

EPS 2018-31 « Comment les Hélicoptères Grande Vitesse peuvent transformer les opérations à horizon 2035 »

Rapport Final

DGA/DS/SPSA

07 février 2020

Etienne Daum

Manager

CEIS *Business Unit Secteurs Stratégiques*
Défense et Sécurité

edaum@ceis.eu



ceis

TABLE DES MATIERES

1	OBJECTIF DU DOCUMENT	5
2	RECOMMANDATIONS ET AXES D'OUVERTURE DU DOMAINE GRANDE VITESSE SUR HELICOPTERE	6
3	SYNTHESE	9
3.1	Une initiative américaine	9
3.1.1	L'US Army en lead	10
3.1.2	Un besoin capacitaire renouvelé	10
3.2	Développements internationaux : la Russie et le Japon	12
3.2.1	La Russie : considérations opérationnelles et économiques	12
3.2.2	Le Japon : le domaine HGV appliqué au SAMU hélicoptère	12
3.3	Un HGV déjà en opérations : RETEX sur l'emploi du V-22	13
3.4	Evolution des menaces et des opérations : apport possible des HGV	14
3.4.1	Développements dans le domaine de la détection	14
3.4.2	Développements dans le domaine des effecteurs	14
3.4.3	Apport de la Grande Vitesse sur les missions des hélicoptères	16
3.4.4	Options d'évolution des concepts	18
4	ANALYSE D'IMPACT DES HGV SUR LES CONCEPTS ET BESOINS OPERATIONNELS	19
1.1	S1 (menaces symétriques)	20
4.1.1	Scenario : conflit symétrique en Asie	20
4.1.2	Apport de l'hélicoptère	24
1.2	S2 (menace hybride ou dissymétrique)	28
4.1.3	Scenario : conflit dissymétrique en Égypte	28
4.1.4	Apport de l'hélicoptère	30
1.3	S3 (menace asymétrique)	32
4.1.5	Scenario : conflit asymétrique au Tchad	32
4.1.6	Apport de l'hélicoptère	32

5	ETAT DE L'ART SUR LES PROGRAMMES HGV	36
5.1	Réflexions sur la Grande Vitesse aux Etats-Unis : le Future Vertical Lift	36
5.1.1	Réflexions opérationnelles menées au sein du FVL	36
5.1.2	Réflexions capacitaires menées au sein du FVL	38
5.1.3	Le développement capacitaire : le rôle du programme JMR-TD	44
5.2	Travaux russes dans le domaine de la Grande Vitesse	48
5.2.1	Réflexions opérationnelles	49
5.2.2	Développements industriels au sein de Vertolety Rossii	49
5.2.3	Les projets du TsAGI	51
5.3	Autres développements internationaux : le Japon	52
5.4	Un RETEX sur l'emploi de la Grande Vitesse : l'exploitation du V-22 Osprey	52
5.4.1	Le V-22 au sein de l'US Marine Corps	53
5.4.2	Le V-22 au sein de l'US Air Force	54
6	EVOLUTION DES MENACES ET DES OPERATIONS	57
6.1	Etat de la menace	57
6.1.1	Les systèmes de défense aérienne intégrée	58
6.1.2	Les effecteurs	60
6.1.3	Focus : les MANPADS	60
6.1.4	La lutte anti-aérienne en mer : les sous-marins	63
6.1.5	Mines et menaces en développement	64
6.1.6	La menace air-air	65
6.2	Apport de la Grande Vitesse sur les missions des hélicoptères	67
6.2.1	L'emploi des hélicoptères dans les armées à l'aune de la Grande Vitesse	67
6.2.2	Emploi en environnement aéroterrestre	67
6.2.3	Emploi en environnement aéromaritime	71
6.2.4	Emploi sur le TN	74
6.3	Analyse de l'interopérabilité	75
6.3.1	L'interopérabilité capacitaire	75
6.3.2	L'interopérabilité des HGV en tant que système de systèmes	76
6.4	Synthèse	80

1 OBJECTIF DU DOCUMENT

Ce document constitue le rapport final de l'EPS 2018-31 portant sur l'apport opérationnel des hélicoptères à grande vitesse aux opérations à horizon 2035.

Les auteurs tiennent à remercier les personnels de l'Aéronautique Navale, de l'Aviation Légère de l'Armée de Terre et de l'Armée de l'Air qui ont bien voulu prendre le temps d'échanger avec eux et de leur apporter leur expérience sur les dynamiques de vol et enjeux opérationnels de l'hélicoptère, ainsi que ceux d'Airbus Helicopters et de l'ONERA pour les différentes discussions autour des projets d'hélicoptères à grande vitesse ainsi que des technologiques associées.

2 RECOMMANDATIONS ET AXES D'OUVERTURE DU DOMAINE GRANDE VITESSE SUR HELICOPTERE

Les réflexions menées par les forces armées autour des hélicoptères grande vitesse s'inscrivent dans celles plus larges traitant de l'évolution des menaces. Avec la multiplication des systèmes de défense aérienne dont les capteurs et effecteurs disposent de hautes performances¹, l'atout de la seule furtivité, longtemps érigée en principe discriminant pour pénétrer ce type de menaces, ne suffit plus. La vitesse est dorénavant remise à l'honneur² par plusieurs forces armées dans le monde avec plusieurs développements lancés dans tous les domaines (dont l'hypersonique) matérialisant ainsi l'un des nouveaux slogans dont les États-Unis sont friands : « *Speed is the new Stealth* ».

Dans ce contexte, le domaine hélicoptère n'a pas échappé à cet intérêt renouvelé pour la vitesse. Sans surprise, les initiatives américaines sont les plus nombreuses et les mieux financées avec le lancement du programme Future Vertical Lift, un plan stratégique de renouvellement des voilures tournantes actuellement en service. Dans le cadre de ce dernier, une revue ambitieuse des concepts d'emploi (reposant sur le postulat d'un besoin de prendre en compte le renforcement des menaces susceptibles d'être rencontrées en opérations) pourrait entraîner une évolution des architectures mécaniques des aéronefs afin d'augmenter encore la vitesse des aéronefs et de parvenir à aller au-delà des limitations induites par le phénomène de « pale reculante ».

A date, les travaux menés dans le cadre de l'étude présentée dans le détail dans les pages suivantes n'a pas permis de mettre en évidence des missions complètement nouvelles susceptibles d'être remplies par des HGV. L'élévation de la vitesse susceptible d'être atteinte par ce type d'appareil pourrait, à la limite, venir chercher certaines missions assurées par des avions légers d'attaque au sol de type Super Tucano. Les capacités apportées par un HGV résideront davantage dans une vitesse d'exécution de la mission plus élevée et une autonomie accrue par rapport à un hélicoptère traditionnel. Cette notion d'autonomie renforcée est fondamentale et à prendre en compte lors des réflexions autour des HGV. Ce type d'appareil et notamment son architecture aérodynamique et mécanique lui permettent ? de soulager la puissance appliquée sur le rotor principal et de bénéficier de la portance générée par ses petites ailes offrant ainsi une autonomie (voire un temps d'action sur zone) renforcée par rapport à l'hélicoptère.

Si ce type d'architecture (tant convertible que girodyne) n'est pas une rupture avec des expérimentations menées dans les années 60 et 70, il n'en demeure pas moins qu'elle reste mal connue. Les développements technologiques dans les systèmes composant un hélicoptère (matériaux, avionique, propulsion, etc.) ont également beaucoup évolué au cours des 30 dernières années. Plusieurs recommandations consécutives à l'analyse effectuée dans le cadre de cette étude peuvent être émises afin d'approfondir la réflexion autour des HGV. Plusieurs questions restent en effet posées sur les conséquences que pourraient avoir les choix américains, si Washington fait le choix de faire évoluer sa flotte de voilures tournantes vers la Grande Vitesse.

¹ Celles-ci pouvant être décuplées par fusion des données issues de leur mise en réseau.

² Après avoir été laissée de côté dans une certaine mesure dans les années 70 au profit des développements dans la furtivité (F-117, B-2, etc.).

Réflexions opérationnelles

Si l'étude met en évidence un intérêt autour de l'emploi de HGV pour plusieurs missions menées dans le cadre d'opérations aéroterrestres et d'opérations aéromaritimes, ces réflexions doivent toutefois être approfondies pour affiner les possibilités offertes par les hélicoptères grande vitesse. Des **expérimentations devront être menées en intégrant des démonstrateurs** tels que le Racer d'Airbus Helicopters **dans des exercices conduits avec des hélicoptères** tels que les exercices Salamandre (CSAR) conduits par l'escadron 1/67 Pyrénées, les différents pans de l'exercice de synthèse Baccarat conduit par la 4^{ème} BAC, ou les exercices Estérel de contre-terrorisme maritime.

Déjà expérimentés dans certains cadres précis (compatibilité du pont d'envol des PHA, exercice Athéna 2019, etc.), une **évaluation du V-22 Osprey devra être conduite afin d'affiner son apport aux opérations américaines**. Le Ministère des Armées dispose à ce titre d'informations non-centralisées sur le seul HGV aujourd'hui exploité de manière opérationnelle. **Cette étude devra être dédiée à recueillir et centraliser les informations et la perception détenues par les personnels ayant eu à travailler avec les V-22** : pilotes en échange, personnels transportés, pilotes en exercice avec les Osprey, etc.

Réflexions Industrielles

Évolution majeure pour la BITD française (voire européenne) si le choix était pris d'évoluer vers ce type d'appareil, les réflexions autour des HGV devront être approfondies sur l'aspect industriel.

Les premiers travaux devront être conduits en partant des besoins affinés par les armées (notamment sur la vitesse recherchée) afin de **déterminer le meilleur type d'architecture mécanique susceptibles de répondre au besoin exprimé**. Un convertible dispose d'une vitesse plus élevée par rapport au girodyne mais celle-ci se fait au détriment de la maniabilité du convertible. Un convertible se rapproche davantage d'un avion doté de capacités de décollage et d'atterrissage vertical alors que le girodyne est un hélicoptère disposant d'une vitesse plus élevée.

Les travaux en découlant directement devront être dédiés à **la capacité de la BITD de répondre au besoin de développement d'un HGV**. En raison de la présence de systèmes de sustentation ou de propulsion supplémentaires sur l'appareil, **la puissance nécessaire au fonctionnement d'un HGV est plus élevée à gabarit égal qu'un hélicoptère traditionnel**. Si le MinArm devait faire le choix de développement d'un HGV orienté vers le renouvellement de la flotte hélicoptère de manœuvre (HM) à horizon 2035-2040 (Cougar rénovés, Caracal, etc.), cet appareil nécessitera le lancement d'un programme de turbomoteur dans la gamme des 5 000 chevaux sur l'arbre (shp) aujourd'hui absent du catalogue de Safran Helicopter Engines. Cette gamme de moteur est en effet aujourd'hui dédiée à la motorisation de HTL type CH-47 Chinook ou CH-53 Super Stallion.

Enfin, plusieurs études techniques devront être conduites pour affiner la connaissance et la caractérisation d'un HGV sur plusieurs domaines précis :

- **Aides au pilotage (maintenir la capacité de l'hélicoptère à voler dans le relief) ;**
- **Charge de travail de l'équipage (sur sa capacité à assurer le pilotage et la gestion de la mission) ;**
- **Signature acoustique (les standards civils entraîneront une recherche de discrétion mais le bruit émis par un HGV reste très caractéristique) ;**
- **Profil et composition des hélices (répondre au besoin en termes de vitesse, de sustentation ou encore de discrétion) ;**
- **Études de survivabilité :**
 - **Entrées d'air (plus importantes sur HGV du fait de moteurs plus puissants) ;**

- Protection de la machine ;
- Signature infrarouge
- Signature radar (notamment avec l'intégration d'hélices supplémentaires sur un HGV)
- Signature acoustique

Les réflexions conduites dans le domaine des Hélicoptères Grande Vitesse devront être conduites dans le cadre d'une réflexion globale du « système de combat » pensé par chaque armée. Le HGV est bien un appareil venant s'inscrire dans un système de systèmes, au sein d'une structure de combat collaboratif. Le problème de l'US Marine Corps avec son V-22 Osprey et l'absence d'appareil d'escorte aujourd'hui pour l'accompagner est révélateur. Le convertible de Bell vient s'intégrer dans un système de combat de l'USMC articulé entre aéronefs hautes performances (AV-8 Harrier II, F/A-18 Hornet aujourd'hui et F-35B/C Lightning II demain) et aéronefs lents (UAV, CH-53K King Stallion, AH-1Z Viper et UH-1Y Venom) dont il se distingue (et s'exclue en partie) par des plages de vitesse opérationnelles différentes. Les HGV ne permettent pas actuellement de réaliser de nouvelles missions. Ils offrent une capacité à les réaliser plus rapidement avec une autonomie accrue par rapport à un hélicoptère traditionnel mais devront s'intégrer dans un système de combat global sous peine d'en faire une capacité isolée dans le dispositif.

3 SYNTHÈSE

La notion d'Hélicoptère Grande Vitesse vise à s'affranchir des limites de vitesse actuelles des hélicoptères par l'adoption de nouvelles solutions technologiques. Les hélicoptères « traditionnels » sont limités en vitesse maximale (VNE) par la mécanique du vol propre à cette architecture (portance assurée par une voilure tournante). Ceci entraîne un phénomène limitant dit de « décrochage de la pale reculante » : à savoir une perte de portance et d'équilibre en roulis³. Ainsi, et bien que le record de vitesse absolu pour un hélicoptère traditionnel soit toujours détenu par un Westland Lynx (préparé par son constructeur) à 400,87 km/h, les vitesses atteintes par les hélicoptères actuels plafonnent à 250-300 km/h du fait des limitations induites par de leurs architectures mécaniques et aérodynamiques.

3.1 UNE INITIATIVE AMERICAINE

La volonté de dépasser ces limitations n'est pas nouvelle en témoigne de multiples tentatives lancées dans les années 50-60 en particulier dans le domaine des hélicoptères d'attaque. L'AH-56 Cheyenne représente le symbole de ses travaux avec une vitesse de 370 km/h⁴ et un système d'armes et de capteurs très avancés pour l'époque. D'autres designs d'hélicoptères issus de programmes NASA, US Army et DARPA ont également fait leur apparition au cours des années 60 et 70. Peuvent être cités les Bell, 533, Sikorsky S-72 RSRA⁵, Sikorsky S-69 (XH-59) ou encore Fairey Rotodyne Y au Royaume-Uni. Toutefois, les développements sur ce type d'appareil - à architecture hybride pour hautes performances - ont été progressivement abandonnés tant pour des raisons budgétaires qu'en raison de limites technologiques.

L'intérêt de la Grande Vitesse pour les hélicoptères est réapparu au début des années 2000 lorsque les États-Unis se sont posés la question de la succession du programme d'hélicoptère de reconnaissance armée RAH-66 Comanche (doté de capacités de furtivité) abandonné en 2004⁶. Le lancement d'un programme devant lui succéder et les choix technologiques nécessaires pour le futur hélicoptère posaient la question de l'analyse des menaces actuelles et futures auxquelles devrait faire face l'appareil. Ces réflexions ont donné lieu au choix de finalement lancer un vaste programme de renouvellement des flottes d'hélicoptères du DoD, combinées avec la nécessité de relancer la R&D dans le domaine des plateformes à voilure tournante. La flotte d'hélicoptères du DoD reposait alors sur des designs issus des années 60 (CH-47 Chinook, OH-58 Kiowa Warrior, CH/MH-53 Sea Stallion, UH-1/AH-1 Huey/Cobra) et 70 (UH/MH/HH-60 Black Hawk/Seahawk/Pave Hawk, AH-64 Apache).

³ https://www.aix-planetarium.fr/ficimages/Conf_Peiresc/14-02-13_X3_Roesch.pdf

⁴ Contre 200 km/h pour un Bell UH-1 Iroquois.

⁵ Rotor Systems Research Aircraft.

⁶ Et l'échec du programme suivant (2004-2008) : le programme ARH (Armed Reconnaissance Helicopter), destiné à remplacer l'OH-58D Kiowa Warrior par l'ARH-70 Arapaho.

3.1.1 L'US Army en lead

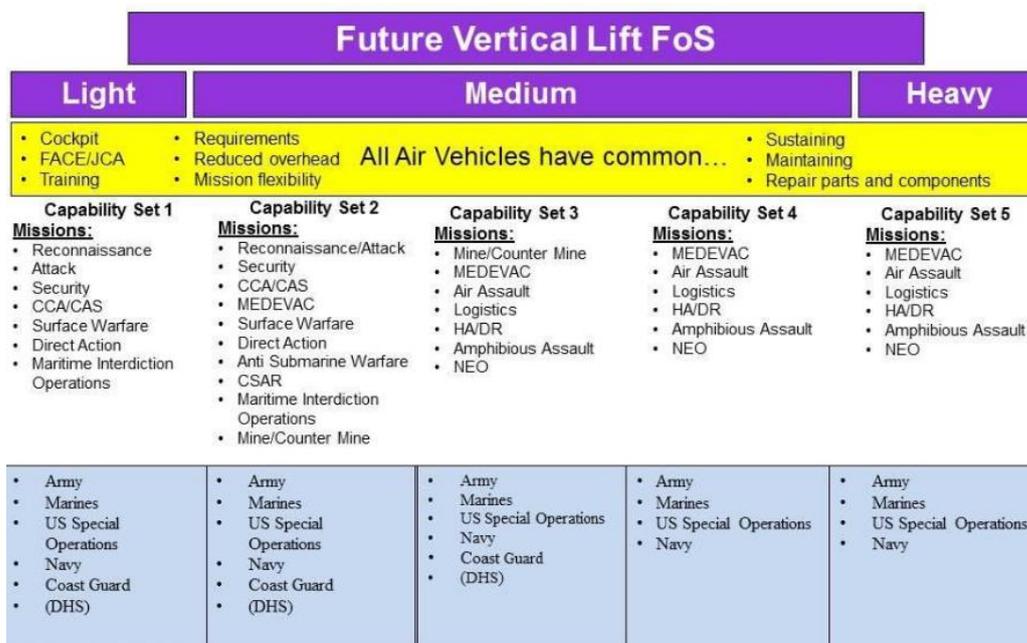
Si l'US Army pilote aujourd'hui le programme FVL, ce dernier associe l'ensemble des composantes du DoD (US Air Force, US Navy, US Marine Corps, US Special Operations Command) ainsi que l'US Coast Guard (DHS) pour le développement des successeurs des actuelles voilures tournantes actuelles des forces armées américaines. Ce renouvellement s'articule sur des échelles temporelles différentes avec des besoins à très court terme (Kiowa Warrior), à moyen terme (famille H-60, famille H-1, Apache) ainsi qu'à plus long terme avec la succession des hélicoptères lourds. A très court terme, l'US Army a besoin de combler le gap capacitaire induit par le retrait des Kiowa Warrior pour la mission de reconnaissance armée. Celle-ci est aujourd'hui assurée par le couple AH-64E Apache/MQ-1C Gray Eagle dans un environnement MUM-T (Manned-Unmanned Teaming). Or, cette capacité ne couvre que de manière partielle le besoin et pour un coût jugé prohibitif. A l'avenir, le futur appareil devra ainsi reprendre cette mission de reconnaissance armée en opérant dans un cadre de menaces jugées substantielles.

L'US Army consacre avec le lancement du FVL et de son document préliminaire (le Future Vertical Lift Capabilities Based Assessment) en 2008, sa vision d'un durcissement de l'environnement opérationnel au sein duquel elle sera appelée à évoluer dans les années à venir. L'Army Aviation souhaite ainsi accroître ses capacités expéditionnaires de déploiement en opérations extérieures dans le cadre d'opérations de haute intensité (avec la possibilité de se trouver face à des dispositifs de déni d'accès et d'interdiction de zone). Ce besoin opérationnel s'accompagne d'un besoin de réduction en termes de maintenance et d'empreinte logistique nécessaire.

Toujours selon l'US Army, ces opérations futures amèneront de nouvelles menaces sur l'ensemble du spectre : de systèmes sol-air très performants dans le haut aux drones issus du grand public – évoluant en essaims ou non – dans le bas du spectre. Le concept d'emploi de l'US Army Aviation est ainsi appelé à évoluer afin de refléter la prise en compte du futur environnement opérationnel. Il s'agit d'embrasser une approche de « système de systèmes » intégré regroupant des aéronefs habités et non-habités régis selon un principe MUM-T (Manned Unmanned Teaming).

3.1.2 Un besoin capacitaire renouvelé

Afin de préparer ce renouvellement de flotte et d'anticiper l'emploi d'hélicoptères grande vitesse dans son concept de multi domain operations (MDO), l'US Army a lancé un programme de démonstration et de dérisquage : le JMR-TD (Joint Technology MultiRole – Technology Demonstration). Il fait suite aux réflexions capacitaires conduites en interarmées et regroupées au sein de Capability Sets (5 au total) correspondant à une série de missions auxquelles les futurs HGV devront répondre :



A ce jour, les programmes les plus avancés sont issus des CS1 et CS3 devant répondre au remplacement des OH-58 et UH-60. Le CS1 a donné lieu à l'émission d'un appel d'offres pour un Future Attack Reconnaissance Helicopter (FARA) alors que le CS3 sera assuré par le Future Long Range Assault Aircraft (FLRAA). L'approche retenue pour ces deux programmes est différente : si le FLRAA présente un développement progressif capitalisant sur les enseignements du programme JMR-TD, l'US Army est très agressive sur FARA avec 5 contrats de développement attribués aux industriels. Cette prise de risque s'explique par la volonté de combler rapidement le gap capacitaire engendré par le retrait prématuré (pour raisons budgétaires) des Kiowa Warrior. A l'inverse, sur FLRAA, le calendrier n'est pas le même et l'enjeu beaucoup plus vaste (renouvellement de l'ensemble de la flotte UH-60 Black Hawk ainsi que des UH-1Y et AH-1Z).

Sur le plan des performances, les vitesses attendues oscillent entre 180 et 250 nœuds, selon les choix d'architecture mécanique sur lesquelles travaillent les industriels pour FARA et 280 nœuds pour FLRAA. Concernant les coûts, l'objectif visé porte sur 30M\$ en coût d'acquisition (« fly-away ») pour le futur FARA et sur un coût de production de 43M\$ pour le FLRAA (contre 20M\$ aujourd'hui pour un UH-60M).

Trois choix technologiques se détachent dans les principaux développements technologiques entrepris par les hélicoptéristes américains :

- Convertible (Tiltrotor) : V-280 Valor de Bell Helicopter (programme FLRAA) ;
- Girodyne (Compound) : SB-1 Defiant de Sikorsky Boeing (FLRAA) et Sikorsky Raider X (FARA), concept Boeing FARA ;
- Conventionnel : Bell 360 Invictus (FARA).

Si les décisions retenues pour les architectures mécaniques sont différentes, une constante est à noter sur le plan aérodynamique : l'intégration dans tous les designs de la présence de petites ailes destinées à soulager la portance des rotors en vol et ainsi augmenter le rayon d'action des aéronefs.

3.2 DEVELOPPEMENTS INTERNATIONAUX : LA RUSSIE ET LE JAPON

3.2.1 La Russie : considérations opérationnelles et économiques

La Russie conduit des réflexions dans le domaine de la Grande Vitesse sur hélicoptère, principalement en réaction aux initiatives américaines. Pour des raisons économiques affichées par l'État russe, ne pas lancer de développement dans le domaine des HGV pourrait entraîner un déclassement de son industrie de l'hélicoptère. Celui-ci serait une conséquence directe du choix des États-Unis de généraliser le développement de HGV pour le marché militaire et le marché civil.

Sur le plan de l'emploi opérationnel de ce type d'appareil, introduire des HGV en service nécessitera une évolution des concepts d'emplois même si les fondamentaux de l'hélicoptère resteront valables. Le développement de HGV semble toutefois se concentrer essentiellement sur des hélicoptères d'attaque plutôt que sur des hélicoptères de manœuvre. La notion de foudroyance apparaît essentielle dans les travaux russes : arriver vite (en se masquant autant que possible afin de réduire l'exposition de la machine au feu adverse), acquérir et tirer vite puis repartir tout aussi rapidement. Ces réflexions nécessiteraient une évolution jugée majeure par la Russie sur le plan des aides au pilotage et des systèmes autonomes nécessaires à l'équipage pour garantir une évolution de la machine à haute vitesse et basse altitude.

Deux projets sont étudiés chez Kamov et Mil avec les Ka-92 et Mi-X1. L'objectif de performances visé porte sur une vitesse comprise entre 430 et 520 km/h pour un rayon d'action maximal de 1 400 à 1 500 km. Les deux appareils intègrent une hélice propulsive à l'arrière de l'appareil (donc un girodyne) mais seul le concept de Kamov dispose d'un rotor contrarotatif, les maquettes (préliminaires) de Mil laissant apparaître un rotor traditionnel.

Enfin, projet non spécifiquement militaire mais destiné ? à des missions de sécurité civile (SAR et MEDEVAC en zones difficiles d'accès en Russie), l'institut central d'aérohydrodynamique (le TsAGI) travaille sur un concept de HGV. Sa particularité réside dans son architecture de girodyne dotée non pas d'une hélice propulsive mais d'un turboréacteur. Pour l'heure, aucun chiffre de performances n'est accessible librement.

3.2.2 Le Japon : le domaine HGV appliqué au SAMU hélicoptère

La JAXA (Japan Aerospace eXploration Agency) travaille également sur un concept de GV. Celui-ci serait plus particulièrement destinée à améliorer la couverture EMS (Emergency Medical Services) assurée par les hélicoptères de « SAMU hélicoptère » sur l'archipel. Là encore, le design privilégié réside dans un girodyne doté d'une hélice propulsive à l'arrière de l'appareil. La JAXA a en revanche fait le choix intéressant de conserver un seul rotor principal traditionnel et de transférer le contrôle de l'anticouple et de l'orientation dans le plan de l'appareil à deux petites hélices carénées placées en bout d'ailettes. Ces dernières seront alimentées par puissance électrique afin de réduire le volume de puissance mécanique prélevé sur les turbomoteurs pour leur fonctionnement.

3.3 UN HGV DEJA EN OPERATIONS : RETEX SUR L'EMPLOI DU V-22

Seul Hélicoptère Grande Vitesse actuellement exploité, le V-22 présente un RETEX intéressant sur ses différents emplois par l'US Air Force, l'US Marine Corps et prochainement par l'US Navy. Le développement de l'appareil aura été particulièrement complexe avec un lancement du programme en 1983, un premier vol en 1989 et une entrée en service en 2005 pour l'US Marine Corps et 2009 pour l'US Air Force.

L'appareil est opéré pour plusieurs types de missions au sein des forces armées américaines : assaut amphibie pour le Corps des Marines, raid Forces Spéciales longue distance et tout temps pour l'USAF avant d'être bientôt employé (à partir de 2021) par l'US Navy pour la mission de ravitaillement du GaN (mission COD, Carrier On-board Delivery). Les trois armées s'appuient pour cela sur les capacités de l'appareil (446 km/h ou 241 nœuds en vitesse de croisière, 879 nautiques ou 1 627 km en distance franchissable maximale).

