

NOTE 12

Février 2020

Note n° 221/Consortium CONFLITS-2035
version finale du 19 novembre 2020

Marché n° 2017 1050 162 263

EJ court 180 004 69 93

notifié le 17 janvier 2018

réunion de lancement : 13 février 2018

L'évolution des feux dans la profondeur à l'horizon 2035

STEPHANE DELORY – PHILIPPE GROS

En partenariat avec



Table des abréviations

ABMS	<i>Advanced Battle Management System</i>
ALBM	<i>Air-launched ballistic missile</i>
APOD	<i>Aerial port of debarkation</i>
ASBM	<i>Anti-ship ballistic missile</i>
BSRBM	<i>Battlefield short range ballistic missile</i>
CAS	<i>Close air support</i>
C-RAM	<i>Counter-rocket artillery and missile</i>
DACAS	<i>Digitally-aided CAS</i>
ERCA	<i>Extended-Range Canon Artillery</i>
ESM	<i>Electronic support measure</i>
F2T2EA	<i>Find, Fix, track, Target, Engage, Assess</i>
HTL	Hélicoptère de transport lourd
IAMD	<i>Integrated air and missile defense</i>
IBCS	<i>Integrated Air and Missile Defense Battle Command System</i>
ISR	Intelligence, surveillance & reconnaissance
JADC2	<i>Joint all domain command and control</i>
LOS	<i>Line of sight</i>
LPM	Loi de programmation militaire
LRHW	<i>Long Range Hypersonic Weapon</i>
LRPF	<i>Long Range Precision Fires</i>
MHTK	<i>Miniature hit-to-kill</i>
MRBM	<i>Medium range ballistic missile</i>
MTCR	<i>Missile Technology Control Regime</i>
NIFC-CA	<i>Naval Integrated Fire Control – Counter-Air</i>
PrSM	<i>Precision Strike Missile</i>
ROIM	Renseignement d'origine image
SATCOM	Satellite communications
SDAI	Système de défense antiaérienne intégré
SEAD	<i>Suppression of enemy air defense</i>
SPOD	<i>Sea port of debarkation</i>
SRBM	<i>Short Range Ballistic Missile</i>

SOMMAIRE

TABLE DES ABREVIATIONS.....	2
L'EVOLUTION DES FEUX DANS LA PROFONDEUR A L'HORIZON 2035	1
RESUME.....	1
INTRODUCTION	3
PARTIE 1 – LES FEUX DANS LA PROFONDEUR	5
1. LES MODELES AMERICAIN, RUSSE ET CHINOIS DE SYSTEMES DE FRAPPE DANS LES PROFONDEURS STRATEGIQUE/REGIONALE A OPERATIVE.....	5
1.1. Paramètres généraux	5
1.1.1. Avantage de l'action dans les profondeurs opérative et stratégique.....	5
1.1.2. L'évolution qualitative de l'effecteur	6
1.1.3. Adaptation des défenses face à l'évolution des capacités de frappe.....	7
1.1.4. Adaptation des feux	7
1.1.5. Vulnérabilité de certains éléments du C4ISR et impact sur les opérations	7
1.2. Orientations américaines, russes et chinoises	8
2. LES SYSTEMES AMERICAIN, RUSSE ET CHINOIS DE FRAPPE DANS LA PROFONDEUR TACTIQUE ET BAS OPERATIF	13
2.1. Paramètres généraux.....	13
2.1.1. Réduire la portée de l'engagement, en lien avec la manœuvre, une approche rentable.....	13
2.1.2. Les capacités offensives sur les distances tactiques et bas opératives.....	14
2.1.3. Les développements de capacités défensives contre les frappes tactiques et bas opératives	15
2.1.4. Conséquences du rapport défavorable entre moyens offensifs et moyens défensifs sur les modes d'action fondés sur la manœuvre	16
2.1.5. Limites de frappes opératives et place de la frappe nucléaire	17
2.2. Orientations capacitaires observées chez les Russes et les Chinois	18
2.2.1. Le maintien de la supériorité des feux.....	18
2.2.2. L'impact fort d'une modernisation russe qui irait à son terme sans contre-partie en Europe	20

3.	LA MODERNISATION DES MOYENS DE FRAPPE DES PUISSANCES MILITAIRES REGIONALES	22
3.1.	Orientation générale.....	22
3.1.1.	Le problème posé par la dissémination.....	22
3.1.2.	Des implications technologiques et industrielles	23
3.1.3.	Quelles combinaisons de capacités défensives contre ces moyens de frappe ?	24
3.2.	Exemples de l'évolution des capacités iraniennes et nord-coréennes	25
4.	LA QUESTION DE LA FRAPPE NAVALE	27
	PARTIE 2 – IMPLICATIONS ET RECOMMANDATIONS	31
1.	CADRE DE LA REFLEXION.....	31
2.	LA COMPOSANTE TERRESTRE	31
2.1.	Implications	31
2.1.1.	En posture offensive	32
2.1.2.	En posture défensive	34
2.2.	Recommandations	35
3.	LA COMPOSANTE AERIENNE.....	36
3.1.	Implications	36
3.1.1.	En posture offensive	36
3.1.2.	En posture défensive	38
3.2.	Recommandations	39
4.	LA COMPOSANTE NAVALE.....	39
4.1.	Implications	39
4.1.1.	En posture offensive	39
4.1.2.	En posture défensive	40
4.2.	Recommandations	40
5.	LES CAPACITES INTERARMEES.....	41
	REFERENCES	42

L'évolution des feux dans la profondeur à l'horizon 2035

Résumé

Les capacités de frappe dans la profondeur connaissent plusieurs évolutions notables sous l'effet des avancées technologiques et des tensions géostratégiques actuelles entre grandes puissances.

Dans le domaine de la frappe à portée stratégique ou régionale (quelques milliers de kilomètres), les États-Unis disposent des capacités les plus complètes, qu'ils renforcent dans le contexte de la compétition stratégique avec la Russie et la Chine. Elles se caractérisent par une prédominance du C4ISR aérospatial, des effecteurs aériens que viendront compléter des missiles hypersoniques destinés à garantir la liberté de manœuvre de l'*Airpower* contre des défenses toujours plus robustes. Les Chinois étoffent leurs capacités ISR et leurs effecteurs suivant le cheminement inverse des Américains, consistant en premier lieu en une puissance balistique d'interdiction que viennent compléter progressivement la puissance aérienne et, là encore, des missiles hypersoniques. Les Russes ont le dispositif le plus faible tant en capacités ISR qu'en effecteurs. Ces derniers se composent essentiellement d'un arsenal de missiles de croisière, certes performants, mais au volume très compté. Cette donnée limite leur emploi à des actions à effets stratégiques, relevant de la démonstration, de la diplomatie coercitive ou de la posture de dissuasion.

La frappe dans la profondeur tactique à opérative (quelques centaines de kilomètres) connaît un bouleversement plus profond encore, marqué par l'extension générale des portées, le développement de la précision, non seulement des roquettes mais aussi des obus et une diversification des charges. Les Russes ne sont pas à la pointe de cette évolution : ils disposent de capacités écrasantes dans la profondeur tactique mais guère au-delà et restent relativement en retard dans la modernisation des munitions et des capacités ISR aéroportées. À l'inverse, la Chine fait des progrès considérables dans l'allongement de la portée de ses roquettes et développe ses premières munitions guidées. Une modernisation des systèmes d'artillerie est aussi à prévoir. L'US Army, qui a longtemps négligé la modernisation de ses tubes d'artillerie, est dans une logique de rattrapage et de dépassement des capacités adverses avec des préoccupations évidentes en termes d'atténuation des vulnérabilités. Ce train de modernisation démultiplie les effets réalisables, au point d'offrir des capacités inédites d'interdiction de la manœuvre, de contre-batterie et de SEAD tactiques. Pour se prémunir de tels développements, les défenses antiaériennes restent à adapter. Insuffisantes pour offrir une capacité d'interception significative face à des feux concentrés, elles permettent en l'état surtout d'interdire les capacités ISR aéroportées permettant un ciblage dynamique. En cela, les Russes sont nettement avantagés. La numérisation des architectures

C4ISR de ces défenses, à l'image de celles entreprises par les Américains, ainsi que celle des effecteurs diversifiés et plus performants (propulsion par statoréacteur) devraient, à terme, rééquilibrer la balance dans un sens plus favorable à la défense. La sécurité des dispositifs de force appelle aussi à une réflexion sur la doctrine, les moyens de la manœuvre et les défenses passives.

La dissémination de ces moyens de frappes dans la profondeur tactique à opérative parmi les acteurs de second rang répond désormais à une demande militaire et non à un souci de prestige ou de positionnement international. Les outils de non-prolifération sont actuellement mal adaptés à ce phénomène. La dissémination, très largement dérégulée, des moyens de frappe de plus courte portée et des architectures attenantes est tout aussi préoccupante. Elle génère des vulnérabilités potentielles très élevées, notamment dans le cadre d'opération où des dispositifs de force coexistent avec des moyens de feu mal identifiés et qui ne peuvent être engagés de façon préemptive. Du fait des limites du C-RAM face à ce type de menace, des défenses passives et des moyens de contre-batterie doivent être considérés comme constitutifs de tout déploiement. Enfin, si les systèmes de frappe dans la profondeur opérative exercent une menace substantielle sur les centres logistiques et points nodaux dans la profondeur du théâtre, des défenses actives performantes permettraient sans doute de modérer le risque. L'élimination de ces systèmes offensifs reposera néanmoins essentiellement sur des moyens air-sol, éventuellement complétés par des moyens surface-surface. Ainsi, la confrontation potentielle avec un acteur de second rang implique l'engagement de moyens de défense active et de frappe de longue portée qui, il y a quelques années encore, étaient considérés comme relevant du conflit majeur.

Face à ces menaces, les feux de notre composante terrestre apparaissent surclassés tant en termes de puissance de feu (« *outgunned* ») que s'agissant de la portée de tir (« *outranged* »). La doctrine de manœuvre interarmes ne semble pas davantage adaptée à ces transformations et nécessite probablement d'importantes révisions. Ce contexte plaide pour une meilleure prise en compte de ces capacités par nos forces, non seulement en contre-déni d'accès en coalition limitée mais aussi en l'appui dans les opérations de contre-insurrection. Notre artillerie serait ainsi avantageusement dotée de l'aptitude à exercer des effets de contre-batterie, de contribution à la SEAD aux grandes profondeurs tactiques voire opératives basses, avec par exemple, des systèmes de roquettes planantes ou de SRBM quasi-balistiques et des capacités ISR très étoffées. Pour la composante aérienne, la densification des capacités de frappe de portée opérative peut venir d'un « *high-low mix* » combinant plates-formes sophistiquées, drones et/ou munitions maraudeuses et munitions propulsées plus simples, mais aussi de missiles à statoréacteur, comme l'envisage l'Air Force. La composante navale est pour sa part probablement condamnée à suivre le mouvement de l'extension de la portée (plus de 500 km) et de la vitesse des missiles antinavires. L'impact de la frappe dans la profondeur est aussi critique dans le domaine des opérations amphibies : elle plaide pour le développement des capacités d'assaut à grande distance des côtes, appuyées par une capacité de frappe navale dans la profondeur, le cas échéant par l'adaptation de LRM terrestres. Au-delà de ces spécificités, plusieurs exigences ont trait à l'ensemble de nos composantes de force telles que l'interopérabilité, l'exploitation de la révolution des capacités commerciales ROIM, la protection de nos infrastructures de débarquement (APOD/SPOD) ou encore l'amélioration de la mobilité intra-théâtre.

Introduction

La frappe dans la profondeur recouvre tous types de feux indirects produits par des moyens terrestres, aériens et navals visant un objectif situé au-delà de la zone d'engagement rapproché. Cette frappe sert à générer des effets directs sur l'objectif et par ce biais des effets indirects aux niveaux tactique, opératif voire stratégique (dans ce cas non seulement militaires, mais aussi économiques ou politiques) sur le système dans lequel s'intègre cet objectif. Les processus de ciblage qui synchronisent buts, cibles, effets, actions et moyens, à la fois en planification mais désormais aussi en conduite (avec le ciblage d'opportunité sous toutes ses formes) représentent son moteur essentiel. Cette frappe dans la profondeur est réalisée soit seule, soit en combinaison avec la manœuvre physique, la recherche d'effets d'influence, d'effets dans le domaine cyber ou encore d'actions diplomatiques, dans ce dernier cas selon une logique de diplomatie coercitive dans laquelle les effets directs sur l'objectif sont déterminés par les effets diplomatiques recherchés.

Cette frappe est systématiquement réalisée par un système de force combinant des moyens d'*Intelligence, Surveillance & Reconnaissance* (ISR) et de désignation d'objectif, des effecteurs (canons, missiles surface-surface – terrestres et navals –, plates-formes aériennes et munitions – missiles, bombes – et des moyens de C2, les PC et systèmes d'information et de communication.

Ces systèmes de force connaissent plusieurs évolutions notables actuellement sous l'effet des avancées technologiques (haute vitesse, précision, miniaturisation, etc.) et des configurations géostratégiques : une première dynamique est générée par la compétition entre les États-Unis, la Russie et la Chine ; la seconde apparaît comme le résultat direct de l'antagonisme qui oppose « l'axe de résistance » chiite piloté par Téhéran d'une part, les Occidentaux et les pays du Golfe d'autre part. Les ambitions prioritaires manifestées par l'U.S. Army avec ses programmes de *Long-Range Precision Fires* (LRPF), la course à l'arme hypersonique, mais aussi les réalisations démontrées par l'Iran avec les frappes sur les raffineries d'Aramco ou les bases américaines d'Irak témoignent ainsi d'une accélération des évolutions de ce type de frappe.

La présente note poursuit un double objectif. Sa première partie analyse les grandes évolutions de ces systèmes de force. Elle combine une approche par puissance et une approche par modèle de système de frappe distinguant profondeur stratégique / régionale (plusieurs centaines à milliers de kilomètres) et profondeur tactique et opérative basse (quelques dizaines à centaines de kilomètres) qui répondent à des logiques spécifiques. La seconde partie en tire les implications pour chacune de nos composantes de force, tant sur le plan offensif, c'est-à-dire de nos propres capacités de frappe, que défensif, c'est-à-dire sur le plan de nos mesures de protection et de défense face aux évolutions de cette menace aux lourdes conséquences.

Partie 1 – Les feux dans la profondeur

La distinction entre frappes tactiques, opératives et stratégiques reste à la base caractérisée par la nature de la cible affectée et les effets recherchés ou obtenus. Elle n'est pas forcément liée à l'éloignement de l'objectif. Sur le plan capacitaire en revanche, et c'est une première évolution importante, elle est de moins en moins liée à la nature de l'arme employée (artillerie, types de missile air-surface ou surface-surface), l'allongement de portée et de précision global des systèmes d'arme élargissant le type de système pouvant être utilisé en fonction des objectifs de la frappe et de la nature de la cible. En outre, l'augmentation de la portée et de la précision des effecteurs ainsi que la qualité croissante des moyens ISR tendent à faire de la frappe dans la grande profondeur tactique ou opérative une capacité partiellement maîtrisable par un nombre croissant d'États, même si ses effets ne doivent pas être surestimés. Les effets de la frappe sur des systèmes d'objectifs stratégiques demeurent en revanche très difficiles à évaluer, y compris dans les cas les mieux documentés que sont les opérations de la puissance aérienne américaine.

Cela étant, la frappe dans la profondeur reste encore fortement corrélée à la capacité à identifier les objectifs sur de grandes distances. Son application reste dépendante de l'existence de capacités ISR complexes, en mesure d'opérer bien au-delà du champ de bataille. Elles sont encore difficiles à développer pour nombres d'États, y compris pour certaines puissances militaires de premier rang. Leur rareté conduit donc les États qui en sont partiellement ou totalement dépourvus à développer des stratégies de frappe différentes du modèle dominant, offert par les États-Unis. Il convient donc à cet égard de distinguer des modèles de systèmes de force mettant l'accent sur la portée de l'effecteur et sur les systèmes ISR pénétrant qui permettent le ciblage, mais aussi d'autres stratégies capacitaires moins dépendantes de ces capacités.

