Rapport drones GICAT-ADIF

Propositions GICAT-ADIF pour une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire pour les drones aériens et munitions téléopérées de moins de 150kg destinés à l'armée de Terre

GICAT Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres	ADIF Association du Drone de l'Industrie Française
GICAT Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres	Association du Drone de l'Industrie Française

Même si des représentants de l'administration ont participé comme observateurs aux travaux du groupe de travail, les avis et recommandations formulés dans ce rapport ne reflètent que les positions des industriels du GICAT et de l'ADIF et n'engagent en aucun cas les services officiels français.

Executive summary

La guerre en Ukraine a mis en avant l'usage des drones légers et des munitions téléopérées bien au-delà de ce que les conflits récents de haute ou de basse intensité avaient pu laisser entrevoir. L'emploi massif de ces matériels représente une rupture stratégique à laquelle la France, comme d'autres nations, réagit, tant sur le plan des capacités opérationnelles qu'industrielles. Il est donc apparu important au GICAT (Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres) et à l'ADIF (Association du Drone de l'Industrie Française) de produire une proposition de feuille de route technologique, industrielle et capacitaire centrée sur les **drones aériens et les MTO[1] de moins de 150 kg destinés à l'armée de Terre**.

1- Constat

L'armée française et la guerre des drones

L'armée française accuse un retard dans la guerre des drones :

- Des équipements limités dans de multiples segments drones et MTO, aussi bien quantitativement que qualitativement, pas tant par rapport à ses voisins occidentaux mais surtout face à ses adversaires potentiels ;
- Un volume de formation d'opérateurs de drones légers dans les unités de combat à parfaire (en cours de résorption), et une acculturation des cadres à la maîtrise des capacités de ces armes à poursuivre ;
- Lié aux points précédents, un emploi à parfaire dans les unités de combat, comme moyen isolé ou a fortiori comme moyen intégré dans l'ensemble de la Force.

Ce constat, sévère au premier abord, est toutefois à nuancer :

- Un corpus doctrinal complet est en place, une volonté existe à la tête de l'armée de Terre de monter en puissance dans le domaine et des actions en ce sens sont lancées avec notamment des livraisons importantes de mini-drones dans les unités et de nouveaux programmes/projets lancés ou sur le point de l'être ;
- Surtout le modèle d'armée française ne repose pas que sur les drones (contre lesquels des parades relativement simples émergent (LAD, brouillage, grilles de protections pour blindés, etc.)). Sans aller jusqu'à évoquer la dissuasion ou la complémentarité avec nos alliés, le panel de nos capacités dépasse largement ce qu'une large palette de modèles de drones ou de MTO pourrait nous offrir.

Spécificités de cette industrie des drones/MTO de moins de 150kg et son caractère stratégique

Ce secteur industriel des drones/MTO de moins de 150kg est singulier au sein des industries de défense :

- Une BITD française faite de nombreuses start-up, PME et ETI ;
- Un leadership chinois, américain et israélien initié par des investissements gouvernementaux massifs. Ceci est particulièrement vrai pour la société chinoise DJI qui est un mastodonte mondial aussi bien pour les drones de loisirs que professionnels ;
- Derrière ce leadership, se met en place une forte concurrence européenne et mondiale avec des acteurs de taille petite et moyenne dans tous les pays, dans un marché qui va se consolider ;
- Assise technique, technologique et volume de production duaux mais essentiellement tirés par le marché civil, notamment de loisir, avec une forte dépendance à des composants venus de l'étranger (batteries, moteurs électriques, micro-caméras, ...), notamment des USA et de la Chine ;
- Enfin, un domaine technologique en pleine expansion avec une dynamique de renouvellement de gamme de 2 à 3 ans, voire moins en temps de guerre pour certains sous-systèmes soumis par exemple à la guerre électronique (systèmes de liaison de données, de positionnement…).

[1] Les MTO ont été intégrées à cette étude avec les drones de moins de 150kg, car globalement, mis à part pour ce qui est de leur charge militaire pyrotechnique, leurs problématiques et technologies sont similaires à celles de cette famille de drones.

Il serait tentant de considérer cette BITD comme une BITD « mineure » alors que ce n'est simplement qu'une BITD qui opère selon des paradigmes radicalement différents des autres secteurs de la Défense. Ce qui se joue au travers de cette BITD, c'est le futur du combat aéroterrestre. Les Etats-Unis, la Chine développent des projets de robotisation/dronisation massive, ce qui semble être une tendance de fond inéluctable pour toutes les nations disposant d'une force de défense, comme cela peut déjà être observé en Ukraine.

Pour se défendre contre l'invasion russe, l'Ukraine veut produire 1 million de drones en 2024, pour une armée d'un million d'hommes. A titre de comparaison, l'armée de Terre française compte 100 000 soldats, mais seulement 5000 drones à terme.

Navigabilité et zones d'essais

Les contraintes réglementaires liées à la navigabilité sont souvent perçues comme un frein au développement de la filière drones militaires, alors que la réglementation spécifique aux drones d'État, qui pourrait être applicable à des prototypes industriels s'ils ont une vocation Défense, permet une souplesse importante. Les travaux du GT ont montré qu'une meilleure communication entre les acteurs étatiques et industriels permettrait d'améliorer significativement les choses (diffusion de notes explicatives, réunion de concertation annuelle, meilleure implication de la DGAC).

2- Propositions

Le GT propose :

Emploi dans l'armée française

- Que l'armée de terre constitue le plus rapidement possible des régiments expérimentaux entièrement « dronisés » i.e. avec une dotation complète en drones/MTO (MTO simulées dans un premier temps) et des plans de formation/entraînement drones globaux. Ce déploiement permettra d'affiner les corpus doctrinaux, identifier les problématiques, progresser par itérations rapides ;
- Que soit rapidement créée une unité FORAD (FORce ADverse) représentative d'un ennemi qui serait arrivé à maturité dans le domaine de l'emploi des drones et MTO, pour préparer les unités à un conflit de haute intensité ;
- Que la réserve opérationnelle soit spécifiquement utilisée pour le recrutement d'opérateurs de drones civils, qui participeront sans délai à l'effort de formation.

BITD

- Que les drones, les MTO, et leurs écosystèmes soient déclarés systèmes de souveraineté, afin de favoriser leur développement et ainsi garantir notre autonomie stratégique dans la durée ;
- Que soit construite une feuille de route « production industrielle » afin de garantir l'autonomie stratégique de la France dans ce domaine au niveau adéquat.

Navigabilité et zones d'essai

- Que le MINARM s'investisse directement avec la DGAC pour élaborer une politique nationale cohérente en matière de moyens d'essais drones et de navigabilité.

Conduite des programmes d'armement « drones/MTO »

Les procédures d'acquisition courantes de la DGA ont été établies pour des programmes longs (dissuasion, avions de chasse…). Elles sont inadaptées aux drones « légers », dont l'évolution technique et doctrinale d'emploi est très rapide. Pour développer un marché souverain, le GT propose :

- D'encourager les industriels à :
    - Innover en mettant en place un dispositif de concertation R&D qui déclinerait une politique de soutien à l'innovation de la filière ;
    - A développer sur fonds propres des équipements novateurs, même s'ils ne répondent pas à un besoin clairement exprimé, comme cela a été le cas pour le CAESAR. Pour

cela, il faut que le Ministère des Armées définisse les conditions permettant d'en commander, à la fin du développement, une petite série à des fins d'expérimentation pour en évaluer le potentiel opérationnel et donner un label « *French army used* » et qui puisse bénéficier du SOUTEX ;

- D'acheter en utilisant des procédures à courts délais de passation et/ou en recherchant des formes de contractualisation innovantes et régulièrement (idéalement, une opération d'acquisition drones/MTO majeure tous les ans) des séries plus limitées de matériels : le marché soutient l'innovation ;
- En dehors de quelques programmes d'armement pour des drones/MTO de moins de 150kg répondant à des exigences très spécifiques, de privilégier au maximum les achats de matériels sur étagère français (ou répondant à nos impératifs de souveraineté nationale via par exemple des capacités garanties de production sous licence en France si besoin). Des accords-cadres permettant de commander rapidement tout type de drone disponible sur étagère pourraient être mis en place en s'inspirant de marchés déjà existants ;
- De prévoir dès le temps de paix les conditions industrielles, financières et légales d'une montée en puissance de la production en temps de crise (organisation, matières premières et composants …) pour garantir une capacité de production en masse de drones/MTO incorporant les dernières innovations. Dimensionner les stocks uniquement pour les exercices de temps de paix, ainsi que pour « tenir » au début du conflit le temps nécessaire à la montée en cadence de la production.

