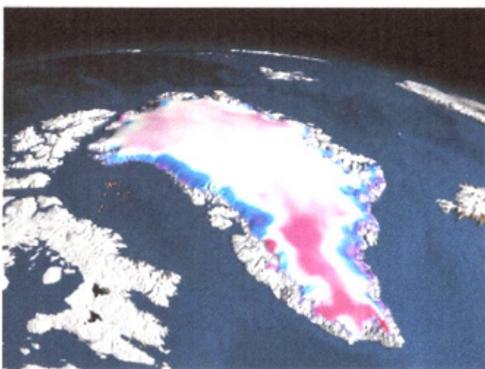
- Une meilleure compréhension de la prévisibilité du climat polaire et du rôle des régions polaires dans les changements du cycle mondial du carbone et du niveau de la mer ;
- L'optimisation et le développement de méthodes, systèmes et réseaux d'observation dans les régions polaires ;
- Une initiative "peuples, sociétés et cultures" visant à intégrer la nouvelle compréhension de l'évolution des régions polaires dans les pratiques et la culture et à améliorer les moyens d'existence et la santé des populations autochtones.

En France, suivant les recommandations d'un rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), le ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a annoncé, le 20 novembre 2008, la mise en place d'un programme national de recherche arctique. Le CNRS, mandaté pour concrétiser cette initiative, a lancé en 2012 les travaux de réflexion et de consultation qui devaient mener à la création, en partenariat avec plusieurs autres organismes de recherche, du Chantier arctique français, un "observatoire scientifique de l'Arctique" dont les objectifs sont de "réfléchir à des méthodes de travail et trouver des moyens pour répondre aux enjeux cruciaux de l'Arctique au niveau mondial". Le Chantier arctique français est inter-



Early 21st Century Changes in the Greenland Ice Sheet

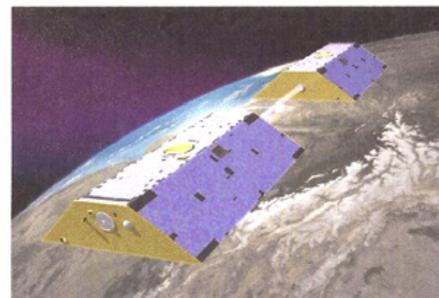
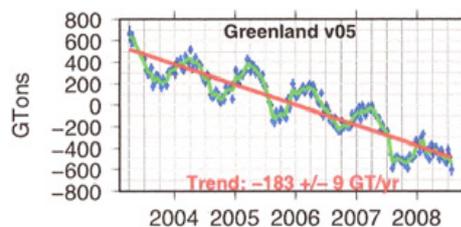
Elevation changes, 2003-2006, derived from ICESat data



(from J. Zwally and the ICESat Science Team)

ICESat = Ice, Clouds, and land Elevation Satellite

Changes in ice mass, 2003-2008, derived from GRACE satellite data



(from S. Luthcke and the GRACE Science Team)

GRACE = Gravity Recovery and Climate Experiment

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

disciplinaire avec des questionnements aux interfaces des communautés océan-atmosphère, surfaces et interfaces continentales, sciences de la Terre, sciences du vivant et des enjeux humains et sociétaux.

LE RÔLE DES SATELLITES EUROPÉENS

L'impact de l'action européenne dans l'Arctique est visible dans la coopération spatiale avec le programme "Copernicus" (suite du programme GMES : *Global Monitoring for Environment and Security*) de l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne (ESA) (Figure 2 en Annexe).

Parmi les grandes questions scientifiques qui se posent pour l'Arctique, et pour lesquelles le spatial permet d'acquérir des mesures, on peut retenir :

1. variabilité atmosphérique arctique et globale : amplification, couplages et impacts ;
2. cycle de l'eau et glaces terrestres ;
3. un océan en mutation : du milieu physique aux écosystèmes marins ;
4. géodynamique et ressources ;
5. dynamique du pergélisol en contexte de réchauffement climatique.