1. Les modèles américain, russe et chinois de systèmes de frappe dans les profondeurs stratégique/régionale à opérative

1.1. Paramètres généraux

1.1.1. Avantage de l'action dans les profondeurs opérative et stratégique

Tout effet militaire d'une frappe dans la profondeur est intrinsèquement associé à sa portée : sauf à disposer de la supériorité aérienne et de plates-formes adaptées, un accroissement significatif des portées d'engagement impose l'emploi de solutions bien plus coû-

teuses, réduisant par voie de conséquence le volume de munitions pouvant être affecté à chaque cible et donc les effets potentiels. À l'inverse, opérer dans la grande profondeur permet de traiter des objectifs vulnérables ou en situation de vulnérabilité et donc d'accroître significativement les effets. La simple possibilité d'être ciblé dans la grande profondeur pose donc un problème conséquent pour le dispositif de force menacé, limitant la possibilité de concentration des forces, exposant sa logistique et découvrant des vulnérabilités majeures sur les points de concentration nécessaires au déplacement vers le front (ponts, ports, infrastructures ferroviaires, etc.).

Dans cette configuration, l'existence de capacités ISR performantes et l'aptitude au ciblage dynamique sont corolaires au succès des frappes d'opportunité qui maximisent les effets sur le système de force adverse. Allonger l'engagement induit de disposer d'une capacité ISR opérationnelle sur la distance considérée et de pouvoir engager la cible dans l'espace temporel et physique où elle présente une vulnérabilité critique. Une capacité ISR aérienne ou spatiale très performante permet un ciblage dynamique par les seuls moyens sol-sol et air-sol en *stand off*. L'utilisation de plates-formes aériennes disposant elles-mêmes d'une capacité ISR adaptée et en mesure de pénétrer l'espace aérien ennemi reste cependant la configuration la plus souple. L'allongement de la distance de frappe tend d'ailleurs mécaniquement à renforcer le rôle de la composante aérienne.

1.1.2. L'évolution qualitative de l'effecteur

Les paramètres de la frappe dans la profondeur varient donc essentiellement en fonction (1) de la possibilité offerte par les moyens ISR d'appuyer cette frappe, donc de la permissivité de l'espace à ces moyens ISR ; (2) mais également de la capacité de pénétration des défenses par les effecteurs.

Les deux paramètres sont liés. Ainsi, accroître cette capacité de pénétration (exploitation de la vitesse et de la furtivité de l'effecteur) réduit la durée durant laquelle les capteurs sont mobilisés pour appuyer la frappe. Si la qualité des moyens ISR permet de compenser les limites technologiques des effecteurs jusqu'à un certain point, l'optimisation de la capacité de pénétration de l'effecteur décuple les effets offerts par des capacités ISR, favorise la gestion de la manœuvre capteurs et permet *in fine* de générer des effets majeurs sur les différentes catégories de cibles.

Maintenir une bonne adéquation entre moyens ISR et effecteurs conduit à s'appuyer de façon croissante sur les moyens ISR les plus aptes à garantir la persistance de la mission en environnement non permissif : ceux de la composante spatiale mais aussi, depuis quelques années, les systèmes de trajectographie et la mise en réseau des capacités ISR organiques, sous architecture distribuée. L'utilisation des plates-formes ISR aéroportées lourdes, qui demeurent essentielles pour le ciblage d'objectifs, notamment pour le ciblage dynamique, est amenée à être suppléée par des drones agissant en essaim, mais aussi par des plates-formes plus légères (chasseurs bombardier), plus agiles et furtives. Parallèlement, alors que la question de la capacité de pénétration des effecteurs avait été négligée, elle est redevenue centrale, essentiellement du fait de la modernisation des défenses (cinétiques et non cinétiques).

1.1.3. Adaptation des défenses face à l'évolution des capacités de frappe

Le développement conjoint d'effecteurs hautement véloces de longue portée et de capacités ISR de plus en plus fortement distribuées, notamment au niveau spatial, soulève le problème de la survivabilité des défenses et des moyens de feu offensifs du défenseur et de leur résilience face aux opérations SEAD et antimissiles offensives. S'agissant de la résilience des capteurs du défenseur, l'approche la plus novatrice consiste à la fois à multiplier les systèmes mobiles dans une logique distribuée, d'accroître le rôle des capteurs passifs et de systématiser les moyens d'autoprotection par des moyens cinétiques, des armes à énergie dirigée, le brouillage et le camouflage. En termes de protection des moyens de feu, les deux options majeures se situent dans le durcissement des infrastructures, difficilement neutralisables dans la durée par les seuls moyens de frappe longue portée, mais aussi, pour les systèmes de plus courte portée, dans l'accentuation de la mobilité, de la portée et de la mise en réseau, qui permet une utilisation délinéarisée des forces.

1.1.4. Adaptation des feux

La multiplication des cibles liée à la dispersion des systèmes de force, leur mobilité et leur durcissement impliquent d'augmenter le nombre d'effecteurs, leur spécialisation à différents niveaux de portée, afin de les utiliser en complémentarité. Sur les grandes distances opératives, seule l'utilisation de moyens combinant la portée à la vitesse permet les stratégies de ciblage dynamique qui deviennent impératives pour éliminer des systèmes IAMD et des moyens de feu de plus en plus mobiles et réactifs. Toutefois, cette approche n'est tenable que si ces munitions sont disponibles en masse et ne relèvent donc pas de systèmes hautement spécialisés. L'aptitude aux frappes très réactives dans la grande profondeur n'est donc pas exclusivement liée à l'exploitation d'une capacité ISR devenue ubiquie mais aussi au développement et à la production en masse des munitions à haute performance et à leur combinaison harmonieuse avec d'autres munitions moins spécialisées mais de moindre coût, utilisées à partir de plates-formes à grande capacité d'emport. La combinaison d'effecteurs de vitesse et de portée variables est donc impérative. Les plates-formes à forte capacité d'emport (plusieurs dizaines, voire centaines de munitions) pouvant agir dans la grande profondeur avec des munitions à bas coût demeurent essentielles.

1.1.5. Vulnérabilité de certains éléments du C4ISR et impact sur les opérations

La criticité du C4ISR dans l'ensemble des opérations militaires induit le développement de stratégies destinées à le contrer. Bien que la dispersion des moyens au sein d'architectures distribuées ou encore la diversification des systèmes militaires et commerciaux accroissent la résilience de ce dispositif C4ISR, ses points de vulnérabilité demeurent : la logique d'architecture distribuée ne permet pas encore de s'affranchir de systèmes clef (capteurs, station au sol) et repose sur une demande de données exponentielle qui les expose à toute interruption ou altération (destruction physique des relais, attaques cyber), notamment au niveau des architectures spatiales. En fonction de l'intensité du conflit, la neutralisation de tout ou une partie de l'architecture spatiale peut relever de l'action préemptive ou de la stratégie d'attrition. Toutefois, la transformation du secteur spatial rend peu probable qu'un État puisse interdire la totalité des capacités ISR stratégiques d'une grande puissance spatiale autrement que sur le temps long, sauf dans le cas d'une guerre totale. Pour ces puis-

sances, la survie, à des degrés divers, de capacités ISR opérationnelles aux niveaux tactique, opératif et stratégique sur l'ensemble du spectre des conflits conventionnels peut donc être tenue pour acquise.

1.2. Orientations américaines, russes et chinoises

1.2.1. ISR persistant stratégique

La description générale qui suit se fonde sur les évolutions programmatiques constatées aux États-Unis, en Russie et suspectées en Chine, sachant que seuls les États-Unis possèdent une capacité globale.

Concernant le segment des capacités ISR, l'approche américaine vise depuis plusieurs années à diversifier les sources de données. Dans le domaine spatial, si les constellations souveraines restent fondamentales, les constellations civiles (Maxar Technologies, Planet, etc.) occupent désormais une place déterminante dans les fournisseurs de données de la NGA et autres agences de renseignement. Cependant, la place des nouvelles constellations commerciales dans les architectures américaines fait encore débat entre la *Space Development Agency* et l'Air Force, ainsi qu'au sein de cette dernière. Ce qui apparaît certain en revanche, c'est l'investissement des orbites basses et médianes par des constellations de microsatsellites offrant ainsi une diversification de systèmes, gage de résilience de cette architecture¹. Quelle que soit la place que joueront les fournisseurs commerciaux, le « tsunami de données » collectées et transmises par ces constellations fait porter le principal défi sur le traitement de la donnée. L'émergence des cloud tactiques² se caractérise en effet par un focus sur cette stratégie « *data-centric* », ce qu'illustre par exemple le document d'orientation à 5 ans de la fonction ISR de l'Air Force publié en 2018³.

La complémentarité capteurs dédiés/capteurs commerciaux est nettement moins notable en Russie et en Chine, les deux États restant sur des logiques de massification des capteurs spatiaux dédiés. Le positionnement de la Chine sur les constellations civiles doit cependant être suivi avec une grande attention, les premières constellations commerciales chinoises étant apparues récemment et offrant déjà des alternatives aux opérateurs occidentaux. De surcroît, la Chine est en pointe sur l'utilisation des capteurs spatiaux pour la détection et le ciblage océaniques⁴. Elle est parfaitement apte à répliquer la logique de complémentarité entre capteurs dédiés et capteurs commerciaux pour élargir sa capacité de frappe, notamment au sol. Un suivi doit également être fait sur les constellations d'écoute électromagnétique, une constellation civile devant voir le jour, qui pourrait utilement compléter des constellations militaires (États-Unis, Russie, Chine, France) déjà très performantes.

En termes de neutralisation des moyens spatiaux, la Chine est actuellement le seul État qui admet dans une certaine mesure une stratégie visant les capacités ISR spatiales par des moyens cinétiques, non cinétiques et co-orbitaux. De nombreux indices montrent que les États-Unis et la Russie ne sont pas en reste, les États-Unis ayant de ce point de vue des atouts majeurs : la disponibilité forte d'intercepteurs (SM-3 Block2 et évolution) et un drone spatial opérationnel (X-37B). Les initiatives prises pour sécuriser les constellations commerciales sont mal connues.

Le poids croissant de la capacité ISR spatiale comme sa résilience incitent à penser qu'une exploitation adaptée des données pourrait permettre une frappe dynamique sur des périodes longues. Elle impose cependant de disposer de capteurs ISR complémentaires capables de confirmer le renseignement, soit par adjonction de satellites dédiés (logique de *responsive space/launch* à l'américaine et très probablement à la chinoise), soit par déploiement d'une capacité pénétrante aérienne. La plate-forme (supposée) hautement supersonique chinoise DR-8/BZK 008 montre que l'option de systèmes hautement véloces est amenée à cohabiter avec les drones pénétrants furtifs subsoniques (GJ-11). Les plates-formes subsoniques collaboratives offrent également des solutions intéressantes, sur des profondeurs de pénétration certes moindres, mais avec la possibilité de varier les charges.

Les États-Unis ne disposent en théorie que d'un faible nombre de capteurs aéroportés pénétrants à long rayon d'action (drones stratégiques furtifs RQ-180 par exemple) en mesure de compléter le renseignement de ciblage que leur fournissent leurs capteurs spatiaux. Cependant, ils peuvent compter sur leurs appareils furtifs de 5^{ème} génération, F-35, F-22 dont la fonction de capteur ESM n'est plus à rappeler, et bientôt sur leurs bombardiers B-21, en remplacement des B-2. Les B-2 et B-1B disposent de fonctions ISR avancées, notamment sur le B-1B par adjonction de pod.

En parallèle, la stratégie capacitaire de l'USAF, depuis au moins 2014, est celle du *high-low mix*, consistant à réduire le nombre « *d'exquisite platforms* » polyvalentes, très coûteuses, et à les combiner avec d'autres capteurs plus simples et plus nombreux. La même logique s'applique aux missiles, une part de leur mission étant désormais reprise par les bombes guidées notamment par les bombes planantes propulsées actuellement en cours de développement (AGM-154 ER par exemple). L'Air Force entend combiner ces plates-formes sophistiquées armées de missiles moyenne portée super-véloces (ce qui constitue une nouveauté) avec des missiles de croisière JASSM-ER et surtout des drones peu coûteux. Certains sont consommables, comme le MALE discret XQ-58 Walkyrie en mesure de délivrer deux GBU-53 que Kratos prétend pouvoir livrer à 2 ou 3 M\$ l'unité, d'autres récupérables comme le petit drone tactique aéroporté Gremlins, à charge utile modulaire (ISR, cinétique, guerre électronique) en mesure de marauder une heure à 300 MN/550 km (donc calculé pour être délivré en dehors de l'enveloppe S-400). En d'autres termes, les Américains mettent probablement au point un système autonome de F2T2EA par occupation aérienne et saturation, relié aux contrôleurs tactiques par satellites ou relais aéroportés en ligne de vue. Pour nos forces, un engin comme le Walkyrie, dont on pourrait équiper toute une escadrille pour le coût d'un Rafale, est une solution intéressante à explorer. Cette capacité ISTAR de l'avant devrait logiquement constituer une des pièces de l'*Advanced Battle Management System* (ABMS), le système de systèmes initialement présenté comme le programme de remplacement des JSTARS et qui représente désormais l'architecture SIC proposée comme substrat du *Joint All-Domain C2* (JADC2) et qui doit interconnecter ces capteurs spatiaux, aéroportés voire terrestres.

1.2.2. Combinaison portée / vitesse et problématique hypersonique

Garantir la capacité SEAD et antimissile dans la grande profondeur impose cependant de recourir soit à l'arme balistique, soit à un système hypersonique. Sur des portées de 1 000 à 1 500 km, les engins balistiques simples restent exposés à l'interception (bas/haut endo-atmosphérique, éventuellement bas exo-atmosphérique), imposant le recours de plus en

plus systématique aux têtes manœuvrantes. L'interception d'une tête manœuvrante, actuellement très difficile, demeure cependant envisageable par un intercepteur à très haute vitesse qui opérerait dans les hauts régimes de la propulsion par statoréacteur (1,2 à 1,3 km/s à 20 km d'altitude)⁵.

En outre, le cas chinois montre les avantages et les limites de cette approche balistique conventionnelle. Elle est efficace contre un nombre réduit de cibles à haute valeur ajoutée : les porte-avions sont menacés par les DF-21 D pour autant que l'architecture C4ISR permette leur ciblage, les sites terrestres radars ou de C2 non enterrés sont traitables par les DF-11, DF-15 et DF-16. Elle sera en revanche prohibitive pour une frappe massive anti-infrastructures. De plus, étant peu mobiles, les SRBM/MRBM sont relativement vulnérables s'ils doivent être déployés et engagés en masse alors qu'ils sont à portée des systèmes de frappe adverses. La frappe balistique conventionnelle telle que développée par la Chine reste probablement une exception qui ne peut que très difficilement être reproduite.

La solution hypersonique non balistique apporte des éléments de solutions, permettant d'atteindre des portées de l'ordre de 2 000 km avec des systèmes encore relativement légers. La solution du Kh-47 ou de l'AGM-183A est probablement la plus simple et semble promise à de nombreuses déclinaisons des plus basses portées (Israël et Chine se sont déjà positionnés) jusqu'aux portées de 1 500 à 2 000 km). Elle pourrait être facilement appliquée par des États comme l'Inde, le Pakistan ou l'Iran à partir de systèmes d'armes locaux.