Pour stimuler la structuration de cette BITD, le GT propose :

- Mettre en place une organisation adaptée au sein du MINARM (DGA/EMA) pour piloter avec efficacité ces projets atypiques parmi les programmes d'armement ;
- Mettre en place un « pacte drone défense » entre le MINARM et la filière des drones aériens/MTO de moins de 150kg, représentée par le GICAT et l'ADIF, associations professionnelles représentatives, pour qu'un vrai pilotage de celle-ci s'instaure au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels (un des avantages de passer par les filières professionnelles est que cela facilite la déclinaison pour l'État), doublé de mesures concrètes d'accompagnement et de soutien à celle-ci ;
- Créer un label « drones de confiance » comme inscrit dans la LPM et selon une procédure pilotée par la DGA (confiance dans le fabricant et dans le système : fiabilité, sécurité des informations, …) ;
- Poursuivre une politique active mais sélective de commande publique, sans vouloir jouer au « mécano industriel ». Les membres du GT savent que cela signifiera la disparition de certains acteurs, le développement d'autres selon la loi du marché, politique qu'ils acceptent ;
- Atteindre en fin de LPM un montant annuel des ressources allouées aux drones/MTO de moins de 150kg de 250 M€ (170M€ pour les acquisitions, 60M€ pour la R&D, 20M€ pour la maîtrise de la souveraineté industrielle).

Dans le détail, le présent rapport contient 20 propositions. Le GICAT et l'ADIF sont à la disposition du MINARM pour approfondir les propositions faites. La formule de travail ce GT ayant rencontré une large adhésion auprès des adhérents GICAT et ADIF, il va poursuivre ses travaux sur l'année 2024, en approfondissant certains sujets qui n'ont pu être complètement traités comme les interfaces ou l'intégration des drones sur véhicules.

Recommandations du groupe de travail

Recommandation n°1	**Une feuille de route R&D nécessitant des investissements considérables, une approche collective et structurée de type filière industrielle gouvernement/industrie est indispensable pour pouvoir disposer des briques clefs pour cette filière des drones/MTO de moins de 150kg.** **Il est proposé la mise en place d'un COmité de concertation Drone Militaire France, couvrant les drones et MTO de moins de 150Kg, le CODM150, dispositif de concertation Gouvernement/Filière industrielle Drone, permettant de s'accorder et gérer une feuille de route stratégique R&D.**
Recommandation n°2	**Le GT recommande ainsi de poursuivre ses travaux en 2024 pour :** **• Réaliser une étude plus détaillée avec la DGA pour construire une feuille de route « production industrielle » drones/MTO de moins de 150kg afin de garantir l'autonomie stratégique de la France dans ce domaine au niveau adéquat ;** **• Mener une réflexion sur l'intérêt d'un GIE pour mettre en commun les moyens et expertises des différents acteurs ;** **• Étudier la possibilité du lancement d'un appel à projet « souveraineté industrielle » commun DGA/France 2030 pour permettre d'avoir en France des sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone ;** **Les premières technologies à analyser pourraient être notamment : les moteurs *brushless*, les batteries, les calculateurs IA embarqué… Les travaux pourraient se traduire par la mise en place d'un outil de production et/ou d'essai mutualisé via un GIE.**
Recommandation n°3	**La France doit déclarer drones et MTO comme systèmes de souveraineté afin qu'elle puisse maintenir son autonomie stratégique en imposant des conditions de localisation géographique de la conception et/ou production de certains composants ou l'assemblage de drones/MTO.**
Recommandation n°4	**Jurisprudence CAESAR : encourager la prise de risque et l'innovation chez les industriels en menant une politique dynamique de soutien aux matériels développés sur fonds propres par l'acquisition de petites séries symboliques à des fins d'expérimentation et qui permettrait à l'industriel de bénéficier du SOUTEX.** **Étudier la possibilité de faire évoluer le CCP pour élargir les possibilités d'application de cette orientation, qui pourrait d'ores et déjà être mise en œuvre avec simplement une volonté « politique ».**
Recommandation n°5	**Privilégier les achats sur étagère même s'ils ne satisfont pas tout à fait le besoin en :** **• vérifiant par des tests sur site étatique la réalité du caractère « sur étagère » du matériel et qui soient un critère éliminatoire avant même le dépouillement des offres financières ;** **• ayant recours à un processus de contractualisation qui permette de s'assurer que le besoin s'adapte autant que possible aux équipements disponibles et non l'inverse.**
Recommandation n°6	**Passer, pour répondre à la demande exprimée par la LPM, un marché ouvert à tous les services de l'Etat, de type accord cadre multi attributaires, pour les achats sur étagère de drones de moins de 50kg répondant à un cahier des charges précis les rendant éligibles à être mis en œuvre par l'administration française.** **Même si elle ne passe pas le marché, la DGA devra garder la responsabilité de sélectionner les matériels qui pourront candidater pour figurer dans ce marché, via notamment une labellisation « *Approved for French army use* ». Cette politique de sélection devra être rigoureuse pour contribuer à la consolidation de la BITD.**

Recommandation n°7	**Passer d'une logique d'application stricte du CCTP à une logique systématique d'ITP (*Intention To Proceed*) ou ATP (*Autorisation To Proceed*) tout en respectant la notation initiale de l'appel d'offre.**
Recommandation n°8	**Préparer dès le temps de paix le temps de guerre avec le systémier en :** **• Maintenant l'outil de production opérationnel ;** **• Prévoyant dès le contrat temps de paix, des dispositions pour commander des matériels supplémentaires en temps de guerre/crise, avec des délais et des cadences qui auront été prédéfinis, en prévoyant si besoin un élargissement de la base industrielle de production ;** **• Étudiant, voire développant, dès le temps de paix et, idéalement soit dès la conception, soit à l'issue du développement du système de drones considéré, une version simplifiée/bas coût/consommable temps de guerre, ou même en concevant le matériel en ce sens ;** **• Intégrant l'export, à la fois au niveau de ses contraintes, mais aussi de ses opportunités.**
Recommandation n°9	**En matière de drones/MTO de moins de 150Kg, pour aider à structurer et soutenir notre BITD, il faut remettre à plat nos stratégies et méthodes d'acquisition en :** **• Revoyant les modes de contractualisation pour être plus réactif et réduire l'ensemble des délais, que ce soit pour les achats sur étagère ou avec des développements ;** **• Privilégiant des commandes plus fréquentes sur des séries plus limitées de matériels ;** **• Dimensionnant au plus juste les stocks en temps de paix, mais prévoir dès le temps de paix les conditions industrielles d'une montée en puissance rapide de la production en temps de guerre ;** **• Privilégiant les achats sur étagère de matériels répondant à nos impératifs nationaux d'autonomie stratégique et de souveraineté nationale ;** **• Favorisant l'innovation en :** **o Achetant une petite série de matériels novateurs à des fins d'expérimentation quand un industriel les a développés sur fonds propres, même s'il ne répond pas à un besoin avéré, (jurisprudence CAESAR) ;** **o Mettant en place une politique active multifacettes de R&D sur des briques technologiques clairement identifiées comme prioritaires et spécifiquement militaires en profitant de tous les dispositifs/financements existants.**
Recommandation n°10	**L'État doit faciliter la consolidation de la BITD pour faire émerger 2-3 champions nationaux multisegments :** **• Via une politique active de soutien à l'industrie par la commande de produits autant que possible sur étagère ;** **• En laissant jouer la loi du marché sans succomber à la tentation de jouer au mécano industriel : les industriels dont les produits sont commandés en grande série se développent et les autres disparaissent ou sont rachetés ;** **• En revoyant à la hausse les montants prévus dans la LPM pour ce segment pour être en cohérence avec la concurrence au niveau mondial.**
Recommandation n°11	**Mettre en place un « pacte drone défense » entre le MINARM et la filière représentée par le GICAT et l'ADIF, associations professionnelles représentatives, pour qu'un vrai pilotage de celle-ci s'instaure au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels.** **Un document de référence sur la structuration de la filière drones/MTO de moins de 150kg pourrait être rédigé dans ce cadre et une conférence/salon/manifestation annuelle (dont la 1ère édition pourrait être inaugurée par le ministre).** **Le CODM150 (recommandation n°1) pourrait s'inscrire dans ce pacte.**