Le V-22 Osprey a permis aux Marines d'ouvrir de nouveaux concepts d'emplois pour leurs forces amphibies. L'USMC serait ainsi passé d'une capacité de transport aéroporté du bâtiment vers la force débarquée à une réelle capacité de base d'opérations à la mer appuyant la force à terre. Les vitesses de rotation et la distance franchissable à vitesse plus élevée permettrait de placer le groupe amphibie à distance de sécurité d'une éventuellement menace antinavire sol-mer.

Pour l'US Air Force, par comparaison avec l'hélicoptère qu'il remplace (le MH-53J Pave Low IV), le CV-22 a permis de démultiplier les capacités d'insertion de forces spéciales sur de longues distances et de CSAR (mission secondaire). Pour autant, l'appareil n'est pas exempt de limitations. L'architecture mécanique (rotation de l'ensemble du système de propulsion⁷ pendant la transition entre vol vertical et vol horizontal) entraîne plusieurs limitations potentielles :

- Usure accélérée des revêtements de ponts d'envol en raison de la chaleur émise par la tuyère du moteur en position verticale ;
- Altitude de treuillage élevée en raison du souffle des rotors (downwash) ;
- Aérocordage limité en raison du souffle des rotors (par la rampe arrière uniquement) ;
- Limitation du vol stationnaire en dessous de 200 pieds en raison de phénomènes de cisaillement sous la machine (profil de pales optimisés pour le vol horizontal) ;

Ces performances seraient une conséquence de choix et de compromis pris pendant le développement de l'appareil⁸. Si à l'origine, le V-22 a été développé au profit des Marines pour remplacer leurs CH-46 Sea Knight vieillissants, l'appareil dispose d'une capacité d'emport moindre. Il n'est pas pressurisé ce qui limite son emploi à une altitude inférieure à 10 000 pieds (et donc lui fait perdre de l'autonomie). Le V-22 Osprey de l'US Air Force dispose toutefois d'un système oxygène pour l'équipage et les occupants en soute ainsi que d'un radiateur pour réduire le froid en haute altitude mais dans les faits, les vols longs à haute altitude restent complexes et dangereux pour l'organisme.

Il n'en demeure pas moins qu'il constitue un intéressant laboratoire de RETEX pour le DoD et l'industrie américaine sur l'emploi d'hélicoptères à grande vitesse. En témoigne les évolutions retenues par Bell pour le

⁷ Turbomoteur, nacelle et hélice.

⁸ qui faillit faire disparaître Bell Helicopter du paysage industriel des hélicoptères en raison de sa complexité, l'ensemble des ressources de son bureau d'études étant affecté au développement de l'appareil avec pour conséquence, la quasi absence de nouveaux appareils développés par Bell dans les dernières années du XX^e siècle.

développement de son convertible V-280 Valor. Présentant plusieurs similitudes avec le V-22, le V-280 dispose d'une architecture mécanique revue afin de simplifier sa maintenance et de réduire l'impact du système de propulsion sur son environnement lors des phases d'atterrissage (basculement uniquement de l'hélice et non de l'ensemble du système propulsif).

3.4 EVOLUTION DES MENACES ET DES OPERATIONS : APPORT POSSIBLE DES HGV

La question de l'évolution des menaces met à l'épreuve la fonction survivabilité de l'hélicoptère. Les engagements futurs pourraient consacrer un retour de menaces symétriques ainsi qu'un risque accru de menaces hybrides ou dissymétriques (conflit ukrainien, conflit yéménite, etc.).

3.4.1 Développements dans le domaine de la détection

Dans ce contexte, les menaces peuvent être classées selon deux grandes catégories : menaces sol-air d'une part et mer-air d'autre part. Ces systèmes d'armes doivent être pris en compte sur un plan tactique mais également opératif avec leur déploiement possible au sein de systèmes de défense aérienne intégrés (IADS⁹) qui sont au cœur au cœur des concepts A2AD.

Les IADS consacrent la mise en réseau des moyens de détection (avec fusion de leurs données afin de fournir une situation tactique améliorée et rapide, l'extension de la gamme des bandes de fréquences couvertes, la mise au point de radars passifs, systèmes bi/multistatiques, etc.) et d'armements destinés à contrer les menaces en approche. Concernant la détection, en plus des travaux dans le domaine électromagnétique destinés à contrer les avancées menées dans le domaine de la furtivité et du brouillage, des développements sont en cours dans l'infrarouge et le visible. Il s'agit là encore de réduire le risque de non-détection d'un mobile aérien susceptible de vouloir entrer dans la zone défendue par un IADS. Si l'essentiel des travaux conduits dans le domaine vise à détecter en priorité des avions de combat, le développement de nouvelles capacités de détection (au sol ou aéroportées) aura également des conséquences sur les aéronefs plus lents ou plus petits, y compris les hélicoptères.

3.4.2 Développements dans le domaine des effecteurs

Si les concepts d'A2AD tirent vers le haut les développements dans le domaine du sol-air avec notamment la mise en œuvre de systèmes de défense aérienne multicouches en réseau, l'une des premières (et la principale) menaces pesant sur les hélicoptères reste les armements légers utilisés dans le cadre de la LATTA (Lutte Anti-Aérienne Toutes Armes). Celle-ci est mise en œuvre par les combattants au sol (ou en mer) dotés d'armements non-spécialisés, d'armement individuel voire des moyens dédiés (mitrailleuses, canons, lance-roquettes, missiles sol-air portables, etc.).

⁹ Integrated Air Defense Systems.

Dans ce domaine, les MANPADS¹⁰, SATCP et SAMP¹¹ représentent la menace la plus sérieuse. Certains systèmes combinent sur le même véhicule, cadence de tir (canon de 30 mm) et précision (missiles sol-air moyenne portée), à l'image du 96K6 Pantsir (OTAN : SA-22 Greyhound). Ce système permet également à son équipage de tirer en roulant ainsi qu'une double capacité de détection et de poursuite de sa cible (radar et infrarouge).

Combiné avec les armements disponibles sur le champ de bataille et susceptibles d'être mis en œuvre, les menaces auxquelles sont confrontés les hélicoptères sont appelées à s'affiner avec la prolifération d'armements de précision. Si la conception d'un hélicoptère prend déjà en compte largement sa survivabilité face aux armements de type petit calibre (la « ferraille du champ de bataille »), comme l'ont démontré certaines agressions sur Tigre au Mali, la généralisation d'armements de précision chez l'adversaire (MANPADS notamment) doit inciter à poursuivre les développements dans ce domaine, la Grande Vitesse étant susceptible d'y contribuer.

Dans le domaine naval, le développement des menaces mer-air, en particulier sur sous-marins, est appelé à rendre l'emploi de l'hélicoptère plus complexe. Si la défense aérienne à bord de bâtiments de surface est relativement connue et maîtrisée, les développements dans le domaine des SATCP tirés depuis des sous-marins connaît un renouveau qui vise à contrer la supériorité opérationnelle actuelle du couple hélicoptère-frégate (voire du triptyque hélicoptère-frégate-PATMAR). Ce concept avait été expérimenté dans les années 70 sans succès par les Britanniques avec un mat accueillant des missiles Blowpipe (rebaptisé Blowfish) sur le sous-marin HMS Aeneas afin de pouvoir les tirer à immersion périscopique.

Les travaux de Naval Group (A3SM¹²) et de Thyssenkrupp (IDAS¹³) démontrent que plusieurs solutions sont explorées afin de doter les sous-marins de moyens d'autodéfense contre les hélicoptères. A3SM reprend le principe du Blowfish pour un tir de missile Mistral depuis le kiosque. IDAS explore la possibilité d'un tir depuis les tubes lance-torpilles avec guidage par fibre optique jusqu'à sa cible. Ces développements illustrent l'impact de l'emploi des hélicoptères embarquées sur les opérations maritimes et la mise à l'épreuve de la survivabilité de l'appareil.

Enfin, des menaces quelques peu délaissées depuis la fin de la Guerre Froide sont appelées à faire leur réapparition si les futurs conflits devaient consacrer un retour à des affrontements entre des adversaires de même niveau technologique. La menace air-air entraînera ainsi à nouveau la prise en compte nécessaire du combat aérien pour les hélicoptères qu'il s'agisse de traiter une menace de type avion de combat (rapide) ou un autre hélicoptère (lent). La Guerre Électronique est également le domaine d'engagement appelée à reprendre toute sa place sur un champ de bataille avec les conséquences induites sur la conduite des opérations des hélicoptères (positionnement, communications, etc.). Parmi les menaces en cours de développement mais présentant un risque majeur pour les hélicoptères, figurent les drones qu'ils évoluent en essaims ou de manière isolée, de haut niveau technologique ou issus du monde civil (et « bricolés »).

¹⁰ MAN Portable Air Defense Systems.

¹¹ Sol-Air Très Courte Portée et Sol-Air Moyenne Portée.

¹² Arme Anti-Aérienne pour Sous-Marin.

¹³ Interactive Defence & Attack System for Submarine.

3.4.3 Apport de la Grande Vitesse sur les missions des hélicoptères

L'ensemble des menaces avérées, connues ou en cours de développement et anticipées ci-dessus, pose la question de l'apport des Hélicoptères Grande Vitesse aux opérations.

Les missions ont été réparties en deux grands domaines d'intervention qui présentent aujourd'hui des caractéristiques différentes pour les missions hélicoptères : les opérations en milieu aéroterrestre et les opérations en milieu aéromaritime.

3.4.3.1 Opérations Aéroterrestres

Ces opérations se caractérisent par une grande diversité de zones géographiques rencontrées, avec plusieurs particularités supplémentaires (zone urbaine, conditions climatiques, absence de relief, etc.).

Plusieurs types de missions peuvent être assurées par les hélicoptères en environnement aéroterrestre. L'apport éventuel d'un HGV à ces différentes opérations peut être synthétisé comme suit

- Fonction Renseignement :
 - o ROEM : non (drones, persistance sur zone) ;
 - o ROHUM : oui (dépose à longue distance des équipes de reconnaissance type 2^{ème} RH) ;
- Fonction Feu : oui (limiter l'exposition de l'appareil au feu adverse, architecture girodyne à privilégier en raison des limites d'emport des convertibles) ;
- Fonction appui aux opérations :
 - o MEDEVAC/CASEVAC : oui (évacuation rapide du blessé vers une antenne chirurgicale) ;
 - o Transport de troupes (appui à la manœuvre) : oui (réorientation des efforts rapides) ;
 - o Transport logistique : non (privilégier des HTL¹⁴) ;
- Fonction Récupération : Personnel Recovery
 - o CSAR (Resco) : oui (intervention plus rapide à plus longues distance, meilleure coordination avec le reste du dispositif aérien) ;
 - o Combat Recovery (CR), par extension IMEX : non (étant donné que la procédure prévoit que l'un des appareils du dispositif se déroutera pour aller chercher l'équipage à récupérer) ;
 - o SAR : oui (cf. SAR en environnement aéromaritime) ;
- Forces Spéciales : oui (rapidité d'intervention en cas de mission à court préavis, longue distance en cas de raid dans la profondeur).

3.4.3.2 Opérations Aéromaritimes

Le milieu aéromaritime se caractérise par son uniformité et l'absence de relief, des conditions météorologiques diversifiées et l'agressivité de l'environnement (corrosion, humidité, etc.). Les vastes étendues à couvrir peuvent également entraîner une autonomie nécessaire du détachement hélicoptère embarqué sur un bâtiment à la mer. L'emploi de HGV dans cet environnement dépend, tout comme pour le milieu aéroterrestre, du type de missions (et du type d'effet) à réaliser.

¹⁴ Hélicoptères de Transport Lourd.

Les grandes missions réalisées par aéronef en environnement aéromaritime avec un emploi (potentiel ou avéré) d'hélicoptères sont :

- Lutte antisurface (ASF) : oui (se placer rapidement au-delà de l'horizon pour renseigner le navire-porteur ou intervenir) ;
- Lutte anti-sous-marin (ASM) : oui (réduire son exposition aux menaces en développement, cf. plus haut) ;
- Sauvegarde maritime¹⁵ : oui (être en mesure de couvrir de larges zones) ;
- Personnel Recovery GaN : oui (raisons similaires au PR en domaine aéroterrestre) ;
- Search and Rescue (SAR) : oui (grande vitesse pour rejoindre la zone de recherches, longue distance et forte autonomie pour rester sur zone) ;
- Opérations amphibies : oui (mettre à distance de sécurité la flotte des menaces antinavires sans pénaliser les rotations avec la force débarquée) ;
- Contre-Terrorisme Maritime : oui (rapidité pour réagir à une crise, longue distance et forte autonomie pour trouver et atteindre le bâtiment attaqué).

3.4.3.3 Opérations sur le Territoire National

Les missions assurées par les hélicoptères sur le Territoire National (TN) relèvent de l'assistance aux populations. Celles-ci peuvent être classées en plusieurs catégories :

- Lutte contre les feux de forêt (Hephaïstos) : oui (accélération des noria pour un largage plus rapide sur les incendies) ;
- SAR en cas d'inondations : oui (accélération des noria entre les points d'hélicoptère et le point de regroupement des rescapés) ;
- SAR dans les DROM-COM : oui (intérêt de la rapidité d'intervention sur de longues distances en cas d'absence de piste pour avion) ;
- Contre-Terrorisme : oui (intérêt de réactivité pour accéder rapidement au lieu de crise sur l'ensemble du territoire) ;
- PPS-A¹⁶ : oui (intérêt pour intervenir rapidement et combler le gap de vitesse entre Fennec et avion de combat).

3.4.3.4 Analyse de l'interopérabilité en coalition

En cas d'intervention dans le cadre d'une coalition, la question de l'interopérabilité des systèmes peut être posée, en particulier celle d'un éventuel déclassement de la France en cas d'absence de HGV dans les capacités pouvant être mises à disposition au profit d'opérations communes. Deux cas d'interopérabilité peuvent se présenter : interopérabilité capacitaire (le HGV en tant qu'équipement) et interopérabilité système (le HGV en tant que système de systèmes).

L'analyse démontre que deux cas de figure peuvent se présenter lorsqu'est évoquée la question de l'interopérabilité capacitaire en particulier au sein d'une coalition menée par les États-Unis :

¹⁵ Sûreté, police des pêches, surveillance des approches maritimes, lutte contre les narcotrafics, etc.

¹⁶ Posture Permanente de Sûreté-Air.

- Les opérations de courte durée. Dans ce cadre précis, les États-Unis solliciteront en priorité des partenaires disposant d'équipements équivalents, interopérables et à même de s'intégrer au sein du dispositif américain. Si l'opération repose sur l'emploi de HGV, Washington privilégiera les partenaires armant ce type d'équipement.
- Les opérations de moyenne et longue durée. Ici, les États-Unis seront davantage enclins à s'inscrire dans la durée en confiant certains types de mission aux pays ne disposant pas de HGV.

Ces deux notions techniques doivent toutefois être légèrement modérées d'un point de vue politique. Si l'engagement des États-Unis pourra laisser présupposer une forme de barrière à l'entrée en cas d'opérations conjointes avec des pays partenaires, dans les faits, Washington apparaît plus souple dans la mise en œuvre effective de son opération. En effet, si le choix politique a été fait au sein de la Maison Blanche, l'intégration de pays sans HGV se fera dans tous les cas afin de marquer une volonté d'intervention de pays alliés. Les pays ne disposant pas de HGV pourront toujours être intégrés, ne serait-ce que pour permettre aux États-Unis de « justifier » leur intervention.

3.4.4 Options d'évolution des concepts

L'étude a retenu 3 scénarii jugés représentatifs des opérations futures, afin d'explorer une éventuelle évolution des concepts d'emploi des hélicoptères grande vitesse. L'analyse permet de mettre en évidence que l'emploi des HGV devrait rester similaire à celui des hélicoptères traditionnels. Les hélicoptères grande vitesse ne permettent pas à première vue d'ouvrir de nouveaux types de missions réalisables, mais permettent de les réaliser avec une réactivité plus importante, une vitesse plus élevée et un rayon d'action plus important (sans ravitaillement). Cette analyse d'impact est présentée ci-dessous.

4 ANALYSE D'IMPACT DES HGV SUR LES CONCEPTS ET BESOINS OPERATIONNELS

En s'appuyant sur les éléments mis en évidence précédemment, cette partie illustre les besoins opérationnels susceptibles d'être couverts par des HGV en fonction des types de conflits que pourraient rencontrer les armées françaises.

Afin d'illustrer ces réflexions, l'étude présente trois scénarii fictifs d'engagements des forces armées françaises à horizon 2035-2040 selon les trois grands types de conflits attendus pour les opérations futures (tel que retenu par exemple dans le schéma tactique de combat interarmes) :

- Scénario 1 : menace symétrique
- Scénario 2 : menace hybride ou dissymétrique
- Scénario 3 : menace asymétrique

En sont extraits les qualités dimensionnantes des HGV.

Cette partie dédiée à l'étude des concepts opérationnels des HGV basée sur 3 types de conflits modernes démontre que les HGV peuvent remplir des missions opérationnelles dont les gains principaux en synthèse sont les suivants :

- Une vitesse élevée pendant la phase de transit vers la zone d'opérations,
- Un « playtime » important sur zone.

Afin d'apporter une notion d'analyse comparative, les missions assurées par les hélicoptères dans les conflits étudiés ci-dessous seront analysées au travers des deux types de machines qui pourraient les assurer : un hélicoptère traditionnel ou un HGV. Afin d'assurer cette comparaison, les données ci-dessous ont été retenues pour chaque type d'appareil présents dans les scénarii.

		NH90 Caiman	Tigre	V-22	Racer
Vitesse	Nœuds	162	134	250	200
	Km/h	300	250	463	370
Rayon d'action	Miles nautiques	460	340	455 (combat)-860 (transit)	
	Km	850	630	842 (combat)- 1580 (transit)	
MTOW	Tonnes	10,6	6,6	24	

Pax (commandos équipés)		13	0	24	6
-------------------------------	--	----	---	----	---

1.1 S1 (MENACES SYMETRIQUES)

Rappel du scénario S1 : Résurgence d'une menace majeure en Europe ou proche de l'Europe, intervention dans le cadre d'une grande collision type OTAN, adversaires dotés de capacité de combat modernes et d'une organisation structurée.

Ce type de scénario engage des Nations disposant de capacités de combat modernes et un théâtre d'engagement avec des pays et infrastructures modernes équipés militairement dans tous les domaines.

4.1.1 Scénario : conflit symétrique en Asie

Le 20 août 2040, sous couverture des différents événements festifs organisés dans le cadre de la commémoration du centenaire de l'Offensive des cent régiments contre les troupes japonaises, l'Armée populaire de la libération (APL) de Chine lance un assaut surprise contre l'île de Taïwan, assaut étendu au Nord des Philippines afin de verrouiller l'accès à la Mer de Chine méridionale.

Combinant d'abord une cyberattaque et des opérations spéciales puis des opérations aéroterrestres et aéronavales, l'offensive sème la panique au sein du gouvernement à Taipei. Le jour même, le Secrétaire général du Comité central du Parti communiste chinois avait officiellement déclaré la formation d'une zone d'exclusion située à 400 miles nautiques autour de Taïwan et du nord des Philippines. L'entrée de tout navire ou aéronef étranger pénétrant dans cet espace interdit serait considérée comme un « acte d'agression » contre la Chine.

Pour des raisons d'alliances historiques mais aussi pour défendre leurs intérêts géopolitiques, les États-Unis choisissent de venir en aide à Taïwan. En effet, les alliés de Washington en Asie-pacifique, notamment le Japon et les Philippines, sont effrayés de l'agressivité chinoise dans la région et percevraient une non-réaction américaine comme un aveu de faiblesse. Par ailleurs, les États-Unis ne peuvent que réagir face à une décision unilatérale chinoise remettant en cause sa liberté de navigation.

L'US Navy est immédiatement mobilisée. Un groupe aéronaval de la 7^{ème} Flotte quitte son quartier-général de Yokosuka, au Japon. Il est centré autour d'un porte-avions nucléaire de classe Gerald R. Ford, escorté notamment d'un destroyer de classe Zumwalt, de destroyers de classe Arleigh Burke, de LCS¹⁷ et de sous-marins d'attaque classe Virginia. L'ensemble des autres bases militaires américaines en Asie-Pacifique sont mises en état d'alerte. Les moyens de renseignement du DoD sont activés à la demande de l'USPACOM, notamment les satellites et les drones HALE furtifs RQ-180, afin d'apprécier en temps réel la situation opérationnelle.

¹⁷ LCS : littoral combat ship

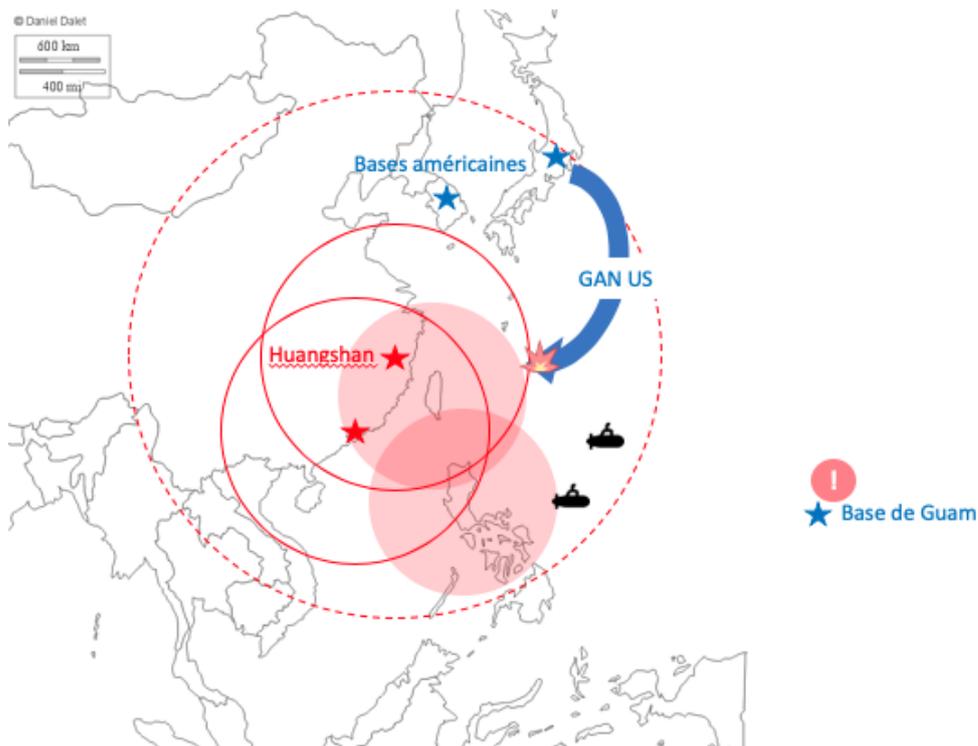
Alors que le groupe aéronaval s'approche de la zone d'exclusion, les différents capteurs des satellites et les dispositifs d'alerte avancée américains détectent plusieurs tirs en provenance de la Base 52 de Huangshan (province du Jiangxi), un site appartenant au Deuxième corps d'artillerie. Il s'agit d'une salve de 2 missiles hypersoniques DF-26¹⁸ ainsi que d'une salve de plusieurs missiles balistiques antinavires DF-21D. Leur cible : le groupe aéronaval de l'US Navy. Malgré les manœuvres de protection et les mesures de défense active des bâtiments d'escorte, les missiles hypersoniques ne peuvent être interceptés et frappent les principales unités du groupe. Le porte-avions est touché par deux DF-26 et un DF-21D. Il est sévèrement endommagé. Le destroyer classe Zumwalt échappe aux tirs, mais deux frégates et quatre LCS sont coulées.

Avant que la Maison blanche ne puisse répondre, la Chine lance une attaque contre les installations navales et aériennes américaines d'Andersen (Guam) et de Kadena (Okinawa). La totalité des forces navales américaines, présentes dans ces bases, sont détruites ou fortement endommagées. La Chine engage ses moyens amphibies en vue de débarquements sur l'île de Taïwan ainsi que sur les îles du Nord des Philippines (Luzon, Mindoro et Palawan) afin de verrouiller l'accès à la Mer de Chine Méridionale. Le soutien de ces opérations est assuré à partir de la Chine continentale pour l'invasion de Taïwan et depuis les îles Spratley et Paracels pour la prise de contrôle d'une partie des Philippines.

Les États-Unis appellent immédiatement à la formation d'une coalition internationale. La France, le Royaume-Uni et l'Australie participent, aux côtés des forces américaines aux opérations visant à reprendre les Philippines en cours d'invasion par la Chine.

Face aux groupes aéronavals de la coalition, les capacités antinavires chinoises sont composées de deux types de missiles antinavires longue portée, DF-21D et le DF-26, menaçant toutes plateformes dans un rayon de 2 000 km. Ces capacités sont complétées par les sous-marins pouvant tirer des missiles de croisière de type SS-N-27B Sizzler et qui ciblent plus spécifiquement les destroyers et les croiseurs Aegis.

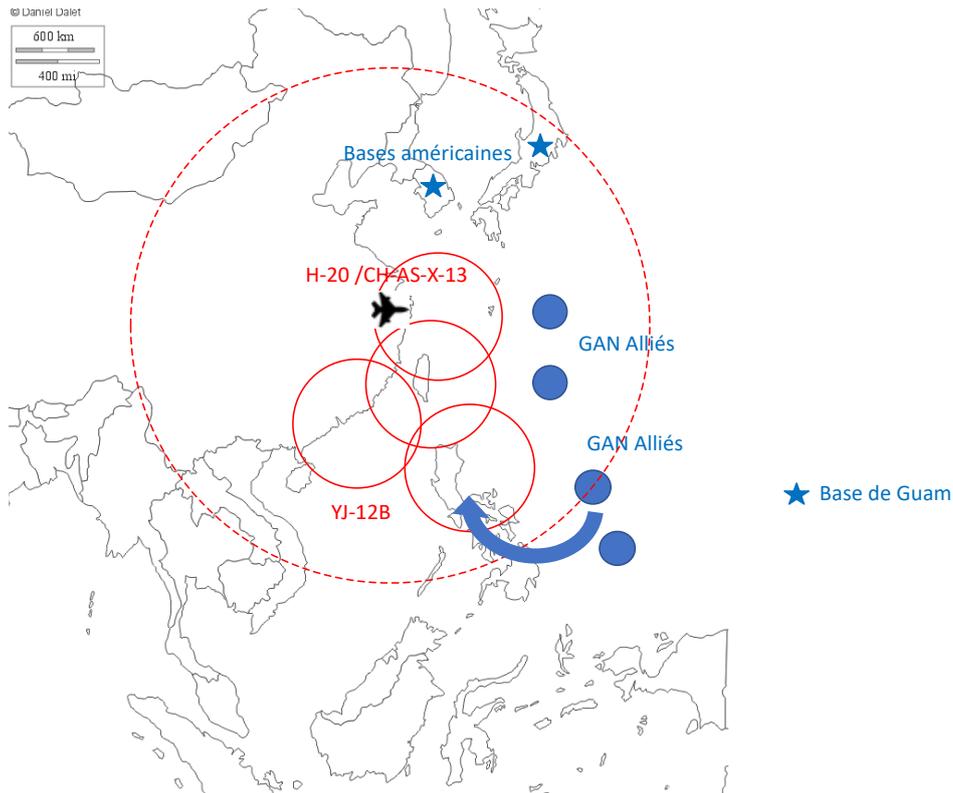
¹⁸ Le DF-26 est composé d'un vecteur hypersonique (connu dans sa phase de développement sous la dénomination Wu-14) et de son porteur (étage propulsif de missile balistique)



Ces menaces imposent aux forces de la coalition de maintenir leurs groupes aéronavals et amphibies à distance de sécurité.