Ces questions sont au cœur des grands programmes spatiaux d'observation de la Terre autant pour l'Union européenne que pour les nations spatiales (en Annexe 1, tableau des principaux satellites).

L'ESA développe en coopération avec la Commission européenne la nouvelle série de missions spatiales Sentinel pour les besoins opérationnels du programme Copernicus (Figure page 18). Ce programme, qui comprend le lancement échelonné dans le temps (de 2014 à 2020) de six missions d'observation de la Terre, permet d'augmenter la surveillance de l'environnement arctique avec un réseau de satellites et de capteurs terrestres, sous-marins et aériens, pour observer les domaines océanique, météorologique et sécuritaire. Les missions spatiales Sentinel couvriront six grandes thématiques : les terres émergées, l'océan, l'atmosphère, le changement climatique, la gestion des catastrophes et la sécurité. Une vaste gamme d'applications découle des missions Sentinel : la protection de l'environnement, la gestion des zones urbaines, le planning régional et local, l'agriculture, les forêts, les pêches, la santé, les transports, le changement climatique, le développement durable, la protection civile et le tourisme. Les principaux utilisateurs des services fournis par Copernicus sont les décideurs et les pouvoirs publics qui ont besoin d'informations pour développer la législation et les politiques environnementales ou prendre

des décisions critiques en cas d'urgence telle que les catastrophes naturelles ou les crises humanitaires.

De son côté le CNES, en coopération avec la NASA, développe la mission franco-américaine SWOT (Surface Water and Ocean Topography) qui sera lancée en 2020. Cette nouvelle mission altimétrique se situe dans la lignée du succès continu des missions radar altimétriques CNES/NASA qui débuta avec TOPEX/Poseidon (1992), continua avec la série des Jason et se poursuit avec la rupture technologique que représente le développement du SAR interférométrique de SWOT. Cette nouvelle mission spatiale, qui a pour objectifs scientifiques principaux l'hydrologie et l'océanographie, devrait être utilisée pour les régions polaires où elle fournira des mesures globales et répétitives des paramètres de la cryosphère (banquise, calottes polaires, glaciers, neige). La partie scientifique cryosphère de la mission SWOT devrait se préparer avant le lancement en prévu en 2020.

Il ne faut pas négliger enfin les possibilités offertes par les satellites d'observation type Spot/Pléiades ou Landsat en visible (couleur de l'eau). Ainsi, le service canadien des Glaces utilise les données Landsat pour valider la classification du type de glace obtenu par images radar (cas des voies de navigation). Les données dans le visible permettent aussi de faire une cartographie du transport de carbone, particulaire et dissous, des rivières vers le bassin arctique. Ceci permet de quantifier le carbone exporté, mais également d'observer un éventuel changement dans le régime de lumière sur la colonne d'eau - et donc la production phytoplanctonique à la base de la chaîne alimentaire marine. La couleur de l'eau permet de mettre en évidence la présence de " hot spot " biologiques à classer comme zones de protection prioritaires. Enfin, il faut souligner que la nouvelle génération de capteurs visible/infrarouge hyperspectraux (missions NASA PACE et Hypspiri) permettra une observation plus fine encore et complète du spectre visible et proche infrarouge avec des applications pour l'observation des glaces et de la neige ².

II - LE CADRE INSTITUTIONNEL INTERNATIONAL

C'est au pôle Nord que les effets du réchauffement climatique sont les plus perceptibles. La banquise perd en extension, en épaisseur mais aussi en durée annuelle. Depuis 1979, elle a perdu environ 25% de sa superficie et 42% de son épaisseur. Ce phénomène risque de continuer. En effet, la banquise réfléchit le rayonnement solaire de façon importante mais lorsqu'elle fond, les chenaux d'eau libre sont sombres et absorbent donc la chaleur, ce qui accélère le processus de réchauffement et de fonte de la banquise. Les scientifiques prévoient que d'ici 2040, il n'y

² E. Devred, Reach associate, chaire d'excellence en recherche du Canada sur la télédétection de la nouvelle frontière arctique, Joint international laboratory, Université Laval, Québec.