Recommandation n°12	**La DGA devrait :** **• désigner un interlocuteur de haut niveau en son sein en charge de coordonner toutes les questions drones et robotique ;** **• renforcer ses compétences techniques dans le domaine pour jouer pleinement à la fois son rôle d'architecte technique en plus de celui d'architecte du système de défense.**
Recommandation n°13	**Poursuivre les travaux en 2024 dans le cadre du GT, notamment sur les interfaces internes non encore traitées en :** **• Procédant à une évaluation technique des solutions en se basant sur une méthodologie cohérente des études sur les standards en cours telles que SHEPHERD par exemple ;** **• Dédiant un autre GT ou workshop à certains sujets demandant à être approfondis en itération directe avec les utilisateurs finaux, notamment sur les aspects GCS/IHM ;** **• En organisant avec la DGA un ou des workshops dédiés à la question de ces interfaces internes pour permettre une décision collégiale BITD-DGA sur les standards à privilégier. L'objectif sera :** **o de définir une base commune à l'ensemble de la BITD des interfaces connues et reconnues ;** **o d'en identifier les standards applicables.**
Recommandation n°14	**Améliorer le partage d'information entre les acteurs étatiques et industriels de la navigabilité avec :** **• La diffusion par l'État d'une synthèse de la réglementation sur les drones militaires et d'État et les possibilités qu'elle offre ;** **• La mise en place d'une réunion d'échange annuelle avec les différents acteurs ;** **• En associant les acteurs de la DGAC à ces échanges, notamment dans l'optique de contribuer à faire évoluer la réglementation civile.**
Recommandation n°15	**Le MINARM doit s'investir sur ce dossier des zones d'essais et champs de tir drone en :** **• Se rapprochant des centres d'essais civils et de la DGAC pour élaborer une politique nationale cohérente en matière de moyens d'essais drones, condition indispensable si l'on veut une BITD drone française forte, et de manière plus générale une industrie française du drone forte. Cette politique devrait :** **o Définir une répartition des rôles/tâches/missions entre centre d'essais étatiques et privés ne serait-ce que pour éviter des concurrences stériles ;** **o Définir quel soutien (financier, technique, zones aériennes…) le MINARM peut apporter à des centres civils pour qu'ils puissent réaliser des activités d'essais au profit de la BITD (éventuellement par le biais de conventions) ;** **o Évaluer l'opportunité d'un grand centre d'essais drones à l'instar de celui du DLR. Une attention particulière devra être portée aux capacités d'essais de brouillage dont l'importance dans une guerre moderne a été démontrée lors du conflit ukrainien.** **• Établissant un cadre et des procédures permettant de classer aéronefs d'État des drones industriels lorsque les besoins d'essais le nécessitent.** **• Établissant une cartographie des moyens et zones d'essais MINARM qui peuvent être mis à la disposition des industriels et définir les conditions pour que ceux-ci puissent en bénéficier d'un usage gratuit, ce qui constituerait une preuve concrète de soutien à la filière. Un POC unique devra être identifié côté MINARM pour traiter les demandes de zones d'essais étatiques. Le SEEAD gagnerait à être associé à la démarche au côté de la DGA.**

Recommandation n°16	**Afin d'instituer d'ici fin 2024 un « dispositif de distinction de drones de confiance » tel qu'exigé par la LPM 2024-2030, il est proposé de confier à la DGA l'attribution d'un « label de confiance » aux fabricants :** **(i) implantés dans un « Pays de Confiance » (siège et contrôle effectif au niveau groupe) ;** **(ii) capables de démontrer une conception, voire une fabrication, entièrement réalisée dans un « Pays de Confiance ».** **Le label pourrait également exiger le respect de critères techniques, notamment pour garantir l'intégrité des logiciels embarqués sur le drone et sa télécommande. Ce label, attribué à un industriel, pourrait ensuite être décliné aux produits de sa gamme sous un label « *French government approved* ».** **En complément du label, il est recommandé d'imposer dans les consultations ou appels d'offres du MINARM des exigences portant sur tout ou partie des fonctions de sécurité SSI décrites en annexe 7.** **Ce label, conformément à la LPM, serait obligatoire pour qu'un drone puisse être acquis par un service exerçant des fonctions régaliennes ou de sécurité (défense, sécurité intérieure, sécurité civile, pompiers etc.).**
Recommandation n°17	**Mettre en œuvre un plan d'entraînement drone d'ensemble au niveau de l'armée de Terre pour accompagner la montée en puissance des drones au sein de celle-ci, avec notamment :** **• La création d'unités disposant d'une dotation complète en drones et MTO (FORAD et régiments pilotes) ;** **• La montée en puissance rapide des moyens matériels dédiés à l'entraînement (infrastructures et drones d'entraînement).**
Recommandation n°18	**Réfléchir à intégrer dans les plans réserve de l'Armée de Terre, à la fois un volet matériel « récupération/réquisition » de drones civils pour renforcer les stocks militaires en cas de conflit, et un volet ressources humaines qui viserait à préparer un volant de télépilotes réservistes, réservistes qui pourraient se révéler particulièrement utiles en temps de paix pendant la phase de montée en puissance de l'armée de Terre sur les drones.**
Recommandation n°19	**Pour piloter ces opérations d'armement atypiques d'acquisition de drones/MTO de moins de 150kg, mettre en place une organisation nouvelle au sein de la DGA et l'EMA, qui ne sera pas soumise à la comitologie habituelle des programmes d'armement et qui disposera d'une liberté de décision et d'action plus importante qu'une équipe de programme « classique ».** **Une telle organisation pourrait constituer une expérimentation intéressante dans le cadre du projet Impulsion de la DGA en vue d'accélérer la conduite des opérations d'armement.**
Recommandation n°20	**Adapter la LPM actuelle en matière de drones et MTO de moins de 150kg en prévoyant une feuille de route pluriannuelle avec uniquement par segment des flux financiers, sans forcément identifier un produit en particulier, qui aurait vocation à être remplacé par un produit plus moderne dans les trois ans.** **« Jalonnement » de cette feuille de route d'opérations d'acquisition majeures tous les ans.** **Un montant cible annuel de 250M€ serait à atteindre en fin de LPM pour les drones/MTO de moins de 150kg se répartissant comme suit :** **• 170M€ pour les acquisitions ;** **• 60M€ pour la R&D ;** **• 20M€ pour la souveraineté industrielle.**

Autres propositions et recommandations formulées :