Pour neutraliser les systèmes de combat aériens adverses, la Chine lance une cyberattaque sur les réseaux de liaisons satellitaires de la coalition. Devant maintenir l'effort de neutralisation des systèmes du dispositif A2/AD chinois (antinavires, sol-air, etc.), les avions de combat évoluent sans accès temps réel au renseignement. Au cours de cette campagne aérienne, plusieurs avions habités de la coalition internationale sont détruits par des missiles sol-air chinois longue portée HQ-9. Afin de maintenir les GAN à distance de sécurité, des opérations CSAR sont lancées depuis les porte-avions évoluant à proximité des côtes philippines.

Malgré les pertes de l'arme aérienne, les forces de la coalition neutralisent les capacités sol-air et sol-mer chinoises et s'engagent dans une phase de reconquête des Philippines avec le déploiement des premières troupes au sol. L'approche par voie navale étant trop risquée en raison de la densité des réseaux de mines chinoises, les premières troupes sont héliportées par des HGV. Elles sont appuyées par des hélicoptères de combat (Tigre et NH90). Les Chinook américains, britanniques et australiens prennent le relais pour apporter sur zone hommes et matériels. Durant la phase de combat au sol, les HGV, stationnés sur les porte-avions et bâtiments amphibies américains, français et australiens, assurent la récupération des blessés pour leur transfert à bord des plateformes navales.



Une fois les 3 îles philippines reconquises, des HGV sont employés pour lancer des opérations de Forces Spéciales sur les îlots chinois des Spratley et Paracels.

La seconde phase de l'opération de la coalition porte sur la reprise du Nord des Philippines.

Les sites de lancement des missiles balistiques antinavires ont été détruits. La flotte navale reste cependant à 500 km des côtes chinoises hors de portée des batteries côtières de missiles YJ-12B installées au nord des Philippines, à Taïwan et sur la côte est de la Chine. Les flottes restent malgré tout sous la menace des bombardiers de nouvelle génération H-20 emportant des missiles balistiques CH-AS-X-13. Ces missiles évoluent à vitesse supersonique et atteignent une portée de 2 000 km.

Les GAN lancent des raids aériens pour neutraliser les batteries côtières et les bases aériennes aéronavales chinoises. Les batteries chinoises installées au nord des Philippines sont détruites. Alors que les F-35 et les Rafale des GAN positionnés en face des côtes de Jiangsu poursuivent les bombardements au nord de la Chine, un assaut amphibie est lancé sur le nord des Philippines. Cinq unités expéditionnaires amphibies (trois MEU des Marines, 9e BIMA, Amphibious Ready Group australien) sont envoyées afin de reprendre le territoire aux troupes chinoises.

A partir des navires d'assaut et de débarquement, la batellerie des bâtiments amphibies (Ship-to-Shore Connector, EDA-R, péniches, etc.) et les aéronefs engagent des rotations pour débarquer les 8 000 soldats et leur équipement. Leur mission, encercler les forces terrestres chinoises situées dans les zones de Tabuk et d'Ilagan. Les rotations permettent de débarquer près de 4 000 combattants au sud d'Ilagan pendant que les HGV convoient le reste des troupes dans la zone de Tabuk. L'assaut terrestre est soutenu par des hélicoptères de combat Tigre et FARA embarqués par les navires d'assaut amphibie. Pendant la phase de combat, les blessés sont évacués par les airs, par des HGV, pour rejoindre rapidement le navire hôpital américain stationné à 300 km des côtes philippines.

Enfin, la coalition met en œuvre le dernier volet de l'opération en réaction à une initiative chinoise. Les troupes débarquées ont sécurisé le nord des Philippines. Mais des renseignements satellitaires alertent le BPC sur la présence de bâtiments dotés lasers anti-aériens « Sixing » et le déploiement de batteries de missiles antinavire longue portée sur la partie bétonnée du récif de Scarborough. Ces missiles compromettraient la réouverture de la route maritime passant par les Spratleys.

Le commandement décide d'envoyer des commandos de Forces Spéciales avant que les forces chinoises ne mettent en œuvre le dispositif. Le délai imparti est court, moins de 4 heures. Il décide d'hélicoptère 80 commandos. En raison de la présence de lasers Sixing sur zone, le dispositif est complété par un essaim de drones qui passe juste en avant du dispositif pour épandre des fumigènes en tant que contre-mesure des lasers.

4.1.2 Apport de l'hélicoptère

Plusieurs missions sont confiées aux hélicoptères au cours de cette campagne.

CSAR

Des hélicoptères sont envoyés depuis la base de Guam pour la récupération des pilotes éjectés en mer abattus par les forces chinoises au cours du premier volet de la campagne aérienne. Ils doivent effectuer leur mission sur une distance de 2 000 km.

- HGV : Les V-22 ont un rayon d'action de 1 600 km. Un ravitaillement est programmé avant qu'ils n'entrent dans la zone de menace de l'Aéronavale chinoise. Évoluant à une vitesse de 463 km/h, ils atteignent leur zone en 4 heures.
- Hélicoptère traditionnel : Les HH-60G Pave Hawk ont un rayon d'action de 930 km. Deux ravitaillements sont programmés avant qu'ils n'entrent dans la zone de menace. Évoluant à une vitesse de 294 km/h, ils atteignent leur zone en un peu moins de 7 heures.

	HH-60G Pave Hawk	V-22
Nombre de ravitaillement par appareil / aller-retour	4	2
Temps de vol pour atteindre la zone	Env. 7 heures	Env. 4 heures

Sur le reste de la campagne aérienne, les HGV sont basés sur les porte-avions pour récupérer les pilotes éjectés. Tout au long de cette opération de Personal Recovery, les capteurs intégrés aux combinaisons des pilotes tiennent informés le poste de commandement quant à leur localisation et leur état de santé. La distance réduite offerte par une mise en œuvre à partir des porte-avions offre une réactivité améliorée pour la récupération des équipages abattus. En fonction de l'état de santé de ces derniers suivi en temps réel par le personnel de santé, les HGV peuvent être réorientés en vol afin d'intervenir au plus vite.

Assaut amphibie

Dans la zone de Tabuk, à 70 km de la côte est, vingt V-22 assurent 2 rotations. Près de 1 000 soldats sont débarqués en un peu plus de 3 heures (sans compter le temps de ravitaillement et le temps de maintenance).

Dans la zone de Tabuk, à 70 km de la côte est, vingt NH90 assurent 4 rotations. Près de 1 000 soldats sont débarqués en environ 11 heures ½ (sans compter le temps de ravitaillement et le temps de maintenance).

Dans la zone de Tabuk, à 70 km de la côte est, vingt Racer assurent 8 rotations. Près de 1 000 soldats sont débarqués en environ 14 heures ½ (sans compter le temps de ravitaillement et le temps de maintenance).

	V-22	NH90	Racer
Nombre d'appareils	20	20	20
Vitesse (km/h)	463	260	407
Trajet A/R (km)	740	740	740
Temps de trajet/A/R (min)	96	171	109
Nombre de soldats	1 000	1 000	1 000
Capacité emport pax	24	13	6
Nombre de pax/rotation	480	260	120
Nombre de rotation	Env. 2	Env. 4	Env. 8
Temps de trajet/nombre total de rotation	192 min 3 heures 12 min	684 min 11 heures 24 min	872 min 14 heures 32 min

MEDEVAC

Avec les V-22, le temps de vol aller-retour depuis le GAN jusqu'au navire hôpital est de 1 heure et 35 minutes (en ne comptant pas le temps de chargement des blessés, (sans compter le temps de ravitaillement et le temps de maintenance) pour 740 km.

Avec les MH-60S Knighthawk et les Caracal, le temps de vol aller-retour depuis le GAN jusqu'au navire hôpital est équivalent soit environ 2 heures 15 minutes mais les MH-60S sont pénalisés par leur autonomie de 450 km (contre 740 km aller-retour). Les H225M, avec une autonomie de 920 km sans réservoir supplémentaire, peuvent effectuer l'aller-retour sans ravitaillement en vol même s'ils disposent de cette dernière capacité.

Assaut FS

Depuis la zone d'Illagan jusqu'au récif de Scarborough, soit 475 km, quatre V-22 déposent les 50 commandos en 1 heure.

Depuis la zone d'Illagan jusqu'au récif de Scarborough, soit 475 km, sept Caracal déposent les 50 commandos en un peu moins de 2 heures.

Depuis la zone d'Illagan jusqu'au récif de Scarborough, soit 475 km, quatorze Racer déposent les 50 commandos en un peu plus d'1 heure.

	V-22	Caracal	Racer
Distance à franchir (km)	475	475	475
Vitesse (km/h)	463	260	407
Temps pour débarquer les commandos	1 heure	1 heure 50 minutes	1 heure 10 minute
Nombre de soldats	80	80	80
Capacité emport pax	24	13	6
Nombre d'appareils nécessaire pour débarquer en 1 rotation	4	7	14

Les besoins opérationnels couverts par les HGV peuvent être les suivants :

Besoins opérationnels	Besoin spécifique rempli par le HGV/remarque	Menaces
SAR milieu maritime	<ul style="list-style-type: none">• Rapidité du transit en cas de rapatriement de blessés du théâtre• Temps sur zone (autonomie plus importante)	Radars, Menace So-/Air, avions d'armes, Frégates, Sous-marins
SAR milieu terrestre	<ul style="list-style-type: none">• Rapidité du transit en cas de rapatriement de blessés du théâtre	Radars, Menace Sol-Air, avions d'armes

	<ul style="list-style-type: none"> • Temps sur zone (autonomie plus importante) 	
Dépose/extraction de troupes au sol	<ul style="list-style-type: none"> • Rapidité du transit 	Radar, Menace Sol-Air, avions d'armes
Vols « discrets »	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de maintenir une capacité de vols à basse altitude 	Radar (enveloppe de vol HGV non compatible des vols discrets), Menace Sol-Air
Renseignement	<ul style="list-style-type: none"> • Vitesse de transit • Temps sur zone • Optimisation des rotations <p>=> Les drones tactiques/MALE sont plus à même de remplir ce besoin de renseignement que les HGV, notamment en termes de persistance sur zone et intégration de capteurs.</p>	Menace Sol-Air, avions d'armes
Combat air/air	<ul style="list-style-type: none"> • Supériorité a priori si le HGV est confronté à des hélicoptères classiques 	Radar, Menace Sol-Air, avions d'armes

Une capacité d'interopérabilité type OTAN avec d'autres vecteurs (avions, drones, véhicules terrestres et navires), notamment des drones, pour anticiper les menaces en route et pour renseigner la coalition des observations effectuées apporte un poids opérationnel dans ce scénario.

Le concept d'emploi d'un HDV dronisé pour ce type de conflit pourrait avoir une utilité opérationnelle au regard des menaces afin d'accompagner et éclairer au profit du HGV habité.

1.2 S2 (MENACE HYBRIDE OU DISSYMETRIQUE)

Rappel du scénario S2 : Agression d'un Etat en BSS ou Proche Orient, entrée en premier et phase de restauration territoriale en tant que nation cadre, adversaire structuré et doté de capacités de combat terrestre complètes, de mode d'action conventionnels et non-conventionnels

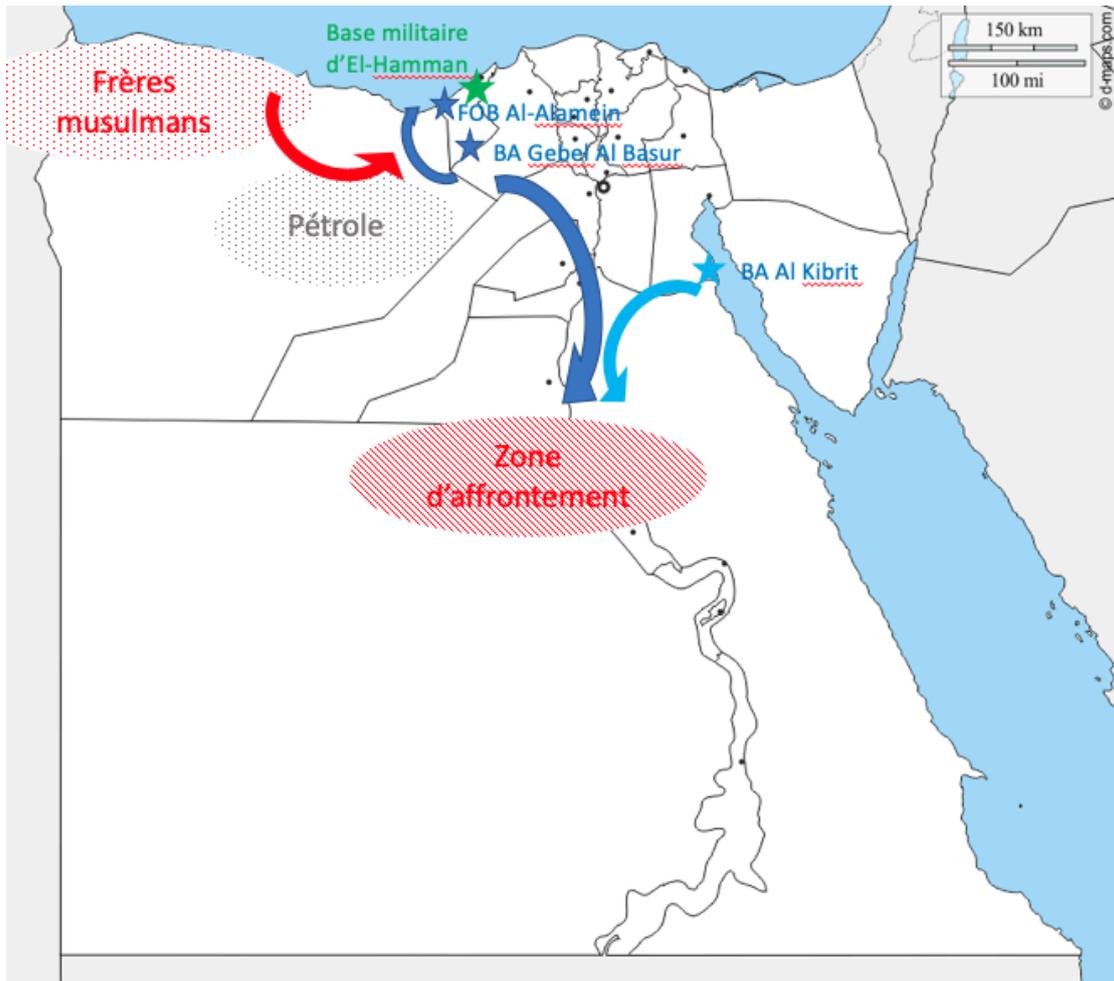
Ce type de scénario engage une Nation cadre disposant de capacités de combat modernes sur un théâtre avec des infrastructures développées et des moyens militaires modernes.

4.1.3 Scénario : conflit dissymétrique en Égypte

En 2036, l'homme d'affaires Mohammed Ali est réélu pour un second mandat à la présidence égyptienne. Malgré la guerre de désinformation engagée par le Service égyptien d'information de l'État, le parti du président Sissi avait échoué en 2030 à faire élire son candidat, le maréchal Issa Malouf. La population, excédée par le régime ultra-répressif du président Sissi et victime d'une économie toujours plus fragile, avait accueilli avec liesse l'élection de l'entrepreneur qui dénonçait la corruption du régime depuis 2018.

Suite à son second échec, le maréchal Malouf, avec le soutien de plusieurs généraux égyptiens, lance un coup d'État contre le gouvernement. Une partie des forces armées égyptiennes rejoignent le maréchal. La base d'El-Hamman, principalement base militaire égyptienne, reste aux mains des forces légitimes qui contraignent les forces rebelles à s'établir plus au sud. Les deux forces s'affrontent principalement dans le nord du gouvernorat de Al-Wadi Al-Gadid.

Le gouvernement égyptien appelle l'aide internationale pour rétablir la paix. Liés par des accords de défense, la France et les États-Unis sont les premiers à se mobiliser. Les forces françaises s'établissent sur la base aérienne de Gebel El Basur. Le porte-avions Charles de Gaulle en grand carénage, un pont aérien est assuré depuis la France pour l'envoi de forces et leur soutien. Le déploiement français porte sur deux niveaux : appui aux forces présidentielles et sécurisation du Nord du pays. Depuis cette base, les forces françaises appuient les forces légitimes contre les forces rebelles. Les niveaux jamais atteints du cours du pétrole excluant, pour la première fois, toute fermeture d'installations pétrolières, une FOB est établie à El-Alamein pour sécuriser celles situées dans l'ouest du pays. Les États-Unis ont concentré leurs forces sur la base aérienne d'Al-Kibrit, plus à l'est, pour assurer la sécurité du Canal de Suez.



Les forces françaises apportent leur soutien aux forces présidentielles. Des couples MUM-T, HGV et drone VTOL, et des hélicoptères de combat Tigre sont engagés. Grâce à l'acquisition de la cible par le VTOL, en avant du HGV, celui-ci est en mesure de neutraliser les systèmes sol-air type Pantsir accompagnant la formation blindée adverse afin de permettre aux tigre Standard 3 de traiter les chars des rebelles.

	Tigre	Racer
Élongation	300	300
Vitesse	250	407
Temps d'arrivée sur zone	1 heure 12 minutes	44 minutes 14 secondes
Temps A/R	2 heures 24 min	1 heure 29 minutes
Autonomie	2 heures 30 minutes	3 heures 18 minutes
Temps sur zone	< 6 minutes (sans ravitaillement FARP avant)	< 1 heures 49 minutes

Autres éléments		Grande vitesse = moins vulnérable
Avantage		Empreinte logistique plus légère (pas besoin de ravitaillement)

Les forces françaises sont engagées contre les forces du maréchal dans la zone d'Assiout, quand une patrouille est prise à partie par les Frères Musulmans dans la zone pétrolière de Matruth, à 280 km de la FOB d'El-Alamein et à 450 km de la BA de Gebel El-Basur. La patrouille subit plusieurs tirs de missiles sol-sol Kornet tirés depuis des véhicules tout-terrain. Le bilan est lourd : deux soldats tués et 5 blessés gravement. Nécessitant une évacuation rapide, le chef de groupe informe la base de la situation et de la probabilité de missile sol-air sur zone. 3 HGV Medevac sont envoyés depuis la FOB. Leur mission : évacuer rapidement les blessés. Les HGV sont armés. Pendant que deux d'entre eux se posent pour embarquer les blessés, le troisième reste en vol pour sécuriser la zone.

4.1.4 Apport de l'hélicoptère

L'emploi de Racer réduit de 24 minutes le temps d'arriver sur zone par rapport à un NH90, et du double, soit 48 minutes, le temps d'arrivée dans l'hôpital de campagne situé dans la FOB.

L'autonomie des hélicoptères leur permet d'envisager le transfert des blessés sur la BA de Gebel El-Basur. Sur la totalité de l'opération, départ de la FOB, récupération des blessés et leur transfert vers la BA, le Racer permet de réduire le temps de l'opération d'une heure.

Cet intérêt sera optimal avec un Racer disposant d'une capacité d'emport des 5 blessés en une rotation.

	NH90	Racer
Capacité civière	12	2
Nombre d'appareils	1	1
Vitesse (km/h)	260	407
Trajet FOB-Matruth (km)	560	560
Temps de trajet FOB-Matruth	1 heure 5 minutes	41 minutes
Trajet Matruth-BA (km)	460	460

Temps de trajet Matruth-BA	1 heure 46 minutes	1 heure 8 minute
Nombre de rotation	1	2
Temps de trajet/nombre total de rotation	1 heures 5 min	1 heures 22 min

Les besoins opérationnels couverts par les HGV peuvent être les suivants :

Besoins opérationnels	Besoin spécifique rempli par le HGV/remarque	Menaces
SAR	<ul style="list-style-type: none"> Rapidité du transit en cas de rapatriement de blessés du théâtre Temps sur zone (autonomie plus importante) 	Menaces Sol/Air, avions d'armes
Dépose/récupération de troupes au sol	<ul style="list-style-type: none"> Rapidité du transit 	Radar, Menace Sol/Air, avions d'armes
Ravitaillement de base avancée	<ul style="list-style-type: none"> Ravitaillement de base avancée 	Attaques ponctuelles, menaces Sol/Air
Opérations spéciales et ciblées	<ul style="list-style-type: none"> Temps de transit Persistance sur zone 	Menaces Sol/Air
Supériorité en vitesse lors de combat air/air	<ul style="list-style-type: none"> Supériorité si le HGV est confronté à des hélicoptères classiques 	Radar, Menace Sol/Air, avions d'armes

1.3 S3 (MENACE ASYMETRIQUE)

Rappel du scénario S3 : faillite d'un État, intervention en national et restauration de l'État de droit en coalition internationale (type ONU), adversaires structurés à l'échelle de groupements disposant de capacités modernes mais pas ou peu de matériels lourds, modes d'actions non-conventionnels.

Ce type de scénario engage une Nation cadre disposant de capacités de combat modernes sur un théâtre d'engagement avec des infrastructures peu développées.

4.1.5 Scénario : conflit asymétrique au Tchad

Le Soudan a connu une période de grande instabilité dans les années 2020-2025, en raison de l'incapacité du gouvernement à mettre un terme au sous-développement du pays, malgré le développement des revenus pétroliers. Le pays a éclaté en diverses entités politiques autonomes dirigées par des seigneurs de guerre oscillant entre criminalité organisée et idéologie religieuse. Certains d'entre eux s'allient à des mouvements djihadistes tchadiens qui souhaitent instaurer un émirat au Tchad. Disposant d'un matériel lourd d'origine chinoise, récupéré directement dans les stocks des forces armées soudanaises, incluant quelques systèmes anti-aériens performants ou dans tous les cas mal connus, les djihadistes bousculent les forces gouvernementales tchadiennes. Des lors, un embryon d'État islamique est constitué dans l'est du Tchad en attendant la grande offensive contre la capitale Ndjamen.

La France décide d'intervenir militairement pour protéger ses ressortissants, respecter ses engagements internationaux et contrer l'expansion du djihadisme au Sahel, menaçant de faire tache d'huile.

L'aérodrome d'Abéché étant dans une zone trop peu sûre vis-à-vis de l'avancée des éléments djihadistes, les forces françaises sont prépositionnées sur l'aéroport de N'Djamena en s'appuyant sur les structures permanentes déployées sur place. La France déploie également deux FOB : une première dans la région d'Am Timan à proximité d'un camp de réfugiés accueillant les chrétiens soudanais, la seconde dans la région de Biltine cité clé sur l'axe de transit des djihadistes avec la Libye.

Les éléments djihadistes sont présents dans la zone à la frontière du Soudan, du Soudan du Sud, du Tchad et de la République centrafricaine. La géographie de la zone rend particulièrement complexe leur localisation. Par ailleurs, la présence de systèmes de défense sol-air chinois SWS2 et SkyDragon freinent l'emploi d'appareils de surveillance lents ou d'hélicoptères pour les recherches. Des Rafale sont envoyés pour neutraliser les systèmes SWS2 localisés grâce aux images des drones MQ-9 Reaper. Mais la menace de MANPADS est toujours présente.

4.1.6 Apport de l'hélicoptère

Une avancée des djihadistes en direction d'Am Timan conduit la France à hélicopter 2 sections supplémentaires, soit 50 pax, au niveau de sa FOB pour contenir l'avancée et assurer la protection des réfugiés.

4 NH-90 seront nécessaires pour déployer 50 pax en 2 heures 10 minutes. Si le déploiement est effectué par 2 NH-90, il faudra 4 heures et 20 minutes.

En fonction de leur capacité d'emport d'hommes, les Racer pourront déployer 50 pax en 1 heure 23 minutes ou davantage en fonction du nombre de rotations nécessaire.

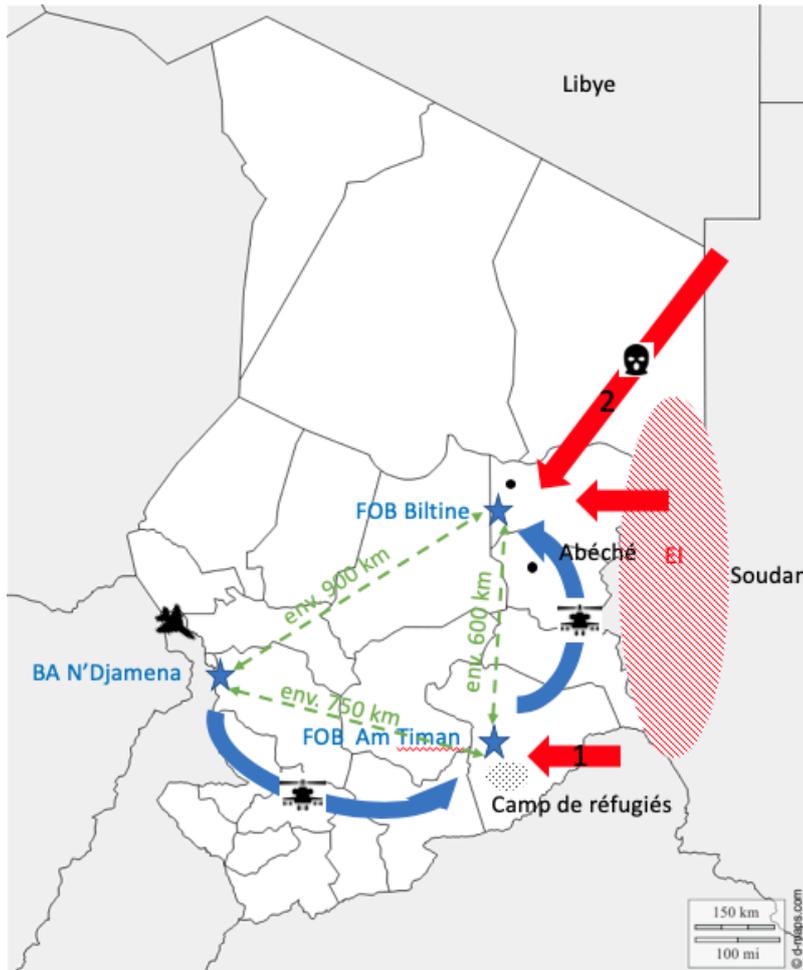
	NH-90	Racer
Vitesse (km/h)	260	406
Distance BA-FOB Am Timan (km)	590	590
Temps de trajet BA-FOB	2 heures 16 minutes	1 heure 27 minutes
Capacité emport pax	13	

L'effectif de la FOB est alors en mesure d'assurer la sécurité périmétrique du camp alors que des Griffon arrivent de N'Djamena pour renforcer le dispositif. Pour parcourir les 560 km, les Griffon mettent environ 10 heures.