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

aura plus de banquise estivale. Cela a des conséquences géopolitique, économique et stratégique.

La coopération politique dans l'Arctique a débuté, comme indiqué plus haut, après le discours prononcé en 1987 par le Secrétaire général de l'URSS, Mikhaïl Gorbatchev, dans lequel il souhaitait la création d'une vraie zone de paix et de coopération fructueuse entre les États de l'Arctique.

LE CONSEIL DE L'ARCTIQUE

Quelques années plus tard, le Conseil de l'Arctique a été mis en place (créé à Ottawa en 1996, Déclaration d'Ottawa). Il s'agit d'un forum intergouvernemental visant à promouvoir la coopération, la coordination et l'interaction entre les États arctiques sur des sujets communs et en particulier sur le développement durable et la sauvegarde de l'environnement arctique. Il réunit les huit États de l'Arctique: Canada, Danemark, Finlande, Islande, Norvège, Fédération de Russie, Suède et États-Unis. Cinq d'entre eux ont un accès côtier à l'océan arctique, sur lequel ils se disputent la souveraineté, poussés, entre autres, par les intérêts économiques que représentent les ressources minières des plateaux océaniques et les nouvelles routes maritimes, sans parler des rivalités géopolitiques.



Le passage du Nord-Est de l'Atlantique au Pacifique

Les dispositions de la Déclaration d'Ottawa comprennent la participation active et la consultation des communautés indigènes et autres habitants de

l'Arctique dans l'ensemble du processus. Les six participants permanents sont des organisations représentant les peuples de l'Arctique :

- l'Association aléoute internationale (AIA);
- le Conseil arctique de l'Athabasca (AAC);
- le Conseil international Gwich'in (GCI);
- la Conférence circumpolaire Inuit (ICC);
- le Conseil Saami;
- l'Association russe des peuples autochtones du Nord (RAIPON).

Il y a également six observateurs permanents (Allemagne, Espagne, France, Pays-Bas, Pologne et Royaume-Uni) sélectionnés en fonction de leurs travaux scientifiques en Arctique. Mais les demandes de participation se sont accrues. À la réunion de Tromsø de 2009, les membres de droit du Conseil ont refusé trois candidatures (Chine, Italie et Union européenne).

Le Conseil de l'Arctique a été créé pour assurer la réalisation des objectifs établis par la SPEA (Stratégie de Protection de l'Environnement Arctique), Déclaration de Rovaniemi - 1991, afin de :

- protéger l'écosystème arctique et les populations autochtones;
- assurer la protection, l'amélioration et la restauration de la qualité de l'environnement et l'utilisation durable des ressources naturelles, notamment par les populations autochtones et locales;
- reconnaître les besoins, valeurs et pratiques que les peuples autochtones de l'Arctique se sont attribués en matière d'environnement et leur accorder la plus grande place possible;
- examiner régulièrement l'état de l'environnement dans l'Arctique;
- reconnaître, réduire et éliminer la pollution.

Six groupes de travail ont été établis dans ce but :

- programme de surveillance et d'évaluation de l'arctique (PSEA) qui se concentre surtout sur les effets des polluants anthropiques;
- conservation de la faune et de la flore arctique (CFFA) qui cherche à faciliter l'échange des renseignements et coordonner la recherche sur les espèces et les habitats;
- programme de préparation aux situations d'urgence, de prévention et d'intervention (PPSUPI) dans l'Arctique;
- protection de l'environnement marin de l'Arctique (PEMA), qui combat la pollution marine dans l'Arctique, quelle qu'en soit la source;
- groupe de travail pour le développement durable (GTDD), qui vise au développement écologiquement durable de la gestion des ressources naturelles, du développement d'une activité économique durable, de la prospérité communautaire, de l'éducation, du

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

patrimoine culturel, de la santé et du mieux-être des habitants de l'Arctique;

- programme d'action et de surveillance des contaminants dans l'Arctique (PASCA), pour réduire les émissions de polluants dans l'environnement et inciter les gouvernements nationaux à prendre des mesures correctives liées aux contaminants et à l'émission de polluants.