Recommandation hors périmètre mandat GT n°1	**Comme pour les drones, les armées et la BITD françaises doivent se mettre en ordre de bataille pour disposer de systèmes capables de faire face à cette menace des drones/MTO qui sera de plus en plus présente dans les conflits à l'avenir, quelle que soit leur forme.**
Recommandation hors périmètre mandat GT n°2	**La synergie entre les solutions répondant aux besoins MIOM ET MINARM est importante même si des besoins MIOM en particulier sur la sécurité d'usage et la proximité, voire le survol de foules et les règles de type droit à l'image vont imposer dans certains cas des compléments techniques assez ou très spécifiques.** **Il n'y a pas d'acteurs industriels spécialisé MININT au niveau mondial, DJI et Skydio en sont le meilleur exemple.** **Les quantités répondant aux besoins MININT peuvent s'avérer importantes et entrent dans l'équation de compétitivité globale et de développement de la filière Française** **Il est donc recommandé :** • **de mettre en place une concertation MIOM-MINARM avec les industriels, de compléter la feuille de route R&D militaire avec les éléments nécessaires pour répondre au besoin MIOM et de considérer la mise en place d'un label drone de confiance comme aux USA et qui serait une condition nécessaire pour l'achat de drones par le MIOM ;** • **de créer également un organe de concertation MIOM- Industrie avec deux axes principaux : les drones pour sécurité civile et les drones pour un usage de police administrative.** **Il est proposé que ces points fassent l'objet d'une analyse approfondie dans la suite 2024 du GT drone.**
Proposition n°1	**Simplifier les CCTP et passer d'une logique de réception exigence par exigence, à une logique de qualification/EVTO (EValuation Technico Opérationnelle) sur la base de scénarios Opérationnels**
Proposition n°2	**Mettre en œuvre pour les achats de drones/MTO de moins de 150kg sur étagère mais nécessitant une « customisation », une forme de contractualisation agile permettant de notifier un contrat dans un délai d'un an maximum, quitte pour cela à envisager une modification du CCP.**
Proposition n°3	**Recourir au partenariat d'innovation pour préparer les générations post 2030 de drones/MTO de moins de 150kg qui devront faire appel à des technologies innovantes.**
Proposition n°4	**Adapter les modalités d'application de certaines réglementation, pleinement justifiées en temps de paix, au temps de crise.**
Proposition n°5	**Prendre en compte la récupérabilité dans l'analyse de la valeur des drones.**
Proposition n°6	**Prévoir des clauses d'évolutivité dans les contrats drones/MTO.**
Proposition n°7	**Les industriels dronistes peuvent entreprendre les démarches auprès de l'autorité technique pour devenir *design authority* ou *production authority*.**
Proposition n°8	**Il est recommandé la mise en place, par l'État, d'une station universelle de contrôle de drone (GCS) acquise via un partenariat d'innovation ouvert à plusieurs industriels qui devront démontrer que leur station fonctionne avec au moins 3 drones de 3 constructeurs différents, et en impliquant fortement les opérationnels avec leur retour terrain dans le choix.**

Proposition n°9	**Mettre en œuvre un plan de formation drone d'ensemble au niveau de l'armée de Terre pour accompagner la montée en puissance des drones au sein de celle-ci, avec notamment :** **• Un déploiement massif et rapide dans les régiments de PC et de logiciels pour la simulation de drones pour la maintenance et l'emploi ;** **• Insérer dans les logiciels de simulation de combat qui le requièrent, drones, MTO et LAD.**

Table des matières

Executive summary 3
Recommandations du groupe de travail 7
Synthèse 17
1. Introduction 25
2. La situation en France 26
2.1. Doctrine des drones dans l'armée de Terre française en 2023 26
2.2. Équipements actuels des forces françaises 28
2.3. Impact de la LPM 2024-2030 29
2.4. La BITD et l'offre française actuelle en matière de drones 29
2.4.1. La BITD française dans l'industrie mondiale du drone 29
2.4.2. Le marché civil du drone 33
2.4.2.1. Le marché civil du drone dans le monde 33
2.4.2.2. Le marché civil du drone en France 34
2.4.3. Le financement 35
2.4.4. La segmentation du domaine selon l'armée de Terre ou l'industrie 37
2.4.5. L'offre française déclinée selon la segmentation du domaine 40
3. Les enseignements de la guerre en Ukraine 41
3.1. Introduction 41
3.2. Un emploi et une vision des drones de contacts similaires aux nôtres 42
3.3. Un RETEX intéressant sur le capacitaire… 42
3.3.1. Une évolution rapide des technologies et de nouvelles priorités 42
3.3.2. Une lutte anti-drones (LAD) basée en grande partie sur le brouillage 43
3.3.3. Des types de drones variés 45
3.3.4. Des enseignements capacitaires… 46
3.4. … mais aussi sur le plan de l'économie de guerre 47
3.5. La formation à l'emploi des drones, un facteur clé 48
3.6. Un point d'attention la MTO Lancet 49
3.7. Les limites du RETEX Ukrainien 50
3.8. Quelques constats sur le RETEX Ukraine 50
4. Une feuille de route LPM à adapter avec des axes d'effort et de progrès identifiés 51
4.1. Les briques technologiques critiques 51
4.1.1. Définitions 51
4.1.2. Méthodologie : traduction des besoins opérationnels en priorités technologiques 51
4.1.3. Synthèses des besoins 52
4.1.4. Proposition de technologies et sous-ensembles prioritaires 54

4.1.5. Proposition de mise en place d'un dispositif de concertation R&D 57
4.1.6. Capacités de production nationales 58
4.2. La contractualisation 60
4.2.1. Préambule 60
4.2.2. Éléments dimensionnants du contexte Drones/MTO de moins de 150 kg 60
4.2.3. Les drones/MTO un système de souveraineté 61
4.2.4. Encourager l'innovation et la prise de risque chez les industriels 62
4.2.5. Recommandations pour les opérations d'armements avec des systèmes de drones/MTO de moins de 150kg 63
4.2.5.1. Déclenchement d'une Opération d'armement 63
4.2.5.2. Achats « sur étagère » 64
4.2.5.2.1. Les solutions françaises ou européennes sont trop éloignées du besoin : 64
4.2.5.2.2. Solution Française ou européenne existante répondant à au moins 80% du besoin et pouvant probablement être utilisée comme telle 64
4.2.5.2.3. Solution Française ou européenne existante répondant à au moins 60% du besoin et pouvant probablement être utilisée comme telle ou avec customisation 65
4.2.5.2.4. Proposition pour gagner en efficacité sur des achats purement sur étagère 66
4.2.5.3. Achats « sur spécifications » 68
4.2.5.3.1. Procédure 68
4.2.5.3.2. Spécification de besoin 68
4.2.5.3.3. Propositions pour gagner en efficacité sur les achats sur spécifications 69
4.2.5.4. Modalités de transition temps de paix temps de guerre 70
4.2.5.5. Autres propositions pour gagner en efficacité sur les achats de drones/MTO . 72
4.2.5.5.1. Simplification des CCTP et passer d'une logique de réception à une logique de qualification 72
4.2.5.5.2. L'Appel d'Offre drones/MTO réinventé 72
4.2.5.5.3. Recourir davantage au partenariat d'innovation 73
4.2.5.5.4. Adapter la réglementation aux situations de crise 74
4.2.5.5.5. Continuer à adapter la certification aux réalités des besoins, via le nouvel arrêté drones du 24 mars 2023 74
4.2.5.5.6. Récupérabilité 76
4.2.5.5.7. Évolutivité 78
4.3. Une BITD à consolider 78
4.3.1. Constat 78
4.3.2. Propositions 79
4.4. Les interfaces et l'interopérabilité 87
4.4.1. Interfaces Internes 87
4.4.1.1. Liste des interfaces internes considérées 88