Toutefois, la vraie solution vient probablement des États-Unis qui, avec la *Long Range Hypersonic Weapon* (LRHW), proposent de développer un système de portée régionale (+/- 2 000 km) exploitable par les trois armées autour d'un lanceur de diamètre relativement faible (860 mm, pour la Navy et l'Army) et d'un corps planant commun. La relative légèreté du propulseur laisse envisager à la fois une mobilité minimale et une possibilité d'adaptation à un nombre important de plates-formes. Outre les caractéristiques potentielles du système, l'un des éléments les plus significatifs est l'intégration du système d'arme au sein de l'*Advanced Field Artillery Tactical Data System* (AFATDS), le système C2 de l'artillerie américaine. Très clairement, la LRHW doit être considérée comme un effecteur « classique », au même titre par exemple que le missile de croisière, et son emploi s'intégrera dans des stratégies de frappe dynamique. Il sera complété pour l'Army, par le *Precision Strike Missile* (PrSM), successeur de l'actuel *Army Tactical Missile System* (ATACMS/M57). Avec une portée étendue de 300 à plus de 500 km, le PrSM permet d'envisager l'essentiel de la mission SEAD mais également des missions de frappe d'artillerie dans la profondeur opérative.

Bien qu'il soit d'usage de souligner un possible retard américain en termes de systèmes de frappe hypersonique, la réalité est inverse : les États-Unis sont les seuls à développer des vecteurs hypersoniques dans une stratégie qui combine frappes d'artillerie et frappes opératives dans la grande profondeur, induisant une masse minimale d'effecteurs pour l'ensemble de la mission. La combinaison entre un nombre encore très restreint de systèmes hypersoniques et une masse d'effecteurs pouvant opérer sur les portées allant de 100 à plus de 500 km (combinaison M31 et M57, puis M31 PrSM) offre une densité de feu unique sur l'ensemble des portées opératives, sans comparaison avec ce dont disposent Russes et Chinois, et ce d'autant plus qu'il faut compter avec l'intégration des moyens de la Navy et de l'Air Force. Toutefois, la Chine dispose de moyens de produire des systèmes équivalents, les nombreux essais du DF-17 illustrant la continuité des travaux sur le planeur alors que la

grande variété des lanceurs disponibles permet d'envisager des systèmes d'armes spécifiques, en fonction de la portée, de la charge et de l'effet recherché.

Il est important de ce point de vue de suivre l'évolution des forces aériennes chinoises, la Chine pouvant être tentée de reproduire l'approche américaine. En effet, si la structuration du champ de bataille, l'appui à la manœuvre ou, dans certains cas, la neutralisation des dispositifs de force adverses par la frappe de ses échelons en profondeur, représentent le cœur de la mission des feux de l'Army, l'apport ultime de ces systèmes sol-sol est de permettre le plus rapidement possible l'emploi des forces aériennes dans la profondeur du champ de bataille comme sur le théâtre. Ainsi, la combinaison bombardier lourd pénétrant / essais de drones ou de munitions de précision à bas coût représente actuellement le seul moyen de générer des effets massifs dans la profondeur opérative avec des effets majeurs sur les systèmes de force ciblés. D'autre part, l'allégement des munitions de courte portée et la maîtrise croissante des effets explosifs de leurs charges laissent anticiper un rôle non négligeable pour les autres forces aériennes tactiques qui resteront à même de distribuer une puissance de feu importante. Or, si une telle évolution semble hors de portée pour la Russie, elle est applicable pour la Chine, aussi bien pour l'aviation tactique, qui connaît un renforcement constant, que pour l'aviation stratégique, en pleine genèse. Concentrée sur le théâtre régional, la Chine peut également compter sur la montée en puissance de ses moyens ISR aéroportés (drones comme systèmes lourds) ainsi que sur un nombre croissant de missiles de croisière.

1.2.3. L'impact potentiel des systèmes haut supersoniques

L'importance de la mission de suppression des défenses et des moyens de feu offensifs à des fins de restauration de la supériorité aérienne doit inciter à réfléchir à la transformation à coût maîtrisé des moyens de frappe afin de combiner portée et vitesse sans imposer un coût d'acquisition excessif. Le renforcement des défenses terminales et la modernisation des capteurs posent le problème de l'utilisation encore très systématique de munitions *stand off* subsoniques furtives et du recours plus systématique à des munitions véloces. Paradoxalement, le modèle américain de munition *stand off* air-sol souffre probablement d'un plus grand retard que le secteur hypersonique. La Russie comme les Européens s'orientent en effet vers des modèles d'effecteurs hautement supersoniques, longue portée, propulsés par statoréacteurs, combinés – pour les Russes – à des effecteurs subsoniques très longue portée – qui offrent des options de frappe tactique et opérative basse plus diverses que celles actuellement disponibles dans les forces américaines. Des portées plus longues pourraient être espérées, l'architecture employée sur le missile ASMP-A démontrant, par exemple, les performances remarquables offertes par ce type de propulsion. La propulsion par statoréacteur permet en effet d'envisager des engagements très réactifs sur des portées opératives basses, un statoréacteur fonctionnant pendant 3 minutes à 1 km/s permettant d'envisager des engagements sur 200 km en un peu plus de 3 minutes. Le Kh-32 russe montre toutefois que les propulsions chimiques demeurent exploitables, la vitesse terminale du missile dépassant probablement 1,3 km/s.

Le statoréacteur offre également des solutions potentielles pour les corps planants mis à poste par des roquettes de moyen ou de grand diamètre. Actuellement, la combinaison entre roquette et corps planant se réduit au couplage entre une roquette M26 et une SDB-1, permettant d'accroître la portée de la roquette vers les 100 à 150 km (contre 30 à l'origine),

mais avec des vitesses basses. L'expérimentation, réalisée par l'entreprise Nammo, associant un petit statoréacteur à un obus laisse entrevoir le développement de corps planants propulsés, mis à poste par une roquette de diamètre moyen ou grand, permettant de combiner un accroissement de portée et une vitesse élevée, limitant le risque d'interception tout en donnant au corps propulsé une grande manœuvrabilité⁶. Le statoréacteur permet également de résoudre le problème posé par la masse propulsive, qui, jusqu'à nos jours, limitait la possibilité de produire des munitions d'artillerie de très longue portée sur les systèmes existants à un coût acceptable. Raytheon vient d'ailleurs de remporter un marché pour produire ce type de munitions au profit de l'Army. Plus généralement, la propulsion d'un corps de rentrée permet d'envisager des portées longues sur la majorité des engins quasi-balistiques, autour de technologies maîtrisées à un coût qui resterait acceptable. Dans les deux cas de figure, des munitions hautement véloces pourraient apparaître en volumes suffisamment importants pour soutenir une campagne SEAD/anti-feux intensive, permettant de restaurer rapidement la permissivité du théâtre.

S'agissant des systèmes propulsés par super statoréacteur, deux axes de progression sont à noter. Le premier, probablement suivi par la Russie, pourrait être fondé sur l'utilisation d'un super statoréacteur dual utilisé essentiellement en propulsion sur des trajectoires simples, pour optimiser la vitesse moyenne du missile et lui donner une capacité de manœuvre terminale, probablement sans propulsion. Cette approche laisse envisager un développement rapide, à l'exemple du Zyrkon, et pose le problème fondamental de la quasi-impossibilité d'interception, sauf à développer un intercepteur hautement supersonique.

Le second, jusqu'alors privilégié par les États-Unis, s'inscrit sur le plus long terme, dépassant l'échéance temporelle de l'étude. Il risque cependant d'avoir un impact massif, l'objectif étant de produire un effecteur propulsé sur le temps long (5 mn dans le cas du X-51) à partir de carburants militaires classiques (type kérosène plutôt qu'hydrogène). En outre, les programmes de recherche américains sur les propulsions combinées, qui visent à augmenter la performance des turbines classiques (vers mach 3) et à abaisser le seuil d'enclenchement des super statoréacteurs (vers mach 4,5), ouvrent des perspectives pour des engins très véloces réutilisables et/ou pour des munitions à stato-réaction relativement flexibles et de longue portée.

En conclusion :

- ➔ **Les Américains disposent des capacités les plus complètes de frappe à portée stratégique ou régionale. Elles se caractérisent par une prédominance du C4ISR aérospatial, des effecteurs aériens qui viennent compléter des missiles hypersoniques et des missiles sol-sol de plus courte portée destinés à garantir la liberté de manœuvre de l'Airpower contre des défenses toujours plus robustes.**
- ➔ **Les Chinois étoffent leurs capacités ISR et leurs effecteurs suivant le cheminement inverse des Américains, consistant en premier lieu en une puissance balistique d'interdiction qui viennent compléter progressivement la puissance aérienne, et là encore des missiles hypersoniques.**
- ➔ **Les Russes ont le dispositif le plus faible tant en capacités ISR qu'en effecteurs. Ces derniers se composent essentiellement d'un arsenal de missiles de croisière, certes performants, mais au volume très compté. Cette donnée limite leur emploi à des actions à effets stratégiques, relevant de la démonstration, de la diplomatie coercitive ou de la posture de dissuasion mise en œuvre par Moscou.**

2. Les systèmes américain, russe et chinois de frappe dans la profondeur tactique et bas opératif

2.1. Paramètres généraux

2.1.1. Réduire la portée de l'engagement, en lien avec la manœuvre, une approche rentable

À l'inverse des tendances décrites dans la première partie, il peut être considéré que réduire l'allongement de l'engagement ou, alternativement, confiner la frappe dynamique sur des profondeurs limitées – tout en gardant une capacité de frappe à la demande dans la grande profondeur opérative contre des objectifs moins demandeurs en moyens ISR – peut être une solution acceptable, plus particulièrement si l'interaction entre la manœuvre et la frappe dynamique de portée tactique ou bas opérative est optimisée. Raccourcir la portée de l'engagement permet de surcroît d'optimiser le ratio coût/efficacité des effecteurs et des capteurs.

Ce type d'approche est assez perceptible dans les forces russes, qui théorisent, dans le concept d'opération de reconnaissance et de frappe (RUS), les engagements sur des portées opératives mais qui dans les faits disposent essentiellement de moyens permettant la frappe au niveau tactique ou bas opératif, dans le cadre des opérations de reconnaissance et de feu (ROS)⁷.

Cette approche est certes conditionnée par les limites budgétaires (insuffisance de la ressource pour développer des moyens de frappe dans la profondeur stratégique) et capacitaires (déficit quantitatif très fort, limites qualitatives). Elle apparaît cependant pertinente dans le cadre des conflits que l'on anticipe habituellement. Ces derniers interviendraient en effet selon toute probabilité dans un environnement régional proche où les dispositifs de force antagonistes sont prépositionnés au contact et visent des objectifs limités. De plus, ces conflits peuvent également revêtir une dimension nucléaire. Cette dimension particulière doit amener à dissocier les cas russe et éventuellement chinois et nord-coréen d'autres (encore hypothétiques), qui viseraient avant tout des effets tactiques et opératifs limités dans un contexte entièrement conventionnel.

Dans ce type de modèle, du fait du pré-positionnement des forces au contact et de la nature régionale et limitée des objectifs, la capacité de frappe dans la profondeur est essentiellement développée pour accompagner la manœuvre. Contrairement à l'idée reçue, dans l'approche russe les systèmes de frappe n'appuient pas la manœuvre mais la conditionnent. Cette logique implique une surabondance de moyen de feu, notamment sur les portées tactiques, afin de réduire les défenses et favoriser la manœuvre mais aussi le développement de moyens permettant de neutraliser le C4ISR adverse pour limiter ses propres capacités de manœuvre et de contre frappe. Elle induit, pour être opérationnelle, un rapport de force très favorable et une capacité d'engagement rapide et brutale sur très court préavis. L'artillerie reste un facteur décisif de ce rapport de force, dans sa capacité à neutraliser les moyens de feux et les défenses de courtes et moyennes portées adverses dans la durée,

mais également du fait de son rôle essentiel dans la neutralisation, la dislocation et désormais la destruction des éléments du dispositif de force adverse.

Certes, cette approche n'est en rien novatrice mais suppose des adaptations qui tendent à générer des ruptures, autant dans le développement des moyens de frappe que dans la protection des forces de manœuvre.

2.1.2. Les capacités offensives sur les distances tactiques et bas opératives

Concernant l'évolution des moyens offensifs, l'enjeu traditionnel se situe d'une part dans la domination des feux, par la portée et, plus récemment, par la précision, et d'autre part dans le développement d'une capacité ISR tactique performante associée à des moyens de contre-C4ISR. Toutefois, les évolutions technologiques récentes et leur utilisation de plus en plus systématique tendent à faire évoluer la nature même de la problématique par l'emploi de plus en plus systématique de capacités telles que :

- ➔ Des kits de guidage sur les munitions d'artillerie, actuellement couplés au GPS, demain partiellement ou totalement indépendants de celui-ci ;
- ➔ Des moyens ISR peu vulnérables à l'interdiction de zone, notamment les systèmes ROEM *stand off* (terrestre et aéroporté) et les radars de contre-batterie. Les constellations spatiales vont également fortement contribuer à fournir le renseignement de ciblage requis pour frapper des objectifs fixes et probablement relocalisables ;
- ➔ Enfin, à courte échéance, de l'utilisation d'architectures et groupes de mini et microdrones tactiques.

Cette combinaison de moyens tend à donner à l'artillerie – y compris l'artillerie courte portée – et aux lance-roquettes multiples une capacité destructrice qui était jusqu'alors résiduelle. L'accroissement de la précision offre également l'avantage de diminuer drastiquement le volume de munitions nécessaires à l'accomplissement de la mission, et de réaliser celle-ci par des systèmes d'armes dont l'empreinte logistique est moindre. Elle se traduit par la possibilité de réaliser des frappes de destruction à tous les niveaux de calibre et de portée – du mortier à la roquette lourde guidée. Elle permet également de réduire considérablement la puissance de feu et la masse de munitions demandées pour les missions de barrage. Enfin, l'accroissement de portée favorise la domination des feux mais également la manœuvre d'artillerie, élargissant les options de déploiement mais aussi la disponibilité de la puissance de feu.

L'efficacité croissante de la frappe d'artillerie a cinq corollaires immédiats, actuellement très perceptibles dans les programmes russes et américains, mais aussi dans l'offre industrielle européenne :

- ➔ La recherche systématique de l'allongement de la portée, afin d'optimiser la capacité de contre-batterie offensive et défensive mais aussi la couverture du groupe de manœuvre sans relocalisation des moyens de frappe. L'allongement de portée est perceptible du plus bas niveau tactique (mortier) au plus haut niveau opératif (PrSM, qui a une fonction de frappe d'artillerie), avec des évolutions importantes sur l'artillerie canon traditionnelle (152/155 mm).

- ➔ Le développement d'un ISR tactique capable d'opérer en conditions non permissives sur le champ de bataille, associé à un C4 capable d'intégrer et distribuer les données de capteurs du plus bas niveau tactique au niveau opératif, capable d'intégrer les données des radars de contre-batterie et des futurs moyens de l'IAMD. Au-delà des grandes architectures de C4ISR, il conviendra d'anticiper la conception de microarchitectures projetées par des moyens d'artillerie (canons et roquettes). Cette dernière option permet d'intégrer la détection, la désignation d'objectif et la plate-forme ou la munition au sein d'un même système. L'intelligence artificielle devrait élargir le spectre d'action de ce type d'architecture, rendant progressivement obsolète le débat sur l'automatisation et l'autonomie du système d'arme dans l'acquisition et le traitement de la cible.
- ➔ Dans l'ensemble des cas de figure, l'association de l'effecteur à des sous-munitions guidées et non guidées va encore contribuer à élargir la mission, en permettant aux différents moyens d'artillerie de traiter à la fois les personnels mais également différents types d'équipements lourds et légers. L'intérêt constant porté par les Russes et les Américains au développement des sous-munitions intelligentes tout comme l'abandon progressif par les États-Unis des contraintes portant sur l'emploi des sous-munitions définies aux termes de la Convention d'Oslo sont révélateurs des évolutions à venir.
- ➔ La réduction de l'empreinte logistique de l'artillerie, afin de limiter la vulnérabilité mais également pour faciliter la manœuvre. On observe du côté américain – mais pas du côté russe – une tentation à substituer l'artillerie canon à l'artillerie roquette sur les distances tactiques, quasiment jusqu'aux 100 km (150 km à l'avenir), qui laisse supposer une réflexion sur un réaménagement des flux logistiques afin de les optimiser et de réduire la vulnérabilité des stocks.