QUEL RÉGIME JURIDIQUE POUR QUELS RISQUES DANS L'AVENIR ?

L'océan arctique n'est pas régi par un traité spécifique mais par la Convention internationale sur le droit de la mer, en particulier la Convention de Montego Bay de 1982. Selon cette convention, les Etats côtiers peuvent exercer leur souveraineté territoriale jusqu'à 12 miles marins. Ils disposent de droits souverains et exclusifs d'exploration et d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles dans la zone économique exclusive (ZEE) qui s'étend jusqu'à 200 miles marins à partir des côtes (en présence d'un plateau continental cette zone peut être étendue à 350 miles marins). Au-delà de la zone économique exclusive, la haute mer n'est pas susceptible d'appropriation nationale.

Or, le premier litige porte sur l'étendue des plateaux continentaux : la Russie estime avoir le droit d'étendre sa souveraineté jusqu'au pôle nord car elle considère que les fonds sous-marins de la dorsale de Lomonossov sont le prolongement du plateau sibérien (cette dorsale divise en deux l'océan arctique et s'étend de la Sibérie au nord du Groenland). D'ailleurs, le 2 août 2007, la Russie a planté un drapeau à la verticale du pôle Nord à 4 261 mètres sous la glace revendiquant ainsi symboliquement cette zone. Cet événement a relancé le débat. Le Danemark a estimé à son tour que le plateau continental du Groenland pouvait s'étendre de la même façon, le Canada a fait de même et enfin la Norvège à travers l'archipel de Svalbard.

Une autre question porte sur la définition de ce que sont juridiquement les nouvelles voies maritimes : le Canada et la Russie considèrent que les passages Nord-Ouest et Nord-Est font partie de leurs eaux intérieures tandis que les Etats-Unis (suivi par l'Union européenne) estiment que ces derniers constituent des détroits internationaux. Leur appliquer le régime des détroits internationaux permettrait en effet d'accorder un droit de transit sans entrave. Des conflits de souveraineté liés à des conflits d'intérêts sont donc nés et les Etats oscillent entre la défense de leurs intérêts propres et la coopération dans le but de préserver cet espace si fragile.

Par ailleurs il existe de nouvelles menaces liées aux perspectives d'exploitation industrielle et commerciale de la région. La diminution de la banquise laisse en effet

apparaître des possibilités d'exploitation des ressources minières que le sous-sol de l'Arctique contient. Leur extraction serait longue et coûteuse ; mais de nombreux projets sont étudiés et semblent de plus en plus réalisables. Les ressources pétrolières mais également gazières représenteraient 25% des réserves mondiales en hydrocarbures ; cela intéresse de toute évidence les pays circumpolaires et d'autres Etats comme ceux de l'Union européenne.

Les premiers touchés par le phénomène sont les populations autochtones de Russie, du Canada, des Etats-Unis et du Groenland. Elles rassemblent environ 600 000 personnes. La pêche sous-marine aux coquillages et la chasse aux morses et aux phoques, base de la nourriture, deviennent dangereuses car la banquise est de moins en moins épaisse, le nombre de mois pendant lesquels la banquise devient impraticable augmente. À cela, il faut ajouter les pollutions. Chaque année deux cent à trois cent tonnes de mercure arrivent en Arctique via les courants marins et les vents faisant du pôle Nord un important réservoir des émissions mondiales de ce métal lourd.