Alors que les Griffon sont à une demi-heure d'Am Timan, une cinquantaine de pick-ups sont détectés sur les images transmises par les MQ-9. En provenance de la Libye et du nord du Darfour, ces véhicules convergent vers Biltine. Immédiatement, la décision est prise de réaffecter une partie des effectifs de la FOB d'Am Timan vers la FOB de Biltine, à l'arrivée des Griffon à proximité d'Am Timan.

	NH-90	Racer
Vitesse (km/h)	260	406
Distance FOB Am Timan-FOB Bitline (km)	390	390
Temps de trajet BA-FOB	1 heures 30 minutes	58 minutes
Capacité emport pax	13	

Les 2 MQ-9 disponibles n'emportant que 4 missiles, les 2 HGV, une fois les troupes redéployées sur Biltine, restent sur zone pour offrir un appui feu. Un troisième HGV assure une mission RAID ART depuis la base de N'Djamena vers la FOB de Biltine. Une fois les éléments d'artillerie déchargés, le HGV repart en direction de N'Djamena avec, à son bord, les premiers blessés.



Les besoins opérationnels couverts par les HGV peuvent être les suivants :

Besoins opérationnels remplis par les HGV	Besoin spécifique rempli par le HGV/remarque	Menaces
SAR	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de transit • Persistance sur zone 	Menaces Sol/Air
Missions urgentes (terrorisme)	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de transit • Persistance sur zone 	Menaces Sol/Air
Dépose/rapatriement de troupes au sol	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de transit • Persistance sur zone 	Menaces Sol/Air
Ravitaillement de base avancée	<ul style="list-style-type: none"> • Ravitaillement et rotations plus rapide 	Menaces Sol/Air
Opérations spéciales et ciblées	<ul style="list-style-type: none"> • Temps de transit • Persistance sur zone 	Menaces Sol/Air

Vols discrets	Peu adapté à ce type de conflit (peu ou pas de système RADAR)	
Renseignements	<p>Une charge utile drone largable est une capacité utile permettant de ne pas engager un drone de surveillance pour surveiller la zone utile et d'intérêt du HGV.</p> <p>Il apparaît qu'un drone de surveillance serait plus efficace pour remplir le besoin de renseignement.</p>	Menaces Sol/Air

Le concept d'emploi d'un HGV dronisé pour ce type de conflit permettrait :

- De réduire le risque relatif à la perte humaine,
- La réalisation sans équipage de tâches répétitives (ravitaillement).

Sans que ces aspects soient spécifiques au HGV.

L'emploi de HGV apparaît moins risqué pour le conflit de type S3 que pour les 2 autres types de conflits. Ceci n'est pas lié directement aux concepts d'emploi des HGV mais à la nature du conflit lui-même.

5 ETAT DE L'ART SUR LES PROGRAMMES HGV

5.1 REFLEXIONS SUR LA GRANDE VITESSE AUX ETATS-UNIS : LE FUTURE VERTICAL LIFT

5.1.1 Réflexions opérationnelles menées au sein du FVL

5.1.1.1 *Un durcissement anticipé de l'environnement opérationnel*

Avec le programme cadre Future Vertical Lift (FVL), les États-Unis ont remis à l'ordre du jour l'apport potentiel de la Grande Vitesse aux opérations. Ce programme est porté par l'US Army avec la participation de l'US Navy et de l'US Marine Corps, de l'US Special Operations Command ainsi que l'US Coast Guard. Cette volonté est née du constat d'un durcissement « probable » des menaces rencontrées lors de possibles conflits futurs et regroupées au sein des réflexions menées sur le « déni d'accès et l'interdiction de zone » (A2AD). Ces menaces se caractérisent par la prolifération d'armements sol-air, notamment russes, modernes, performants et mis en réseau. A ceux-ci s'ajoute la (relative) facilité de mise en œuvre d'armements performants de type MANPADS¹⁹ qui représentent une menace non négligeable contre des appareils lents type hélicoptère (ou drone).

Ce renforcement des menaces auxquelles devraient être confrontés les hélicoptères ne concerne pas uniquement les domaines du combat de contact aéroterrestre et de l'aéromobilité intra-théâtre. Il inclue également le milieu aéromaritime qui doit être associé aux réflexions sur les Hélicoptères Grande Vitesse. Les développements en cours de missiles SATCP destinés à l'autoprotection des sous-marins pourraient ainsi consacrer la dangerosité du couple hélicoptère/frégate en lutte ASM contre les menaces sous-marines. Plusieurs projets sont en cours chez les missiliers pour équiper des sous-marins : l'IDAS de Diehl Defence (tiré depuis le tube lance-torpilles), l'A3SM Mistral de MBDA, etc. Ces projets justifient la présence de l'US Navy dans les réflexions menées au sein du programme Future Vertical Lift.

Dans ses réflexions prospectives, l'US Army distingue plusieurs éléments dimensionnants pour sa composante Army Aviation :

- Des opérations futures en environnement hautement contesté, dégradé au sein d'un espace aérien complexe ;
- Une nécessité de renforcer la létalité, les capacités de tir en « stand-off » et de prendre un ascendant décisif sur l'adversaire ;
- Améliorer l'IHM (Interface Homme-Machine) et réduire la charge de travail de l'équipage ;
- Démontrer une capacité autonome de prise de décision mature ;
- Disposer de designs d'aéronefs à même de réduire la charge de maintenance et les coûts des machines tout au long de leur cycle de vie²⁰.

¹⁹ MAN Portable Air Defense Systems.

²⁰ https://www.quad-a.org/images/18Summit/ppts/Fri_27Apr_1400_BG%20Rugen.pdf

Parmi les menaces et les enjeux plus spécifiques, l'US Army met en avant la présence de systèmes de défense aérienne intégrés (IADS) au sein de bulles A2AD, la possibilité d'engager des opérations au sein de mégalo-poles (opérations en ZUB), d'opérer en environnement montagneux ou en environnement maritime tout en prenant en compte la convergence possible entre Guerre Électronique et Cyber. Pour répondre à ces enjeux, matérialisés par un risque d'opposition avec la Russie ou la Chine, l'US Army doit innover et s'intéresse dès lors à l'apport de la Grande Vitesse pour ses opérations.

5.1.1.2 Les origines du programme FVL

Lancé en octobre 2008 par l'Office of Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology and Logistics (USD(AT&L)), le programme Future Vertical Lift (FVL) consacrait la volonté du DoD de renouveler l'ensemble de la composante hélicoptère des forces armées américaines. Présenté en 2011, le « FVL Strategic Plan » affiche l'ambition du programme : « *The Department of Defense will design, develop and field a fleet of next generation air vehicles that will ensure the United States' dominance in the vertical lift domain throughout the 21st century and beyond. The Department will aggressively pursue the most capable aircraft at the best value by minimizing development, acquisition, and life cycle costs through Joint solutions of common core technologies, architectures, and training, emphasizing the ability to conduct safe, reliable and continuous operations world-wide in all environmental conditions* »²¹.

Pour l'US Army, les travaux dédiés au FVL sont menés au sein de l'un des 6²² CFT (Cross-Functional Team) du nouvel Army Futures Command (créé en juillet 2018). Ils s'appuient sur le document qui a présidé au lancement du programme FVL : le Future Vertical Lift Capabilities Based Assessment (FVL CBA), réalisé en 2008. Celui-ci identifie environ 55 gaps capacitaires²³, à la convergence d'un durcissement de la menace ainsi que du vieillissement des technologies des hélicoptères actuels du DoD. A l'exception du V-22, ces appareils sont en effet issus de designs lancés dans les années 60 et 70.

Le FVL Strategic Plan liste les domaines dans lesquels des innovations doivent permettre de combler ces gaps entre besoins opérationnels et capacités existantes :

- La vitesse ;
- Le rayon d'action ;
- La capacité d'emport ;
- L'autonomie de vol ;
- Le plafond opérationnel ;
- La connaissance de la situation tactique ;
- L'automatisation ;
- La survivabilité ;
- La soutenabilité.

Comblé ces gaps est au cœur du FVL Strategic Plan. Y figure notamment la responsabilité du développement de concepts d'opérations ainsi que les spécifications permettant d'y répondre, la coordination des activités S&T et le plan d'acquisition des futurs systèmes. Il s'agit de permettre à l'Army Aviation (avant une diffusion aux

²¹ <https://asc.army.mil/web/news-a-big-lift/>

²² Les autres étant : Long Range Precision Fire, Air & Missile Defense, Next Gen Combat Vehicles (NGCV), Network/C31 et Soldier Lethality.

²³ <https://vtol.org/files/dmfile/CommentaryJan-Feb20122.pdf>

autres armées) d'accroître ses capacités expéditionnaires dans le cadre d'opérations de haute intensité (et face à de potentiels dispositifs A2AD) tout en réduisant le besoin en maintenance et l'empreinte logistique nécessaires²⁴.

Face à ces nouvelles menaces (des systèmes sol-air performants pour le haut du spectre aux essais de drones pour le bas), l'Army Aviation doit faire évoluer son concept d'emploi afin de s'adapter à cette évolution de la guerre. Cette adaptation passerait par une approche « système de systèmes » d'aéronefs habités et non-habités régis selon un principe MUM-T (Manned Unmanned Teaming). Cet « Aviation System » pourrait ainsi être déployé entre 2025 et 2040. C'est dans ce cadre opérationnel que viendront s'intégrer les futurs hélicoptères à grande vitesse actuellement pensés par le DoD et dérisqués par le programme JMR-TD : ils ne peuvent être désolidarisés des réflexions sur un système opérationnel global de l'Army Aviation. Dans un cadre plus large, le développement de ce système de systèmes s'intégrera dans le concept de Multi-Domain Battle de l'US Army.

5.1.2 Réflexions capacitaires menées au sein du FVL

Pour répondre aux exigences de l'évolution de l'environnement opérationnel, le Future Vertical Lift se décompose en 5 Capability Sets (CS). Ceux-ci correspondront aux plateformes attendues du programme (voir ci-dessous).

Classe	Capability Sets	Type d'Aéronef remplacé	Remarques
Léger	CS1	OH-58 Kiowa Warrior	Programme FARA (Future Attack Reconnaissance Helicopter)
Moyen	CS2	MH-60 Seahawk	Pas de programme pour l'heure. Le renouvellement de la capacité assurée par l'AH-64E pourrait être intégrée dans le CS2.
	CS3	UH-60 Black Hawk, UH-1Y Venom/AH-1Z Viper	FLRAA (Future Long-Range Assault Aircraft), missions assaut/manœuvre des Marines et de l'US Army.
	CS4		Non formalisée pour l'heure.
Lourd	CS5	CH-47 Chinook	Non formalisée pour l'heure. Composante hélicoptère lourd du FVL.

²⁴ <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1058359.pdf>

Ces CS représentent une décomposition des plateformes attendues au fur et à mesure du renouvellement des flottes de voilures tournantes du DoD. L'US Army dispose du lead sur ce vaste programme cadre, en raison du renouvellement prioritaire de la plupart de ses aéronefs. Toutefois, l'ensemble des Forces Armées US est associé à l'effort au sein des Cross-Functional Teams (cf. plus haut). Pour l'US Army, l'effort a été piloté par l'ARMDEC (Army Aviation and Missile Research, Development, and Engineering Center) qui a recueilli et formalisé les capacités et les types de missions attendus pour les CS (et les futures plateformes qui en découleront).

Future Vertical Lift FoS				
Light	Medium			Heavy
<ul style="list-style-type: none"> Cockpit FACE/JCA Training Requirements Reduced overhead Mission flexibility Sustaining Maintaining Repair parts and components 				
All Air Vehicles have common...				
Capability Set 1 Missions: <ul style="list-style-type: none"> Reconnaissance Attack Security CCA/CAS Surface Warfare Direct Attack Maritime Interdiction Ops 	Capability Set 2 Missions: <ul style="list-style-type: none"> Reconnaissance/Attack Security CCA/CAS MEDEVAC Surface Warfare Direct Attack Anti-Sub Warfare CSAR Maritime Interdiction Ops Mine/Counter Mine 	Capability Set 3 Missions: <ul style="list-style-type: none"> Mine/Counter Mine MEDEVAC Air Assault Logistics HA/DR Amphibious Assault NEO 	Capability Set 4 Missions: <ul style="list-style-type: none"> MEDEVAC Air Assault Logistics HA/DR Amphibious Assault NEO 	Capability Set 5 Missions: <ul style="list-style-type: none"> MEDEVAC Air Assault Logistics HA/DR Amphibious Assault NEO
Services <ul style="list-style-type: none"> US Army US Marine Corps US Spec Ops Command US Navy US Coast Guard (DHS) 	Services <ul style="list-style-type: none"> US Army US Marine Corps US Spec Ops Command US Navy US Coast Guard (DHS) 	Services <ul style="list-style-type: none"> US Army US Marine Corps US Spec Ops Command US Navy US Coast Guard (DHS) 	Services <ul style="list-style-type: none"> US Army US Marine Corps US Spec Ops Command US Navy 	Services <ul style="list-style-type: none"> US Army US Marine Corps US Spec Ops Command US Navy

Source : ARMDEC

5.1.2.1 L'US Navy : maître d'œuvre de CS2

Confrontée à la nécessité de remplacer ses MH-60R (Romeo) Seahawk à horizon 2030, l'US Navy va lancer entre 2019 et 2020, un programme de développement du successeur de son hélicoptère de lutte ASM et ASF et du MH-60S (Sierra) multirôle. Ce futur appareil est destiné à reprendre à son compte les capacités actuellement remplies par les drones VTOL MQ-8B (sur cellule d'hélicoptère léger Schweizer S-300) et MQ-8C (sur cellule de Bell 407) Fire Scout.

Il devra être en mesure d'opérer depuis les plateformes hélicoptères de l'ensemble des bâtiments de l'US Navy mais également présenter des capacités d'emport modulaires afin de réaliser les missions confiées aux MH-60R et MH-60S. L'US Navy recherche tout particulièrement un accroissement du rayon d'action, de la vitesse et de l'autonomie afin d'inscrire l'aéronef dans son concept d'opérations distribuées en cours d'élaboration. Les capacités recherchées couvrent ainsi :

- une capacité MUM-T ;
- une meilleure connectivité ;
- des capteurs passifs ;
- une architecture logicielle ouverte ;
- une résilience en environnement opérationnel contesté ;
- une capacité d'emport de charge utile modulaire.

Le développement débutera en FY2021 (Fiscal Year) par les étapes de Material Design Decision et d'Analysis of Alternatives. Le Milestone A en FY2024 lancera les travaux de dérisquage et de maturation des technologies. Le Mileston B devrait intervenir en FY2028 et initier une phase EMD (Engineering, Manufacturing and Development) de 4 ans (et le choix d'un appareil) avant le lancement de production initiale (Milestone C) en FY2030. L'US Navy vise une IOC (Initial Operational Capability) en FY2032.

5.1.2.2 L'US Marine Corps : au cœur de CS3

L'US Marine Corps (USMC), partie prenante des réflexions du FVL, s'intéresse pleinement aux capacités offertes par la Grande Vitesse. Un appareil issu du CS3 lui permettrait en effet de remplacer ses UH-1Y et AH-1Z qui apparaissent limités dans le concept d'emploi de ses unités interarmes MAGTF (Marine Air-Ground Task Force). Dans la vision de l'emploi des moyens aériens du Corps, l'UH-1Y et l'AH-1Z permettent d'offrir une couverture aux MV-22 dans la « terminal objective area »²⁵. Ces deux appareils ne peuvent accompagner tout au long de leurs vol, les V-22 Osprey qui les surclassent en vitesse et en rayon d'action. Par ailleurs, les Marines n'envisagent pas de faire accompagner une formation de V-22 par des F-35B opérant en escorte, préférant conserver à leurs aéronaves à voilure fixe, un rôle de « hunter-killers » dans la profondeur en avant des unités d'assaut. L'appareil issu du CS3 s'inscrirait ainsi dans un rôle d'accompagnement des MV-22, en offrant aux Marines, des capacités de pénétration dans la profondeur ou selon l'USMC Aviation : « *redefine distances in the operational maneuver space* »²⁶. Dans un contexte de dissémination d'armements antinavires performants, le FVL permettrait de mettre à distance les bâtiments amphibies devant débarquer les MEU/MAU (Marines Expeditionary Units/Marines Amphibious Units). La mission principale du futur appareil sera l'accompagnement des MV-22 avec une VMax (Vitesse Maximale) devant lui permettre de sprinter en avant des Osprey pour traiter des menaces fugaces.

Pour l'US Army, comme pour l'USMC, les capacités attendues pour les futurs aéronaves issus des CS pourraient encore évoluer au gré des CONOPS²⁷ ou de leurs modifications. Néanmoins, les grandes tendances issues des réflexions menées au sein du programme FVL devrait perdurer. Face à un durcissement prévu et anticipé de la menace sur l'ensemble des milieux (Air, Mer, Terre, Cyber, Espace), les futurs aéronaves à voilure tournante des armées américaines devront disposer de capacités de Grande Vitesse et s'inscrire dans des systèmes de systèmes regroupant aéronaves habités et aéronaves non-habités. Ils devront également offrir un niveau d'autonomie modulable selon le niveau de menaces anticipés en face (jusqu'à une capacité OPV ou Optionally Piloted Vehicle, soit une capacité à évoluer sans équipage).

5.1.2.3 L'US Army : priorité aux CS1 et CS3

L'US Army est concentré sur les Capability Sets 1 et 3. Elle a adopté une approche différente pour chacun des deux aéronaves qui devraient être issus de ces travaux.

5.1.2.3.1 CS1 : le programme FARA

Pour le CS1, l'US Army a choisi une approche agressive en attribuant 5 contrats de développement (Boeing, Karem Aircraft, Sikorsky, AVX Aircraft/L-3 et Bell) en avril 2019. Sa volonté est de sélectionner deux designs en 2020 dont le vainqueur sera choisi en 2023, pour une entrée en service en 2028. Le programme FARA (Future

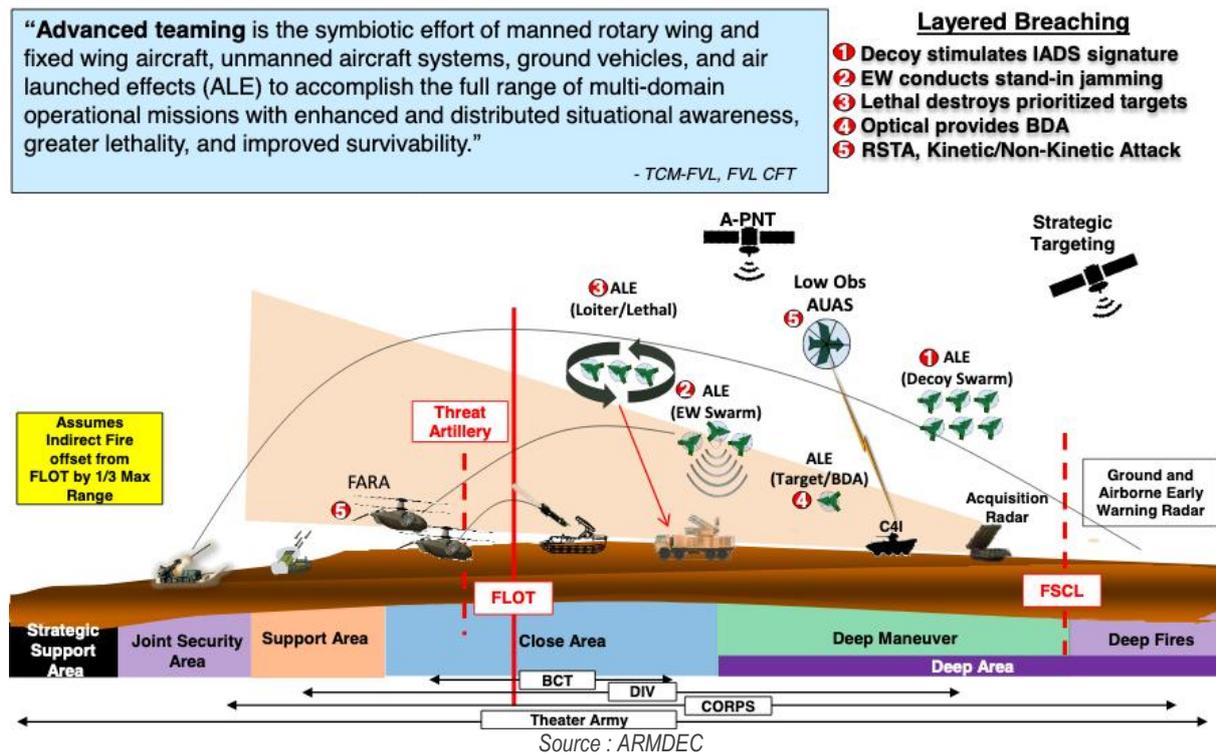
²⁵ <https://www.aviation.marines.mil/Portals/11/2018%20AvPlan%20.pdf>

²⁶ *Ibid.*

²⁷ Concept of Operations.

Attack Reconnaissance Aircraft) vise une capacité de reconnaissance armée, assurée par l'OH-58D Kiowa Warrior avant que l'hélicoptère ne soit retiré du service pour raisons budgétaires. Depuis, la mission était assurée par l'AH-64 Apache et les drones MQ-1C Gray Warrior.

Les caractéristiques techniques attendues en font un appareil : de petites dimensions, optionnellement piloté, à hautes performances (grande vitesse) et prévu pour être « au cœur d'un dispositif en mesure de pénétrer un système de défense aérienne intégrée (IADS) »²⁸. L'objectif de coût d'acquisition (en « fly-away ») pour chaque aéronef est de \$30 millions. Le schéma ci-dessous présente les réflexions en cours au sein de l'ARMDEC pour les opérations de l'US Army de demain.



Le futur FARA devra permettre de remplir les réflexions capacitaires menées au sein de CS1. Il devra également répondre aux besoins identifiés par l'US Army pour répondre aux menaces type IADS de défense aérienne multicouche en réseau.

Les industriels n'ont pas encore précisé quels appareils ou designs ils proposeraient pour le programme FARA. Les architectures mécaniques retenues seront conventionnelles (Bell : technologie rotor, commandes de vol électriques et systèmes de bord repris de son 525 Relentless) ou plus innovantes (AVX/L-3 : rotors coaxiaux avec deux hélices propulsives placées à l'arrière du fuselage ; Karem Aircraft : concept de tiltrotor ; Sikorsky : S-97 Raider). Après avoir travaillé sur une version de l'Apache doté d'une hélice type « compound » à l'arrière de l'appareil (cf. ci-dessous 3.1.4), Boeing a finalement présenté son concept début mars 2020²⁹. Seul industriel à

²⁸ <https://vtol.org/files/dmfile/fvl-123.pdf>

²⁹ <https://twitter.com/boeingdefense/status/1227249725684027392?s=11>

avoir fait voler un appareil susceptible de répondre au besoin, Sikorsky apparaît favori du programme FARA avec son Raider X (poursuite du développement du démonstrateur S-97 Raider³⁰).

Le Raider X reprendrait ainsi une partie de l'architecture mécanique du S-97 mais en intégrant de nouveaux composants dont le turbomoteur T901 de GE Aviation. L'appareil disposerait d'une vitesse visée de 250 nœuds, d'une meilleure manoeuvrabilité et serait plus discret sur le plan acoustique. Enfin, son fuselage intégrerait des éléments visant à réduire sa surface équivalente radar (surfaces lisses, armements en soute, etc.).



Sikorsky Raider X et S-97 Raider

Cette recherche de discrétion radar semble également avoir fait l'objet de réflexions au sein de Bell Helicopter. Ce dernier a en effet présenté en octobre 2019, son concept de Bell 360 Invictus destiné au programme FARA.

L'appareil n'est pas sans rappeler le défunt RAH-66 Comanche. Le design serait entièrement nouveau pour l'hélicoptériste américain bien qu'il reprenne certains composants (commandes de vol, rotor) issus de ses gammes civiles et militaires (notamment du 525 Relentless). L'architecture mécanique serait également traditionnelle : Bell souhaite maîtriser le coût et le risque sur le développement pour proposer un aéronef mature à l'US Army. Le 360 Invictus n'intègre ainsi aucune innovation propulsive (convertible ou gyrodiene) à l'exception d'ailes destinées à fournir de la portance en vol. En revanche, si le moteur T901 sera utilisé en tant que système de propulsion principal, Bell envisage en plus d'intégrer un moteur PW207D1 (Pratt & Whitney Canada) en tant qu'APU (Auxiliary Power Unit). Cette seconde source d'alimentation sera destinée à la fourniture de puissance supplémentaire en vol. Désigné pour l'heure SPU (Supplemental Power Unit), le PW207 sera raccordé à la BTP via un système de transmission débrayable pour offrir une puissance accrue dans certaines phases du vol.

Le positionnement de Bell s'explique par une volonté de s'inscrire pleinement dans les spécifications de temps de développement et de coûts affichés par l'US Army, plaidant davantage pour une solution conventionnelle que convertible ou gyrodiene. L'hélicoptériste cible une vitesse de croisière de 180 nœuds comme demandé par l'US Army avec une Vmax possible de 205 nœuds³¹. Afin de réduire la sollicitation du rotor, l'appareil serait doté de petites ailes destinées à fournir de la portance en vol³².

³⁰ Celui-ci avait été développé en ciblant initialement le programme AAS (Armed Aerial Scout) avant son abandon par l'US Army en 2013.

³¹ <https://www.verticalmag.com/news/bell-360-invictus-to-use-429-engine-as-supplemental-power-unit/>

³² <http://psk.blog.24heures.ch/archive/2019/10/03/bell-textron-presente-le-bell-360-invictus-868053.html>



Bell 360 Invictus

Enfin, Boeing a été le dernier à présenter son concept, le 3 mars 2020. Le groupe n'a pas publié les spécifications attendues pour sa machine. Les seuls éléments disponibles sont descriptifs et issus des vues d'artiste de l'hélicoptère : architecture girodyne (hélice propulsive), rotor à 6 pales, monomoteur (T901 imposé par l'US Army), équipage en tandem l'un derrière l'autre, cockpit large-écran, recherche de furtivité dans la compacité et les formes de la machine et enfin, architecture ouverte pour faire évoluer les systèmes³³. L'appareil a été développé au sein du bureau d'études Phantom Works de Boeing.