2.1.3. Les développements de capacités défensives contre les frappes tactiques et bas opératives

La protection des forces de manœuvre contre ces capacités tactiques et bas opératives impose des moyens SDAI et IAMD performants, capables d'interdire le champ de bataille à ces systèmes de frappe, mais aussi d'intercepter les effecteurs pénétrants. L'approche russe, qui combine plusieurs couches de moyens antiaériens déclinés par altitude, portées d'engagement et domaines d'interception, reste probablement plus efficace que les systèmes reposant sur des intercepteurs multifonctions, généralement moins nombreux et parfois mal adaptés à l'engagement de cibles en limite de spectre de leur domaine d'interception. Elle est en revanche nettement plus coûteuse.

Toutefois, au-delà de l'allongement de portée des capteurs et des effecteurs de défense antiaérienne, l'évolution majeure se situe dans la distribution plus systématique des architectures de détection de courte, moyenne et longue portées, capables de fournir des données radar composites aux différents systèmes d'interception. Développée aux États-Unis dans le cadre de l'IBCS et de la NIFC-CA, cette capacité est susceptible d'atténuer fortement la vulnérabilité des dispositifs antiaériens multicouches par rapport aux architectures existantes. Le développement d'intercepteurs utilisant plus systématiquement la propulsion par stato-réacteur est un second axe de renforcement, permettant d'étendre le domaine d'interception, notamment sur les longues portées et les altitudes basses. L'interception

terminale des PGM subsoniques devrait également être grandement facilitée par le déploiement des capteurs multifaisceaux, sur des plates-formes dédiées en défense de point comme dans les architectures distribuées. Intégré dans un SDAI pouvant s'appuyer sur un nombre suffisant d'appareils de combat, de capteurs aéroportés mais également à une vaste architecture de moyens de brouillage limitant l'exposition des systèmes de défense aux opérations SEAD, ce type de dispositif doit permettre au corps de manœuvre d'opérer avec une exposition mesurée à la frappe air-sol adverse.

Toutefois, de fortes vulnérabilités demeurent face à la frappe d'artillerie de précision, contre laquelle ni l'IAMD, ni le SDAI ni le C-RAM n'apportent de niveau de protection efficace. La composante terrestre ne peut donc plus opérer avec les mêmes niveaux de concentration de force et doit compter à la fois sur la manœuvre et, dans ses sous-composantes tactiques, sur l'autonomie de la manœuvre, pour limiter son exposition aux feux et participer à leur neutralisation. En l'état du développement des défenses, les limites des systèmes terminaux imposent l'organisation d'une architecture fortement distribuée, apte à se reconfigurer en fonction de la manœuvre, actuellement impossible à déployer. Au niveau des munitions, une nouvelle génération d'intercepteurs cinétiques et non cinétiques doit être envisagée, autour du principe de mini intercepteurs à bas coûts (principe du *Miniature Hit To Kill* – MHTK) mais aussi d'obus évolués, capables de traiter la menace de l'artillerie canon. Les munitions de précision étant guidées, la neutralisation des systèmes de guidage est une option à envisager.

2.1.4. Conséquences du rapport défavorable entre moyens offensifs et moyens défensifs sur les modes d'action fondés sur la manœuvre

L'innovation technologique permet de réduire l'empreinte logistique des feux sur les arrières immédiats de l'espace opérationnel par l'allongement de la portée combinée à la précision. La réalisation de la manœuvre mécanisée génère toujours, *a contrario*, des contraintes logistiques fortes, qui ne sont tenables que si les moyens IAMD et C-RAM sont remarquablement performants. Ce mode d'action est donc exposé aux frappes dans la grande profondeur tactique et sur le second échelon, à des portées opératives. De plus, l'importance des feux dans la manœuvre conduit nécessairement les États exposés à ce type de menace (Finlande, pays de l'OTAN, Corée du Sud) à accroître leur capacité de contre-batterie à tous les niveaux de portée, à renforcer certains éléments de défense passive et à investir dans l'acquisition de moyens de frappe de niveau opératif. Cette massification et cette modernisation des feux imposent donc un surcoût considérable à l'appareil de force adverse pour exécuter sa manœuvre.

In fine, les modes d'action de dislocation du dispositif ennemi fondés essentiellement sur la manœuvre interarmes dans la profondeur sont donc de plus en plus contraignants et risqués. Par essence, leur succès est lié à la brutalité de l'action et à l'exploitation d'un rapport de force favorable qui peut n'être que ponctuel dans le temps ou l'espace. Or, le développement des moyens de frappe évoqué et la massification des défenses pour s'en prémunir peuvent rapidement conduire à rendre cette manœuvre excessivement pondéreuse, coûteuse et donc inefficace.

2.1.5. *Limites de frappes opératives et place de la frappe nucléaire*

Un État qui ne dispose pas de la capacité à exécuter des frappes dynamiques dans la grande profondeur et reste fortement dépendant de ses capacités de manœuvre, sera tenté de compléter sa capacité tactique et bas opérative par une capacité de frappe dans la grande profondeur. Cette dernière visera en priorité des objectifs fixes (infrastructures) ou peu mobiles, mais peut aussi s'attacher à rechercher l'atteinte d'objectifs stratégiques, afin de disposer d'un outil dissuasif ou coercitif. Or, du fait des limitations propres aux systèmes de frappe sol-sol non nucléaires et de l'inexistence de moyens de frappe aérienne stratégique pour la quasi-totalité des acteurs à considérer, la réalisation d'effets durables ou décisifs sur les cibles d'infrastructure est loin d'être évidente. La protection et/ou la résilience de certains sites, en particulier, peut exiger une puissance de feu prohibitive pour les affecter. L'exemple des types de frappe balistique envisagés par les Chinois sur Taïwan est éclairant. Il montre ainsi que la multiplication des défenses passives (durcissement et enfouissement des zones de stockage, de la logistique ou du C2, multiplication des zones de délestage, utilisation de certaines infrastructures civiles, distribution des capteurs) rend nettement plus complexe la neutralisation définitive des infrastructures ou la destruction massive des forces déployées. Les options choisies par la Chine semblent indiquer que les capacités balistiques seraient fortement sollicitées pour des frappes anti-pistes, visant ainsi un effet de suppression dans la durée des capacités aériennes taïwanaises afin de créer les conditions nécessaires à l'établissement de la supériorité aérienne requise en cas d'invasion. Or, un tel mode d'action impose un nombre de missiles disproportionné, même pour la force de missiles stratégiques de Pékin⁸.

Le cas chinois montre en revanche que la frappe opérative contre des objectifs militaires peut faire sens dès lors que les cibles combinent très haute valeur ajoutée, vulnérabilité et faible résilience. Les missiles de croisière, les ASBM et, probablement, les vecteurs hypersoniques chinois ont une utilité manifeste pour engager les navires au port, permettant à la fois de générer un effet massif sur le dispositif adverse mais également de bloquer l'accès aux infrastructures portuaires. L'OTAN, dont la montée en puissance est très dépendante du flux logistique américain, est concernée au même titre par ce type de menaces. L'utilité de ces systèmes d'arme est d'autant plus forte que le dispositif ciblé repose sur un nombre réduit de bases opérationnelles. Parallèlement, les roquettes lourdes guidées, capables d'opérer sur des distances dépassant les 200 km, offrent une solution de substitution à une force de frappe balistique classique, en permettant notamment une frappe de saturation dans la profondeur à un coût acceptable. La Chine s'oriente apparemment vers cette solution pour Taïwan.

Si l'on fait exception de la Chine et des États-Unis, dont les moyens demeurent uniques, un État qui chercherait à générer un effet majeur par l'utilisation d'un nombre limité de vecteurs *stand off* serait rapidement contraint d'envisager de cibler des objectifs stratégiques, notamment des objectifs économiques à très haute valeur ajoutée ou des éléments de C4ISR non durcis. La littérature militaire russe évoque assez ouvertement soit un ciblage économique, soit un ciblage anti-C3. Il est cependant loin d'être certain que ce type d'approche soit transcrit dans la doctrine.

Dans un tel contexte, l'existence d'un arsenal nucléaire apparaît comme un soutien essentiel à ce type de stratégie conventionnelle, notamment si une autre puissance nucléaire est ci-

blée. La possession d'un arsenal nucléaire très « opérationnel » permet en effet de limiter le risque d'escalade lié à la frappe d'objectifs stratégiques vulnérables, autorisant le ciblage d'objectifs critiques durant la première phase d'un conflit. Il est toutefois probable qu'une stratégie de frappe conventionnelle sous couvert de la dissuasion ne soit praticable tant que les effets des frappes sur les objectifs critiques restent limités, ce qui limite potentiellement leur intérêt, ou impose de les associer à une stratégie nucléaire particulièrement dissuasive et probablement très coûteuse. Il est actuellement difficile d'évaluer comment pourrait s'articuler une telle stratégie, plus particulièrement face à un adversaire qui adapte sa dissuasion en conséquence.

À l'inverse, il est très important de souligner qu'au titre des garanties de sécurité négatives, une telle logique de frappe par une puissance non nucléaire, respectant ses obligations de non-prolifération, pourrait soulever des problèmes non négligeables à une puissance nucléaire, en exposant ses infrastructures civiles à des dommages ponctuels mais sévères (voir partie 3). Face à ce type de menace, une capacité de dissuasion conventionnelle doit être considérée.

2.2. Orientations capacitaires observées chez les Russes et les Chinois

2.2.1. Le maintien de la supériorité des feux

Sur le plan des moyens, une part importante de la modernisation des forces russes réside dans les SIC, la mise en réseau ayant notamment été le principal thème du plan d'armement russe de 2008. Cette modernisation comprend par exemple le déploiement d'un nouveau système automatisé de C2 (*Avtomatizirovannyye Sistemy Upravleniya – ASU*) interarmées, censé relier l'ensemble des nœuds de C2, du centre de gestion de la défense nationale (*Natsionalnogo Tsentra Upravleniya Oboronoy – NTsUO*) aux commandements tactiques. Il intergrerait ou s'interfacerait avec les ASU existants mis en œuvre par les forces aériennes, navales ou encore aéroportées⁹. Elle inclut aussi le système Strelets, un SIC de C2ISR interfaçant le fantassin ou les véhicules avec les moyens de feu de l'artillerie et de l'aviation, y compris, en théorie, avec des moyens de nature stratégique (missile de croisière). Le déploiement relativement rapide du Strelets en Syrie témoigne d'ailleurs de l'importance d'un système C4ISR de frappe tactique pour les Russes, que les experts nationaux décrivent comme la première transcription effective du concept de reconnaissance et de feu¹⁰. Les capacités russes en la matière restent cependant encore très en retard par rapport à celles des Occidentaux. À l'inverse, selon la presse, la Russie reste très en pointe dans le développement de systèmes d'arme largement automatisés, capables d'intégrer les données de ciblage puis d'engager l'objectif, voire de découvrir et de sélectionner l'objectif. Là encore, il s'agit d'une première transcription de concepts anciens, développés dans le cadre des stratégies de reconnaissance et de frappe, qui visent à permettre une augmentation significative du tempo des opérations et à renforcer la capacité de la Russie à engager les objectifs de portée opérative. Bien qu'il reste de nombreuses inconnues dans le fonctionnement de ce C4 (procédures d'allocation des feux, de gestion du stock, de planification de frappes), l'effort réalisé tend à illustrer une mise à niveau progressive approchant les forces russes des standards occidentaux. Il semble qu'un processus similaire soit à l'œuvre en Chine, avec un effort d'unification du C4ISR autour d'un ensemble restreint d'architectures et la constitution d'un C2 stratégique centralisé. L'ensemble vise à permettre les opérations en temps

réel¹¹. La réforme de 2015, qui modifie en profondeur les commandements, apparaît d'ailleurs comme la transcription administrative d'une évolution profonde du C2 et des moyens C4ISR. La réforme du secteur spatial et l'utilisation de plus en plus systématique de drones au niveau de l'armée de Terre et de la Marine contribuent également à améliorer la capacité ISR chinoise, sans qu'il soit possible d'en apprécier la teneur qualitative.

Au niveau des effecteurs, la Chine est nettement plus en pointe que la Russie dans l'allongement de portée de ses roquettes, dans le développement d'engins guidés et dans la combinaison de roquettes de diamètres moyen et large, et de missiles quasi balistiques ou de BSRSM manœuvrant. S'il a longtemps été assez difficile d'identifier la manière dont des types de systèmes étaient déployés et combinés avec divers types d'effecteurs, la parade militaire d'octobre 2019 a permis de donner une vision prospective assez précise. Par exemple, le PCL191 exhibé semble utiliser des roquettes de 370 mm de 350 km de portée ou deux roquettes de 480 mm de 500 km de portée. Les Chinois comme les Américains tendent à réduire le diamètre de leurs armes et à accroître la précision, favorisant les emplois de saturation sur les distances longues. Ces systèmes sont complétés par des systèmes de type BSRBM soit quasi-balistiques (SY-400) soit manœuvrants (type BP-12) sur les portées longues et par des roquettes guidées de plus petit calibre PHL-03, dérivées du BM-30, mais dont la munition semble avoir été considérablement améliorée. Bien que difficile à envisager actuellement, la confrontation avec un système de force chinois sur le domaine terrestre poserait un problème important, du fait de la portée et de la précision des systèmes d'artillerie de capacité opérative mais aussi du fait des performances prévisibles des moyens ISR spatiaux et aéroportés.

Par comparaison, la Russie a modernisé une partie de ces systèmes d'artillerie longue portée autour de la plate-forme du BM-30 (9A52-4), mais reste en retrait dans la modernisation des munitions. Elle dépend donc très fortement des SS-26 sur les portées bas opératives et opératives et ne dispose pas de systèmes permettant la saturation sur les distances intermédiaires (100 à 500 km), la portée des lance-roquettes restant dans l'ensemble exclusivement adaptée à l'appui feu tactique. Cette carence est évidemment appelée à être résorbée mais limite en l'état la capacité de la Russie à optimiser sa logique de manœuvre.

Tout aussi problématique du point de vue russe, l'efficacité des systèmes d'artillerie traditionnels lors des opérations en Ukraine (roquettes de 122 mm, artillerie de 122 et de 152 mm de 47 calibre) a provoqué une prise de conscience de la part des Occidentaux des risques liés au déficit de portée des systèmes de 39 calibre sur lesquels s'appuient encore les États-Unis et nombre d'alliés. Or, réputés très efficaces, les actuels 2S19 et leurs équivalents tractés 2A65 n'en sont pas moins relativement rares par rapport aux systèmes antérieurs 2S3 (automoteurs) et 2A36 (tracté de 152 mm). Le 2A65, qui succède au 2A36, n'aurait été produit qu'à environ 300 exemplaires. Autre exemple, on ne compte encore qu'une douzaine de canons automoteurs 2S35, qui vient compléter le 2S19. Or, pour les Américains, la métrique utilisée pour évaluer l'artillerie russe dans la communication vers le Congrès s'appuie essentiellement sur les caractéristiques de ce 2S35, c'est-à-dire un canon capable d'opérer entre 40 et 70 km, et non sur les 20 à 30 km comme cela est le cas pour le 2S19 et le 2A65. Il convient donc de relativiser l'appréciation des capacités russes en la matière.

Confrontés à cette « menace » et convaincus par le PzH-2000, le G6 ou le Caesar de l'intérêt d'une montée en portée par allongement du calibre et la modification de la munition (muni-

tion planante notamment), les États-Unis s'orientent actuellement vers des canons de 155 mm très longs (58 calibre) qui doivent pouvoir couvrir les portées de 70 à 120 km avec des munitions non propulsées sur le bas du spectre et propulsées sur le haut de celui-ci (Programme ERCA et munition HVP). Ces systèmes semblent destinés à reprendre pour partie la mission des roquettes M31 sur les portées les plus courtes. La portée de ces dernières devrait progressivement augmenter jusqu'à atteindre les 120 km à 150 km. Artillerie de 155 mm et roquettes de 227 mm offrent une précision de l'ordre de 3 à 5 mètres pour la M31 et ses futurs dérivés, de 5 à 10 mètres pour les obus guidés dérivés des M982 et de 10 à 20 mètres pour les obus équipés de PGK, 10 mètres pouvant être envisagés à courte échéance. La réintroduction plus systématique de systèmes de guidage laser semi actifs est également à anticiper, afin de renforcer le ciblage des éléments mobiles.