Le réchauffement climatique pourrait par ailleurs permettre d'ouvrir de nouvelles routes maritimes : le passage du Nord-Est qui contourneraient le continent eurasiatique et permettraient de passer de l'Atlantique au Pacifique en longeant les côtes de la Sibérie (de Mourmansk à Vladivostok) ; et le passage du Nord-Ouest reliant les mers de Béring et du Labrador. Le premier est régulièrement utilisé tandis que le deuxième ne l'est encore qu'exceptionnellement. À l'avenir, ces passages devraient permettre un gain de temps considérable en réduisant de 40% la distance parcourue entre l'Asie du Nord-Est et l'Europe. Au cours de l'été 2013, un cargo chinois à destination de l'Europe a ainsi utilisé la route arctique du Nord-Est (voir carte jointe), grâce à la fonte estivale de la banquise. Ce navire, venant de Dalian (Nord-Est de la Chine) a atteint l'Europe en un peu moins d'un mois en empruntant le passage qui longe les côtes septentrionales de la Sibérie. La Chine porte un grand intérêt à cette nouvelle route maritime, qui lui permet d'éviter les délais du canal de Suez et de réduire de plusieurs milliers de kilomètres ses trajets vers l'Europe, son premier partenaire commercial. Cette route maritime pourrait jouer un rôle croissant dans les échanges internationaux. Un passage du Nord-Ouest a également été ouvert côté canadien, mais, plus tortueux, il présente plus de risques. Pour le moment, le trafic reste embryonnaire au regard des routes traditionnelles via le canal de Panama (15 000 transits par an) ou de Suez (19 000). Mais le volume de marchandises transportées par la route du Nord-Est pourrait croître dans les années à venir. Selon la Fédération des armateurs norvégiens, il pourrait passer de 1,26 million de tonnes en 2012 à 50 millions de tonnes en 2020. Cependant, l'ouverture de cette route ne devrait

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE :

LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

avoir qu'un impact limité sur le trafic des conteneurs qui continueront pour la plupart à utiliser les routes sud, via Suez ou le Cap de Bonne-Espérance entre le Sud-Est asiatique, l'Europe et les Etats-Unis³.

Ces différentes activités économiques vont nécessairement générer des risques, de la pollution et des nuisances qui ne seront pas sans conséquences sur l'environnement et les populations.

LES ENJEUX MILITAIRES DANS L'ARCTIQUE

La région, même si elle ne connaît pas de conflit, revêt une valeur géostratégique majeure située entre la Russie et l'Amérique du Nord, entre l'Asie et les Etats-Unis. Pour les Russes la maîtrise des profondeurs marines au large de la Baltique est stratégique et l'Etat russe en 2007 a demandé à un de ses sous-marins de planter un drapeau russe au fond de l'océan au pôle Nord à plus de 4 000 mètres de fond. Pour l'aviation américaine, l'Alaska constitue une zone précieuse pour d'éventuelles opérations militaires aériennes. Pour l'Asie, la surveillance des passages par le pôle est un enjeu géoéconomique.

LES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ, DE CONTRÔLE ET DE MONITORING

1. Deux systèmes au sol sont utilisés principalement pour la sécurité maritime:

- *Système d'identification automatique (Automatic Identification System, AIS)*

Fonctionnant sur la bande marine VHF, le système AIS permet l'échange radio des données de navigation entre les bateaux et les centres de surveillance de trafic côtier. Les navires de commerce, hauturiers et d'autres bateaux équipés d'AIS émettent les messages AIS comprenant le nom du bateau, son cap, sa vitesse et l'état actuel de la navigation.

L'AIS permet d'identifier les navires lorsque la reconnaissance visuelle ou radar n'est plus possible (nuit, temps de brume, faibles échos radar). Des systèmes AIS sont installés sur des marques flottantes (bouées) ou fixes (phares) afin de pouvoir les identifier plus rapidement. L'AIS peut être utile pour éviter les collisions mais avec certaines limitations liées à son absence actuelle à bord des petits bateaux et certains dysfonctionnements ont été rapportés.

D'autres utilisations sont envisagées comme la transmission aux navires par les stations terrestres des positions des obstructions (épaves, écueils). L'AIS devrait également faciliter la coordination des opérations de sauvetage en permettant aux stations terrestres (sémaphores, Centre régional et opérationnel de surveillance et de sauvetage - CROSS) d'identifier les navires les plus à même de se porter sur les lieux du sinistre. L'efficacité de l'AIS dans ce domaine est toutefois limitée par la portée de la radio VHF (30 à 50 miles).