4.4.1.2. Description de la méthodologie 89
4.4.1.3. Modèle de description des interfaces internes 89
4.4.1.4. Catalogue des interfaces internes 90
4.4.2. Interopérabilité et interfaces externes 91
4.4.3. Charges utiles pour drones 92
4.4.3.1. Recensement des charges utiles 93
4.4.3.2. Détails de charges utiles et capacités associées 94
4.4.3.2.1. Charges ROIM 94
4.4.3.2.2. Charges ROEM et brouilleurs 95
4.4.3.2.2.1. Charge ROEM pour drone de Groupe 1 95
4.4.3.2.2.2. Charge ROEM ou brouillage pour drone de Groupe 2 95
4.4.3.2.2.3. Charge ROEM et brouillage pour drone de Groupe 3 96
4.4.3.2.2.4. Performances envisageables des charges utiles ROEM 96
4.4.3.2.3. Charges utiles « têtes explosives » 96
4.4.4. Synthèse 97
4.5. La navigabilité 97
4.6. Intégration des drones sur véhicule. 99
4.7. Zones d'essais et champs de tir 100
4.7.1. Préambule 100
4.7.2. Les besoins 101
4.7.3. Les Zones d'essais et d'expérimentations 103
4.7.4. Conditions d'accessibilité et propositions du GT. 105
4.8. Recommandations pour la mise en place d'un label français « Drone de confiance » 107
4.8.1. Les objectifs SSI du « drone de confiance » : 108
4.8.2. Périmètre à protéger pour qu'un drone soit labellisé « de confiance » : 108
4.8.3. Les menaces à considérer 109
4.8.4. Les fonctions de sécurité attendues du « Drone de confiance » 110
4.8.5. Le dispositif de distinction du « Drone de confiance » : 111
4.9. Formation, simulation, entraînement et réserve 113
4.9.1. Les besoins en formation 113
4.9.2. Les besoins en entraînement 115
4.9.3. Réserves 116
4.10. Propositions d'adaptation de la feuille de route LPM 117
4.10.1. Une nouvelle approche de la conduite des opérations d'armement 117
4.10.2. Une feuille de route dynamique 118
4.11. La lutte anti drones (LAD) 122

4.11.1. Enjeux de la LAD sur le territoire national 122
4.11.2. La segmentation des moyens de LAD 124
4.11.3. RETEX du conflit Russo-Ukrainien en matière de LAD 125
4.11.4. LAD mobile, évolutions technologiques et perspectives 127
4.11.5. Conclusion sur la LAD 127
4.12. Synergie MIOM (Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer) 128
4.12.1. Le cadre réglementaire : récent et contraint 128
4.12.2. Besoins 130
4.12.3. L'offre mondiale 132
4.12.4. L'offre française 132
4.12.5. Briques critiques 132
4.12.6. Organisation des achats 133
4.12.7. Drone de confiance 133
4.13. Conclusion 134
ANNEXES 135
Annexe 1 : Mandat du Groupe de travail 137
Annexe 2 : Annexes industrielles 139
Annexe 2.1 : ADIF 140
Annexe 2.2 : ELISTAIR 141
Annexe 2.3 : SCALIAN 142
Annexe 2.4 : SQUADRONE SYSTEM 143
Annexe 2.5 : LRD Simulation 144
Annexe 2.6 : DELAIR 145
Annexe 2.7 : SURVEY COPTER 146
Annexe 2.8 : AERIX 147
Annexe 2.9 : SIMPULSE 148
Annexe 2.10 : PARROT 149
Annexe 2.11 : EXAGONE - RESEAU TERIA 150
Annexe 2.12 : PILGRIM TECHNOLOGY 151
Annexe 2.13 : DIODON DRONE TECHNOLOGY 152
Annexe 2.14 : HIONOS 153
Annexe 2.15 : M3 Systems – Drone BOREAL 154
Annexe 2.16 : CLOUDSKYES 155
Annexe 2.17 : HEXADRONE 156
Annexe 3 : Briques technologiques 157
Annexe 3.1 : Cartographie ADIF 158
Annexe 3.2 : Proposition de Projets 161
Annexe 3.2.1 : Intelligence Artificielle 162
Annexe 3.2.2 : Essaims de drones 164
Annexe 3.3 : Démarche d'industrialisation 165
Annexe 4 : Déroulement possible d'un marché drones/MTO avec développement 169
Annexe 5 : Interfaces internes 171
Annexe 6 : Une réglementation civile désormais inadaptée 175
Annexe 7 : Les fonctions de sécurité attendues du « drone de confiance » 179
Annexe 8 : Guerre dronique info-tactique massive 181
Annexe 9 : Comparatif économico-opérationnel 185
Annexe 10 : Glossaire 187
Annexe 11 : Organismes et industriels ayant participé aux travaux 191

Synthèse

Les récents conflits (Libye, Haut Karabagh, Syrie/Irak, dernièrement Gaza et Yémen/mer Rouge mais surtout Ukraine) ont constitué un tournant dans l'utilisation et la compréhension du rôle des drones aériens et des MTO (munitions téléopérées). Menace polymorphe, employée aussi bien dans des conflits de haute ou basse intensité, symétriques ou asymétriques (où ils apportent même une nouvelle forme d'asymétrisme), drones et MTO occupent désormais une place centrale sur les champs de bataille.

Ceci nous oblige à nous interroger sur la place des drones dans l'arsenal des armées françaises et les capacités de notre BITD à les fournir dans les quantités et délais nécessaires, domaine qui n'était pas une priorité de la France jusqu'à récemment. Dans ce contexte, il est donc apparu important au GICAT (Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres) et à l'ADIF (Association du Drone de l'Industrie Française) de mettre en place un groupe de travail (GT) pour proposer une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire centrée sur les **drones aériens et les MTO[2] de moins de 150 kg destinés à l'armée de Terre**.

L'Ukraine, un tournant dans la perception des drones

Lors de conflits précédents (Libye, Haut Karabagh), le potentiel des drones et MTO avait déjà été pressenti, mais c'est à l'occasion de l'invasion russe de l'Ukraine que leur plein potentiel a été démontré. Il y aura clairement, en matière d'emploi des drones et des MTO, un avant et un après le conflit ukrainien. C'est le premier vrai conflit de haute intensité mettant aux prises deux forces de capacités technologiques équivalentes depuis la guerre du Golfe de 1991. Bien qu'il soit toujours en cours, et qu'il présente sans doute des spécificités uniques, de nombreux enseignements peuvent en être tirés. Parmi ceux-ci, un des plus importants est sans aucun doute l'omniprésence sur le champ de bataille des systèmes de drones et de munitions téléopérées qui amènent à reconsidérer les doctrines et tactiques du combat aéroterrestre. Certains considèrent même que les drones ont désormais remplacé les blindés comme force dominante du champ de bataille. Les conditions du conflit dans sa phase actuelle sont certes particulières (guerre de position/d'usure), mais il ne fait que peu de doute que la physionomie des conflits à venir, que ce soit une guerre asymétrique (type Afghanistan ou Barkhane) ou une guerre de haute intensité « fluide » (type première phase du conflit ukrainien) sera profondément affectée par ces nouvelles armes.

Autre enseignement majeur dispensé par ce conflit : la nécessité d'être capable de faire basculer l'industrie (civile et militaire) dans un nouveau modèle de fonctionnement dit « d'économie de guerre » pour faire face aux demandes colossales de matériels dans un conflit de haute intensité. Cela concerne tout particulièrement les drones aériens et les MTO car, outre l'aspect purement « quantitatif » (des milliers de drones à produire par mois), se rajoute une dimension « technologique », avec un tempo d'évolution des technologies entre drones/MTO et LAD (Lutte anti-drones) imposant une évolution rapide des matériels (classe 3 à 6 mois).

L'armée française et la guerre des drones

Les Forces françaises seraient-elles aujourd'hui capables d'affronter sur le terrain un adversaire au « standard » ukrainien ou russe utilisant massivement des drones tactiques et MTO ? Il est tentant de répondre non à cette question car l'armée française dispose aujourd'hui de capacités restreintes dans ce domaine, pour deux raisons principales :

- Des équipements limités dans de multiples segments drones et MTO, aussi bien quantitativement que qualitativement. En effet, la France accuse aujourd'hui sur le plan industriel un retard important comparé à certains de ses voisins européens (comme l'Allemagne), et pire encore, capacitaire face à des adversaires potentiels, du fait principalement d'une BITD drone/MTO qui n'est ni structurée, ni pilotée, et de politiques d'acquisition inadaptées pour ce type de matériels ;

[2] Les MTO ont été intégrées à cette étude avec les drones de moins de 150kg, car globalement, mis à part pour ce qui est de leur charge militaire pyrotechnique, leurs problématiques et technologies sont similaires à celles de cette famille de drones.