Parallèlement, la logique russe considère la destruction des capacités ISR adverses et la neutralisation du C4 comme des missions prioritaires, limitant les effets des systèmes adverses. L'investissement constant dans les défenses aériennes, dans les courtes portées (modernisation permettant de disposer de systèmes bien adaptés à l'interception des PGM et des avions tactiques) comme dans les longues et très longues portées (accroissement de la portée des capteurs – 91N6 et 96L6 sur le S-400 – qui favorise l'interdiction des plates-formes ISR lourdes du champ de bataille et la sanctuarisation de l'espace aérien) contribue à limiter l'attrition et permet de compenser partiellement les effets de l'allongement de portée et l'augmentation de précision des systèmes adverses. Toutefois, comme évoqué précédemment, l'absence de distribution réelle de l'architecture ne permet pas encore de logique d'engagement multi plate-forme sur pistes composites, qui permettrait réellement d'exploiter la portée des capteurs et des effecteurs, et de limiter les effets d'une destruction des capteurs organiques. Toutefois, les difficultés rencontrées par les Américains dans l'adaptation de l'IBCS aux forces de manœuvre peuvent laisser penser qu'il n'existe pas de solution immédiate pour renforcer les défenses actives face à la frappe de précision tactique ou opérative basse.

2.2.2. L'impact fort d'une modernisation russe qui irait à son terme sans contrepartie en Europe

Dès lors, il semble évident que la garantie de la précision (y compris en situation de brouillage), et la course à la portée ont des incidences très problématiques, sauf à ce que les systèmes ISR tactiques puissent être systématiquement neutralisés. Le problème le plus visible porte sur le déploiement des forces terrestres et la restructuration de leur format afin de limiter leur exposition aux feux indirects, sur le durcissement souhaitable d'une partie des zones de déploiement, ainsi que la déconcentration de la logistique. De surcroît, une certaine attention doit être portée à la vulnérabilité des défenses sol-air de courte et moyenne portées aux feux, qui deviendra critique avec l'allongement de portée de l'artillerie. En effet, bien que les lance-roquettes multiples mettent déjà en danger ces systèmes sur des portées désormais très longues (entre 40 km et 300 à 500 km dans les cas chinois et américain), la combinaison avec l'artillerie longue portée démultiplie les risques. Dès lors, alors que l'idée du conflit où la supériorité aérienne serait fortement contestée et limiterait la capacité de l'aviation à appuyer les opérations de manœuvre domine, il peut être envisagé que des zones entières du théâtre des opérations voient leur défenses sol-air s'effondrer, exposant brutalement les forces à la frappe aérienne.

En outre, l'importance croissante des réseaux soulève la question de la neutralisation du C3 par l'attaque électronique mais aussi par la frappe d'artillerie. Dans le cas de l'IBCS par exemple, si l'empreinte logistique de l'architecture s'est fortement atténuée, elle continue de dépendre de points nodaux (*Engagement Control Center*, relais de communication) dont la neutralisation devrait contribuer à déstabiliser gravement les défenses aériennes. D'autre part, dans la solution IBCS, le radar organique conserve un rôle central et ne peut déjà s'appuyer exclusivement sur les données composites en provenance des radars distribués. Du fait de la portée du capteur et de l'impossibilité de déporter les éléments de C2 et de communication au-delà d'une certaine distance, l'allongement de portée des systèmes de frappe met mécaniquement en péril l'architecture distribuée telle qu'elle est actuellement conçue.

Cette vulnérabilité des défenses sol-air à la frappe tactique permettrait à la manœuvre terrestre russe de conserver une grande efficacité, à condition qu'elle soit organisée autour d'éléments déconcentrés et mobiles mais aussi capables de concentrer ponctuellement une masse de feux directs et indirects. Pour être complet, ce modèle de force futur devrait s'appuyer sur une capacité ISR tactique pénétrante et sur un dispositif suffisamment dense et autonome pour pouvoir exploiter la neutralisation de ces défenses. La probabilité de réussite est d'autant plus élevée que le dispositif adverse est lui-même peu concentré, très inférieur en moyens de feux et fortement dépendant d'architectures « réseau-centrées » qui visent à suppléer la masse par la qualité de la distribution de l'information, mais qui seraient partiellement ou totalement neutralisées. En limitant la capacité de frappe dans la grande profondeur pour l'adapter à des objectifs très circonstanciés et en orientant le plus gros de l'investissement sur le niveau tactico-opératif, un État comme la Russie pourrait disposer d'un modèle particulièrement dissuasif. Il serait en effet très difficile à engager mais également susceptible d'être activé sur très court préavis, afin d'atteindre des objectifs militaires limités, dans une profondeur géographique relativement faible (de l'ordre de 60 à 200 – 300 km).

En conclusion :

- ➔ **La frappe dans la profondeur tactique à opérative connaît un profond bouleversement, marqué par l'extension générale des portées, le développement tout aussi significatif de la précision, non seulement des roquettes mais aussi des obus et une diversification des charges.**
- ➔ **Contrairement à une vision répandue, les Russes ne sont pas spécifiquement à la pointe de cette évolution : ils disposent de capacités écrasantes dans la profondeur tactique mais guère au-delà, et restent relativement en retard dans la modernisation des munitions et des capacités ISR aéroportées.**
- ➔ **À l'inverse, la Chine fait des progrès considérables dans l'allongement de portée de ses roquettes et développe ses premières munitions guidées. Une modernisation des systèmes d'artillerie est aussi à prévoir.**
- ➔ **L'US Army, qui a négligé la modernisation de ses tubes d'artillerie, est dans une logique de rattrapage et de dépassement des capacités adverses, sur l'ensemble des domaines, avec des préoccupations évidentes sur l'atténuation des vulnérabilités.**

- ➔ **Ce train de modernisation démultiplie les effets tactiques ou opératifs réalisables sur l'appareil de force adverse, au point d'offrir des capacités inédites d'interdiction de sa manœuvre, de contre-batterie et de SEAD tactiques.**
- ➔ **Pour s'en prémunir, les défenses antiaériennes restent à adapter. Elles permettent en l'état surtout d'interdire les capacités ISR aéroportées autorisant un ciblage dynamique. En cela, les Russes sont nettement avantagés. La numérisation des architectures, dans laquelle les Américains montrent la voie, des effecteurs diversifiés et plus performants (propulsion par statoréacteur) devraient à terme rééquilibrer la balance dans un sens plus favorable à la défense.**
- ➔ **La sécurité des dispositifs de force ne pourra cependant pas reposer exclusivement sur les défenses actives, appelant à une réflexion sur la doctrine et les moyens de la manœuvre et sur les défenses passives.**

3. La modernisation des moyens de frappe des puissances militaires régionales

3.1. Orientation générale

3.1.1. Le problème posé par la dissémination

L'une des évolutions les plus marquantes de ces dernières années se situe dans la capacité des puissances de second rang (Corée du Sud, Turquie, Iran, Corée du Nord) à développer des capacités de frappe performantes sur les portées tactiques et opératives, reposant sur des systèmes balistiques/quasi balistiques mais également sur les roquettes et, dans le cas de la Corée du Sud, sur l'artillerie. Les capacités développées par le Pakistan, la Corée du Sud et à moindre égard l'Iran illustrent également la dissémination des technologies des missiles de croisière, désormais maîtrisées (avec des nuances) sur des bases nationales. Si les États-Unis restent très réticents à transférer massivement les systèmes de type M270 et M142 (plates-formes des M31 et M57), qui sont certes vendus aux alliés mais dont l'emploi est politiquement conditionné, la Chine se positionne en tant que fournisseur de systèmes, au niveau de l'artillerie, des roquettes et des engins de type BSRBM. À l'inverse, la Pologne et la Corée du Sud montrent qu'en matière de systèmes air-sol, les contraintes américaines ou européennes sur l'exportation d'armements à capacité « stratégique » peuvent évoluer, permettant l'acquisition de systèmes de portée opérative (JASSM ER) ou de spécialisation croissante (Taurus KEPD). Le positionnement chinois sur les systèmes balistiques courte portée, la flexibilité croissante américaine sur le commerce des systèmes longue portée et la place dominante de la Russie dans l'exportation de systèmes antinavires de haute qualité sont les signes précurseurs d'une relaxe croissante sur les normes contraignantes limitant l'exportation des systèmes d'armes liés à la frappe. Cette relaxe devrait conduire au positionnement fort d'acteurs traditionnels (Russie, Chine, États-Unis et pays européens) sur le marché des effecteurs à longue portée mais aussi à l'émergence d'acteur tiers réputés « régulés » (Corée du Sud, Turquie) ou totalement dérégulés (Iran, Corée du Nord).

Aux systèmes d'armes s'ajoute également une dynamique de dissémination des technologies de drones et à moindre égard l'utilisation croissante de l'espace pour les missions ISR (Corée du Sud, Japon, premières tentatives iraniennes). Le cas de l'Iran est ici assez emblématique, dans sa capacité à développer ces technologies de drone et à les intégrer dans le système de force balistique, mais également à rechercher un accès à l'espace dans une logique de souveraineté et de capacité militaire proche de celle des plus grandes puissances. L'évolution est tout aussi intéressante au niveau des capteurs, l'Iran déployant une antenne AESA sur le capteur du Bavar 373, système probablement dérivé du S-300 russe. Bien que la dissémination des technologies capteurs ne soit probablement pas un problème immédiat, le cas iranien montre que la capacité de progression technologique d'acteurs tiers, réputés peu intégrés au marché international de l'armement, est beaucoup plus dynamique que l'on peut le supposer.

Enfin, il faut anticiper un retour croissant à une compétition de services entre les grandes puissances, permettant aux pays clients d'accéder non seulement à du renseignement de ciblage fusionné mais aussi à des données ISR fournies directement par les capteurs en temps plus dynamique, à des moyens de communication et de navigation évolués ou même, dans un nombre de cas probables plus limités, à des architectures partiellement intégrées. Dans leur logique de recherche de forte interopérabilité entre leur C4ISR et celui de leurs alliés, qui s'appuie sur la possibilité d'un partage de données entre les partenaires, les États-Unis ont de ce point de vue ouvert une voie dangereuse qui produirait des effets désastreux si la Chine et la Russie en venaient à le reproduire plus systématiquement.

3.1.2. Des implications technologiques et industrielles

Cet ensemble de transformations technologiques et industrielles a des implications particulièrement importantes qui peuvent être perçues sous trois angles.

Au niveau des acteurs industriels « régulés », membres du MTCR (ou affiliés) ou du groupe de Wassenaar et intégrés aux alliances, des États comme la Turquie, Israël, le Japon ou la Corée du Sud capitalisent désormais sur des capacités technologiques suffisantes pour développer, nationalement ou en coopération, tout type de système de frappe, de l'artillerie au missile balistique, et se positionnent fermement sur les moyens ISR. À l'exception d'Israël cependant, rares sont ceux qui raisonnent en termes d'architecture, bien que cette situation soit susceptible d'évoluer. Ces acteurs industriels « régulés » sont une source de dissémination encore diffuse mais leur statut de nouvelles puissances déployant des moyens de frappe participe directement à la normalisation de ces moyens, jadis perçus comme réservés aux puissances militaires majeures mais désormais commercialisés au tout venant. L'acquisition de SY-400 par le Qatar est un exemple éclairant.

S'agissant des acteurs « dérégulés » tels que la Corée du Nord ou l'Iran, la maîtrise croissante des technologies liées à la frappe et à la capacité d'intégration des technologies liées à l'ISR – que ni le groupe de Wassenaar ni le MTCR ne peuvent efficacement réguler – va conduire à l'émergence d'acteurs majeurs capables de développer des systèmes d'armes complets, intégrant reconnaissance, C3 et système de frappe, mais également de les exporter. L'Iran, par ses transferts à ses relais miliciens du Moyen-Orient, montre de ce point de vue l'émergence de nouveaux modèles d'exportation qui se combinent utilement au modèle traditionnel. Il faut également considérer que la possibilité pour ces États de commercialiser

des systèmes offrant des performances très supérieures aux plafonds fixés par le MTCR représente un appel d'air croissant. Le renforcement du rôle de l'Iran et de la Corée du Nord dans la dissémination des technologies et des systèmes d'arme sera plus probable si les États-Unis et les États européens maintiennent une politique discriminatoire au sein du MTCR, dérogeant aux plafonds sur les portées et les charges utiles pour certains et se montrant inflexibles avec d'autres.

Ces différentes dynamiques mettent en exergue une transformation rapide des menaces qui se combine à l'émergence de vulnérabilités.

3.1.3. Quelles combinaisons de capacités défensives contre ces moyens de frappe ?

L'évolution des menaces recouvre :

- ➔ la normalisation de la dissémination de systèmes de frappe manœuvrant de portée opérative (300 à 1 000 km, avec une précision de l'ordre de 20 mètres) ;
- ➔ la multiplication de moyens de frappe de précision opérant aux niveaux tactique et bas opératif ;
- ➔ et l'aptitude à développer, utiliser ou s'appuyer sur des capacités ISR permettant systématiquement le ciblage infrastructurel mais aussi un ciblage sur faible préavis, de l'ordre de la journée ou de la demi-journée. En effet, il faut partir du principe que la majorité des États susceptibles de réaliser une frappe dans leur environnement régional pourront s'appuyer sur une cartographie précise et mise à jour de leur environnement, rafraîchir partiellement les données via les constellations commerciales et, sur les distances tactiques et opératives basses, s'appuyer sur des moyens ISR nationaux au moins durant la période initiale du conflit. La modernisation de ces moyens de frappe doit être interprétée aussi bien face à des dispositifs de force déployés (en relation avec les systèmes courte portée), qu'en relation avec les infrastructures situées dans la profondeur, exposées aux systèmes longue portée.

Sur les portées courtes, la capacité d'un dispositif déployé à se protéger d'une frappe d'artillerie ou de roquettes courte portée par des défenses C-RAM est faible face à un tir de salve, et devient nulle face à une véritable frappe de saturation. De surcroît, l'augmentation de la portée des roquettes associées à des charges à sous-munitions feraient de ces défenses elles-mêmes une cible idéale, contribuant à condamner l'unité déployée. La seule protection possible relève de la combinaison de défenses actives et passives, de moyens de surveillance et d'alerte pour permettre la mise en protection des personnels, et de moyens de contre-batterie. Toutefois, le déploiement de systèmes de contre-frappe classiques n'est qu'une solution intermédiaire, notamment face à une combinaison de moyens d'artillerie longue portée qui recoupent les objectifs à partir de points géographiques multiples, trop nombreux pour être engagés. La solution logique repose donc sur des moyens de contre-frappe lourds, de très longue portée et à très grande cadence de tir, capables d'engager un grand nombre d'objectifs sans risque de contre-batterie. Bien que des systèmes à sous-munitions associés à des engins de type roquette lourde guidée apparaissent comme une solution évidente, l'idée d'un super canon n'est pas dénuée de sens.

Sur les portées plus longues, la précision démontrée des missiles balistiques chinois, russes, iraniens ou nord-coréens, tout comme la dissémination des technologies des missiles de croisière posent des problèmes insolubles par rapport aux concentrations logistiques, notamment portuaires et aéroportuaires. Le couplage des technologies des ASBM et des ALBM pose de surcroît pleinement la question de l'accès au théâtre des opérations. Dès lors, les opérations de projection pourraient supposer un besoin fort de capacités air-sol, couplées à des moyens *stand off* mer-sol ou sol-sol de très longue portée, non plus pour la mission SEAD, mais avant tout pour la mission de destruction des moyens de feu adverse et de leur chaîne opérative.