Le Department of Homeland Security (ministère de la sécurité du territoire aux Etats-Unis) mène actuellement plusieurs projets pilotes qui utilisent des satellites pour suivre les bateaux de marchandise. Les garde-côtes américains utilisent l'opérateur satellite Orbcomm pour relayer les informations d'identification des navires qui sont déjà émises aujourd'hui entre les navires et vers les ports par le système AIS. D'autres pays expérimentent des systèmes de relais comme le Canada ou la Norvège. En France, CLS (Collecte de localisation satellite) développe aussi un système.

- *Identification et suivi à longue portée (Long Range Identification and Tracking - LRIT)*

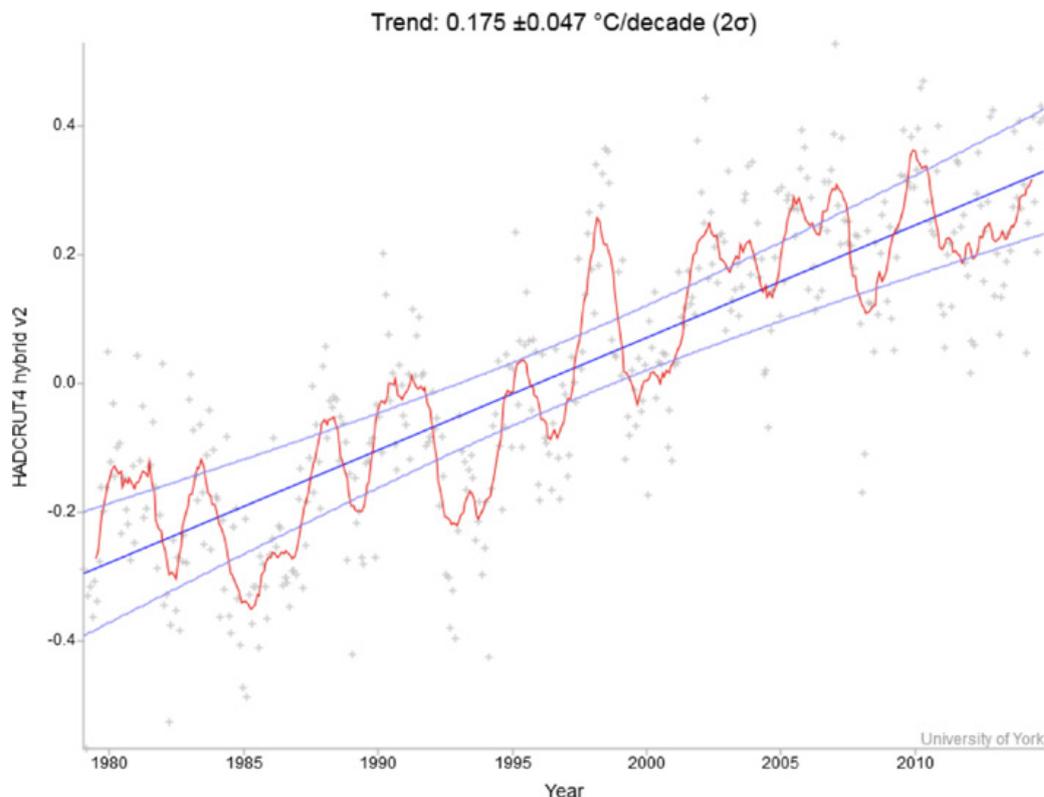
L'identification et le suivi à longue portée (LRIT) des navires a été créé en mai 2006 par l'Organisation maritime internationale (OMI). Le règlement LRIT s'applique aux navires qui transportent des passagers, aux navires de charge et aux plateformes de forage en mer qui doivent signaler leur position au moins quatre fois par jour.

Les informations provenant des deux systèmes (AIS et LRIT) sont complémentaires mais n'offrent pas une fiabilité suffisante dans une zone à hauts risques comme l'Arctique. Une surveillance par satellite permettant de limiter fortement les incidents et accidents doit être envisagée, notamment pour éviter les pollutions qui auraient des conséquences dramatiques.