Boeing FARA (concept)

5.1.2.3.2 CS3 : le programme FLRAA

En ce qui concerne le CS3, l'US Army a retenu une approche plus progressive avec une volonté de lancer des travaux de dérisquage en prévision du lancement du futur programme FLRAA (Future Long Range Assault Aircraft). L'enjeu est de taille pour l'US Army (et l'US Marine Corps) car ce programme vise le remplacement de la flotte des UH-60 Black Hawk ainsi que des UH-1Y/AH-1W/Z. Le programme JMR-TD (Joint MultiRole-Technology Demonstrator) a ainsi été initié en 2014 pour affiner les capacités attendues des futurs hélicoptères grande vitesse du DoD. Les enseignements en sortie de programme seront appliqués sur le FLRAA dont le lancement de la Technology Maturation and Risk Reduction Phase est attendu pour FY2021.

Le programme FLRAA vise le développement d'un hélicoptère de transport de la classe des 13,6 tonnes destiné à remplacer les UH-60 et UH-1Y/AH-1Z³⁴. L'US Army a abandonné l'idée d'un seul appareil destiné à remplacer UH-60 et AH-64 tel qu'initialement envisagé au sein du CS3 et des premières itérations du programme JMR. Le Capability Set destiné à développer les capacités du successeur de l'Apache n'est pas encore arrêté. L'US Marine Corps maintient toutefois sa volonté de remplacer hélicoptères multirôle UH-1Y Venom et d'attaque AH-

³³ <https://www.boeing.com/defense/FARA/index.page>

³⁴ <https://vtol.org/files/dmfile/hirschberg-vfs-future-of-vertical-flight-march2019.pdf>

1Z Viper au sein du CS3. Les Marines souhaitent en effet conserver la notion de communauté maximale de composants entre ses hélicoptères multirôles et d'attaque (jusqu'à 80% entre UH-1Y et AH-1Z). Les Marines demandent également une compatibilité de la future plateforme avec les ponts d'envol des LHD, spécification aujourd'hui absente du FLRAA.

Au vu des spécifications actuelles, le futur FLRAA de l'US Army devra disposer d'une autonomie de 2 440 nautiques (4 519 km) et d'un rayon d'action au combat (sans ravitaillement) de 556 km. Sa capacité d'emport devrait être de 12 passagers en plus de l'équipage, ou de 4,5 tonnes à l'élingue sur 110 nautiques à une vitesse d'au moins 140 nœuds. La vitesse maximale en croisière devra être de 280 nœuds (518km/h). Les spécifications voulues par l'USMC sont encore plus ambitieuses avec une vitesse maximale en croisière de 295 nœuds (546 km/h) à 90% de sa puissance continue maximale et de 330 nœuds (611 km/h) en vitesse indiquée à 100% de sa puissance nominale intermédiaire³⁵. L'objectif de coût de production moyen d'un FLRAA visé par l'US Army est de \$43 millions par appareil (contre \$20 millions pour un UH-60M en FY2019).

L'US Army poursuit ainsi la réduction des risques sur les technologies principales retenues pour son futur FLRAA (et qui devraient être appliquées sur les autres aéronefs des CS) à travers le JMR-TD. Les spécifications du FLRAA devraient ainsi évoluer en fonction des enseignements des démonstrateurs technologiques. Le 17 mars 2020, l'US Army a confirmé que le V-280 Valor et le SB-1 Defiant seraient les deux finalistes de son appel d'offres FLRAA en vue du remplacement des UH-60 Black Hawk de l'US Army³⁶. Sikorsky-Boeing et Bell vont ainsi bénéficier de contrat de réduction de risques qui leur permettront d'aller au-delà du programme de démonstrateur JMR-TD qu'ils avaient jusqu'à présent (cf. ci-dessous)³⁷. Le montant des contrats n'a pas été communiqué. Les trois industriels vont toutefois pouvoir affiner le design de leurs aéronefs avant le lancement de la phase finale de l'appel d'offres. Le calendrier reste agressif avec une volonté d'équiper une première unité du vainqueur de l'AO FLRAA en 2030.

5.1.3 Le développement capacitaire : le rôle du programme JMR-TD

Pour développer ses nouveaux appareils, le DoD a lancé en 2014 un programme de maturation technologique. Désigné Joint MultiRole – Technology Demonstrator (JMR-TD), il est destiné à couvrir le CS3, soit le remplacement des UH-60 Black Hawk et UH-1Y/AH-1Z.

Après une phase initiale (octobre 2013 – août 2014) visant à étudier plusieurs configurations possibles, l'US Army a finalement retenu 2 architectures d'appareils présentées par Bell et Sikorsky-Boeing pour la production de deux démonstrateurs à échelle 1:1. Les V280 Valor et SB-1 Defiant doivent permettre au DoD d'affiner son besoin et son analyse d'alternatives sur des technologies jugées matures : les convertibles (tiltrotor) et les gyrodiènes (compound). Le DoD a également maintenu un financement plus bas à AVX Aircraft et Karem Aircraft pour la maturation de technologies beaucoup plus ambitieuses donc risquées : des rotors coaxiaux conventionnels avec hélices propulsives carénées pour girodyne d'une part et des hélices de tiltrotor ajustant leur vitesse en fonction du vol d'autre part (cf. ci-dessous les designs retenus).

³⁵ <https://www.flightglobal.com/news/articles/us-army-details-future-long-range-assault-aircraft-457256/>

³⁶ <https://twitter.com/FVLCFT/status/1239669098327482368>

³⁷ <https://www.flightglobal.com/helicopters/us-army-chooses-bell-and-sikorsky-boeing-team-for-flraa-competition/137319.article>



Source : Vertical Flight Society

Les technologies envisagées par AVX Aircraft et Karem³⁸ Aircraft sont complexes et font l'objet de contrats de réduction de risque portant sur des essais en soufflerie et des tests sur portique de leurs technologies. Seuls Bell et Sikorsky-Boeing ont été chargés du développement de démonstrateurs complets. A l'issue du programme JMR-TD, ceux-ci doivent permettre de disposer de technologies à TRL 5-6.

5.1.3.1 V-280 Valor

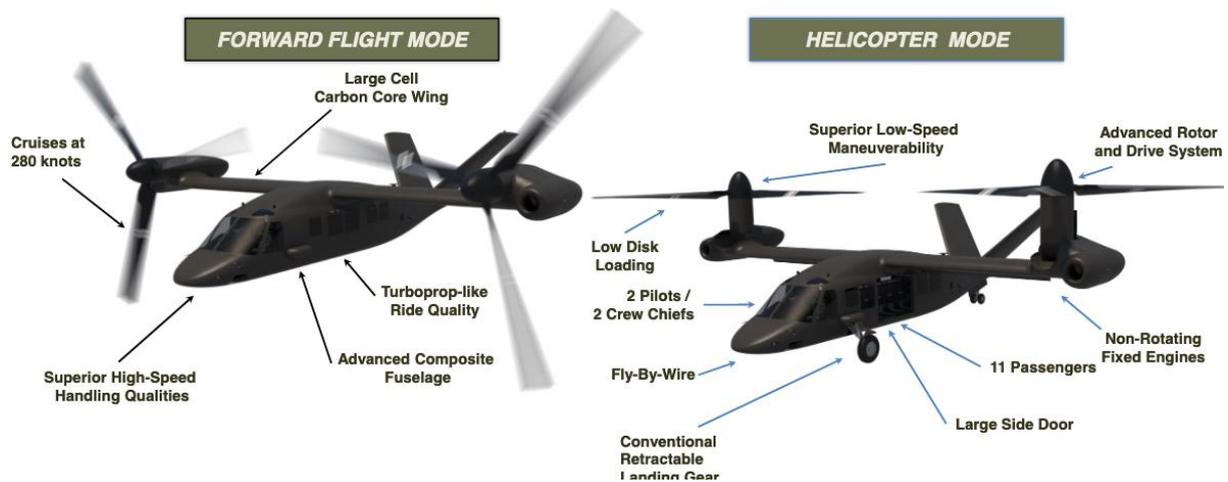
Le V-280 Valor de Bell capitalise sur les développements de Bell dans le domaine des Tiltrotor avec son V-22 Osprey. L'hélicoptériste a toutefois modifié l'architecture de son V-280 avec une recherche de simplification technique et opérationnel. Par rapport au V-22 dont l'ensemble de la nacelle moteur bascule lors de la transition entre vol horizontal et vol vertical, le V-280 ne fait plus basculer que l'hélice et la partie avant de l'arbre de transmission.



Le V-280 conserve toutefois la philosophie du V-22 avec une aile assurant la portance en vol horizontal ainsi que des hélices pour le déplacement dans l'axe horizontal mais également en vol vertical.

³⁸ L'entreprise Karem Aircraft a été fondée par Abe Karem. Celui-ci a créé dans sa précédente entreprise, les drones Amber et Gnat-750, les ancêtres du MQ-1 Predator.

La vitesse maximale atteinte à ce jour par le V-280 Valor culmine à 300 nœuds en vitesse TAS (True AirSpeed) soit 555 km/h. Bell est actuellement engagé dans une phase d'essais de manœuvrabilité de sa machine afin de démontrer ses capacités à haute comme à basse vitesse (essais de descente par corde lisse notamment).



5.1.3.2 SB-1 Defiant

Le SB-1 Defiant apparaît comme disposant d'une architecture plus innovante (et plus risquée) que le V-280 Valor. Les choix technologiques retenus par Sikorsky et Boeing capitalisent sur le S-97 Raider en cours de développement pour le programme FARA et avant lui sur le démonstrateur technologique X-2. La transposition des technologies girodyne issues du X-2 (3 tonnes) vers une machine telle que le S-97 Raider (5 tonnes) puis vers le SB-1 (13,6 tonnes) serait en effet plus risquée que le développement d'un tiltrotor éprouvé avec le V-22³⁹. Les principales difficultés résideraient dans le développement et la production des pales rigides nécessaires à la Grande Vitesse⁴⁰.

³⁹ https://vtol.org/files/dmfile/GettingSmartforFVL-Vertiflite_ND172.pdf

⁴⁰ <https://breakingdefense.com/2019/04/300-200-100-v-280-valors-latest-milestones/>



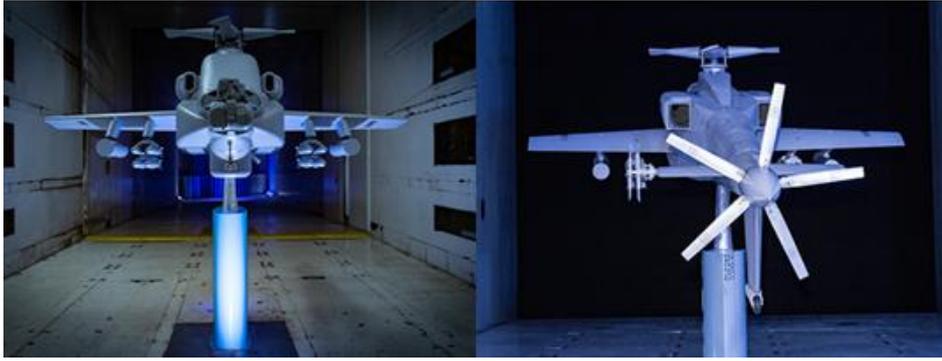
Le principal avantage de la solution de Sikorsky résiderait dans son agilité à vitesse moyenne et faible. L'architecture du SB-1 Defiant lui permettrait en effet de disposer d'une agilité plus importante que le V-280 Valor. Le SB-1 Defiant apparaîtrait ainsi davantage comme un hélicoptère capable d'évoluer à grande vitesse alors que le V-280 Valor serait plutôt un avion susceptible d'évoluer comme un hélicoptère.

5.1.3.3 Autres concepts et réflexions

Sur l'ensemble du programme FVL, Boeing apparaît en retrait. Pourtant, le groupe s'est positionné sur le FARA (avec un design non précisé à ce jour) et a rejoint l'équipe industrielle de Sikorsky pour le JMR-TD et le futur FLRAA avec le démonstrateur SB-1 Defiant. L'ex-Mc Donnell Douglas reste ainsi au cœur des réflexions pour l'évolution des hélicoptères d'attaque du DoD.

En mai 2019, Boeing a présenté des photos présentant une évolution de son AH-64 Apache dotée d'une hélice propulsive et de moignons d'ailes (girodyne). Le futur appareil conserverait un rotor de queue afin de contrer le couple issu du rotor principal (et rendant caduc l'installation d'un rotor contrarotatif). Boeing reprend en cela l'architecture déjà envisagée par Lockheed dans les années 60 pour son AH-56 Cheyenne. Le groupe n'a pas précisé si ses réflexions étaient destinées à un programme en particulier du DoD. Une telle solution, si elle devait être menée à son terme, pourrait lui permettre de se positionner sur le futur FARA (dont la mission actuellement est en partie remplie par l'AH-64) voire sur la future composante hélicoptère d'attaque initialement pensée par l'US Army pour s'intégrer dans le CS3 (mais aujourd'hui laissée de côté pour concentrer les efforts sur le successeur de l'UH-60 et des UH-1Y⁴¹).

⁴¹ <https://www.flightglobal.com/news/articles/boeing-suggests-propulsor-winged-ah-64-apache-varia-458248/>



Boeing a mené une série d'essais en soufflerie (cf. ci-dessus) sur son concept d'évolution de l'AH-64 pour l'heure désigné AH-64E Block 2 Compound. L'hélicoptériste envisage une vitesse et un rayon d'action accrus de 50%, une efficacité de consommation carburant améliorée de 24% pour une réduction du coût d'acquisition de 20%. In fine, cette solution pourrait intéresser l'US Army pour combler le gap capacitaire (et de production) entre l'AH-64 et la future variante « Attaque » du FVL dont l'IOC pourrait être attendue en 2045⁴².

5.2 TRAVAUX RUSSES DANS LE DOMAINE DE LA GRANDE VITESSE

Deux considérations (opérationnelle et économique) motiveraient les travaux conduits par la Russie dans le domaine des Hélicoptères Grande Vitesse : l'apport de la GV aux opérations et la nécessité de développer des technologies pour faire évoluer le marché de l'hélicoptère dans les années à venir. Ainsi, pour Moscou, les HGV peuvent constituer un facteur de supériorité sur le champ de bataille. De plus, ne pas lancer de développement dans ce domaine entraînerait un risque de déclassement de son industrie.

L'ensemble des développements industriels russes dans le domaine des HGV est regroupé au sein du programme Perspektivny Skorostnoy Vertolyot (« Hélicoptère Grande Vitesse prospectif »). Le projet a été lancé en 2013 avec une application court terme : la modification d'un Mi-24 Hind en banc d'essai volant destiné à explorer les hautes vitesses sur voilure tournante. Largement modifié, l'appareil a été baptisé PSV comme l'acronyme du programme.

Après un premier vol le 23 décembre 2015, le Mi-PSV doit atteindre une vitesse de croisière de 30% supérieure par rapport aux Mi-24/-35 standards, avec un objectif de 193-194 nœuds contre 143 aujourd'hui pour les hélicoptères d'attaques russes. La vitesse maximale visée par ce démonstrateur technologique est de 216 nœuds. Si son architecture reste conventionnelle, l'appareil a reçu plusieurs modifications : nouveau dessin de pales, avionique modernisée, moteurs VK-2500 (équipant les appareils plus récents tels que le Ka-50/52), fuselage travaillé pour l'aérodynamique.

⁴² <https://www.janes.com/article/84079/boeing-testing-high-speed-apache-concept>



5.2.1 Réflexions opérationnelles

Pour la Russie, l'introduction d'hélicoptères évoluant à grande vitesse nécessitera une évolution des concepts d'emploi. Les fondamentaux de l'apport de ce type d'appareil aux opérations resteront toutefois valables. La Russie semble concentrer ses efforts de développement sur les hélicoptères d'attaque plus que sur les hélicoptères de manœuvre. L'emploi de HGV pour la mission Attaque permettrait ainsi de réduire l'exposition des appareils au feu ennemi par une présence réduite au contact. La notion de foudroyance amenée par la Grande Vitesse semble centrale dans les réflexions russes⁴³.

Elle apparaît toutefois ne pas pouvoir être décorrélée de la notion d'évolution à basse altitude. Un HGV évoluant à haute vitesse et basse altitude serait ainsi le mieux à même d'assurer sa survivabilité face aux menaces type MANPADS et « ferraille du champ de bataille » (feux de petit et moyen calibre). Tout comme les États-Unis, la mise en œuvre de ce type d'appareils nécessiterait une évolution majeure des aides au pilotage et des systèmes autonomes nécessaires à l'équipage pour être en mesure d'évoluer à haute vitesse et basse altitude.

5.2.2 Développements industriels au sein de Vertolety Rossii

Centralisés au niveau de la holding Vertolety Rossii (Russian Helicopters), les efforts russes dans le domaine de la Grande Vitesse sont réalisés par les bureaux d'étude Mil et Kamov.



⁴³ <https://tvzvezda.ru/news/opk/content/201811191304-8pnk.htm>

Les travaux de Mil porteraient sur le projet Mi-X1, une nouvelle génération d'hélicoptères capables d'atteindre jusqu'à 520 km/h. Il pourra transporter 25 personnes et couvrir une distance maximale de 1 500 km. L'appareil (à droite ci-dessus) serait de type girodyne mais n'est présenté pour l'heure qu'avec un rotor simple et non coaxial, posant la question du contre du couple du rotor principal.

Kamov, pour sa part, est engagé sur le développement du Ka-92. L'aéronef pourrait transporter jusqu'à 30 passagers et parcourir 1 400 km à une vitesse de croisière de 430 km/h. Le Ka-92 reprend également une architecture machine de girodyne centrée autour d'une hélice propulsive avec un rotor principal contrarotatif dont Kamov est le spécialiste mondial.

A date, la R&D du programme Mi-X1 aurait été financée par le gouvernement russe à hauteur de 3,3 milliards de roubles (€46 millions).⁴⁴ Le design de Mil aurait en effet été retenu par le Ministère de la Défense mais le financement de Kamov serait également maintenu pour le Ka-92⁴⁵.



Kamov travaillerait également sur un concept plus audacieux. Fin 2018, des vues d'un HGV en cours de développement destiné aux forces armées russes auraient « fuité » du bureau Kamov⁴⁶. L'appareil serait capable d'atteindre 700 km/h⁴⁷. Il se distingue des autres designs de Mil et Kamov par la présence d'une aile portante beaucoup plus importante et surtout de deux turboréacteurs intégrés dans le fuselage afin d'assurer la poussée. Ces turboréacteurs seraient également en charge de fournir la puissance du rotor principal via un système de transmission⁴⁸. Ces travaux capitaliseraient sur le projet Ka-90 présenté en 2008. En lieu et place d'une hélice propulsive, celui-ci devait recevoir un turboréacteur assurant la poussée de l'aéronef.

Le projet se voulait particulièrement ambitieux en transformant véritablement l'hélicoptère en avion une fois celui-ci en vol par le repliage des pales et leur hébergement dans un compartiment fermé afin d'assurer l'aérodynamisme de l'appareil⁴⁹. Le concept présenté sur ces planches pourrait être issu de travaux (trop ?) ambitieux lancés par Kamov au début des années 2000.

⁴⁴ <http://smartnews.ru/society/tech/15254.html>

⁴⁵ <https://utro.ru/army/2018/11/19/1381043.shtml>

⁴⁶ <https://defence-blog.com/news/russia-accidentally-leaks-image-of-future-high-speed-helicopter.html>

⁴⁷ <https://www.fontanka.ru/2018/10/28/041/> ; <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5bd5d6a39a7947178d81ed3d?from=newsfeed>

⁴⁸ <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2018-11-19/russia-working-378-knot-compound-helicopter>

⁴⁹ <https://ria.ru/20170428/1493334045.html>



5.2.3 Les projets du TsAGI

Le TsAGI conduirait des réflexions assez similaires à Kamov pour un projet d'hélicoptère grande vitesse⁵⁰. Cet appareil est présenté comme destiné à répondre à des missions SAR ou MEDEVAC dans des zones difficiles d'accès et plus particulièrement dans les zones arctiques. L'appareil serait également adapté au transport des travailleurs de l'industrie pétrolière et gazière sur les plateformes pétrolières en environnement arctique.

Cet appareil pourrait trouver plusieurs applications dans le domaine militaire notamment pour les liaisons vers les bases militaires que la Russie met en place dans l'arc Arctique. Par la suite, cette technologie pourrait être déclinée sur d'autres types d'appareils. Le projet du TsAGI est particulièrement intéressant car à la différence de Mil et Kamov qui travaillent sur des appareils aux dimensions comparables au Mi-8/17, l'institut de recherches russe travaille davantage sur un hélicoptère léger.

L'appareil serait également de type girodyne mais là encore, en lieu et place d'une hélice propulsive (choix technologique généralement privilégié par les industriels russes et américains), le TsAGI intégrerait un turboréacteur pour assurer la poussée de l'hélicoptère en vol.



⁵⁰ <https://www.thedrive.com/the-war-zone/26893/russia-unveils-plans-for-sleek-high-speed-arctic-rescue-chopper-with-jet-thruster-in-its-tail>

5.3 AUTRES DEVELOPPEMENTS INTERNATIONAUX : LE JAPON

Fin août 2019, la JAXA (Japan Aerospace eXploration Agency) a présenté son concept d'hélicoptère grande vitesse. L'appareil est pensé pour des missions EMS (Emergency Medical Services) en priorité. Le design de ce projet intègre une architecture de girodyne (hélice propulsive) avec deux petites hélices carénées en bout d'aile. Celles-ci assureront les fonctions du rotor anticouple (orientation et anticouple) démonté afin d'intégrer l'hélice propulsive à l'arrière de la machine. Elles seront alimentées par énergie électrique sans prélever de puissance sur les turbomoteurs⁵¹.



L'objectif de vitesse envisagé par la JAXA avoisine les 270 nœuds (500 km/h). Des essais en vol d'une maquette à échelle 1:7^e ainsi que des essais en soufflerie de plusieurs composants de l'appareil ont déjà pris place depuis 2014. L'agence spatiale japonaise espère pouvoir lancer un programme de démonstrateur à échelle 1:1.

L'emploi premier envisagé pour cette future machine porte sur les vols de SAMU hélicoptéré. Selon la JAXA⁵², ce type d'appareil permettrait d'augmenter de manière significative la couverture du territoire japonais (cf. ci-dessous) sans augmenter le volume de bases et d'hélicoptères dédiés.



5.4 UN RETEX SUR L'EMPLOI DE LA GRANDE VITESSE : L'EXPLOITATION DU V-22 OSPREY

Seul exemplaire d'Hélicoptère Grande Vitesse, le V-22 Osprey est actuellement exploité par l'US Air Force (USAF) dans un cadre opérations spéciales et par l'US Marines Corps (USMC) dans le cadre des opérations

⁵¹<https://www.flightglobal.com/helicopters/japan-studies-novel-high-speed-helicopter-concept/134000.article>

⁵² <https://pdfs.semanticscholar.org/02dd/aaad240f903ce940ed92e6d0754b3b3b8163.pdf>

amphibies. Issu d'un développement lancé en 1983, le tiltrotor est entré en service au sein de l'USMC en 2005 pour remplacer ses hélicoptères CH-46 Sea Knight. L'USAF a reçu ses premiers CV-22 en 2006 pour armer 4 Special Operations Squadron (SOS). L'Osprey devrait également entrer en service au sein de l'US Navy afin de remplacer les C-2 Greyhound dans le cadre de la mission COD (Carrier Onboard Delivery).

Présenté comme une machine complexe, le V-22 dispose de coûts de maintenance et de possession présentés ci-dessous par comparaison avec les coûts d'un UH-60M⁵³ :

	Coût d'acquisition unitaire	Coûts de maintenance (Appareil/an)	Operating and Maintenance Costs (Appareil/an)
V-22 Osprey	72,1M\$	4,5M\$	8,120M\$
UH-60M Black Hawk	16,1M\$	375 000\$	1,079M\$

Les missions dévolues au V-22 Osprey diffèrent entre les services. Si l'US Navy le destine à sa mission de ravitaillement du GaN (Groupe Aéronaval), l'USMC le destine à ses missions traditionnelles d'assaut amphibie et l'USAF aux missions longue distance des Forces Spéciales (AFSOC⁵⁴). Les trois forces armées s'appuient en cela sur les capacités de grande vitesse (446 km/h ou 241 nœuds en vitesse de croisière, 509 km/h ou 275 nœuds en VMax) et d'élongation (879 nautiques ou 1 627 km) de la machine. Ses capacités d'emport s'établissent à 2,2 tonnes (5 000 livres) de charge utile (ou 20 commandos équipés) pour une MTOW de 23,5 tonnes. La charge utile peut légèrement être augmentée par la capacité de ravitaillement en vol offerte sur les CV-22 de l'AFSOC. Si le besoin s'en fait connaître pour la mission, l'USAF peut ainsi choisir d'augmenter la charge utile embarquée en réduisant le carburant pour tenir la masse maximale au décollage (23,5 tonnes ou 52 000 livres). Une fois établi en vol, le V-22 sera ravitaillé pour pousser la masse maximale de l'appareil à 25,8 tonnes (57 000 livres) soit une possibilité de porter la charge utile maximale à 4,5 tonnes (10 000 livres).

5.4.1 Le V-22 au sein de l'US Marine Corps

Lors de son entrée en service au sein de l'USMC, le MV-22 Osprey a permis aux Marines de franchir un cap important par rapport à l'appareil vieillissant qu'il remplaçait, le CH-46 Sea Knight. Les convertibles sont déployés au sein des escadrons VMM (Marine Medium Tiltrotor Squadron) à bord des LHD en soutien aux opérations des Marines Expeditionary Units (MEU). 360 appareils sont en service.

La vitesse et le rayon d'action offerts par le V-22 ont permis à l'USMC de passer d'une capacité de transport aéroporté du bâtiment vers la force débarquée à une réelle capacité de base d'opérations à la mer appuyant la force sur terre, tout en plaçant le dispositif à la mer à distance de sécurité⁵⁵.

Pour l'heure, dans le concept d'emploi de l'USMC, les missions confiées aux MV-22 portent sur :

- Assaut hélicoptéré ;

⁵³ Source. Selected Acquisition Report 2018, DoD.

⁵⁴ Air Force Special Operations Command.

⁵⁵ <http://www.ideea.com/comdefwest10/speeches/LeBlanc.pdf>

- Raid dans la profondeur ;
- Évacuation médicale ;
- TRAP (Tactical Recovery of Aircraft and Personnel) ;
- Transport intra-théâtre ;
- Transport logistique et de personnels.

Les Marines semblent réaliser des phases de descente en rappel et en aérocordage avec le V-22, en dépit de limitations de la machine selon les Parajumpers de l'US Air Force (cf. ci-dessous). Des vidéos attestent de la réalisation de ce type de dépose des personnels⁵⁶. Les cordes utilisées laissent toutefois entrevoir la nécessité de les lester ou de dédier le premier pax à descendre à retenir la corde en raison du downwash important.