Parallèlement, face aux missiles balistiques de portée supérieure à 1 000 km, le déploiement systématique de défenses antimissiles est à considérer, y compris en termes de défenses terminales (menace des têtes manœuvrantes et des missiles quasi-balistiques). Un intercepteur à statoréacteur peut être une solution même si les options retenues par les États-Unis autour de l'évolution du THAAD doivent être évaluées avec attention. La question des capteurs est ici primordiale, l'intercepteur ne pouvant réaliser sa mission sans dispositifs de détection et de trajectographie opérant très en avant de la phase terminale de l'engagement.

Sur le fond, ces différents éléments tendent à montrer que la sécurisation d'un nombre croissant d'opérations aéroterrestres, y compris des opérations comme l'imposition de la paix à des belligérants bien équipés, devra s'appuyer sur des moyens qui, en d'autres temps, ne s'associaient qu'aux conflits majeurs. S'il est relativement simple d'évaluer le besoin en systèmes offensifs, définir ce que pourrait être les défenses actives et adapter les opérations pour prendre pleinement en considération le champ des vulnérabilités serait une entreprise plus complexe.

3.2. Exemples de l'évolution des capacités iraniennes et nord-coréennes

La transformation des capacités iraniennes et nord-coréennes permet d'anticiper assez nettement les menaces à venir, les deux États maîtrisant désormais les propulsions solides et les propulsions liquides de type NTO/UDMH, permettant à la fois la conception d'engins courte et moyenne portées très réactifs, mais aussi de missiles intercontinentaux lourds. La très grande rapidité avec laquelle ces pays ont acquis des technologies de navigation et de guidage, doit laisser anticiper, *sur tout type de missiles considéré*, une précision systématiquement inférieure à 50 mètres, voire à 20 mètres, avec des potentialités élevées de frappe métrique sur les portées courtes et intermédiaires. Surtout, pour les pays industriels de second rang comme pour l'Iran ou la Corée du Nord, le développement de systèmes de type ALBM, ASBM ou planeurs hypersoniques de courte portée (plus proche de la tête manœuvrante que du planeur *per se*) n'est pas à exclure à notre horizon 2035. À cette transformation de la menace s'associe celle, profonde, des filières industrielles, de la formation des ingénieurs, des échanges de connaissance mais aussi une utilisation systématique des équipements commerciaux, autant pour le développement des engins que pour l'exploitation des sous-systèmes.

Dans le cas de l'Iran, le développement du Bavar 373 comme d'une vaste famille de drones indique une volonté de se doter de technologies de capteurs évoluées. Le transfert de technologies de sous-munitions guidées est probablement activement recherché à Téhéran

(comme à Pyongyang), alors la maîtrise des munitions guidées laser et l'apparition des premières bombes guidées laissent anticiper une menace croissante sur les dispositifs de force qui lui seraient opposés. Parallèlement, et plus généralement, le développement croissant des obus et roquettes guidées par les puissances militaires de second rang représente un risque majeur dans nombre de configurations de conflit, une mention spéciale devant être accordée pour les opérations de contre-insurrection ou de maintien de la paix. Avec ce type d'équipement, les milices sont en effet capables de créer des dommages substantiels contre un dispositif de force. Dès lors, bien que le C-RAM soit actuellement insuffisamment développé pour assurer la protection d'un corps de manœuvre, il devient indispensable de considérer le déploiement de moyens performants pour les opérations de basse intensité et de les coupler à des moyens de défense passive et d'alerte.

Si l'on considère que la capacité de frappe dans la profondeur est un élément de dissuasion et de protection des forces prépositionnées et une capacité essentielle à toute opération de projection, Iran et Corée du Nord représentent également un cas intéressant dans l'utilisation systématique des défenses passives pour protéger systèmes d'armes, sites de C2 et certains outils de production industriels. Bien que l'identification des défenses passives soit désormais facilitée par le couplage des données ISR et de l'intelligence artificielle, certaines infrastructures enfouies apparaissent invulnérables même à l'utilisation massive de moyens lourds. L'importance de la défense passive et l'évolution des systèmes de frappe permettent à ces pays de limiter les vulnérabilités et de transformer leur rapport aux puissances militaires auxquelles ils sont confrontés. Si le cas nord-coréen reste exceptionnel du fait du déploiement d'armes de destruction massive et de la très forte proximité de cibles civiles à très haute valeur ajoutée, le cas iranien montre une capacité progressive à établir les bases d'une dissuasion conventionnelle suffisamment développée pour permettre à Téhéran d'adopter des postures coercitives sans risque immédiat de réplique des puissances dominantes du Golfe persique.

Comme le montrent les opérations israéliennes en Syrie cependant, la majorité des puissances militaires de second rang ne sont pas encore à même de se doter de défenses antiaériennes et aériennes robustes. Les exportations russes de S-300 V3 et de S-400 vers l'Égypte et la Turquie, tout comme le positionnement de la Chine, pourraient indiquer une évolution possible. Toutefois, ces défenses étant amenées à être confrontées à des systèmes de frappe de très longue portée couplés à des moyens ISR très persistants, l'efficacité future des défenses restera dépendante de l'effort de formation que les États acquéreurs voudront consentir sur des systèmes qui restent très complexes et vulnérables. Il est par ailleurs difficile d'imaginer que ces puissances de second rang soient capables de mettre en réseau ces systèmes ou qu'ils puissent opérer des architectures distribuées. De fait, au-delà de l'évolution des moyens de frappe, qui est générale, la question la plus essentielle se situe dans la capacité de l'ensemble des puissances de second rang (puissances industrielles asiatiques et européennes incluses) à développer des architectures plus ou moins souveraines, leur permettant d'intégrer des moyens ISR spatiaux et aéroportés, de disposer d'une connaissance situationnelle du champ de bataille et de développer des stratégies de frappe réactives. Le rouleau compresseur des architectures américaines devrait en effet conduire la plupart de leurs alliés à s'associer, voire à s'intégrer aux architectures existantes, rendant assez difficile leur extraction sans perte massive de capacité. La Corée du Sud comme le Japon et Israël représentent assez probablement les seuls exemples d'États tentés de déve-

lopper des architectures parallèles, interopérables avec les architectures américaines, mais s'appuyant sur des capacités nationales en développement constant.

Il a été souligné qu'il était assez probable que l'Iran tente de mettre au point une architecture nationale. La structuration de cette dernière semble répondre à un modèle particulier, celui de la « mosaïque », de la décentralisation de la prise de décision aux plus bas échelons comme garantie de résilience des capacités¹². Une approche pourrait consister à créer des bulles fermées où les systèmes de frappes seraient couplés à des capteurs dédiés pour des missions largement prédéfinies. Une autre approche peut consister à s'appuyer sur les moyens exogènes ou asymétriques – milices, moyens humains infiltrés, capacités d'États alliés, données russes ou chinoises – pour garantir une capacité de frappe limitée.

En conclusion :

- ➔ **La dissémination des moyens de frappes dans la grande profondeur est une réalité, répondant désormais à une demande militaire et non à un souci de prestige ou de positionnement international. Les outils de non-prolifération sont actuellement mal adaptés à ce phénomène, notamment du fait de la multiplication des acteurs régulés et non régulés, et du caractère juridique non contraignant des régimes les plus adaptés à le limiter.**
- ➔ **La dissémination, très largement dérégulée, des moyens de frappe de plus courte portée et des architectures attenantes est tout aussi préoccupante. Elle génère des vulnérabilités potentielles très élevées, notamment dans le cadre d'opérations où des dispositifs de force coexistent avec des moyens de feu mal identifiés et qui ne peuvent être engagés de façon préemptive. Du fait des limites du C-RAM face à ce type de menace, des défenses passives et moyens de contre-batterie doivent être considérés comme constitutifs de tout déploiement.**
- ➔ **Enfin, si les systèmes de frappe dans la profondeur de longue portée exercent une menace substantielle sur les centres logistiques et points nodaux dans la profondeur du théâtre, le rôle de défenses actives performantes permettrait sans doute de modérer le risque. L'élimination de ces systèmes reposera néanmoins essentiellement sur des moyens air-sol, éventuellement complétés par des moyens mer-sol/sol.**
- ➔ **Ainsi, la confrontation potentielle avec un acteur de second rang implique l'engagement de moyens qui, il y a quelques années encore, étaient considérés comme relevant du conflit de haute intensité, en termes de défenses actives mais également en termes de moyens de frappe de longue portée.**

4. La question de la frappe navale

L'évolution constante des capacités ISR spatiales comme la modernisation de la propulsion posent un problème fondamental en matière de frappe navale. Les évolutions du SS-N-27 sont symptomatiques de cette problématique : dans sa version subsonique russe, il a probablement des portées très longues, bien au-delà des 300 km des versions d'exportation, et dans sa version subsonique/supersonique, de plus courte portée, il est considéré comme

particulièrement complexe à intercepter. Ces capacités imposent déjà de reconsidérer les architectures navales type NIFC-CA. Cette dernière, déployée depuis quelques années sur les groupes porte-avions américains, permet d'élargir la zone de détection et d'engagement (combinaison des systèmes Aegis embarqués, des avions de guet E-2D et des missiles SM-6 permettant le *Launch on Remote* (LoR) et à terme l'*Engagement on Remote* (EoR)). Face à des menaces hautement supersoniques, de type SS-N-26, susceptibles d'être tirées par des sous-marins à courte portée, et de type Kh-32 ou Kh-47 sur les portées longues, la compression de la boucle de détection/engagement et les caractéristiques cinématiques des missiles (combinaison de la vitesse et de la manœuvre) posent clairement la question de l'adéquation des capteurs et des intercepteurs face à ce type de menace.

La vulnérabilité des navires de surface face à la frappe longue portée est amenée à se renforcer du fait de l'exploitation des propulsions par stato et super-statoréacteur. La Russie revendique officiellement une vitesse de 3 km/s (probablement en fin de propulsion) pour 1 000 km de portée pour le 3M22 Zyrkon. On peut supposer une capacité de manœuvre faible durant la propulsion et, en fonction du carburant du super statoréacteur, une phase plus ou moins longue de vol plané. Toutefois, en admettant arbitrairement une vitesse terminale de 1,5 km/s, une manœuvre simple (variation d'altitude par exemple) suffira à rendre toute interception impossible avec le type d'intercepteurs actuellement déployés.

La combinaison Kh-32/Kh-47/3M22 pose de fait un défi majeur pour les défenses. Les deux premiers systèmes sont assez lourds pour engager des navires de premier rang ; le troisième, dont la charge utile est éventuellement plus légère, est probablement suffisant pour neutraliser les navires de défense aérienne le temps d'une attaque combinée. Contrairement aux ASBM longue portée (de type DF-21D ou possiblement DF-26), ces systèmes peuvent s'appuyer sur un ensemble de capteurs relativement variés, avec des possibilités de transmission de données en temps réel. Ils seront donc moins exposés à des logiques de destruction de points nodaux de leur *kill chain*. Utilisés par les Russes dans une stratégie d'interdiction de l'Atlantique nord, leur dissémination posera un problème quasi insoluble, plus particulièrement sur les espaces maritimes clos ou partiellement clos. Parallèlement, la modernisation des SS-N-26 et la systématisation probable des propulsions par statoréacteur sur les systèmes futurs vont accroître la vulnérabilité des groupements aéronavals qui ne disposent pas de la capacité à identifier et traiter la cible au plus tôt. En zone littorale, ce type de menace ne peut être éliminé que par des moyens offensifs.

L'ALBM pose un problème de nature semblable pour les systèmes courte portée (300 à 800 km) mais différent pour les engins longue portée. Sur les courtes portées, la vitesse terminale de l'engin est relativement faible, ce qui permet d'envisager un couplage avec une combinaison de capteurs ISR pour assurer la frappe. L'évolution des roquettes lourdes guidées devrait voir ce type d'engins se multiplier et s'associer à des corps planants, éventuellement propulsés. Ces systèmes sont assez complémentaires des missiles de croisière à haute vitesse. Le vol quasi-balistique garantit une capacité de manœuvre minimale et limite le risque d'interception, laquelle deviendrait très complexe si un corps planant propulsé était associé.

Sur les plus longues portées, le développement des drones furtifs pénétrants et hautement supersoniques chinois peut laisser supposer que le couplage entre l'ASBM, les radars transhorizon et les capteurs spatiaux pourrait être jugé insuffisant ou vulnérable. Il pourrait

être envisagé que les drones puissent fournir des données actualisées de la position des cibles jusqu'à la rentrée dans l'atmosphère de la tête, réduisant la dépendance au capteur terminal et les contraintes aérodynamiques lors de la manœuvre. Avec l'émergence des systèmes hypersoniques cependant, il n'est pas certain que les systèmes de portée de plus de 1 500 km (type DF-26) restent un système d'arme majeur, les intercepteurs exo-atmosphériques étant susceptibles de les intercepter. Ils demeureraient cependant très utiles en combinaison avec les systèmes hypersoniques et hautement supersoniques et gardent une immense valeur dissuasive à condition d'être couplés à des armes nucléaires et possiblement à des dispositifs électromagnétiques non nucléaires.

Partie 2 – Implications et recommandations

1. Cadre de la réflexion

Afin de tirer au mieux des implications des différents modèles de frappe dans la profondeur esquissés en première partie, il convient de se référer aux types d'engagement dans le cadre desquels nos forces tireraient partie de frappes dans la profondeur ou, au contraire, devraient s'en prémunir. Trois principaux cadres d'engagement sont à retenir :

- ➔ La contribution à un dispositif de dissuasion conventionnelle crédible otanien contre la Russie dans l'Est de l'Europe. L'adversaire dispose comme on l'a vu de capacités de frappe limitées dans la profondeur stratégique (avant tout aériennes, couplées à des missiles de croisière) et de capacités massives dans la profondeur opérative et tactique (essentiellement surface-surface) ainsi qu'une importante capacité antinavire ;
- ➔ L'intervention régionale en zone Afrique du Nord / Proche et Moyen-Orient comme nation cadre d'une coalition limitée, sans les Américains, face à une puissance régionale émergente ou une entité non-étatique puissante. Cet adversaire disposerait logiquement de capacités de frappe principalement surface-surface, dans les profondeurs tactiques voire opérative basse ainsi qu'antinavire ;
- ➔ La poursuite de l'intervention au Sahel contre l'insurrection djihadiste. Même à l'horizon considéré, l'adversaire ne dispose que de capacités d'appui-feu rudimentaires.

2. La composante terrestre

2.1. Implications

La structuration de l'armée de Terre actuelle est l'héritage de l'histoire récente où la priorité allait aux modes tactiques de stabilisation et d'assistance, reposant avant tout sur l'infanterie et des appuis génie et renseignement spécifiques. Ce faisant, l'artillerie, sans être négligée, n'a pas reçu le même degré de priorité, dans un contexte de forte contrainte budgétaire. Encore récemment, elle ne faisait pas partie des piliers du modèle « Au Contact » lancé par le précédent CEMAT. Les développements abordés dans la première partie souli-

gnent, à cet égard, le contraste entre les évolutions capacitaires concentrées sur le segment du combat conventionnel de haute intensité et celles de notre force, qui reste équipée et entraînée pour intervenir dans des conflits irréguliers. Face à la Russie mais aussi face un nombre croissant d'acteurs étatiques pouvant représenter une menace dans le second cadre d'engagement, nos forces de « gestion de crise » sont, pour paraphraser le constat du général McMaster sur l'US Army alors qu'il était au *Training and Doctrine Command* :

- ➔ « *outgunned* » avec un nombre de Caesar qui n'atteindra que la centaine avec la LPM soit à peine trois fois plus que les 36 automoteurs d'une seule brigade interarmes russe (le district ouest aligne près de 10 brigades de la sorte) et un fer de lance de 13 lance-roquettes unitaires (LRU), un inventaire inférieur donc au 18 LR de la même brigade. À noter que les Russes ont également réactivé une brigade dotée de canons 2S7 de 203 mm et de mortiers lourds 2S4 de 240 mm ;
- ➔ « *outranged* » : les roquettes de 227 mm du LRU portent à 70 km alors qu'une roquette standard de 300 mm portera systématiquement bien au-delà des 100 km dans les années à venir ; le Caesar porte au mieux à 30 km, là encore à comparer avec les 70 km du nouveau 2S35 Koalitsiya de 152 mm qui va doter massivement les brigades russes.