Mais pour le moment, passer par ces voies nécessite l'utilisation de bateaux à coques renforcées ou accompagnés de brise-glaces, ainsi que la formation d'équipages spécialisés. Par ailleurs, les risques sont grands. Il faut donc que les sauvetages puissent être effectués dans des conditions difficiles, ce qui demande la mise en place de systèmes de secours.

³ P. Thorez, "La route maritime du Nord", *Le carrefour des pays de l'Est*, 2008, n° 1066. F. Lasserre, "Géopolitique arctiques : pétrole et routes maritimes au cœur des rivalités régionales ?" *Critique internationale*, 2010/4 n° 49.

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION



Global temperature 1979 to present (Stephan Rahmstorf, www.realclimate.org)

Monthly values 12 months-running mean (red line) and linear trend line with uncertainties (blue)

En novembre 2014, l'International Maritime Organisation (IMO) a adopté un code international pour les vaisseaux qui opèrent dans les régions polaires (*Polar Code*) et des amendements à la Convention pour la sécurité de la vie en mer (*Safety of Life at Sea - SOLAS*). Ceci marque une étape historique dans le travail de l'organisation pour protéger les navires et les vies à bord, dans l'environnement hostile des eaux polaires.

2. Des systèmes spatiaux de contrôle, d'alerte, de localisation peuvent être mis à contribution, au titre de la sécurité maritime et du contrôle du trafic en mer : satellites d'observation, satellites de télécommunications et de navigation, systèmes de localisation et de recherche et sauvetage. À l'aide de ces moyens, qui pourraient être mis en réseau grâce à des coopérations internationales ou encore sous l'égide des Nations unies, la communauté internationale pourrait mettre à disposition des Etats et des acteurs, dans le cadre d'un protocole international, un système d'alerte comme cela a été fait au titre de la Charte des Nations unies pour les catastrophes naturelles. Cette initiative du CNES, étudiée dès 1998, a été proposée à l'Agence spatiale européenne, puis formalisée à l'occasion de la conférence des Nations unies, Unispace III, en juillet 1999. L'objectif était de mettre en commun les moyens satellitaires d'observation pour répondre au plus vite

au besoin d'information à la suite d'une catastrophe naturelle ou industrielle et pour mettre en œuvre les moyens de secours et de reconstruction. Aujourd'hui, une vingtaine de pays ont rejoint cette Charte. Celle-ci a été mise en œuvre plus de 400 fois.

III - LE RÔLE DE LA TECHNOLOGIE SPATIALE POUR MAÎTRISER LA TRANSITION ARCTIQUE

L'Arctique, un des derniers espaces naturels encore quelque peu préservés (et l'Antarctique ?), est devenu un enjeu géostratégique majeur de demain. Les convoitises économiques et politiques sont aussi nombreuses que les mises en garde environnementales. De nombreux acteurs extérieurs à la région (Chine, Corée du Sud, Singapour, Allemagne) mais aussi riverains (Canada, Russie, Islande) montrent qu'il n'existe pas un mais des Arctiques, souvent opposés par les enjeux et les intérêts. Face à ces rivalités économiques et politiques, quel rôle peut jouer la France ?

Le changement climatique entraîne une fonte des glaciers et de la banquise, fonte du pergélisol, modifications de la circulation océanique et de la dynamique atmosphérique. À la pression sur l'environnement engendrée par le changement climatique vient maintenant s'ajouter une croissance d'activités économiques potentielle-

SCIENCES ET TECHNIQUES AÉROSPATIALES

LA SÉCURITÉ DANS L'ARCTIQUE : LE RÔLE DES SATELLITES SCIENTIFIQUES ET D'APPLICATION

ment polluantes (exploitation des ressources naturelles, tourisme) ou sources d'insécurité ou de catastrophes. Tous ces changements qui bouleversent les écosystèmes, affectent aussi par ricochet les populations locales au niveau de leur santé, leur culture, leur organisation sociale et leurs infrastructures.