- Un volume de formation d'opérateurs de drones légers dans les unités de combat à parfaire (en cours de résorption), et une acculturation des cadres à la maîtrise des capacités de ces armes à poursuivre ;
- Une armée française qui n'est pas encore prête à un emploi en masse de ces matériels, faute d'équipements en service (équipements d'ailleurs souvent livrés avec du retard dès qu'il faut faire un développement), mais aussi à cause d'une révolution culturelle qui vient seulement de débuter pour intégrer pleinement les drones et les MTO dans les unités de combat.

Ce constat, sévère au premier abord, est toutefois à nuancer :

- Un corpus doctrinal complet est en place, une volonté existe à la tête de l'armée de Terre de monter en puissance dans le domaine et des actions en ce sens sont lancées avec notamment des livraisons importantes de mini-drones dans les unités et de nouveaux programmes/projets lancés ou sur le point de l'être ;
- Surtout le modèle d'armée française ne repose pas que sur les drones (contre lesquels des parades relativement simples émergent (LAD, brouillage, grilles de protections pour blindés, etc.)). Sans aller jusqu'à évoquer la dissuasion ou la complémentarité avec nos alliés, le panel de nos capacités dépasse largement ce qu'une large palette de modèles de drones ou de MTO pourrait nous offrir.

Mais pour que le « *volez comme vous tirez* » voulu par le CEMAT devienne réalité, un long chemin reste à parcourir. Certes, les matériels commencent à être livrés en quantité dans les régiments mais beaucoup de ceux-ci peinent encore à en exploiter pleinement le potentiel, faute notamment d'en maîtriser les modalités et contraintes réglementaires d'emploi qui sont spécifiques. Or, comme l'a montré le conflit ukrainien, dans l'emploi des drones et MTO, l'une des difficultés majeures est non seulement la formation des opérateurs qui représente à elle seule un défi, mais aussi et surtout la maîtrise des capacités de ces armes par les cadres et personnels travaillant avec ou confrontés à ceux-ci.

Pour avancer plus vite et dans le cadre d'un plan de formation/entraînement drones global, il est proposé que l'armée de Terre constitue le plus rapidement possible des unités entièrement « dronisées », c'est à dire avec une dotation complète en drones/MTO (MTO inertes/simulées dans un premier temps) :

- Un régiment pilote par fonction opérationnelle pour appréhender concrètement ce qu'est l'emploi des drones dans une grande unité au quotidien, affiner le corpus doctrinal, identifier les problématiques qui ne peuvent être détectées que lors d'un emploi à une grande échelle de ces systèmes, et irriguer de ce retour d'expérience les autres unités de l'armée de Terre ;
- Une unité FORAD (FORce ADverse) représentative d'un ennemi qui serait arrivé à maturité dans le domaine de l'emploi des drones et MTO, pour préparer les unités à un conflit de haute intensité.

Pour l'aider à monter en puissance durant cette période de transition, l'armée de Terre pourrait recruter des opérateurs de drones civils comme réservistes. Cette campagne de recrutement pourrait s'appuyer sur les retombées médiatiques du conflit ukrainien, avec notamment le concept « *army of drones* » que l'on peut voir comme la version 21ème siècle de la levée en masse de la Révolution. Cela permettrait de pallier partiellement certains problèmes d'effectifs en disposant rapidement de professionnels formés et cela s'inscrirait également dans les objectifs affichés de doubler les effectifs de réservistes.

Spécificités de l'industrie des drones/MTO de mloins de 150kg et son caractère stratégique

Il convient de souligner à ce stade les spécificités de ce secteur industriel par rapport à celui des systèmes d'armes traditionnels qui est la « chasse gardée » des grands groupes de défense et qui se concrétise en France par de grands programmes d'armement :

- Assise technique, technologique, et volume de production essentiellement tirés par un marché civil notamment de loisir ;
- Forte dépendance à des composants venus de l'étranger (batteries, moteurs électriques, micro-caméras, ...), notamment des USA et de la Chine ;
- Dynamique de mise à jour fonctionnelle et matérielle ainsi que de renouvellement des gammes de la classe 2-3 ans (voire beaucoup moins en temps de guerre, par exemple pour certains sous-systèmes soumis par exemple à la guerre électronique comme les systèmes de liaison de

données, de positionnement, …), imposant de renouveler régulièrement ses parcs pour coller à l'état de l'art et des évolutions très rapides des technologies civiles ;
- BITD française faite de nombreuses startup, PME et ETI ;
- Concurrence internationale qui semble ne connaître aucune limite : on peut trouver des acteurs industriels dans quasiment tous les pays, même si beaucoup ne sont que des intégrateurs de composants étrangers. Ce qui montre que la barrière à l'entrée est relativement basse et donc cette technologie est accessible à des pays que l'on n'attendait pas forcément (cf. Gaza et le Yemen) ;
- Leadership Chinois, Américain et Israélien avec notamment la société chinoise DJI qui est leader incontesté sur le marché des loisirs mais aussi du professionnel civil et gouvernemental (applications force de l'ordre, sécurité civile...), ce qui lui donne une échelle de production sans équivalent et donc un énorme avantage compétitif.

Il serait tentant de considérer cette BITD comme une BITD « mineure » alors que ce n'est simplement qu'une BITD qui opère selon des paradigmes radicalement différents. Or, ce qui se joue au travers de cette BITD, c'est le futur du combat aéroterrestre. La robotisation du champ de bataille pourrait en effet s'avérer être une rupture du même ordre que celle de la mécanisation prêchée par des visionnaires comme le général de Gaulle durant l'entre-deux guerres. L'Armée de Terre compte aujourd'hui 100 000 hommes et 5 000 drones. Peut-être que dans 20 ans, elle pourrait, grâce à l'autonomisation, présenter un format de 50 000 hommes, 50 000 drones et 100 000 robots terrestres. Les Etats-Unis, la Chine développent des projets de robotisation/dronisation massive, ce qui semble être une tendance de fond inéluctable pour toutes les nations disposant d'une force de défense, comme cela peut déjà être observé en Ukraine. Pour se défendre contre l'invasion russe, l'Ukraine veut produire 1 million de drones en 2024, pour une armée d'un million d'hommes. Cette robotisation/dronisation du champ de bataille est une tendance de fond inéluctable, ne serait-ce que de par les difficultés de recrutement et d'acceptation des pertes humaines de nos sociétés. Cela touchera toutes les facettes du combat : terrestre, aérien ou naval. La France ne peut pas, si elle veut rester une puissance militaire technologique de premier rang, faire une impasse sur la BITD drone. Il faut notamment que nous affichions les drones, les MTO, et leurs écosystèmes, comme un système de souveraineté, afin de favoriser son développement et ainsi garantir notre autonomie stratégique dans la durée.

<u>Une politique de R&D ambitieuse à mettre en place</u>

Les « petits » drones, même à très faible coût comme ceux grand public du fabricant chinois DJI, peuvent être des systèmes techniques complexes nécessitant, si l'on veut qu'ils soient performants, de développer des briques technologiques élémentaires (communications, capteurs ou composants de capteur, fonctions de vol…) impliquant des investissements importants. Ceci est indispensable si l'on souhaite être en capacité de proposer des drones performants tout en étant compétitif sur ce marché mondialisé. Cela n'est atteignable qu'au travers d'effets d'échelle/de volumes importants, imposant une ouverture à l'export. Les réflexions menées en France dans le cadre de la préparation de la LPM, le RETEX du conflit ukrainien et les orientations connues des USA dans le domaine, permettent de définir les besoins avec un bon niveau de confiance, et d'en déduire les priorités, tout en analysant ce qu'il faut maîtriser en France.

Face à la complexité et aux coûts de développement très élevé de ces technologies, même en se limitant à celles purement militaires, une approche collective filière industrielle/gouvernement est indispensable. Il est proposé comme solution la mise en place d'un dispositif de concertation Gouvernement/Filière industrielle drone militaire, dont les principes de fonctionnement seraient inspirés du CORAC aéronautique, permettant de s'accorder sur une liste de technologies clefs et de gérer une feuille de route stratégique R&D.