Sur l'état de l'art de nos capacités, le lecteur est renvoyé à l'étude de Corentin Brustlein de 2015, *Maîtriser la puissance de feu. Un défi pour les forces terrestres*¹³.

2.1.1. En posture offensive

La partie 1 souligne pour nos forces la plus-value que leur apporterait un système de feux dans la profondeur tactique voire opérative pour compléter, voire suppléer à la puissance aérienne dans les deux premiers cadres d'engagement mais aussi accroître la portée des appui-feu dans l'océan sahélien.

En application de l'analyse de la première partie, ces systèmes contribueraient potentiellement aux effets suivants :

- ➔ La neutralisation des défenses antiaériennes adverses (SEAD) ou leur destruction (DEAD) dans une optique de contre-interdiction de zone ;
- ➔ La neutralisation/destruction des feux adverses dans la profondeur. On rejoint pleinement l'argumentaire de l'US Army sur les LRPF, sous réserve de l'architecture de ciblage adaptée ;
- ➔ La contribution à la désarticulation de la manœuvre adverse par les frappes de contre-C2, contre les PC tactiques ou opératifs adverses ;
- ➔ La neutralisation voire l'élimination de forces irrégulières miliciennes ou djihadistes, en appui depuis nos bases feux, notamment dans le cadre de nos opérations de contre-rébellion au Sahel.

Il convient de prendre en compte trois seuils quant aux effets réalisables, qu'il apparaît difficile de franchir sans des investissements particulièrement onéreux :

- ➔ Le ciblage d'objectifs mobiles qui nécessiterait une architecture F2T2EA que même les Américains peinent à réaliser mais qui à moyen terme pourrait s'appuyer plus systématiquement sur les moyens spatiaux ;
- ➔ Le ciblage de forces dispersées compte tenu du coût en couverture ISR qu'il impliquerait ;
- ➔ Le ciblage d'objectifs protégés, qui nécessiterait des munitions à pénétrateurs beaucoup plus puissants et qui resterait au demeurant restreint aux objectifs durcis mais non enterrés. Cette contrainte écarte des effets de contre-C2 ou de contre-prolifération stratégique ;
- ➔ La frappe massive de saturation visant la suppression ou l'attrition de forces terrestres adverses, qui nécessiterait une quantité importante de munitions.

Parmi les moyens nécessaires à la mise en œuvre de ces capacités, on peut envisager, outre un recours accru aux capacités spatiales y compris commerciales (voir ci-dessous) :

- ➔ Un système de roquettes planantes dépassant les 100 km en mesure d'offrir non seulement une capacité d'appui mais aussi de contre-batterie, employé en synergie avec les feux de l'ALAT dans le cadre du combat 3D ;
- ➔ Un SRBM quasi-balistique disposant :
 - ⇒ d'une portée « opérative », de l'ordre de 500 km ;
 - ⇒ de charges utiles modulaires, incluant bien entendu principalement des charges cinétiques mais aussi un mini-capteur ISR (mini-UAV) en mesure de marauder sur zone pour détecter et désigner des objectifs afin de compléter le dispositif ISR. Avec une charge de l'ordre de 200 kg, on ne peut envisager qu'un capteur unique ;
 - ⇒ d'une navigation avec recalage par systèmes spatiaux de navigation mais reposant avant tout sur une centrale inertielle à systèmes micro-électromécaniques (MEMS) garantissant une précision correcte même en cas de brouillage des signaux de positionnement, navigation et timing (PNT), ce qui devrait être la norme du champ de bataille haute intensité et éventuellement une capacité « *Network Enabled Weapons* » via SATCOM ou liaison LOS, interconnectant l'arme avec les capteurs et centre C2 tactique ;
- ➔ Un nombre accru de drones tactiques, au-delà des 3 systèmes à 14 véhicules, révélateur d'une programmation de gestion de crise ne prenant pas en compte l'attrition en combat de haute intensité ;
- ➔ Des relais en ligne de vue, par exemple assurés par des chaînes de drones opérant en essaim reliant le contrôle tactique en arrière de la zone d'action avec la zone d'engagement sur plusieurs centaines de kilomètres, en complément voire en substitut des communications par satellite ;
- ➔ L'interopérabilité avec les chasseurs et les capteurs (Reaper, le cas échéant charge ROEM) et les éléments de C2 (E-3 et autres nœuds) de l'armée de l'Air. Il

serait par exemple intéressant de développer la désignation d'objectif par un Rafale ou un F-35 de la coalition à un système d'artillerie, par une extension des architectures de *Digitally Aided CAS* (DACAS, la transmission entre réseaux L16 et ATLAS via messages *Variable Messages Format* – VMF – par exemple) ;

- ➔ L'interopérabilité avec la Marine. Il serait par exemple logique, si cela s'avère techniquement et logistiquement réalisable, de faire opérer des systèmes longue portée depuis un BPC en opérations amphibies.

2.1.2. En posture défensive

Les évolutions affectant les feux dans la profondeur et leur dissémination sont l'une des menaces les plus préoccupantes pour l'avenir de nos forces terrestres. C'est une évidence de la part des grandes puissances comme la Russie. En outre, dans notre second cadre d'engagement, à moyen terme, des acteurs étatiques et non-étatiques pourraient à leur tour développer des capacités potentiellement dévastatrices, avec des effets du même ordre que ceux exercés par l'artillerie russe sur les unités ukrainiennes en 2014.

Avec un éclairage ISR rudimentaire, les obus guidés et les roquettes de 122 guidées de quelques dizaines de kilomètres de portée, tout particulièrement si elles sont équipées de sous-munitions, pourraient interdire la manœuvre par le cloisonnement de nos unités tactiques mécanisées, les neutraliser voire les détruire lorsqu'elles sont stationnées ou au repos. Il s'agit d'un usage classique de l'artillerie, auquel nos modes d'action de ces trente dernières années nous ont déshabitués.

À plus longue portée, ces acteurs pourraient également développer des *kill chains* hybrides, non seulement en *Deliberate Targeting* contre nos sites fixes, mais aussi en ciblage d'opportunité, dans une certaine mesure. Ces chaînes pourraient inclure par exemple les éléments suivants (en reprenant le cycle F2T2EA) :

- ➔ *Find, Fix, Track, Assess* : une manœuvre multi-capteurs : moyens de renseignement d'origine humaine, drones, exploitation contractualisée des ressources des constellations d'imagerie commerciale (Planet, etc.) ;
- ➔ *Fix, Track, Target, Assess* : des plates-formes de renseignement géospatial, déjà disponibles dans le commerce, permettant d'interpréter les images, de réaliser des géoréférences dynamiques, des analyses de patterns, etc. ;
- ➔ *Engage* : les effecteurs que constituent les roquettes guidées plus ou moins lourdes et des missiles de relative précision (CEP de quelques dizaines de mètres par exemple) ;
- ➔ *Sur l'ensemble du cycle F2T2EA* : le recours aux SATCOM commerciaux LEO/MEO haut débit permettant la diffusion de données d'un volume de niveau 5G presque partout, socle de communication sur lequel sont utilisées des applications sécurisées telles les évolutions de WhatsApp.

L'adversaire aurait donc l'aptitude potentielle à endommager et interdire l'usage de nos APOD/SPOD, nos PC tactiques sur les bases opérationnelles non protégées et tout autre nœud fixe du dispositif, mais aussi à neutraliser, user, voire détruire nos unités aéromobiles en combat débarqué.

Bien entendu, si cette menace existe, sa neutralisation par la frappe d'interdiction figurerait certainement, dans bien des cas, en tête des priorités de la directive du JFACC. Toutefois, dans le cas d'engagement n°2, la composante aérienne peut être tout à la fois numériquement limitée (possiblement limitée à quelques dizaines d'effecteurs) et consacrée prioritairement à la SEAD et à l'obtention de la supériorité aérienne.

Cette perspective milite pour le développement d'une capacité de tir de contre-batterie à ces portées passant, là encore, par l'extension de la portée de nos systèmes d'arme mais aussi, aux différents échelons de mise en œuvre de ces moyens, par un réentraînement à ce type d'environnement tactique largement délaissé au profit de la préparation aux missions d'appui à l'engagement. Elle implique également un effort dans le domaine doctrine / entraînement de redéfinition de la manœuvre interarmes afin de la rendre plus résiliente en haute intensité : réduction des phases de combat débarqué ? Procédés d'agrégation (pour réaliser les effets) / désagrégation (lors de la manœuvre) rapides des unités ? Procédés de déception et de SECOPS, notamment par le contrôle cohérent des émissions avec la mise en réseau induite par le combat Scorpion ?

2.2. *Recommandations*

- ➔ Le réentraînement aux tactiques de contre-batterie avec les moyens existants ;
- ➔ Une recherche d'adaptation des doctrines tactiques et des entraînements destinés non seulement à intégrer ces nouvelles capacités, mais aussi à améliorer la résilience de la manœuvre, comme évoqué *supra* ;
- ➔ L'exploration du concept *air-mech strike* d'une manœuvre incluant la projection aéromobile d'unités véhiculées. Ce concept :
 - ⇒ Étaye, en sus de leur capacité cargo, le besoin pour des hélicoptères de transport lourds ;
 - ⇒ Nécessiterait des véhicules embarquables sur ces HTL dont il conviendrait d'explorer les options : (mobilité ? blindage ? volume de combattants et d'équipements embaqués ? à quel coût ? L'exemple soviétique pourrait être source d'inspiration) ;
 - ⇒ Pourrait être exploré tant pour les opérations conventionnelles que pour les opérations spéciales.
- ➔ Le développement, lors de la prochaine Loi de programmation militaire :
 - ⇒ Comme décrit *supra*, de nouveaux systèmes à CU modulaire (mini-drone, charge à effets ajustables) à différentes portées, d'un système de frappe d'interdiction longue portée (500 km environ) et d'un système dépassant les 100 km ;
 - ⇒ Sur le plan géostratégique, le développement de ces systèmes pourrait intervenir en coopération avec nos alliés européens et s'accompagner de proposition d'exercices combinés de déploiement de ces systèmes sur les bases de l'OTAN en Méditerranée, en mesure de fournir, le cas échéant, une capacité d'appui à l'entrée en premier complémentaire de la puissance aérienne ;

- ⇒ Concomitamment, des capacités de défense C-RAM complémentaires des défenses sol-air existantes, en mesure de protéger dans la mesure du possible les nœuds critiques et d'atténuer la vulnérabilité des unités déployées. Cette défense devrait par exemple inclure des effecteurs précis et en même temps d'un SWAP suffisamment réduit pour être déployables en nombre suffisant. Ces effecteurs pourraient ainsi combiner des missiles légers à impact analogue aux missiles MHTK, de 2,5 kg de Lockheed-Martin, des canons à obus à sous-munitions à effet *airburst* programmable, comme l'AHEAD d'Oerlikon ainsi que des armes électromagnétiques à forte puissance (HPEM). Comme expliqué en première partie, ces armes assureraient une défense efficace contre les roquettes et missiles guidés mais beaucoup plus réduite contre les obus. Ces effecteurs ne suffisent pas. La mise sur pied d'une telle capacité passe en effet aussi par le développement de radars mobiles plus puissants et l'intégration de ces systèmes SACP dans le C2 du système IAMD.
- ⇒ Un appui aux programmes d'intercepteurs à haute vitesse capables de traiter les engins manœuvrants bas hypersoniques, actuellement poursuivi dans le programme TWISTER.

D'aucuns argumenteront, non sans raison, qu'il s'agit d'une nouvelle « liste au père Noël ». Cependant, il serait intéressant de voir, dans une logique de « *High-low mix* » dans laquelle les Américains montrent qu'il est possible de s'engager, si une « modération technologique » collant à des spécifications raisonnables sur certains types de systèmes (futurs blindés – tranches suivantes de Scorpion – et hélicoptères de prochaine génération, par exemple) ne permettrait pas de donner les marges de manœuvre financière permettant de développer ce type de moyens.

3. La composante aérienne

3.1. Implications

3.1.1. En posture offensive

Pour la composante aérienne, commençons par un truisme : la frappe dans la profondeur à venir, à tout le moins dans son aspect offensif, est indissociable de la progression vers le SCAF et de ses étapes de « networking » intermédiaire comme Connect@aéro.

Comme avancé maintes fois, notre appui aérien par le feu dans la profondeur se heurte à deux défis majeurs :

- ➔ Dans nos deux premiers cadres d'engagement, un défi propre à l'entrée en premier, relatif à l'allonge et à la portée de notre force aérienne tactique du fait de l'extension de la portée des systèmes SALP adverses. Ces derniers « repoussent » les nœuds de contrôle aéroportés et les ravitailleurs et ne permettent donc aux effecteurs que des frappes de raid risquées en limite de rayon d'action. Cette situation limite l'aptitude à mettre en place des dispositifs de supériorité aérienne

sans même parler de cycles F2T2EA. La puissance aérienne tactique est donc, de prime abord, elle aussi, « *outranged* » ;

- ➔ Un défi de volume de force d'une part pour faire face à l'ensemble de nos engagements simultanés, d'autre part, sur un théâtre donné, en coalition limitée sans les Américains, pour disposer d'une masse suffisante de plates-formes et de munitions pour pouvoir y exécuter *a minima* la SEAD/DEAD et les opérations d'interdiction et de CAS nécessaires à la campagne.

Dans ce contexte, l'opération de « mise en cohérence numérique » de l'ensemble des programmes que constitue Connect@aéro, permettant de franchir un seuil significatif en matière de combat collaboratif, s'avère une nécessité par la simple vertu des apports de la NCW. Mais cette approche intégratrice ne donnera son plein rendement que par une interopérabilité technique et doctrinale avec les moyens des autres armées selon une logique « multidomaine » ou quelle que soit l'étiquette qu'on lui attribue. Elle est nécessaire pour garantir la simple résilience de nos *Kill Chain* dans la mesure où certains maillons de ces chaînes peuvent ne reposer à un moment donné que sur un élément (un capteur, un effecteur) compte tenu de nos volumes. Il apparaît donc logique, à l'instar de ce que les Américains entreprennent avec *Joint All Domain C2* (JADC2) et nonobstant les effets d'échelle, que les architectures objets de Connect@aéro soient, au mieux intégrées au moins interopérables avec :

- ➔ La chaîne feux de l'armée de Terre, que les aéronefs soient en mesure de désigner des objectifs aux systèmes d'artillerie terrestres ou que les éventuels capteurs ISR délivrés par ces roquettes ou missiles soient en mesure d'opérer avec ceux de l'armée de l'Air ou de désigner des objectifs pour ses effecteurs ;
- ➔ Les MdCN de la Marine, ce d'autant que Connect@aéro permettra entre autres choses à la France de rentrer à son tour dans l'ère des *Network-Enabled Weapons* (NEW).

La « remontée en puissance » de notre volume de force, comme explicité dans notre première étude annuelle, devrait rester un vœu pieu qu'il ne sert donc à rien ici d'invoquer. En revanche, l'acquisition de SCALP-EG et d'armements air-sol modulaires supplémentaires paraît plus réaliste financièrement. La configuration de l'interdiction de zone plaide pour l'exploration d'autres pistes, toujours dans une logique de mise en réseau.

Tout d'abord, en l'état, le premier défi est de neutraliser les radars LP de veille transhorizon. Si ce dernier est fixe, les missiles de croisière peuvent réaliser cet effet. S'il est relocalisable, alors notre puissance aérienne a besoin d'une solution hypervélocé, à tout le moins supersonique haute pour le neutraliser en quelques minutes. Un tel besoin rend indispensable une arme comme le V-MAX.

Ensuite, la solution peut venir d'un « *high-low mix* » combinant plates-formes sophistiquées et drones et/ou munitions maraudeuses plus simples comme l'envisage l'Air Force. Enfin, si l'on ne peut émuler les B-21 et leurs armements, contrer les systèmes SALP militerait tout de même en faveur de bombes planantes, voire propulsées (analogues à la *Joint Direct Attack Munition* propulsée de Boeing), pour pouvoir être délivrées à moyenne voire basse altitude et disposer tout de même d'un rayon d'action suffisant pour frapper des objectifs bien au-delà de l'horizon de 50 km, donc permettant au chasseur de s'approcher suffisamment sous l'horizon radar. Ces bombes devraient en même temps être peu coûteuses pour pouvoir être

fabriquées en quantités suffisantes et utilisables dans de multiples configurations hors entrée en premier.