Cet état des lieux préoccupant requiert des actions pressantes de maîtrise et de mitigation des risques par une gouvernance crédible pour un développement harmonieux d'une région qui présente par ailleurs de véritables opportunités nouvelles pour l'humanité. Dans ce contexte, la communauté scientifique et spatiale se trouve au premier plan pour fournir des réponses aux parties prenantes. La surveillance de l'Arctique par les satellites, en particulier par ceux instrumentés avec des radars qui sont opérationnels quelles que soient les conditions météorologiques et d'éclairement solaire, est une nécessité pour fournir des données indispensables aux modèles de climat et permettre d'améliorer les prévisions à court et moyen terme.

Le rôle incontournable joué par les satellites pour la surveillance des régions polaires est reconnu par les instances nationales et internationales telles l'OMM, l'UE et est inscrit aux programmes des agences spatiales européennes et nationales. Le programme d'observation de l'OMM englobera dorénavant les variables cryosphériques et instaurera un mécanisme international et pluridisciplinaire coordonné, pour une veille mondiale opérationnelle de la cryosphère. Un système mondial intégré de prévision polaire (*Global Integrated Polar Prediction System - GIPPS* -) est en train d'être mis en place.

Les satellites de télécommunications et d'observation auront, et ont déjà, un rôle majeur à jouer dans cette zone pour permettre une localisation précise, une alerte rapide et la mise en place des moyens de secours nécessaires. La première étape sera de mettre à la disposition des compagnies maritimes une cartographie permettant une navigation la plus sûre possible et des télécommunications de bonne qualité. Ce sont les objectifs que nous devons poursuivre pour éviter qu'au changement climatique qui s'annonce s'ajoutent des catastrophes humaines et environnementales.

L'Arctique va-t-il devenir une région stratégique fragmentée, en proie à la concurrence géoéconomique ? Les innovations technologiques permettront-elles à l'Arctique d'éviter les plus graves des menaces et de devenir dans le futur un laboratoire de la transition énergétique et écologique ? Tels sont les challenges auxquels nous nous trouvons confrontés.

La diplomatie scientifique a certainement un rôle à jouer et la perspective de l'établissement d'un cadre législatif international assorti d'une batterie de mesures de surveillance et de contrôle (satellites) répondent à cette thématique régionale originale et l'Union européenne, dont sept Etats membres participent comme observateurs au Conseil de l'Arctique, doit d'être présente.

Au titre de recommandations dans le cadre du présent article, il convient de promouvoir une volonté commune européenne de contribuer et d'agir pour renforcer la sécurité internationale.

Trois facteurs sont prioritairement en jeu :

- la préservation de cette région exceptionnelle à tous points de vue ;
- l'exploitation émergente légitime des ressources de l'Arctique sous condition de respect de standards de sécurité, écologiques et de sûreté ;
- la gouvernance de la zone par la mise en place d'accords, de normes, d'arrangements, de mécanismes d'alerte en cas de catastrophe ou de risque majeurs. ■

Directeur de la publication : Président 3AF : Louis Le Portz

Président du Haut Conseil Scientifique : Bruno Chanetz

Rédaction : Président de la CT CSAI* : Maurice Desmouliere

**Membres de la CT CSAI* : Pierre Bescond, Fanny Boucher, Vincent Bonniot,
Philippe Charruyer, Robert Dubost,**

**Gérard Fouilloux, Bertrand de Hauteclocque, Jean Jamet, Annick Jacquart,
Louis Laidet, Michel Laffaiteur, Bernard Libat,**

**Bertrand de Montluc, Jean-Paul Perrais, Alain Ragot, Aurélien Rigollet,
Claude Roche, Georges Ville**

* Commission Technique 3AF Stratégie et Affaires Internationales

Conception graphique : Caroline Saux

Publication - Décembre 2019



Association Aéronautique
Astronautique de France

6, rue Galilée - Paris

Tél. : 01 56 64 12 30

Fax : 01 56 64 12 31

Email : gestionmembres@aaaf.asso.fr

www.3af.fr