5.4.2 Le V-22 au sein de l'US Air Force

Au sein de l'USAF, les CV-22 sont opérés par les Special Operations Squadron (SOS) au profit de l'USSOCOM (US Special Operations Command). À partir de 2006, ils ont remplacé les hélicoptères lourds MH-53J Pave Low IV. L'arrivée du CV-22 a permis de répondre à un besoin de longue date de l'USSOCOM pour des missions d'infiltration/exfiltration sur longue distance, PR (Personal Recovery) et ravitaillement logistique de nuit. Le CV-22 se différencie du MV-22 de l'USMC par l'intégration de capacités supplémentaires, notamment pour le vol à basse altitude par très faible visibilité, une perche de ravitaillement ainsi qu'un système d'autoprotection avancé.

Les 50 CV-22 auraient permis à l'AFSOC (Air Force Special Operations Command) de démultiplier ses capacités par rapport au MH-53J : en plus de son rayon d'action et sa vitesse beaucoup plus importants, le CV-22 est présenté comme plus silencieux⁵⁷. En revanche, le CV-22 présenterait des limitations en vol stationnaire en raison de son downwash (souffle des hélices) beaucoup plus important.

Si les Osprey de l'US Air Force sont en mesure de déployer des personnels par corde lisse, l'appareil n'en présenterait pas moins des limitations en termes de récupération par aérocordage. Ainsi, au-delà des seules missions Forces Spéciales, les CV-22 pourraient être utilisés comme moyens de récupération lors d'une mission CSAR mais ils ne sont pas spécialisés dans ce type de mission (tout comme leurs équipages) à la différence des HH-60 Pave Hawk de l'Air Combat Command⁵⁸. Les avantages du CV-22 résident dans ses performances (haute vitesse, rayon d'action important, systèmes de mission, capacité d'emport, etc.).

En revanche, l'appareil a ses faiblesses : il reste peu discret et son downwash empêcherait toute mission d'aérocordage (corde lisse, rappel, échelle de corde) selon les PJ (ParaJumpers) de l'USAF (mais les personnels de l'AFSOC pratiqueraient ce type d'infiltration/exfiltration). Pour les mêmes raisons, l'appareil reste encore peu capable en environnement maritime. De plus, en raison de sa masse et de ses dimensions, il reste peu prédisposé à se poser sur des zones accidentées ou non-préparées. Enfin, par rapport à son prédécesseur, le souffle généré par les MH-53 serait bien moindre que celui du CV-22 en raison de facteurs aérodynamiques et de

⁵⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=93chEGa6F5M> et <https://www.youtube.com/watch?v=rJvQ49W5s-U> notamment.

⁵⁷ https://www.socom.mil/JSOU/JSOUPublications/2015SOFRefManual_final_cc.pdf

⁵⁸ Jusqu'à 2006, la CSAR était du ressort de l'AFSOC et donc des moyens Forces Spéciales de l'US Air Force : HC-130 et HH-60G, Combat Rescue Officers (CRO) et Pararescuemen (PJ), ainsi que les hélicoptères lourds MH-53J/M Pave Low IV pour le CSAR à long rayon d'action. À partir de cette date, la mission a été transférée à l'Air Combat Command (ACC) à l'exception des MH-53 (remplacés en 2008 par le CV-22) et de certains moyens de transport tactique et d'appui-feu (famille MC-130/AC-130, etc.). Cette modification organique a entraîné un report de l'intégralité de la mission CSAR sur les HH-60G Pave Hawk.

son architecture. De fait, le MH-53 réalisait des missions d'aérocordage au-dessus de l'eau alors que ce type d'opération est un No Go pour l'AFSOC⁵⁹. Ces limitations pourraient être dues à l'architecture mécanique de l'appareil avec la présence de deux rotors de grande dimension en tandem, entraînant des phénomènes de cisaillement sous la machine. Ces turbulences pourraient être à l'origine de limitations à l'emploi de l'appareil en stationnaire en dessous de 200 pieds. L'AFSOC réalise des opérations de descente en corde lisse pour ses commandos : la corde est stabilisée par le commando en descente (avec enchaînement rapide nécessaire des descentes pour conserver cette stabilisation sous peine de voir la corde se balancer dangereusement jusqu'à 10 mètres derrière la machine, cf. les vidéos des Marines plus haut).

L'appareil pourrait ainsi être taské sur une mission CSAR s'il est le moyen le mieux placé. Sa vitesse et son allonge lui donne un avantage sur les hélicoptères traditionnels, particulièrement en milieu permissif. En revanche, s'il est tous temps, l'appareil peut difficilement être qualifié de tous milieux de par ses limitations. Ainsi l'appareil serait particulièrement adapté au théâtre sahélien en raison des grandes élongations et faibles élévations de celui-ci mais peu au théâtre afghan et sa topographie.

Les opérations de treuillage sont réalisées dans une configuration particulière, le treuil étant placé au-dessus de la porte cargo à l'arrière de la machine⁶⁰. Tout comme pour l'USMC, l'air brassé par les rotors semble imposer une altitude de treuillage élevée afin de réduire l'exposition au souffle des personnels à récupérer et au déplacement d'objets qui pourrait en résulter⁶¹. L'altitude minimale imposée serait ainsi de 100 pieds (30m).

L'autoprotection de l'appareil reste faible. Le seul armement embarqué est une mitrailleuse calibre .50 (12,7mm) GAU-21 désignée RMWS (Ramp-Mounted Weapon System). Il permettrait uniquement de couvrir une zone allant de 45 à 60° de chaque côté de l'appareil. Après avoir expérimenté l'intégration d'une minigun en ventral (système AWG-35(V) Defense Weapon Systems de BAE Systems), l'USMC et l'USAF sont encore à la recherche d'un armement d'autoprotection susceptible de couvrir la zone avant de l'aéronef⁶². Les tests de l'AWG-35(V) auraient mis en évidence un problème d'intégration (encombrement sous la machine par rapport à la hauteur du train d'atterrissage, encombrement trop important en cabine, précision du tir insuffisante, etc.).



⁵⁹ Entretien CEIS.

⁶⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=RnIKAWM55NI>

⁶¹ <https://www.youtube.com/watch?v=RnIKAWM55NI>

⁶² <https://www.popularmechanics.com/military/aviation/a20978602/v-22-osprey-forward-firing-gun/>

Pour l'heure, en cas de pénétration longue distance, l'autoprotection de l'appareil, hors contremesures et moyens de guerre électronique, serait assurée par les avions de combat de l'escorte. Le CV-22 manque toutefois de moyens d'autoprotection en phase d'assaut hors GAU-21 en porte cargo⁶³.

De même, il ne dispose pas de la L16 ou de tout autre LDT (Liaison de Données Tactiques) nativement. Si son avionique est très similaire à celle du Caracal (moving map, cockpit tout-écran, pilote automatique 4-axes, etc.), sa boule optronique reste cantonnée à une utilisation au profit du vol (ouverture du terrain) et non à l'observation (absence de télémètre laser ou de désignateur laser). En termes de vol TBA (Très Basse Altitude), le V-22 (version USAF) est doté d'un radar de suivi de terrain performant. Avec ce dernier en fonctionnement, l'Osprey en configuration AFSOC serait en mesure d'évoluer à 100 pieds (200 pieds en zone montagneuse). Si le radar n'est pas allumé, l'appareil ne peut évoluer en dessous de 250 à 300 pieds en basse altitude⁶⁴.

Enfin, sa procédure de démarrage serait longue (15 mn pour décoller) d'où une utilisation possible confinée à un domaine de vol particulier en cas de décollage sur alerte. En cas de procédure MEDEVAC/CASEVAC, l'US Air Force privilégierait un hélicoptère traditionnel pour des distances en deçà de 40 nautiques (décollage en 5 mn et vitesse de 120 nœuds) et un Osprey pour les distances supérieures à 40 nautiques (décollage en 15 mn et vitesse de croisière de 240 nœuds)⁶⁵.

Ces performances seraient une conséquence de choix et de compromis pris pendant le développement de l'appareil⁶⁶. Si à l'origine, le V-22 a été développé au profit des Marines pour remplacer leurs CH-46 Sea Knight vieillissants, l'appareil dispose d'une capacité d'emport moindre (5 000 livres contre 7 000 livres pour l'ancien appareil à rotors en tandem). La seule possibilité d'atteindre le même niveau d'emport que le CH-46 réside dans la procédure mise en œuvre par l'AFSOC avec procédure de ravitaillement en vol (cf. plus haut). Il n'est pas pressurisé ce qui limite son emploi à une altitude inférieure à 10 000 pieds (et donc lui fait perdre de l'autonomie). Cette notion est toutefois à nuancer. Si le V-22 n'est pas pressurisé, il peut évoluer en théorie jusqu'à 25 000 pieds⁶⁷ grâce au système oxygène présent à bord (pour l'équipage et les occupants en soute) ainsi qu'un radiateur pour maintenir une température plus élevée en cabine (+10°C par rapport à la température extérieure). Dans les faits, des essais du DOT&E (Director of Operational Test & Evaluation) auraient démontré que les risques physiologiques étaient très importants sur vols longue durée (notamment avec ravitaillement en vol)⁶⁸.

⁶³ Entretien CEIS.

⁶⁴ *Ibid.*

⁶⁵ *Ibid.*

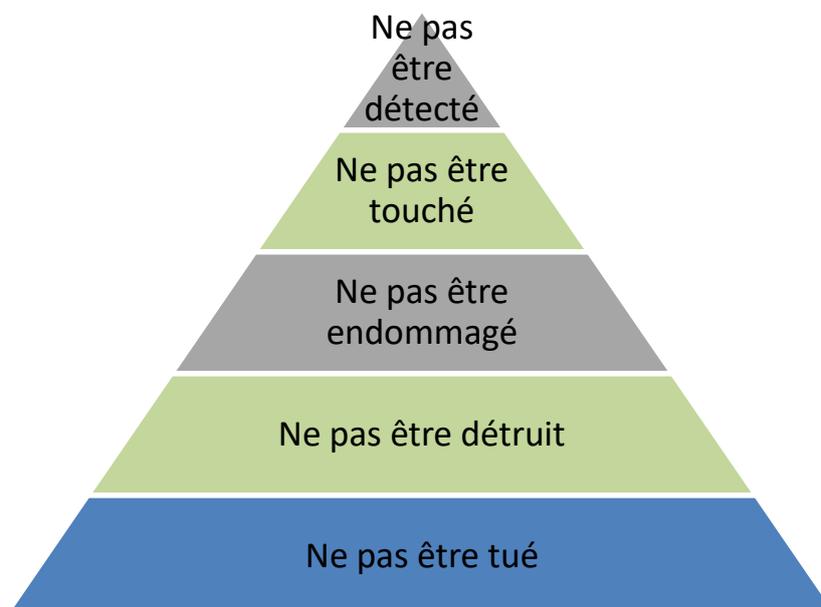
⁶⁶ qui faillit faire disparaître Bell Helicopter du paysage industriel des hélicoptères en raison de sa complexité.

⁶⁷ <https://www.verticalmag.com/features/20112-flying-the-v-22-html/>

⁶⁸ <https://ndiastorage.blob.core.usgovcloudapi.net/ndia/2002/training/wakayama3.pdf>

6 EVOLUTION DES MENACES ET DES OPERATIONS

La question de l'évolution des menaces met à l'épreuve la fonction survivabilité des hélicoptères. Celle-ci peut être décomposée en différentes exigences décrites dans le schéma suivant :



Source : COMALAT/DIVOPS, CEIS

Ces diverses exigences doivent se traduire par des fonctions afin d'assurer une survivabilité optimale des hélicoptères : discrétion (radar, acoustique, infrarouge, etc.), brouillage électromagnétique, infrarouge, manœuvre d'esquive ou d'évitement, protection balistique, optimisation de la cellule (compartiment munitions, muratisation des munitions, etc.), etc.

Le quotidien et les urgences des opérations tendent à contracter le temps et donc à rapprocher la ligne d'horizon stratégique. Les engagements actuels prennent place dans des conflits asymétriques (menaces de la faiblesse) mais ceux de demain devraient voir la réémergence d'opérations complexes (menaces de la force) avec des menaces plus symétriques (type Russie, Chine, etc.). Dans ce dernier cas, il n'est pas impossible qu'il s'agisse de menaces combinées – asymétrie/symétrie – qui soient orchestrées par un État majeur (Russie, Iran, etc.) dans des endroits géographiquement distants (ex. : Ukraine, Syrie, etc.) et selon des variétés de tempo opérationnel pour déstabiliser/désorganiser l'adversaire. La diversité, la simultanéité, la rapidité d'évolution des crises représentent des caractéristiques durables à prendre en compte, de même que la résurgence de menaces propres à contester la supériorité voire la suprématie actuelle de la puissance militaire occidentale.

6.1 ETAT DE LA MENACE

Avant de traiter de l'apport potentiel de la Grande Vitesse aux opérations, il convient de décrire les menaces pesant ou susceptibles de peser sur les hélicoptères.

Les menaces peuvent être caractérisées selon deux grandes catégories : sol-air ou mer-air d'une part et air-air d'autre part. La première représente l'ensemble des moyens d'agression susceptibles d'être mis en œuvre depuis le sol ou à la mer : armes à feu, missiles, etc. alors que la seconde sera davantage caractérisée par son porteur (et ses performances) : avion, hélicoptère, drone, etc. La capacité de ce dernier à évoluer dans la 3^e dimension sera déterminante pour la mise en œuvre de son armement contre l'hélicoptère, influant par là même, la nature de la manœuvre pour contrer cette menace : leurrage, utilisation du relief, évitement, etc. Le milieu dans lequel évolue le sol-air est en effet déterminant pour l'hélicoptère. Dans ce cadre, l'équipage pourra jouer à fond de l'environnement l'entourant. En revanche, l'évolution dans ce relief rendra plus difficile la localisation de la menace, celle-ci pouvant être camouflée. Dans le cas d'une agression mer-air ou air-air, le porteur sera plus difficilement dissimulé à la vue de l'hélicoptère du fait de l'absence de relief⁶⁹.

Les menaces susceptibles d'être mises en œuvre contre des hélicoptères sont de plusieurs natures : armements d'infanterie opérés à l'échelon section/groupement d'infanterie (petit calibre, MANPADS, canons de 20-57mm, etc.), armements mobiles ou fixes mis en œuvre à l'échelon bataillon ou brigade (systèmes SACP/SAMP monté sur véhicules, systèmes de guerre électronique, etc.). L'ensemble de ces armements doit être pris en compte sur un plan tactique mais également sur un plan opératif voire stratégique avec le déploiement progressif de systèmes de défense aérienne intégrés.

Composantes essentielles de la menace, les systèmes d'armes permettant de contester la supériorité aérienne vont continuer à évoluer. La recherche et développement (R&D) en cours dans le domaine des armements air-air, sol-air, des moyens de détection, des systèmes C2 ainsi que dans le domaine de la Guerre Électronique (GE) bénéficient d'innovations importantes. Au-delà de cet aspect qualitatif et donc de l'accroissement des performances, l'aspect quantitatif ne doit pas être écarté. Il n'est en effet pas à exclure que les capacités sol-air connaissent un phénomène de prolifération étendant les zones de danger pour tout type d'aéronef. Ainsi, dans le domaine du sol-air, la menace pourrait venir tant de l'évolution des performances des armements que de celle des systèmes de détection et surtout de leur mise en réseau (particulièrement avec des capteurs travaillant dans des modes différents et complémentaires).

6.1.1 Les systèmes de défense aérienne intégrée

Au cœur du concept de déni d'accès ou A2/AD (Anti Access/Area Denial), les Integrated Air Defense Systems (IADS ou systèmes de défense aérienne intégrés) s'appuient sur la mise en réseau de plusieurs moyens de détection et de feu pour la défense d'une zone ou d'un pays.

Intégrant en réseau plusieurs systèmes, les systèmes de défense aérienne intégrés ne sont pas un phénomène nouveau. En effet, la Russie et la Chine disposent déjà de ce type de dispositif depuis plusieurs années, tout comme l'Iran ou le Venezuela, pour ne citer que les pays « non-occidentaux ». Au cœur des IADS, les systèmes de détection font l'objet de plusieurs évolutions en cours destinées à permettre d'assurer la détection de tous les aéronefs y compris les furtifs (au-delà des seules bandes L et X).

⁶⁹ A l'exception des missiles mer-air dérivé de MANPADS mis en œuvre par des sous-marins (cf. plus bas).

De même, en plus des défenses de zone, les défenses ponctuelles ou mobiles prendront de l'importance. Au-delà de la seule menace contre les hélicoptères et sur une tendance générale, les éléments d'évolution importants à prendre en compte pour les systèmes de défense aérienne sont :

- La mise en réseau (avec une fusion de données de capteurs complémentaires afin de fournir une information améliorée et plus rapidement) ;
- L'extension de la gamme des bandes de fréquences couvertes ;
- La mise au point de radars passifs (détectant la modification de l'environnement électromagnétique lors du passage d'un aéronef) ;
- La notion d'automatisation. La DAMB est déjà développée avec un concept de tir automatique pour la destruction de missiles balistiques. Peut-on imaginer une déclinaison demain, vers les armements à vocation tactique ?

Dans ces conditions, la probabilité de détection de plateformes aériennes y compris les furtives, pourrait augmenter au point de réduire l'efficacité des technologies de furtivité passive. Même la notion d'attaque par saturation sera rendue difficile par la généralisation des radars AESA⁷⁰ pour la poursuite et par le panachage des missiles emportés par les batteries et destinés à traiter différentes enveloppes de vol (ex. système S-350 – successeur du S-300 – avec les missiles 9M96-2, 9M96 et 9M100⁷¹). Le choix d'un tir de ce type d'armement contre un ou des hélicoptères reste toutefois discutable (mais ne saurait être exclu entièrement) en raison de son coût et de l'existence d'autres systèmes d'armes plus adaptés (Pantsir S1/S2). Les restrictions d'emploi des radars UHF/VHF (en dessous de 1 000m) pourraient être compensées par leur mise en réseau avec d'autres radars et ainsi décupler leur efficacité par fusion de données (à l'image du système 55Zh6M Nebo-M russe). L'espace aérien autour de Kaliningrad présente ainsi ce type de défense aérienne multibande en couvrant les bandes depuis la VHF à la bande X afin de permettre aux forces armées russes de s'assurer de la détection de tout mobile aérien tentant de pénétrer dans le pays par l'Ouest.

Concernant le spectre des menaces, en plus de l'EM, les capacités de détection de mobiles aériens se renforcent dans le domaine de l'IR et du visible, ce qui entraînera des conséquences sur l'intégration des systèmes de propulsion et de gestion de la chaleur émise par les aéronefs. La discrétion IR des aéronefs (propulsion, génération de puissance électrique) ou de leurs armements est généralement conçue pour diffuser vers le haut et ainsi masquer les émissions IR aux capteurs au sol. Or, plusieurs travaux de développement portent sur le positionnement de systèmes de détection IR aéroportés ou spatiaux (drones HALE, ballons ou satellites) qui verront leurs capteurs orientés vers le bas, soit au-dessus des aéronefs évoluant plus bas. Ils seront plus à même de repérer les sources de chaleurs émises par ceux-ci.

Ainsi, les systèmes de détection connaissent des développements majeurs tirés par la nécessité de repérer des aéronefs de type furtifs. Si l'essentiel des mesures prises dans ce domaine concernent en priorité les avions de combat, le développement de nouvelles capacités de détection ou de capacités plus performantes aura également des conséquences sur les aéronefs plus lents ou plus petits, y compris les hélicoptères.

Enfin, citons rapidement le développement encore embryonnaire de brouilleurs de GPS qui pourront s'avérer pénalisants en raison de l'importance du positionnement par satellite dans les opérations d'aujourd'hui et de demain. Ce type de menace s'inscrit en plein dans le concept de déni d'accès en interdisant un positionnement précis.

⁷⁰ Active Electronically Scanned Array : radar à balayage électronique à antenne active.

⁷¹ Le missile 9M96-2 traitera les menaces détectées à des distances jusqu'à 120km, le 9M96 traitant la gamme 40-60km et enfin le 9M100, la courte portée (6-10km).

6.1.2 Les effecteurs

Concernant les effecteurs, là encore, les systèmes connaissent de fortes évolutions. La défense sol-air est un point fort des forces armées russes, pour des raisons historiques liées à la guerre froide et à la sanctuarisation de leur territoire. Celles-ci disposent d'un savoir-faire industriel et opérationnel indiscutable en la matière. Ces systèmes de défense aérienne comprennent l'ensemble du domaine sol-air depuis les MANPADS (SA-14 Gremlin, SA-16 Gimlet, SA-18 Grouse, SA-24 Grinch ou encore le récent SA-25⁷²) jusqu'aux systèmes les plus imposants : S-300PMU2 Favorit (SA-20 Gargoyle) ou S-400 Triumf (SA-21 Growler) voire le S-500 Prometey en développement. Ces équipements étant largement exportés par Moscou, le risque d'être confronté à ce type de système dans le cadre d'opérations extérieures est réel.

A ce jour, l'une des premières (et la principale) menaces pesant contre les hélicoptères reste néanmoins les armements légers mis en œuvre dans le cadre de la LATTA (Lutte Anti-Aérienne Toutes Armes) par les combattants au sol avec un armement non-spécialisé, l'armement individuel, ou dédié (mitrailleuses ou canons dotés de moyens de visée spécifique, lance-roquettes RPG ou missiles sol-air portables). Ce type d'armement ne doit pas être sous-estimé comme en témoigne la mort du chef de bataillon Damien Boiteux en janvier 2013 ou la perte de deux MH-60L Black Hawk Super 6-1 et Super 6-4 du 160th SOAR⁷³ abattus par des tirs de RPG lors de la bataille de Mogadiscio en 1993.

En termes de LATTA, la principale menace contre les hélicoptères reste toutefois les systèmes sol-air portables (MANPADS), très courte portée (SATCP), Courte Portée (SACP) ou Moyenne Portée (SAMP)⁷⁴. Certains systèmes combinent maintenant la puissance de l'artillerie sol-air matérialisée pendant la Guerre Froide par le ZSU-23-4 ou le ZSU-57-2, avec la portée et la précision des missiles sol-air : 2K22 Tunguska (SA-19 Grison) ou encore 96K9 Pantsir (SA-22 Greyhound). Les dernières versions du Pantsir disposent également d'une capacité à tirer en roulant, améliorant la mobilité du système et ôtant la nécessité du temps de mise en batterie. Ces systèmes possèdent en plus deux types de capacités de détection et de poursuite : par radar (mais dès lors rendant leur détection possible par un Détecteur d'Alerte Radar ou DAR) ainsi qu'un mode de tir passif sur poursuite InfraRouge que Pantsir et Tunguska peuvent tous deux mettre en œuvre.

De ce fait, les hélicoptères peuvent être exposés à des menaces n'émettant pas, ce qui impose une détection visuelle ou l'intégration de renseignement recueilli en amont lors de la préparation de mission. Ainsi, des systèmes tels que les canons bitubes ZU-23-2 restent relativement discrets et présentent une puissance de feu importante. La connaissance d'un maximum d'emplacement de ce type d'armement permettra d'adapter les évolutions du dispositif hélicoptère de façon à minimiser leur exposition.

6.1.3 Focus : les MANPADS

Il nous apparaît ici intéressant de réaliser un focus sur les MANPADS. Ce type de système a particulièrement proliféré au cours des dernières décennies après être passé à la postérité à travers les Stinger mis en œuvre par les Moudjahidines afghans contre les hélicoptères soviétiques. Les missiles sol-air portables participent ainsi à cette menace indétectable par les systèmes d'autoprotection ou les équipages avant qu'ils n'aient été tirés. La

⁷² Indice GRAU : 9K34 Strela-3, 9K310 Igla-1, 9K38 Igla, 9K338 Igla-S et 9K333 Verba.

⁷³ Special Operations Aviation Regiment.

⁷⁴ Système Sol-Air Très Courte Portée, Sol-Air Courte Portée, Sol-Air Moyenne Portée.

plupart des systèmes de ce type reposent sur un autodirecteur infrarouge, par nature passif. C'est pour contrer ce type de système n'émettant pas qu'ont été développés les DDM (Décteur de Départ Missile, *cf.* plus bas). Ayant largement proliférés, ce type de système peut être rencontrés en opérations, tant aux mains de troupes conventionnels que d'organisations non-étatiques.

Les missiles MANPADS (pour MAN Portable Air Defense Systems) appartiennent à la famille de systèmes de défense SATCP ou VSHORAD⁷⁵ en Anglais : il s'agit de l'ensemble de la famille de missiles d'une portée maximale de 5 000 mètres et d'une altitude de moins de 3 500 mètres.

Ces systèmes peuvent être décomposés en deux catégories :

- Les missiles tirés à l'épaule (« Shoulder-fired missiles » - SFM) ;
- Les MANPADS mis en œuvre sur trépied (« Tripod-mounted »). Ces systèmes d'armes nécessitent toutefois une équipe renforcée de servants (3 hommes) par rapport aux systèmes tirés à l'épaule.

Ils peuvent également être divisées selon 3 sous-catégories suivant leur mode de guidage :

- ✓ Infrarouge (IR) : se focalise sur les sources de chaleur émise par un avion. Il convient de distinguer au sein de cette catégorie, 3 générations de systèmes :
 - 1^{ère} génération : AD en bande 1, ne peut engager les cibles qu'en présentation arrière ;
 - 2^{ème} génération : AD en bande 2, permettant un engagement tous secteurs ;
 - 3^{ème} génération : AD en bande 2 ou multiispectraux, avec en plus des fonctions CCMIR.
- ✓ Téléguidage direct : l'opérateur acquiert visuellement la cible avec un système optique et utilise un contrôle radio pour diriger le missile sur la cible ;
- ✓ Laser : le missile est guidé par un faisceau laser pointé par le tireur sur la cible.

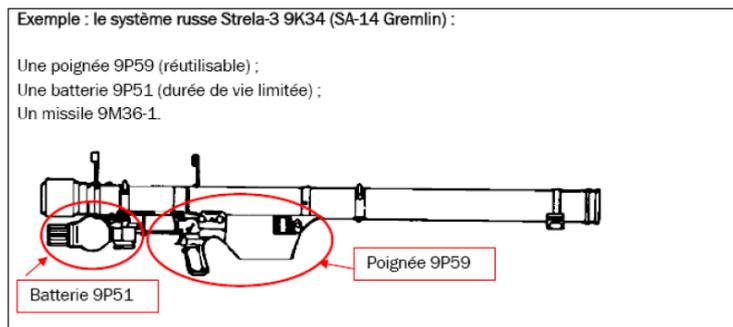
La première catégorie, les missiles tirés à l'épaule à autodirecteur à infrarouge, est celle qui a le plus proliféré avec notamment la production des MANPADS russes. Ceux-ci présentent l'avantage d'être de type « tire et oublie », le missile étant autonome dès le tir, permettant ainsi au servant de se déplacer⁷⁶. Le principal désavantage de ce système amène, du fait de cette autonomie et de l'absence de tout guidage par le tireur, à une sensibilité à de possibles contremesures.