En effet, ces systèmes sont intéressants car un conflit en coalition limitée en zone POMO ne relèverait sans doute pas d'une campagne d'interdiction massive sur de multiples systèmes d'objectifs stratégiques dans la grande profondeur du territoire adverse. Il s'agirait surtout de disposer de capacités ISR et d'une puissance de feu de précision suffisante pour permettre à quelques dizaines d'avions de combat et de drones de théâtre de réaliser leurs missions d'appui de la force interarmées dans la profondeur tactique et opérationnelle.

3.1.2. En posture défensive

Les *Kill Chains* adverses potentielles, évoquées précédemment, menaceraient au premier chef les APOD du théâtre. Notre armée de l'Air a certes amplement démontré sa maîtrise du raid régional depuis la métropole pour des frappes ponctuelles en gestion de crise ou en diplomatie coercitive, découlant de celles mûries au titre de la composante aérienne de la dissuasion nucléaire. Cependant, les APOD restent essentielles pour mener des opérations prolongées en *counterair* (acquisition de la supériorité aérienne) et *counterland* (interdiction et CAS). L'implication est donc de renforcer la protection de ces bases, tant passive qu'active.

En matière de protection passive, dans le prolongement de la note précédente, la problématique est celle de l'adaptation du niveau de protection à la nature de la menace. Les performances des missiles iraniens utilisés pour frapper la base d'Al Assad¹⁴ rejoignent les recommandations de Karlo Kopp en 2008¹⁵ : il s'agit de se protéger contre le coup direct de têtes de quelques centaines de kilogrammes, dont les effets seront de plus en plus ajustables et contre les effets de blast et de fragmentation de munitions moins précises mais plus puissantes. Bien entendu, des bases quasi-permanentes, déjà bien protégées, seraient probablement sollicitées dans la plupart des opérations, comme H5 en Jordanie ou encore notre base aux E.A.U, dans la mesure où elles sont idéalement situées. Ces bases sont assez bien protégées. En revanche, nos engagements peuvent nécessiter d'autres APOD.

Dans ce cas, la menace plaiderait pour la projection de moyens permettant l'enfouissement des éléments sensibles (C2, carburant, munitions) et le développement de capacités de protection rapidement déployables, comme des éléments de *shelters* durcis. Une étude de la RAND sur la vulnérabilité des bases américaines face aux missiles chinois, qui préoccupait les états-majors américains dès la fin des années 1990, montre cependant le coût logistique assez exorbitant de ce type de protection. John Stillion a ainsi calculé que le déploiement de *shelters* transportables, offrant une protection uniquement contre des sous-munitions et leurs éclats (non contre un coup au but d'une tête de 500 kg), nécessiterait, pour une escadre de 72 F-15, 22 charges de C-17¹⁶. Cependant, compte tenu des pistes suivies par l'*Army Research Lab* dans le domaine des matériaux de protection, comme celle de nouvelles variantes de polyéthylènes haute densité 10 à 20 fois plus résistantes que celles aujourd'hui disponibles, on peut émettre l'hypothèse que le progrès technologique permettrait de réduire cette facture de façon significative.

3.2. *Recommandations*

Les recommandations peuvent donc être résumées ainsi :

- ➔ L'étude du développement d'un missile air-surface à statoréacteur, complémentaire du V-MAX, pour des frappes d'interdiction contre des objectifs relocalisables et des attaques antinavires ;
- ➔ En ce qui concerne les capteurs ISR, l'exemple américain du recours massif aux constellations commerciales, évoqué en partie 1, est certainement à suivre, posant la question de l'exploitation de ces ressources entre chaque armée et le niveau interarmées ;
- ➔ Comme pour la composante terrestre, des relais LOS, assurés par des chaînes de drones opérant en essaim reliant le contrôle tactique en arrière de la zone d'action avec la zone d'engagement sur plusieurs centaines de kilomètres, en complément voire en substitut des SATCOM ;
- ➔ Le développement lors de la prochaine LPM d'une défense antimissile plus robuste que celle actuellement disponible, complétant le SAMT/P Mamba par une défense type C-RAM en mesure de protéger les nœuds critiques contre ces roquettes et missiles guidés de plus courte portée tirés en salves ;
- ➔ En ce qui concerne la protection passive des bases aériennes, l'étude de *shelter* déployables par le génie de l'air reposant sur des matériaux innovants, en mesure au moins de protéger les infrastructures et plates-formes contre les éclats d'impact à proximité, les attaques de mini-drone, etc. ;
- ➔ En fonction des arrangements institutionnels, l'étude du concept *Air-Mech Strike* et de l'acquisition d'HTL (voir supra) en lien avec l'armée de Terre.

4. La composante navale

4.1. *Implications*

Ne sont présentées ici que les implications spécifiques au milieu naval et non encore abordées. La composante navale sera toutefois concernée elle aussi par certaines implications évoquées supra.

4.1.1. *En posture offensive*

Dans le domaine naval, les évolutions des capacités de frappe dans la profondeur ont deux implications. La première a trait à la lutte de surface. En la matière, la Marine est probablement condamnée à suivre le mouvement de l'extension de la portée (plus de 500 km) et de la vitesse des missiles antinavires. Face aux forces navales russes ou à des adversaires régionaux équipés de leurs engins, l'Exocet ne suffit plus en dépit de toutes ses qualités. Il pourrait être également intéressant de voir en quelle mesure le concept *Expeditionary Advanced Base (EAB) Operations* de la Navy et des *Marines* pourrait se transcrire en Méditer-

ranée avec le développement, en lien avec nos alliés, d'options d'armement de missiles antinavires sur les bases insulaires, ces « porte-avions insubmersibles », en appui des opérations de supériorité navale.

L'autre grande implication a trait aux opérations amphibies. L'extension de portée des missiles permet d'envisager des feux dans la profondeur tactique adverse délivrés depuis des navires d'assaut, en préparation d'un assaut amphibie ou en complément des feux terrestres (et aériens) de la force. Il serait ainsi opportun d'évaluer en quelle mesure les systèmes terrestres dont le développement est envisagé *supra*, peuvent être embarqués sur des BPC, tout comme les *Marines* envisagent de déployer leurs HIMARS sur les bâtiments de la Navy. On imagine aisément, toutefois, les défis logistiques qu'un tel déploiement peut impliquer, notamment les compromis à réaliser avec les autres charges correspondant au déploiement de force.

4.1.2. En posture défensive

Les capacités de frappe dans la profondeur entre les mains d'un adversaire représenteraient bien évidemment une menace sur les SPOD. Il convient donc, comme précédemment, de repenser leur protection mais aussi leur utilisation de façon à réduire dans la mesure du possible, leur vulnérabilité fonctionnelle.

L'autre préoccupation majeure réside bien entendu dans la vulnérabilité de la flotte d'assaut amphibie en environnement littoral avec ses concepts d'emploi et ses capacités lui permettant, au mieux, d'opérer au-delà de l'horizon, à quelques dizaines de kilomètres de la côte. Elle se situe donc à portée des capacités de feux indirects évoquées à condition que l'adversaire dispose de l'ISR nécessaire. Cela ne représente pas un défi insurmontable dans un environnement littoral où de multiples embarcations peuvent communiquer des informations de ciblage. Ces menaces amènent ainsi à reconsidérer ce type de dispositif et plaident pour une projection de force sur plusieurs centaines de kilomètres. Cela implique non seulement de nouvelles embarcations (comme les engins sur coussin d'air tels que les LCAC américains ?) mais aussi des avions type hélicoptères de transport lourd permettant de transporter rapidement assez de moyens en un unique trajet.

4.2. Recommandations

Ces implications militent pour :

- ➔ La conception, en lien avec l'armée de Terre, d'un assaut amphibie à plusieurs centaines de kilomètres des côtes, ce qu'il est possible de projeter à ces distances avec quelles plates-formes pour obtenir quels effets ?
- ➔ L'étude de l'emport de lance-roquettes depuis des BPC tant pour l'appui de la force amphibie que pour le tir de contre-batterie contre des feux dans la profondeur tactique adverse ;
- ➔ Le développement d'une architecture de défense antimissile permettant d'intercepter les missiles de croisière hypersoniques antinavires. Elle inclurait de nouveaux radars, notamment aéroportés, et intercepteurs endo-atmosphériques

hautement manœuvrants, voire l'emploi de drones de surface porte-missiles déployés loin en avant du groupe de combat et intégrés dans un dispositif de défense multi plate-forme.

5. Les capacités interarmées

Le niveau interarmées intervient à plusieurs degrés pour façonner les capacités esquissées *supra* :

- ➔ L'affinage ou la modification du corpus doctrinal interarmées dans le sens d'une plus grande intégration des effets et des actions des composantes de milieu, qu'on l'appelle « multidomaine » ou autre. Cette intégration est impérative pour constituer des systèmes de feux résilients et réactifs. La nouvelle doctrine du commandement des engagements opérationnels (CEO) offre tous les outils de C2 permettant de qualifier cette doctrine : attachement, relations bénéficiaires/en appui, etc. ;
- ➔ Si la prise en compte tant défensive qu'offensive des feux dans la grande profondeur exige de nouveaux systèmes de détection et effecteurs, on peut émettre l'hypothèse que les éléments actuels d'architecture fournissent une base solide pour améliorer cette intégration, avec les chaînes MARTHA, ATLAS, les nœuds que constituent les Centres de Management de la Défense dans la 3e Dimension (CMD3D) air et terre. L'intégration des feux dans la profondeur pourrait aussi se baser sur les organisations existantes même si ces dernières visent avant tout à organiser le CAS : centres de coordination AOCC/ASOC, les interfaces que constituent les *Air Liaison Officer* et les contrôleurs tactiques air (CTA) ou inversement les éléments de liaison terrestres dans la chaîne air, de même que les procédures développées pour le DACAS ou pour l'intégration 3D des missions de *ground-assisted air interdiction* des opérations spéciales.

À ce niveau intervient enfin la question de la contractualisation avec les fournisseurs de services satellitaires ROIM, déjà évoquée à plusieurs reprises. Elle fournirait à l'ensemble de nos composantes de forces une garantie de résilience au moins partielle de nos capacités ISR et les moyens d'exploiter à tout le moins notre puissance aérienne et nos missiles de croisière, au mieux nos capacités de frappe longue portée, dans le cadre de *Kill Chain* hybrides.

Références

- ¹ Voir Philippe Gros, Nicole Vilboux, *Les forces spatiales américaines – Modernisation et restructuration*, Observatoire de la politique de défense des États-Unis, septembre 2019.
- ² Ce sujet fera l'objet de la prochaine note de l'Observatoire des conflits futurs.
- ³ Headquarters, United States Air Force, [Air Force ISR 2023: delivering decision advantage](#), 2018.
- ⁴ Voir par exemple S. Chandrashekar et Soma Perumal, *China's Constellation of Yaogan Satellites & the Anti-Ship Ballistic Missile* (May 2016 Update), National Institute of Advanced Studies (Bangalore), mai 2016.
- ⁵ Voir, pour un point sur le sujet, S. Delory, « Futur intercepteur endo-atmosphérique : quelles menaces et quelles technologies ? », *Recherche et Documents*, FRS, 2019.
- ⁶ « [The Biggest Invention since the Jet Engine](#) », Nammo, 14 octobre 2019.
- ⁷ Voir sur ces questions Timothy L. Thomas, *Recasting the Red Star: Russia Forges Tradition and Technology Through Toughness*, Foreign Military Studies Office, Fort Leavenworth, 2011, Roger N. McDermott et Tor Bukkvoll, *Russia in the Precision-Strike regime, military theory, procurement and operational impact*, FOI, 2017, et Lester W. Grau et Charles K. Bartles, *The Russian Reconnaissance Fire Complex Comes of Age*, Foreign Military Studies Office, Fort Leavenworth, mai 2018.
- ⁸ Voir Ian Easton, *Able Archers, Taiwan Defense Strategy in the Age of Precision Strike*, Project 2049, 2014 ; Ian Easton et Oriana Skylar Mastro, [Risk and Resiliency: China's Emerging Air Base Strike Threat](#), Project 2049, 2017.
- ⁹ Roger McDermott, *Russian Perspective on Network-Centric Warfare: The Key Aim of Serdyukov's Reform*, Foreign Military Studies Office, 2018 ; « [Russia's Network-Centric Warfare Capability: Tried and Tested in Syria](#) », *Eurasia Daily Monitor*, vol. 15, n° 154, 30 octobre 2018 ; « Russian Military Introduces New Automated Command-and-Control Systems », *Eurasia Daily Monitor*, vol. 16, n° 86, 11 juin 2019 (« The NTsUO in Moscow acts as an information hub, facilitating such operations in real time. The nature of its structure and role in these operations was recently detailed in an important article published by Zvezda Weekly. The NTsUO is a unified system for managing "all military subunits in the Russian Armed Forces," and includes the nuclear triad. Since so much information passes through it daily, a computerized "expert system" is used, for "monitoring and analyzing the military-political, socioeconomic, and sociopolitical situation in Russia and the world." The NTsUO unites the various automated C2 systems functioning across the Armed Forces. These include the Unified System for Command and Control at the Tactical Level (Yedinaya avtomatizirovannaya sistema upravleniya takticheskim zvenom—YeSU TZ), designed for the Ground Forces, with its various specific upgrades for the Military-Maritime Fleet (Voyenno-Morskoy Flot—VMF) and the VKS. Additionally, the Andromeda-D system was created to suit the needs of the Airborne Forces. This overall unification of systems extends down to tactical-level communication systems. These automated C2 systems have been tested during operational-strategic exercises, most recently in Vostok 2018, and in combat operations in Syria » – Alexei Leonkov, « Наш асимметричный ответ на американские 'сетецентрические войны' », *Zvezda Weekly*, 16 octobre 2018 cité par Roger McDermott, « Russia's Net-work-Centric Warfare Capability: Tried and Tested in Syria », *op. cit.*).
- ¹⁰ Voir, en complément, Lester W. Grau et Charles K. Bartles, *The Russian Reconnaissance Fire Complex Comes of Age*, *op. cit.*
- ¹¹ Voir Kevin McCauley, *PLA System of Systems Operations, Enabling joint Operations*, Jamestown Foundation, 2017.
- ¹² Deux exemples de décentralisation en mosaïque peuvent être évoqués : les milices Basiji et les capacités SAM. Sur les Basiji, voir Lieutenant-colonel Marc San Augustin, « Évolutions des doctrines iraniennes », *Cahier du RETEX – Opérations* – juillet 2017, et le blog <https://thearkenstone.blogspot.com/search?q=Basij>. Sur la défense anti-air, voir Nadimi Farzin, « The Counterintuitive Role of Air Defense in Iran's Anti-Status Quo Regional Strategy », *Washington Institute for Near East Policy*, 11 janvier 2017 et le rapport de la DIA de 2019.
- ¹³ Corentin Brustlein, « Maîtriser la puissance de feu. Un défi pour les forces terrestres », *Focus stratégique*, Ifri, n° 61, septembre 2015.
- ¹⁴ Agnès Levallois, Stéphane Delory, Vincent Turret, « Opération iranienne contre les bases d'al-Asad et Erbil : qu'enseigne l'imagerie », *Images stratégiques*, FRS, janvier 2020.
- ¹⁵ Dr. Carlo Kopp, « [Hardening RAAF Air Base Infrastructure](#) », *Air Power Australia*, 5 février 2008.
- ¹⁶ John Stillion, David T. Orletsky, [Airbase vulnerability to conventional cruise-missile and ballistic missile attacks: technology, scenarios, and U.S. Air Force responses](#), Prepared for the U.S. Air Force by RAND's Project AIR FORCE., 1999.