Par-delà les capacités de R&D, il faut également disposer de moyens industriels capables de produire les matériels en quantités très importantes et mobilisables sur demande pour satisfaire les besoins en cas de crise, ce qui nécessite de résoudre de multiples points durs industriels. Aussi il est proposé de réaliser une étude avec la DGA pour construire une feuille de route « production industrielle » drones/MTO de moins de 150kg afin de garantir l'autonomie stratégique de la France dans ce domaine. Il est également proposé d'étudier la possibilité du lancement d'un appel d'offres « souveraineté industrielle » à travers

le guichet France 2030, en complément de Première Usine qui n'est pas ouvert aux grands groupes même en partenariat, pour permettre d'avoir en France des sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone. Les premières technologies à analyser pourraient être notamment les moteurs *brushless*, les batteries et les calculateurs IA (Intelligence Artificielle) embarqués. Les travaux pourraient se traduire par la mise en place d'un outil de production et/ou d'essai mutualisé via un GIE.

Navigabilité et zones d'essais

Le cadre réglementaire lié à la navigabilité est souvent perçu comme un frein au développement de la filière drones militaires, alors que la réglementation spécifique aux drones d'État permet une souplesse importante. Les travaux du GT ont montré qu'une meilleure communication entre les acteurs étatiques et industriels permettrait d'améliorer significativement les choses (diffusion de notes explicatives, réunion de concertation annuelle, meilleure implication de la DGAC).

La capacité à conduire des essais de drones dans de bonnes conditions en France est insuffisante même si de nombreux centres d'essais drones civils à capacité duale se sont développés (mais sans coordination réelle) et que pour les « petits » drones, la plupart des constructeurs ont leur propre zone d'essai privée, qui convient tout à fait à l'usage actuel (essais quotidiens et gratuits à proximité immédiate des locaux du constructeur). Condition indispensable si l'on veut une BITD drone française forte, le MINARM doit s'investir sur ce dossier avec la DGAC pour élaborer une politique nationale cohérente en matière de moyens d'essais drones. Il doit aussi établir un cadre et des procédures permettant de classer « aéronefs d'État » des drones industriels s'ils ont une vocation Défense lorsque les besoins d'essais le nécessitent et établir une cartographie des moyens et zones d'essais MINARM, avec un axe d'effort particulier concernant les essais en ambiance de brouillage. Si cette problématique n'était pas prioritaire dans les guerres asymétriques contre le terrorisme menées la France au cours des 20 dernières années, elle l'est désormais au vu du RETEX Ukraine.

Une conduite des programmes d'armement « drones/MTO » à adapter

Si la France a pris du retard dans l'équipement de ses Forces en drones et MTO, cela est certes dû à un manque de vision stratégique, tant au niveau étatique qu'industriel sur l'évolution des drones, que ce soit en termes de technologie ou d'emploi opérationnel. Mais il y a eu surtout des séquences de prises de décision trop longues couplées avec des procédures d'acquisition inadaptées à ce type de matériel dont la technologie évolue très vite, sans oublier une allergie au risque tant côté administration que chez beaucoup d'industriels, ce qui n'encourage ni la créativité, ni l'innovation.

En fait, l'erreur qui a été commise jusqu'à présent a été d'avoir une approche trop cartésienne en voulant faire rentrer ces matériels dans le moule de l'instruction 1618 sur la conduite des opérations d'armement, inadaptée pour ces matériels au cycle d'évolution technologique très rapide. Les drones et MTO de moins de 150kg n'obéissent pas à la fameuse courbe en « V », car il faut avant tout s'assurer de la capacité d'intégrer rapidement l'état de l'art sur ces matériels. Cela passe plutôt par la standardisation, des expérimentations pour affiner le besoin et juger de l'adéquation du produit avec celui-ci. Plutôt que de parler de conduite des programmes d'armement, il faudrait parler de stratégie d'armement, car il y aura des cas où il faudra faire du développement (nouvelles briques technologiques) et d'autres où il faudra prendre de l'existant. Le GT propose donc :

- D'acheter en utilisant des procédures à courts délais de passation et/ou en recherchant des formes de contractualisation innovantes, et régulièrement (idéalement, une opération d'acquisition drones/MTO majeure tous les ans) des séries plus limitées de matériels ;
- En dehors de quelques programmes d'armement pour des drones/MTO de moins de 150kg répondant à des exigences particulières (ex : modularité, certification, emploi métier...), de privilégier au maximum les achats de matériels sur étagère français (ou répondant à nos impératifs de souveraineté nationale via par exemple des capacités garanties de production sous licence en France). Des accords-cadres permettant de commander rapidement tous types de drones disponibles sur étagère pourraient être mis en place en s'inspirant de marchés déjà existants ;
- D'encourager les industriels à développer, de leur propre initiative et sur fonds propres, des équipements novateurs, même s'ils ne répondent pas à un besoin clairement exprimé, en

définissant les conditions permettant d'en commander, à la fin de son développement, une petite série à des fins d'expérimentation pour en évaluer le potentiel opérationnel et donner accès à un label « *French army used* » qui facilitera l'export et donc des baisses de coûts/prix par effet d'échelle ;

- De prévoir dès le temps de paix les conditions industrielles, financières et légales d'une montée en puissance de la production en temps de crise (organisation, matières premières et composants…) pour garantir une capacité de production en masse de drones/MTO incorporant les dernières innovations. Dimensionner les stocks uniquement pour les exercices de temps de paix, ainsi que pour « tenir » au début du conflit le temps nécessaire à la montée en cadence de la production ;
- De mettre en place une organisation adaptée au sein du MINARM (DGA/EMA) pour piloter avec efficacité ces projets atypiques parmi les programmes d'armement.

Sur tous ces thèmes, le GT a formulé dans son rapport des propositions détaillées et concrètes qui peuvent être mises en œuvre dès aujourd'hui. Celles-ci respectent de manière générale les règles de la commande publique, même si, dans certains cas, il semble nécessaire d'étudier l'opportunité de les faire évoluer à la marge.

Mettre en place les conditions pour que cette BITD se structure

L'un des plus grands challenges à relever concerne la structuration de cette BITD, qui est aujourd'hui morcelée pour ne pas dire atomisée entre :

- Des grands groupes industriels de Défense en recherche de positionnement sur ce marché ;
- De multiples PME-PMI dont la plupart n'ont pour l'instant pas atteint une taille critique ;
- Un seul acteur de classe mondiale en termes de volume mais sur une gamme réduite, Parrot, qui a acquis cette position sans avoir eu besoin de se reposer sur le marché français et ses contraintes.

Si la situation reste en l'état, la France risque de se retrouver à terme avec une dépendance étrangère dans ce domaine stratégique. Pour éviter cela, il faut donc mettre en place une vraie politique industrielle qui oriente cette filière et qui couvre l'ensemble des problématiques : capacitaires, technologiques, industrielles et financières. Il faut ainsi changer de paradigme et aborder le problème différemment, et c'est dans ce sens que vont les propositions du GT :

- Créer un label « drones de confiance » comme inscrit dans la LPM et selon une procédure pilotée par la DGA ;
- Mettre en place une politique active de R&D multifacettes sur des briques technologiques clairement identifiées comme prioritaires en profitant de tous les dispositifs existants ;
- Faciliter la consolidation de la BITD via une politique active mais sélective de commande pour soutenir les capacités de production et en encourageant les consolidations industrielles, mais en laissant jouer la loi du marché (les industriels performants et innovants se développeront, les autres disparaîtront) et ne pas succomber à la tentation de jouer au mécano industriel ;
- Aider les startups innovantes du domaine, qui ont beaucoup de mal à trouver des investisseurs, les Etats-Unis, l'Allemagne et l'Angleterre faisant bien mieux que la France dans ce domaine ;
- Atteindre en fin de LPM un montant annuel des ressources allouées aux drones/MTO de moins de 150kg de 250 M€ (170M€ pour les acquisitions, 60M€ pour la R&D, 20M€ pour la maîtrise de la souveraineté industrielle) ;
- Mettre en place un « pacte drone défense » entre le MINARM et la filière des drones aériens/MTO de moins de 150kg, représentée par le GICAT et l'ADIF, associations professionnelles représentatives, traitant des sujets R&D, industriels, capacitaire et ressources humaines à la façon de la gestion des filières de la Direction Générale des Entreprises (DGE). Il permettra l'instauration d'un vrai pilotage au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels (un des avantages de passer par les filières professionnelles est que cela facilite la déclinaison pour l'État), doublé de mesures concrètes d'accompagnement et de soutien, comme un accès facilité à des installations étatiques pour des essais ou un élargissement pragmatique de la notion d'aéronef d'État en contrepartie d'engagements de l'industrie notamment en matière de standardisation. Les enjeux liés à cette dronisation du champ de bataille justifient une telle mesure ;

- Mettre en place une gouvernance de cette politique drone au sein du MINARM, avec notamment un responsable drones/robotique au sein de la DGA et la mise en place d'une organisation adaptée au sein du MINARM (DGA/EMA) pour piloter avec efficacité ces projets atypiques parmi les programmes d'armement, qui sur le principe d'un contrat d'objectifs préalable, disposera d'une liberté de décision et rendra compte de ses travaux uniquement a posteriori.