Dans le cadre d'un MANPADS à autodirecteur (AD) infrarouge, le système comprend plusieurs sous-ensembles :

- Une poignée (comprenant le mécanisme de tir) ;
- Une source d'énergie (nécessaire à l'alimentation de l'AD IR) ;
- Une source de refroidissement de l'AD (hors SA-7 et dérivés) ;
- Un missile dans son tube (ce dernier étant réutilisable).

⁷⁵ Very SHORt Range Air Defence.

⁷⁶ au contraire du système CLOS ou laser nécessitant de maintenir un guidage du missile vers sa cible.



Source : FAS/CEIS

Les différents types de MANPADS existants sont nombreux. Développés par des pays proliférants, ils rendent probables leur présence au sein de groupes non-étatiques comme au sein de forces armées étrangères. Les systèmes les plus connus sont :

- 1^{ère} génération : SA-7b Grail Mod 1 (9K32M Strela 2M et ses ersatz⁷⁷) ;
- 2^{ème} génération : SA-14 Gremlin (9K36 Strela-3), SA-16 Gimlet (9K310 Igla-1), le FIM-92 Stinger version « basic », le QW-1 Vanguard chinois ;
- 3^{ème} génération : SA-18 Grouse (9K38 Igla), FIM-92 Stinger POST, Mistral, FN-6 chinois, ou encore FIM-92 Stinger RMP et SA-24 Grinch (9K338 Igla-S).

Les différentes générations correspondent aux performances de l'AD infrarouge (cf. plus haut).

En conclusion, un paramètre est régulièrement avancé pour pondérer la menace potentielle MANPADS, à savoir leur condition de stockage et d'entretien, notamment pour certains composants (en particulier la batterie d'alimentation électrique). Il convient de garder en tête la raison d'être ayant présidé à la conception de ce type de missile : il doit pouvoir être mis en œuvre par des fantassins évoluant dans un environnement opérationnel éprouvant. Plusieurs types de solutions existent ainsi pour parer à l'obsolescence de certains composants de MANPADS, en particulier d'origine soviétiques ou russes, qu'ils soient artisanaux ou industriels (cf. ci-dessous).

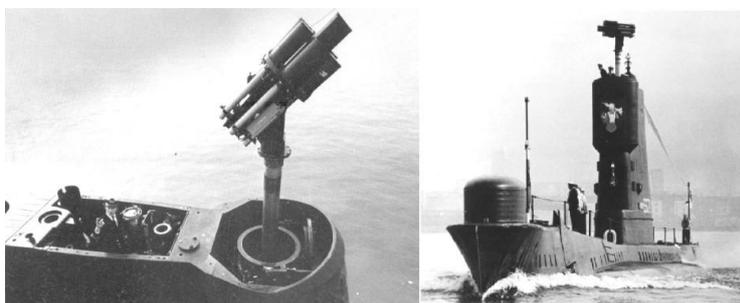


Source : DR

⁷⁷ HN-5 chinois, Anza Mk-1 pakistanais, Strela 2M2J Sava d'ex-Yougoslavie, Ayn Al Saqr égyptien, Hwasung-Chong nord-coréen, CA-94M roumain.

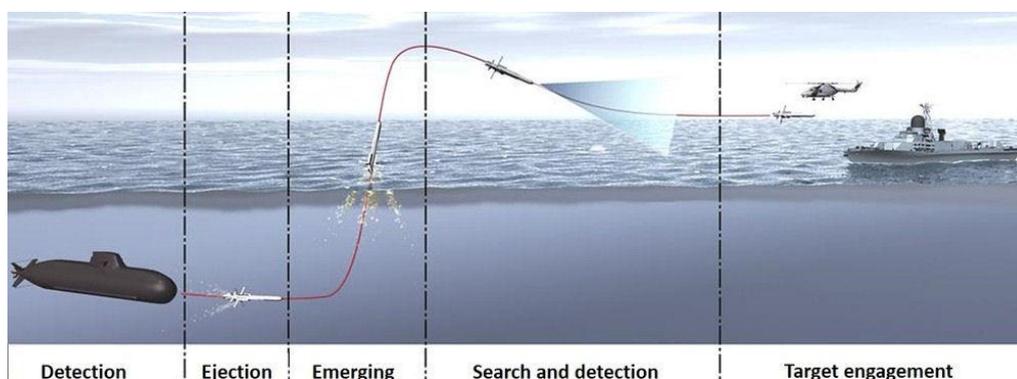
6.1.4 La lutte anti-aérienne en mer : les sous-marins

Si la défense contre aéronefs à bord de navires est relativement connue, un aspect reste encore peu développé. Or, à l'avenir, il pourrait s'avérer dimensionnant pour la survivabilité de l'hélicoptère en opération aéromaritime. Encore peu présents à la mer, hormis pour la défense des bâtiments de surface voire de bâtiments civils non armés nativement, les SATCP pourraient voir leur emploi se développer sur sous-marin pour l'autoprotection de ce dernier. Ce type de solution mer-air vient consacrer la dangerosité pour les sous-marins du couple hélicoptère/frégate en lutte Anti-Sous-Marin (ASM). Si par extension, ce type de missile peut être mis en œuvre contre des avions PATMAR (Patrouille Maritime) évoluant à faible altitude et à proximité du sous-marin, l'hélicoptère reste l'une des premières cibles de ces systèmes. Ce dernier doit permettre d'assurer l'autodéfense du sous-marin par la neutralisation d'un aéronef pouvant user de moyens de détection (sonar trempé ou bouées acoustiques) ou d'engagement (torpilles) avant la mise en œuvre de son armement.



Système Blowpipe britannique expérimenté sur sous-marin dès 1972. Source : HI Sutton.

Ainsi, plusieurs dérivés mer-air de MANPADS sont en cours de développement en vue de leur adaptation sur sous-marins. L'A3SM (Arme Anti-Aérienne pour Sous-Marin) Mistral (conteneur hébergeant 3 missiles Mistral-2 et une caméra infrarouge pour le verrouillage de la cible) monté sur un mât rotatif hissable depuis le kiosque, représente une solution d'architecture retenue pour la mise en œuvre de ce type d'armement (cf. les photos d'expérimentation du Blowpipe par les Britanniques dans les années 70 avant d'être abandonné en raison des contraintes de guidage du missile par le bateau). Une autre solution en développement s'appuie sur un lancement du missile depuis les tubes lance-torpilles du sous-marin. Des industriels allemands, norvégiens et turcs développent ainsi le missile IDAS (Interactive Defence & Attack système for Submarine) reposant sur l'emploi d'un missile dérivé de l'air-air Iris-T et filoguidé (fibre optique) depuis le sous-marin en plongée jusqu'à l'acquisition de la cible. Il adopte le profil de tir d'une torpille : filoguidage depuis le sous-marin jusqu'à l'acquisition puis guidage autonome après rupture des fils par son AD IR.



Profil de tir de missile IDAS (Source : Global Security)

Les moyens d'agression contre hélicoptères sont pris en compte par rapport aux menaces que font peser hélicoptères ASM et frégates sur les sous-marins. Ils posent toutefois encore plusieurs questions et ne manqueront pas de faire réfléchir les commandants avant d'ordonner leur tir. Mettre en œuvre un missile depuis le kiosque conduit le sous-marin à s'exposer du fait de l'obligation d'être à immersion périscopique pour le tir. A l'inverse, l'IDAS permet un tir en plongée mais paye cette capacité par une faible vitesse (subsonique) en phase de vol.

6.1.5 Mines et menaces en développement

Dans le domaine des menaces contre hélicoptères, des moyens à la prolifération plus confidentielle ou en devenir pourraient voir le jour. Ainsi, les mines pour hélicoptères ou encore d'éventuels IED-anti-hélicoptères apparaissent comme une menace à prendre en compte.

Dans le cadre des IED anti-hélicoptères, plusieurs suspicions de leur existence sont apparues au cours des années passées. Le premier mode opératoire pour ce type de système reposerait sur le piégeage d'une LZ (Landing Zone) connue par l'adversaire comme régulièrement fréquentée. Pour se prémunir de ce type de menace, notamment en Afghanistan, les équipages d'hélicoptères changeaient régulièrement de zones de poser, un autre moyen révélateur de l'absence de ce type d'engins piégés étant la présence de troupeaux sur la LZ.

Dans le cadre d'opérations asymétriques, d'autres moyens peuvent tenter l'adversaire pour réduire la menace posée par les hélicoptères. Elle est cependant cantonnée aux zones d'opérations disposant de relief. Ainsi, l'existence de câbles tendus en travers des vallées et éventuellement piégés par explosifs pourrait représenter autant de menaces susceptibles d'influencer le tempo opérationnel des hélicoptères⁷⁸.

Menace plus traditionnelle voire plus répandue, les hélicoptères pourront être confrontés à des mines aériennes. Développées essentiellement par les États (États-Unis, Russie), plusieurs systèmes seraient en service au sein des forces de ces pays. Les deux systèmes représentatifs de ce type d'armement sont la TEMP-20⁷⁹ issue de l'ex-URSS et l'AHM américaine⁸⁰. D'autres pays disposent de ce type d'armement à l'image de la Bulgarie (AHM-200-1, PMN-150/250, etc.) ou encore de l'Iran⁸¹. Les mines anti-hélicoptères se caractérisent par un système de mise à feu par capteur acoustique et infrarouge. Une fois l'aéronef détecté par le capteur acoustique, l'hélicoptère est verrouillé par le capteur infrarouge qui déclenche le tir de la charge à une altitude comprise entre 50 et 150m environ, avec une dissémination d'éclats destinés à endommager l'hélicoptère⁸². Ils doivent notamment permettre de venir compléter la défense sol-air d'une zone pour laquelle les MANPADS restent peu efficaces en dessous de 100 m d'altitude. Ce type de mine préoccupe suffisamment l'US Army pour qu'elle ait jugé bon de réfléchir à un système de contremesures contre les IED sol-air et les mines anti-hélicoptères en novembre 2016⁸³. Les missiles anti-char sont également des menaces avérées pour la mise en œuvre d'hélicoptères.

⁷⁸ Auquel il convient de rajouter les menaces non-intentionnelles (lignes électriques, etc.)

⁷⁹ https://www.bibliomines.org/fileadmin/tx_bibliodocs/TEMP-20.pdf

⁸⁰ https://www.bibliomines.org/fileadmin/tx_bibliodocs/AHM.pdf

⁸¹ <http://www.israeldefense.co.il/en/node/28653>

⁸² <http://nationalinterest.org/blog/the-buzz/the-us-army-fears-russias-others-helicopter-killer-mines-18925>

⁸³ <https://www.sbir.gov/sbirsearch/detail/1207821>

6.1.6 La menace air-air

Dans le cadre d'une menace air-air, l'hélicoptère sera confronté à des véhicules évoluant comme lui dans la 3^e dimension. Ces aéronefs pourront être de différente nature : avions de combat, hélicoptères ou demain drones. Chacun de ces trois types d'appareils présente des caractéristiques propres et très différentes dans la menace qu'ils pourraient représenter contre un hélicoptère.

Un avion de combat souhaitant agresser un hélicoptère présente des éléments à prendre en compte pour dimensionner la réponse à la menace : une vitesse de rapprochement très élevée, un temps d'acquisition de la cible réduit (proportionnellement à sa vitesse de rapprochement). Si l'avion de combat semble a priori en position de force (performance des capteurs, de l'armement, etc.), l'hélicoptère devra adapter ses évolutions dans le terrain pour prendre en compte les caractéristiques de l'avion. Des expérimentations conduites aux États-Unis à la fin des années 70, visaient à quantifier la menace née de l'apparition des Mi-24 Hind contre les avions de combat. Les exercices J-CATCH⁸⁴ avaient démontré que les hélicoptères d'attaque pouvaient être des adversaires réels d'avions de combat plus rapides. Le danger représenté par l'hélicoptère est ainsi pris en compte par les pilotes d'avions de combat et représente une menace avérée pour les hélicoptères dont il doit être tenu compte dans les opérations⁸⁵. En témoigne la facilité avec laquelle deux UH-60 Black Hawk de l'US Army avaient été abattus par erreur par deux F-15 Eagle lors de l'opération Provide Comfort, par le tir de deux missiles IR courte portée AIM-9 Sidewinder. Toutefois, réaliser un tir depuis un avion de combat sur un hélicoptère ayant connaissance de la possibilité de rencontrer ce type de menace au cours de sa mission peut s'avérer complexe. Des éléments existent pour tenter de réduire la possibilité pour l'avion de combat d'obtenir un verrouillage sur l'hélicoptère (utiliser le terrain, faible vitesse de l'hélicoptère par rapport aux réglages de détection du radar, etc.).

Un engagement contre d'autres hélicoptères représente naturellement une autre menace air-air à prendre en compte. Un combat aérien entre deux hélicoptères reste un cas où la probabilité de destruction de l'un des deux protagonistes est très élevée. Les faibles vitesses des hélicoptères rendent ainsi peu vraisemblable la capacité de se désengager du combat une fois celui-ci entamé. L'ensemble des moyens pouvant concourir à la survivabilité de l'hélicoptère devra ainsi être mis en œuvre : protection balistique, autoprotection, manœuvrabilité, etc. Disposant à la fois d'aéronefs à voilure fixe et à voilure tournante, l'US Marine Corps aurait conclu que le meilleur aéronef devant contrer un hélicoptère, reste un autre hélicoptère⁸⁶.

A l'avenir, l'une des nouvelles menaces contre hélicoptères pourrait finalement être les drones. Deux formes d'emploi peuvent d'ores et déjà être envisagées : les drones emportant des munitions susceptibles d'être tirées contre les hélicoptères d'une part et l'emploi de drones munitions ou drones suicides d'autres part. Dans le premier cas, les drones ne représenteront qu'un aéronef supplémentaire et mettant en œuvre le même type d'armement qu'un avion ou un hélicoptère.

Dans le second cas, en revanche, cette menace est encore diffuse mais devra être prise en compte pour les futures opérations. Ce type de drones pourra être mis en œuvre tant dans des cadres asymétriques que conventionnels. Ainsi, le développement de munitions rôdeuses⁸⁷ telles que la Switchblade américaine ou la Harop/Harpy israélienne pourrait contraindre la capacité des hélicoptères à évoluer au-dessus du champ de bataille. L'adaptation de drones issus du civil en y intégrant de l'explosif représente également une contrainte

⁸⁴ Joint Countering Attack Helicopter.

⁸⁵ <http://pavelow.us/documents/20thSOS/1978.pdf>

⁸⁶ <http://fmso.leavenworth.army.mil/documents/attitude.pdf>

⁸⁷ Loitering Munition.

future pour les opérations c'hélicoptères. Les récentes vidéos de Daesh montrent ainsi des minidrones mettant en œuvre des grenades contre des troupes au sol. Il est tout à fait concevable que ce type de munition VTOL soit déployé au sein d'essaims évoluant et interdisant l'accès à une partie du champ de bataille. Les travaux sur les drones destinés au grand public et les algorithmes développés par des grandes universités⁸⁸ permettraient de déployer un essaim de ce type de drones employés comme munitions rôdeuses contre les hélicoptères entrant dans leur zone.

⁸⁸ Université de Zurich par exemple notamment l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique ou encore le GRASP Lab, University of Pennsylvania.

6.2 APPORT DE LA GRANDE VITESSE SUR LES MISSIONS DES HELICOPTERES

Face à l'évolution (ou à la persistance dans certains cas) des menaces susceptibles d'être opposées aux hélicoptères, la Grande Vitesse peut permettre d'amener une réponse.

6.2.1 L'emploi des hélicoptères dans les armées à l'aune de la Grande Vitesse

L'hélicoptère est et restera l'un des principaux vecteurs de la 3^{ème} dimension pour les armées. Ses propriétés lui confèrent une place non négligeable notamment sa capacité au vol stationnaire ou à se poser sur des terrains non préparés. L'arrivée éventuelle d'appareils VTOL évoluant à grande vitesse ne devrait pas remettre en question ces qualités aujourd'hui éprouvées (atterrissage et décollage vertical, capacité à se poser dans des endroits non préparés, etc.). L'analyse de l'apport de la Grande Vitesse aux opérations portera sur l'emploi des hélicoptères en fonction des deux grands domaines sur lesquels ils interviennent : l'aéroterrestre et l'aéromaritime, en tenant compte des missions assurées par les armées en disposant. En effet, si la Marine Nationale, l'Armée de Terre et l'Armée de l'Air disposent de concepts d'emploi propres à leurs missions, elles peuvent chacune être amenées à intervenir tant dans le domaine aéroterrestre qu'aéromaritime.

Les Hélicoptères Grande Vitesse offrent deux capacités centrales : la rapidité et l'allonge. Cette dernière est rendue possible par la vitesse atteinte par les aéronefs ainsi que par les architectures mécaniques des machines (portance transférée en partie sur des ailes). Elle peut être encore augmentée par l'intégration d'une capacité de ravitaillement en vol.

De prime abord, toutes les opérations nécessitant réactivité et longue distance peuvent apparaître intéressantes. Certaines caractéristiques de ces opérations devront toutefois être préservées si des HGV sont mis en œuvre. En premier lieu, l'hélicoptère est un appareil discret, de petites dimensions et susceptibles d'évoluer dans le domaine TBA (Très Basse Altitude) qui est celui posant le plus de problèmes aux radars dans le domaine de la Défense Aérienne. Ses dimensions renforcent également sa capacité à poser en terrains non-préparés voire contraints (clairières, zone urbaine, etc.).

6.2.2 Emploi en environnement aéroterrestre

L'emploi en environnement aéroterrestre se caractérise par la diversité des zones géographiques sur lesquelles les armées sont appelées à intervenir comme l'ont démontré les opérations des 25 dernières années (ex-Yougoslavie, Kosovo, Corne de l'Afrique, Côte d'Ivoire, Golfe de Guinée, Afghanistan, Mali, Syrie, etc.). Chacun de ces théâtres d'opérations a présenté une ou plusieurs particularités (climat, distance, topographie, nature des combats, etc.) soulignant la pertinence de l'usage d'hélicoptères ce qui a conduit à une très forte sollicitation de la composante hélicoptère française (maintenance, puissance en conditions « hot and high », etc.)

Plusieurs types de missions peuvent être assurées par les hélicoptères en environnement aéroterrestre :

- Fonction Renseignement : au contact ou dans la profondeur
- Fonction Feu : au contact ou dans la profondeur
- Fonction appui aux opérations :

- MEDEVAC/CASEVAC
- Transport de troupes
- Transport logistique
- Fonction Récupération : Personnel Recovery
 - CSAR (Resco)
 - Combat Recovery (CR), par extension IMEX
 - SAR
 - Forces Spéciales.

6.2.2.1 Renseignement

Dans le domaine de la fonction Renseignement, l'intégration d'aéronefs grande vitesse n'apparaît pas évidente. La discrétion et la performance des capteurs sont les prérequis primordiaux pour ce type de mission. Dans le domaine du ROEM, une capacité à s'exposer brièvement en remontée verticale pour acquérir le renseignement est ainsi préférable à une haute vitesse qui pourrait avoir des conséquences sur les performances des capteurs, et ce d'autant plus que certaines missions exposées peuvent être confiées à des drones.

L'équilibre entre hélicoptères traditionnels et drones, potentiellement susceptibles d'être engagés dans une coopération type MUM-T (Manned Unmanned-Teaming), semble bien établi et ne nécessitant pas d'appareils évoluant plus vite.

En revanche dans le domaine du ROHUM, l'Armée de Terre cherche à minimiser l'impact des contraintes d'infiltration de ses moyens de renseignement d'origine humaine. L'emploi de HGV dotés d'un rayon d'action important permettrait d'infiltrer de manière rapide (en accélérant la manœuvre et en réduisant le temps d'exposition des appareils) et plus loin les équipes du 2^{ème} RH et de leurs matériels (quads, motos).

6.2.2.2 Feu

La performance croissante des systèmes de défense aérienne et leur prolifération pourrait avoir des conséquences sur l'engagement des hélicoptères au combat. L'intégration de systèmes d'autoprotection rendus obligatoires par l'évolution de ces menaces, combiné avec des modes d'action destinés à masquer voire protéger les aéronefs, l'arrivée du combat collaboratif, devrait contribuer à conserver la pertinence de l'hélicoptère pour cette fonction.

Dans le cadre de combat de haute intensité, l'engagement des hélicoptères dans des fonctions d'appui-feu tant au contact du dispositif principal adverse que pour des raids dans la profondeur semble pouvoir bénéficier de la Grande Vitesse. Ce type d'appareil permettrait en effet au dispositif aéromobile de partir de plus loin vers la zone ciblée, de surgir pour traiter la menace avant de disparaître aux yeux des systèmes de défense aérienne protégeant ou accompagnant le dispositif adverse. Il permettrait également de faire des bonds rapides en réduisant l'exposition des appareils pendant le temps de vol.

Concernant cette fonction feu, les architectures mécaniques des appareils retenues impacteront directement la nature et le volume d'armements susceptibles d'être mis en œuvre. Les hélicoptères de type girodyne (S-97 de Sikorsky ou Racer d'Airbus Helicopters) disposent d'avantages pour la mise en œuvre d'armements offensifs par rapport aux convertibles dont les hélices empêchent l'intégration de points d'emport sous les ailes.



Diamètre des rotors du V-22 Osprey

Dans le domaine de l'appui-feu indirect (vols de type RAID ART) l'emploi de HGV est intéressant. Ce type de mission réside dans l'héliportage de sections mortiers de 120mm pour des missions feux rapides dans la profondeur. Les mortiers de 120mm, les servants et leurs munitions sont emportés en soute des appareils. Ce type de manœuvre supposera toutefois des capacités d'emport importantes pour assurer la mission (masse à vide du mortier : 600 kg).

6.2.2.3 Appui aux opérations

Trois grands types de missions sont assurées par les hélicoptères dans le domaine de l'appui aux opérations, liées à la capacité de transport de l'appareil.

6.2.2.3.1 MEDEVAC/CASEVAC

La première concerne la mission de MEDEVAC ou CASEVAC selon le degré de médicalisation de l'appareil. Dans le cadre de cette mission précise, la Vitesse est un facteur clé de survie des blessés. L'objectif recherché par le SSA est de maintenir, voire d'améliorer le taux de survie actuel de 95% des blessés graves par de nouveaux concepts. Les deux axes de progrès identifiés sont d'une part la chirurgie très en avant et surtout d'autre part le raccourcissement du temps d'évacuation médicale tactique. Ces deux axes concourent à une même finalité, réduire au maximum le délai entre la blessure et geste chirurgical salvateur. Ce temps se compte en minutes.

Contrairement au modèle anglo-américain, où du personnel ayant reçu a minima une formation TCCC (Tactical Combat Casualty Care) pratique les premiers gestes techniques sur zone, avant qu'un hélicoptère de type CASEVAC ou MEDEVAC (en alerte/décollage = 5 minutes) ne prenne en charge le blessé pour une arrivée dans une infrastructure chirurgicale dans les meilleurs délais, le modèle français repose sur l'intégration de professionnels de santé, notamment de médecin de type généraliste disposant d'une formation de sauvetage au combat adapté selon les compétences du personnel dans chaque unité de combat. Le médecin assure les premiers gestes techniques (damage control resuscitation), puis l'antenne chirurgicale sur le terrain prend le relais (damage control surgery) en attendant la prise en charge par un moyen d'évacuation stratégique et l'acheminement du blessé vers une infrastructure hospitalière (hôpital métropolitain le plus souvent).

L'apport d'un HGV est ici évident mais au vu des concepts à l'étude (premiers gestes chirurgicaux pratiqués en vol), la stabilité de vol de l'appareil apparaît comme primordiale.

6.2.2.3.2 Appui à la mobilité

Dans le domaine du transport de troupes, là encore, un HGV présente des éléments intéressants. Dans le cadre des futures opérations, si elles sont réalisées dans le cadre d'un conflit symétrique face à un adversaire

nombreux et bien équipé, la possibilité de créer une masse de manœuvre sur l'ensemble du front apparaît incertaine. Dans le domaine du combat débarqué, disposer d'hélicoptères grande vitesse permettrait de réorienter les efforts en fonction de l'évolution des combats en héliportant rapidement des renforts sur les endroits les plus sous pression.

6.2.2.3.3 appui logistique

Dans le domaine du transport logistique, tout comme pour le transport de moyens Feu ou Génie, l'emploi de HGV est peu pertinent. Là encore, privilégier des HTL ou un volume d'hélicoptères plus traditionnels apparaît comme mieux répondre au besoin (transport de volumes importants d'équipements destinés au soutien des équipements ou de l'homme).

6.2.2.4 *Personnel Recovery*

La fonction Personnel Recovery intègre plusieurs aspects relatifs à la récupération ou le sauvetage de personnes en fonction des procédures utilisées, de la formation des personnes récupérées, du niveau de menaces, etc. Cette fonction est encadrée par une Allied Joint Publication (AJP) niveau OTAN (AJP-3.3.9) et niveau CICDE (DIA-3.3.9).

Le Personnel Recovery porte ainsi sur la récupération de personnel isolé. Il s'appuiera sur des modes d'action plus ou moins anticipé en fonction du niveau de menace, du volume de personnes à récupérer ainsi que par la nature de ces personnels (entraînées, équipées, etc.). Au sein de la classification ci-dessous, Il est possible de distinguer les opérations d'assistance et de sauvetage pures pour lesquelles la menace sera inexistante et les opérations de récupération de personnels au combat, où la menace croissante appellera des modes d'action différents.

Parmi ces derniers, deux domaines peuvent être distingués :

- Le Combat Search And Rescue (CSAR) pour l'OTAN, Recherche et Sauvetage au COmbat (RESCO) pour l'armée de l'air : ce type d'opération implique un dispositif complexe multicouches pour la récupération de personnels isolés, formés et entraînés à ce type de procédure par des équipes de récupération dédiées (balises de détresse, procédures, codes, plan d'extraction prérequis, etc.)
- Le Combat Recovery (CR) à l'OTAN, la Récupération de Personnel (en France) : le CR correspond davantage une opération de récupération de personnels isolés dans un environnement non-sécurisé. Les équipes de récupération ou les personnels à extraire ne sont pas forcément sensibilisés ou entraînés aux procédures CSAR⁸⁹. La procédure IMEX (Immediate Extraction) peut être rattachée au CR.

La fonction SAR sera traitée dans la partie sur le domaine aéromaritime, celui-ci étant le plus dimensionnant pour ce type de mission.

Le CSAR apparaît présenter les plus belles perspectives pour des hélicoptères grande vitesse. En effet, la procédure IMEX impliquant le plus souvent l'emploi d'un hélicoptère déjà présent au sein du dispositif en vol, disposer d'un HGV n'apparaît pas adéquat. Les exemples d'aéronefs dédiés à la mission IMEX ne manquent pas

⁸⁹ http://www.eda.europa.eu/docs/procurement/bi-sc_joint_personnel_recovery_joint_operational_guidelines.pdf

dans les récentes opérations, à l'image des couples CPA30/Puma au cours des opérations en Lybie ou GCM/Puma au Mali (sans parler des procédures Tigrex ou Gazellex en ultime recours).

En revanche pour le CSAR, les HGV sont des multiplicateurs de force. Ils permettraient à l'escadron Pyrénées de réaliser sa mission en réduisant le temps passé derrière les lignes adverses voire en permettant d'amener les équipages au plus vite auprès d'antennes médicales si ceux-ci sont blessés. La capacité de ravitaillement en vol permettra d'autant d'allonger le rayon d'action de l'appareil afin d'augmenter les distances susceptibles d'être atteinte par l'appareil.

Disposer d'hélicoptères rapides permettrait également de réduire le besoin d'adaptation de la vitesse du dispositif CSAR déployé (en particulier des avions de combat) actuellement nécessaire pour s'adapter à la vitesse d'évolution des appareils chargés de la récupération des équipages.

6.2.2.5 Opérations Spéciales

L'hélicoptère est l'un des vecteurs privilégiés par les Forces Spéciales en raison de ses caractéristiques de vol (absence d'infrastructure nécessaire pour sa mise en œuvre notamment) et par la foudroyance qu'il permet. Deux types d'opérations peuvent être distingués au sein des missions FS : les missions préparées et planifiées sur un temps « long » (raid dans la profondeur du dispositif ennemi) et les missions sur très court préavis (localisation de HVT, contre-terrorisme, etc.).

Concernant le premier cas et comme pour la mission CSAR, les FS peuvent être amenées à réaliser des raids à très grande élongation. L'emploi d'aéronefs leur amenant une insertion (et une foudroyance) plus rapide sur de très grandes distances présente un intérêt tout particulier. Il réduit le temps de transit et allonge les objectifs atteignables.

Dans le second cas, le bénéfice de l'emploi de HGV est encore plus évident. Réduire le temps de mise en place du dispositif augmentera d'autant les chances de succès de l'opération par rapport à un hélicoptère traditionnel.

6.2.3 Emploi en environnement aéromaritime

L'emploi d'hélicoptères dans le domaine aéromaritime se caractérise généralement par la nécessité de couvrir de vastes étendues. En plus d'un milieu agressif pour les équipements (corrosion), les opérations aériennes de voilures tournantes peuvent se caractériser par la nécessité d'une certaine autonomie (détachement hélicoptère embarqué sur frégate par exemple). L'emploi d'hélicoptères grande vitesse pour ce domaine dépend, tout comme le domaine aéroterrestre, du type de missions (et du type d'effet) à réaliser.

Les grandes missions réalisées par aéronef en environnement aéromaritime avec un emploi (potentiel ou avéré) d'hélicoptères sont :

- Lutte antisurface (ASF) ;
- Lutte anti-sous-marin (ASM) ;
- Sauvegarde maritime (sûreté, police des pêches, surveillance des approches maritimes, narcotrafic, etc.) ;
- Personnel Recovery GaN ;
- Search and Rescue (SAR) ;
- Opérations amphibies ;

- Contre-Terrorisme Maritime.

6.2.3.1 Lutte ASF et lutte ASM

Ces deux missions, parfois remplies par le même appareil (embarqué sur une frégate) ont été regroupées au sein du même paragraphe. La Grande Vitesse peut apparaître intéressante pour ces deux missions au vu de deux éléments : l'évolution des menaces mer-air et la nécessité de s'éloigner rapidement du bâtiment porteur pour débiter la recherche des menaces potentielles.

Dans le domaine de la lutte ASM, le développement de systèmes mer-air mis en œuvre depuis des sous-marins, notamment en plongée, est susceptible d'entraver voire de gêner la mission ASM aéroportée. Pour autant, il n'existe pas actuellement d'alternative réaliste à l'apport du sonar trempé pour lequel la mise en œuvre d'un vol stationnaire très stable et sans trop de souffle rotor est nécessaire (en plus de la vulnérabilité d'une machine en stationnaire). Le développement d'une solution permettant de remplacer le sonar trempé (augmentation du nombre de bouées acoustiques⁹⁰, système permettant de s'affranchir du vol stationnaire) augmenterait l'intérêt du déploiement de HGV en lutte ASM, mais paraît peu crédible à court/moyen terme. L'emploi d'un HGV en lutte ASM présente toutefois un intérêt pour les vols réalisés en transit vers le lieu de station sonar. Par exemple, en cas de détection par le sonar large bande d'une frégate, réduire le temps d'arrivée sur zone de l'hélicoptère pour vérification du contact permettra d'autant de réduire le temps de réacquisition du but. De même, réduire le temps de transit de la machine entre deux stations sonar permettra également de réduire le temps de perte du signal voire de forcer le sous-marin à évoluer.

Dans le domaine de la lutte ASF, l'intérêt d'un HGV serait de pouvoir rapidement se placer au-delà de l'horizon par rapport à la frégate afin de détecter, identifier voire classifier et traiter la menace. La problématique ici serait la même que pour la fonction feu du combat aéroterrestre : être en mesure de détruire une menace et éclairer au-delà de l'horizon pour la frégate (ou la flotte).

Concernant les deux missions (ASF et ASM), dont l'analyse peut être étendue à l'ensemble des opérations navales, les dimensions de l'aéronef sont et resteront une problématique centrale en particulier pour les bâtiments type frégates. Les contraintes d'encombrement pour faire rentrer un hélicoptère dans des hangars tout en conservant la capacité de réaliser la maintenance de l'appareil pour le détachement ALAVIA embarqué, seront un élément dimensionnant pour le développement d'un hélicoptère naval. Les architectures actuellement retenues pour les hélicoptères grande vitesse apparaissent sur ce point, limitantes pour permettre à l'aéronef d'être embarqué. En cas de développement d'un hélicoptère de type girodyne intégrant un rotor contrarotatif, la hauteur du mât rotor sera une contrainte pour le passage de la porte du hangar. De même pour un convertible, les ailes et les dimensions des rotors pourront être des limitations pour l'embarquement de l'appareil, et ce, même en cas de solutions de repliage des ailes et des rotors.

⁹⁰ Une réduction du coût de celles-ci serait alors nécessaire.



Rotor contrarotatif du SB-1 Defiant et V-22 Osprey repliés

6.2.3.2 Sauvegarde maritime

Les opérations de sauvegarde maritime impliquent de couvrir de larges distances à des fins de surveillance voire de contrôle. Les missions de police des pêches ou de luttres contre les trafics illicites requièrent en effet la couverture de larges zones. L'utilisation d'hélicoptères évoluant à grande vitesse pourrait alors avoir du sens.

6.2.3.3 Personnel Recovery

Disposer d'un plot HGV sur le Porte-Avions permettrait d'assurer la mission CSAR avec les mêmes avantages qu'une mission RESCO réalisée depuis la terre, en offrant une vitesse et une allonge accrue pour aller récupérer les équipages éjectés. Cet avantage pourrait permettre de garantir la sécurité du PA en le plaçant à distance de sécurité et en lui évitant de s'approcher en cas de rayon d'action insuffisant d'un hélicoptère traditionnel.

6.2.3.4 Search And Rescue

Dans le domaine du Search And Rescue, deux types de mises en œuvre doivent être distinguées. Pour la première, le déploiement d'un hélicoptère à partir d'un bâtiment à la mer, la notion de grande vitesse n'est pas essentielle en raison de la proximité du bâtiment de la zone de recherches.

En revanche pour la seconde, à savoir le SAR à partir de la terre, la notion d'appareil à grande vitesse et forte autonomie prend tout son sens. La notion de secours en mer impose une certaine réactivité et un temps de transit réduit vers la zone de recherches. Un HGV prend ici tout son sens en permettant de réduire ce transit afin de débiter les recherches à partir du Datum⁹¹ plus rapidement. Une fois arrivé sur zone, toutefois, la notion de grande vitesse n'est plus aussi importante. Les recherches réalisées sur patterns prédéfinis reposent davantage sur la capacité de rester longtemps sur zone et donc sur une autonomie importante. En effet, le cadre des recherches en SAR repose sur l'évolution d'appareil selon des schémas systématiques nécessitant une capacité de rester longtemps sur zone.

⁹¹ Point probable de localisation de l'objet ou la personne recherché, corrigé dans le temps après analyse des courants.

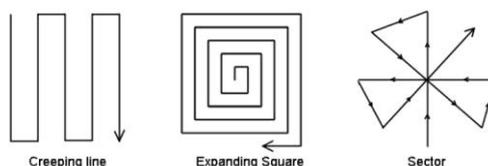


Figure 2.2: Search patterns

Patterns en échelle, carré croissant et marguerite

6.2.3.5 Opérations Amphibies

L'emploi de HGV dans le domaine des opérations amphibies dispose actuellement d'une illustration concrète avec l'emploi du V-22 au sein de l'US Marine Corps. Les convertibles amènent à l'USMC, une rapidité de rotation pour assurer le soutien des troupes au sol. L'allonge et la vitesse de ce type d'aéronefs présente également un atout pour mettre à distance de sécurité (au-delà de l'horizon) la flotte amphibie. Cette vision s'inscrit dans les réflexions doctrinales de l'USMC en particulier LOCE (Littoral Operations in a Contested Environment) et EABO (Expeditionary Advanced Base Operations). Anticipant une évolution de la menace avec notamment le risque d'avoir à affronter un adversaire disposant d'un arsenal important de munitions antinavires, une opération amphibie nécessitera a minima de placer la flotte à distance de sécurité hors de portée de ces munitions.

Par ailleurs, sur le plan des opérations à terre, la foudroyance et l'établissement du RapFor étant primordiaux dans les opérations amphibies, la présence de HGV permettrait de remplir ces deux conditions rapidement.

6.2.3.6 Le Contre-Terrorisme Maritime

Intégrer un hélicoptère grande vitesse dans une opération de Contre-Terrorisme Maritime (CTM) présente un intérêt majeur : une vitesse d'exécution et un rayon d'action intéressants pour le commandant de l'opération. Ce besoin est particulièrement prégnant sur les opérations de CTM à mener loin en mer : être en mesure de se rendre rapidement sur zone, procéder éventuellement à la recherche de la cible et intervenir.

Les éventuelles limitations d'emploi liées aux interactions possibles entre les aériens (mâts, antennes, cheminées) du bâtiment et l'aéronef doivent être nuancées. En effet, les Britanniques réalisent leurs missions de CTM en opérant les Chinook Mk 6 du 7 Squadron et les dimensions de ce type d'appareil birotor n'apparaissent pas limitantes pour une opération de reprise de vive force. Des HGV, tant convertibles que girodyne, ne devraient dès lors pas non plus être proscris pour ce type de missions.

En revanche, la mise en œuvre de HGV pour intervention sur bâtiment devra prendre en compte l'aérodynamique autour de celui-ci et s'assurer de la compatibilité des architectures mécaniques d'un HGV avec des situations de vent arrière, vent de travers, perturbations aérodynamiques créées par les superstructures du navire, etc.

6.2.4 Emploi sur le TN

L'emploi de HGV sur le territoire national présente un intérêt moindre, en raison des dimensions de la France et du type de missions assurées, à trois exceptions près :

- Les missions d'assistance à la population et de service public de type lutte contre les feux de forêt ou inondations nécessitent davantage des machines avec des capacités de levage importantes (emport de

pompier, de bambi bucket, capacités de treuillage, etc.). Les nombres de noria réalisées néanmoins par ce type d'appareil (recherches, treuillage des victimes, évacuation vers un site de regroupement, retour sur zone, recherches, treuillage, etc.) pourraient être accélérées par l'emploi d'un hélicoptère grande vitesse en réduisant le temps de transit entre zone d'opérations et site de regroupement ;

- Les missions de contre-terrorisme (évoquées plus haut avec le CTM mais valable également en CTA ou en CTT) ;
- Les missions concourant à la PPS-A (Posture Permanente de Sûreté-Air).

Les MASA (Mesures Actives de Sûreté Aérienne) offrent un champ d'emploi intéressant pour les HGV. Les MASA sont réalisées essentiellement par le tryptique Mirage 2000/Rafale/Fennec. L'un de ces vecteurs est alors privilégié en fonction de la distance et la vitesse de l'aéronef à contrôler. Un HGV permettrait de renforcer les capacités d'interception de vecteurs se déplaçant lentement sans avoir à faire évoluer les avions de combat à vitesse (et manoeuvrabilité) minimale. Une telle dotation permettrait surtout de disposer d'hélicoptères manoeuvrants à faible vitesse mais également capables d'atteindre des vitesses importantes pour interception (220 nœuds pour un HGV type Racer contre 170 nœuds en Vmax pour le futur HIL⁹²). Le temps de transit nécessaire à l'hélicoptère en vue de l'interception de la cible serait également réduit avec un aéronef VTOL évoluant à grande vitesse.

6.3 ANALYSE DE L'INTEROPERABILITE

L'interopérabilité est étudiée sous 2 angles :

- L'interopérabilité au sens capacitaire,
- L'interopérabilité des HGV en tant que système de systèmes.

6.3.1 L'interopérabilité capacitaire

L'objectif de cette section est d'étudier l'impact capacitaire sur l'interopérabilité d'une force disposant d'HGV avec une force n'en disposant pas dans le cadre des préparatifs d'une opération jointe.

Dans cette section, il est nécessaire de distinguer les opérations éclaires ou de courte durée des opérations de moyen et long terme menées en coalition ou avec un nombre réduit de pays alliés. Les données qui en ressortent sont à nuancer avec les aspects politiques des opérations. Dans le cadre d'une opération menée par les États-Unis, si Washington tient absolument à la monter en coalition pour des raisons politiques, les pays souhaitant y participer seront intégrés quelques soit les moyens dont ils disposent.

6.3.1.1 Cas d'une opération de courte durée

Lors de la planification d'une opération de courte durée, un nombre limité de moyens sont choisis pour répondre aux besoins et aux contraintes de l'opération pour des raisons d'efficacité et de discrétion.

⁹² H160M : Vitesse maximale à 170 nœuds et vitesse de croisière à 150 nœuds.

Si l'opération envisagée est exactement dans les besoins couverts par les HGV, il est évident que la Nation ne disposant pas de cette capacité ne sera pas retenue pour participer à l'opération sur ce seul critère.

6.3.1.2 Cas d'une opération de moyen/long terme

Une opération de moyen et long terme fait intervenir de nombreux moyens complémentaires au sens capacitaire pour répondre à l'ensemble des besoins et configuration du théâtre.

Pour ce type d'opération, la participation de la France doit être vue sous un autre angle puisqu'elle peut être capable de mettre à disposition des moyens comblant d'autres besoins que ceux couverts par les HGV si elle n'en dispose pas.

Autres types :

- Hélicoptères : Tigres, NH90 ;
- Drones : Patroller, Reaper ;
- Avions d'armes : Rafale mais également de la logistique.

Le but de la coalition est de pouvoir couvrir tous les besoins par des moyens avant de s'engager dans l'opération : l'interopérabilité capacitaire.

En conclusion, il apparaît donc qu'une Nation ne disposant pas d'HGV sera pénalisée sur les opérations de courte durée dont les besoins opérationnels sont couverts uniquement par les HGV.

En revanche, pour un engagement sur une opération à moyen et plus long terme le fait de ne pas avoir de capacité HGV ne devrait pas être un facteur discriminant pour approuver la participation de la France. Les missions sont taskés en fonction des capacités opérationnelles dont disposent les unités mises à disposition par les alliés.

Une réflexion est également menée dans le cadre de deux Nations disposant de la capacité HGV mais ne disposant pas du même niveau d'interopérabilité. L'étude est détaillée dans la section suivante.

6.3.2 L'interopérabilité des HGV en tant que système de systèmes

Deux scénarios sont étudiés dans cette section :

Deux Nations disposent de HGV avec des standards différents :

- L'une dispose de HGV dont le système est conforme aux standards d'interopérabilité OTAN,
- L'autre dispose de HGV mais dont le système n'est pas ou n'est que partiellement conforme au standard d'interopérabilité OTAN.

Il existe de nombreux standards d'interopérabilité OTAN, l'objet n'est pas de les lister mais d'en choisir un qui est le plus représentatif afin de l'utiliser comme support dans les réflexions.

6.3.2.1 Objectifs et présentation de l'interopérabilité

Les objectifs de l'interopérabilité au niveau système de systèmes sont de recevoir et de partager des informations au cours de la mission avec les alliés afin :

- D'assurer la sécurité de l'HGV et de son équipage durant sa mission,
- D'avoir une connaissance permanente en temps réel de la Situation Tactique (SITAC),
- D'augmenter l'efficacité du transfert des informations/renseignements,
- De réduire la boucle pour obtenir un renseignement de qualité,
- De transmettre les informations de position et de renseignements à la coalition.

Pour remplir ces objectifs, l'OTAN développe depuis 2000 un standard d'interopérabilité avec l'ensemble des États membres et invités : le STANAG 4586.

D'abord orienté interopérabilité entre systèmes de drones aériens, il s'est étendu ces dernières années à l'ensemble des systèmes de drones et est désormais intégré dans certains aéronefs pilotés.

Un STANAG équivalent a récemment été créé afin d'étendre les travaux du 4586 aux autres types de drones (terrestres, sous-marins, ...) : le STANAG 4817.

Tous les systèmes de drones intègrent tout ou partie du STANAG 4586 par le biais de leurs équipements bien connus : ROVER, ... ou en natif.

L'approche OTAN de l'interopérabilité permet de Standardiser l'ensemble de l'architecture d'un système en :

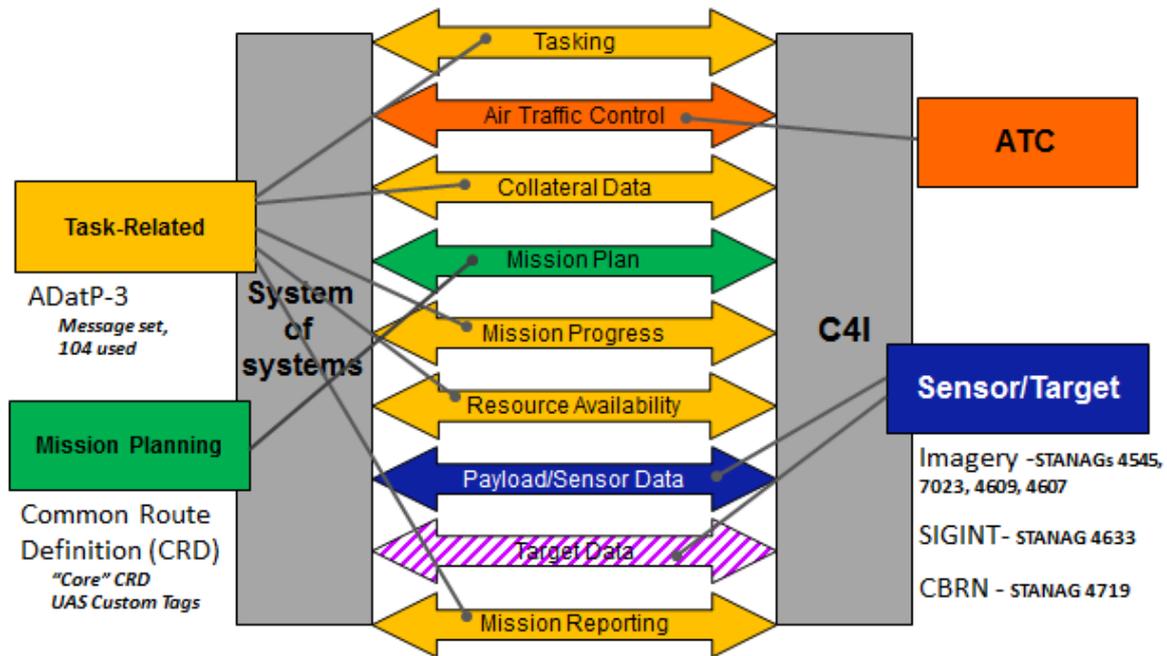
- Standardisant les interfaces critiques,
- Identifiant les protocoles de communication,
- Standardisant les formats des messages au regard des interfaces,
- Standardisant les protocoles et formats des données issues des capteurs.

Le STANAG 4586 a pour but de faciliter l'interopérabilité entre :

- Le segment sol,
- Le segment air,
- Les C4I,

des systèmes de drones opérant dans un environnement OTAN.

Ce dernier point concernant l'interopérabilité avec les C4I est crucial pour les HGV puisqu'il permet l'échange d'informations sous des formats définis :



Plusieurs niveaux d'interopérabilité sont définis dans le STANAG 4586 permettant aux Nations d'implémenter et de proposer à la coalition différents niveau de services en fonction des avancées technologiques et des restrictions nationales :

LOI 1	"Indirect receipt of UAV related data." This is equivalent to a node on a C4I network. This LOI is mutually exclusive of all other LOIs.
LOI 2	"Direct receipt of ISR/other data where "direct" covers reception of the UAV data by the UCS when it has direct communication with the UAV." This LOI is mutually exclusive of all other LOIs.
LOI 3	"Control and monitoring of the UAV payload in addition to direct receipt of ISR/other data." This LOI is includes LOI 2.
LOI 4	"Control and monitoring of the UAV, less launch and recovery." This LOI is mutually exclusive of all other LOIs.
LOI 5	"Control and monitoring of the UAV (Level 4), plus launch and recovery functions." This LOI is includes LOI 4.

Un système de drone interopérable niveau LOI3 permet à partir d'un HGV de recevoir et de contrôler la charge utile d'un drone (LOI4 permet de contrôler le plan de vol du drone) au cours de sa mission : ceci rend possible le MUM-T.

Des vols ont été réalisés dans le cadre de tests entre Airbus Helicopter et la société Autrichienne Schiebel. L'US Army opère également un dispositif MUM-T avec le couple AH-64E et MQ-1C Gray Eagle.



A partir de 2025, la feuille de route de l'US Army indique que les opérations MUM-T vont se multiplier. Les éléments de ce concept sont déjà intégrés par les principaux constructeurs de drones et plateformes habitées (principalement Hélicoptères).

6.3.2.2 Interopérabilité et HGV

6.3.2.2.1 HGV interopérable

L'interopérabilité selon un des niveaux définis dans la section ci-dessus permet à un HGV lorsqu'il est mis à profit d'une opération en coalition d'apporter :

- Toutes les informations concernant les C4I permettant au système et à l'équipage d'avoir une conscience de la SITAC ainsi que de partager à l'ensemble de la coalition des données sur la mission,
- D'obtenir des données de renseignement en temps réel (photos, vidéos) de drones en cours de mission sur la zone de l'objectif ou des zones à risques en cours de transit,
- A un équipage l'aide d'un drone en cours de mission et de pouvoir le contrôler afin d'être directement positionné sur la zone des opérations par l'équipage qui la conscience de la SITAC et les enjeux de la mission (MUM-T).

L'interopérabilité pour les HGV en tant que systèmes de systèmes engagés sur une opération en coalition sera utilisée à court terme pour assurer sa sécurité, celle de son équipage lors d'opérations en milieu hostile / dangereux.

Les opérations en coalition se déroulent dans un cadre où la multitude des matériels et systèmes mis à disposition par les Nations impose que certains systèmes soient interopérables entre eux.

Dans les opérations futures, de plus en plus « connectées », plus le niveau d'interopérabilité (LOI) sera élevé, plus les missions attribuées seront stratégiques.

La question de l'engagement d'un pays ayant des HGV au sein d'une opération sera approuvée au niveau technique.

6.3.2.2.2 HGV non interopérable

Dans une coalition menée par les États-Unis, les HGV non interopérables mis à disposition par les alliés ne pourront pas réaliser les mêmes missions que ceux qui le sont (au minimum LOI2). Ces HGV seront utilisés pour réaliser des missions moins stratégiques sur des zones non risquées.

Pour appuyer cette conclusion, un parallèle peut être fait avec le déploiement du drone Harfang de l'Armée de l'Air en Afghanistan en 2009 durant l'opération Enduring Freedom menée par les États-Unis.

Le système de drone Harfang n'avait pas de capacité d'interopérabilité au sens du STANAG 4586 lors de sa livraison à l'Armée de l'Air. Le CEAM a dû réaliser l'intégration d'un système ROVER sur le théâtre afin que le Harfang soit interopérable LOI2.

Cette intégration du système ROVER a permis aux Harfangs d'être engagés sur des missions au profit de différentes forces spéciales. Ces missions n'auraient pas été possibles sans cette capacité.

Par ailleurs, toutes les vidéos issues des drones de l'ensemble des alliés étaient également disponibles à travers les C4I afin que les analystes images et le commandement suivent en temps réel les opérations (LOI1).

La notion d'interopérabilité des HGV en tant que système de systèmes intégrés au sein d'une coalition est donc une capacité qu'il est nécessaire d'intégrer dès sa conception pour être opérationnelle pour tous types de missions.

L'intégration d'une Nation offrant des HGV non interopérables a un risque élevé d'être refusée si la capacité HGV interopérables est déjà effective par une autre Nation.

6.4 SYNTHÈSE

L'évolution attendue de la menace peut laisser supposer un durcissement des conditions d'évolution au-dessus du champ de bataille. Depuis les conflits de types asymétriques (prolifération des MANPADS, mitrailleuses de calibre important type Douchka, etc.) jusqu'à un éventuel conflit symétrique face à un adversaire organisé et bien équipé (système de défense aérienne intégré, moyens sol-air performants).

Ce type de menace peut amener l'engagement des hélicoptères à évoluer. Malgré tout, l'emploi d'hélicoptères grande vitesse ne serait pas pertinent pour l'ensemble des missions des hélicoptères des trois armées. En synthèse, l'emploi de ce type de machine aura un apport certain pour les missions nécessitant réactivité et allonge (CSAR, CTM, SAR, etc.). L'emploi d'hélicoptères de manœuvre Grande Vitesse pose la question de l'aéronef l'accompagnant. Disposer d'un HGV sans appareil armé capable de l'appuyer et de le protéger (à l'image du couple Cougar/Tigre) pourrait être dommageable. En mission CTM par exemple, disposer d'une plateforme d'appui-feu arrivée sur zone en même temps que le HM est indispensable pour l'insertion des commandos. Les deux appareils devront dès lors être HGV.

L'analyse de l'impact de l'interopérabilité sur les HGV lors de l'engagement dans une opération avec des alliés permet de dégager deux conclusions :

1. Le fait que la France ne dispose pas de capacité HGV ne remettra pas en cause sa participation à une opération sur une durée moyen ou long terme, le pays disposant d'autres capacités également nécessaires

au déroulement des opérations. En revanche, sur une opération court terme avec un cadre d'opération spécifique aux besoins remplis par les HGV, cela peut avoir des conséquences directes sur la participation effective de la France aux opérations avec un risque de déclassement à la clé.

2. Le fait que la France dispose d'HGV interopérables avec les autres systèmes engagés sur le théâtre des opérations rendra les missions attribuées par le commandement plus stratégiques.

Et plus généralement, plus le niveau d'interopérabilité sera élevé, plus les missions sur lesquelles la France sera engagée par le commandement seront stratégiques et placeront la France dans un rôle central.

A l'inverse, si les HGV ne sont pas interopérables, le risque de refus de participation aux opérations est élevé si seulement cette capacité est proposée.