La LPM prévoit, de manière macroscopique, une feuille de route pour les drones, mais sans rentrer dans le détail, ce qui lui confère une certaine agilité pour permettre une réallocation des crédits en fonction des circonstances. Ce schéma semble tout à fait pertinent au vu de l'évolution rapide des technologies autour des drones/MTO de moins de 150kg. Le GT a donc proposé une feuille de route pluriannuelle par segment, mais sans schéma « rigide » d'acquisition, et respectant les propositions faites dans ce rapport : renouvellement des gammes de produit tous les 2/3 ans, au moins une opération d'acquisition « significative » par an, logique de flux annuels de crédits qui seraient dévolus à ce segment avec une répartition ajustée annuellement de manière réactive en fonction de l'évolution des technologies et des besoins opérationnels.

Conclusion

Le GT estime que la France fait aujourd'hui face à un choix stratégique dans le domaine des drones/MTO de moins de 150kg. Même si elle a des capacités limitées dans ce domaine par rapport à d'autres nations, elle dispose d'atouts certains grâce à une BITD dynamique et a la possibilité de prendre l'ascendant moyennant des efforts raisonnables. Si elle ne le fait pas et continue sur ses errements antérieurs, elle fera alors l'impasse sur un segment de technologie de défense dont l'importance ne va faire que croître à l'avenir. Non seulement elle sacrifiera une BITD pleine de potentiel au profit d'une dépendance subie auprès de fournisseurs étrangers, mais elle mettra nos armées dans une position d'infériorité technico-capacitaire sur un champ de bataille d'un conflit, qu'il soit de haute intensité ou non. Pour relever ce défi, le plus important n'est pas tant la problématique financière que la volonté de le faire.

Ce GT a abouti à la formulation de 20 recommandations principales, concrètes, pragmatiques et réalistes. Certaines d'entre elles sont étroitement liées et permettent de dégager un certain nombre d'idées forces et de priorités :

- Mettre en place des instances de concertation via un « pacte drones défense »entre le MINARM et une filière représentée par le GICAT et l'ADIF, pour qu'un vrai pilotage s'instaure au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels ;
- Consolider et soutenir la BITD :
    - Par une politique active de commande de produits en priorité sur étagère et en mettant en place de nouveaux processus d'acquisition et de conduite de programmes dynamiques et réactifs, intégrant les contraintes de l'économie de guerre et encourageant les industriels à faire des développements sur fonds propres ;
    - En laissant jouer la loi du marché pour faire émerger des champions nationaux de manière « naturelle » sans intervention étatique mais en déclarant drones et MTO comme systèmes de souveraineté afin que la France puisse maintenir son autonomie stratégique dans ce domaine ;
    - En mettant en place une politique de R&D ambitieuse, structurée et concertée ;
    - En mettant en place le dispositif de « drones de confiance » voté dans la LPM ;
- Accélérer la prise en compte des drones dans l'armée de Terre en dotant rapidement et complètement certaines unités de drones et en faisant appel à des télépilotes réservistes ;
- Adapter la LPM actuelle en matière de drones et MTO de moins de 150kg en prévoyant une feuille de route pluriannuelle avec, par segment, des flux financiers, avec un « jalonnement » de celle-ci par des opérations d'acquisition majeures tous les ans. Les montants cibles financiers annuels dédiés aux drones/MTO de moins de 150kg devraient atteindre 250M€ en fin de LPM se répartissant comme suit :
    - 170M€ pour les acquisitions ;
    - 60M€ pour la R&D ;

- 20M€ pour la souveraineté industrielle.

Le GICAT et l'ADIF sont à la disposition du MINARM pour approfondir les propositions faites.

La formule de ce GT ayant rencontré une large adhésion auprès des adhérents GICAT et ADIF, il va poursuivre ses travaux sur l'année 2024, en approfondissant certains sujets qui n'ont pu être complètement traités comme les interfaces ou l'intégration des drones sur véhicules.

Propositions GICAT-ADIF pour une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire pour les drones aériens et munitions téléopérées de moins de 150kg destinés à l'armée de Terre

1. Introduction

Les récents conflits (Lybie, Haut Karabakh, Syrie/Irak, dernièrement Gaza et Yémen/mer Rouge mais surtout Ukraine) ont constitué un tournant dans la perception des drones aériens. Menace polymorphe, employée aussi bien dans des conflits de haute ou basse intensité, symétriques ou asymétriques (où ils apportent même une nouvelle forme d'asymétrisme), drones et munitions téléopérées (MTO) de classe 1 (masse inférieure à 150 kg) occupent désormais une place prépondérante sur les champs de bataille, amenant à reconsidérer totalement la manière dont les combats aéroterrestres[3] doivent être conduits. Introduisant un nouveau système de conflictualité, ils conduisent notamment à repenser les doctrines et les tactiques.

L'impact de ces nouveaux armements sur la conduite des opérations aéroterrestres n'est pas sans rappeler celui de la mitrailleuse sur les champs de bataille de la 1ère guerre mondiale. Lors de conflits précédents (Lybie, Haut Karabakh), le potentiel des drones et MTO avait déjà été pressenti, mais c'est à l'occasion de l'invasion russe de l'Ukraine que leur plein potentiel a été démontré. Il y aura clairement, en matière d'emploi des drones et des MTO, un avant et un après le conflit ukrainien.

Autre enseignement majeur dispensé par ce conflit, la nécessité d'être capable de faire basculer l'industrie (civile et militaire) dans un nouveau modèle de fonctionnement dit « d'économie de guerre » pour faire face aux demandes colossales de matériels dans un conflit de haute intensité de ce type. Cela concerne tout particulièrement les drones aériens et MTO, car outre l'aspect purement « quantitatif » (on parle de milliers de drones qu'il faut produire par mois), se rajoute une dimension « technologique », avec un tempo d'évolution des technologies entre drones/MTO et LAD (Lutte anti-drones) imposant une évolution rapide des matériels (classe 3 à 6 mois).

Ces conflits nous amènent forcément à nous interroger sur la place des drones dans l'arsenal des armées françaises et sur les capacités actuelles de notre BITD à fournir dans les quantités et délais nécessaires des drones performants et économiques. Et donc à réfléchir sur les plans d'actions et moyens qu'il faudrait mettre en place pour garantir cela. Car la France, pays leader de l'aéronautique et précurseur des drones devrait avoir tous les atouts pour réussir.

Dans ce contexte, il est donc apparu important au GICAT (Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres) et à l'ADIF (Association du Drone de l'Industrie Française) de mettre en place un groupe de travail (GT) pour faire des propositions en vue de produire une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire pour les drones aériens et les MTO de moins de 150 kg, prenant en compte, notamment, les enseignements du conflit ukrainien (mandat du GT donné en annexe 1).

Les positions et recommandations affichées dans ce rapport sont uniquement celles des industriels membres de l'ADIF et du GICAT. Des centres de recherches comme l'ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) et l'ISL (Institut de recherche franco-allemand de Saint-Louis), adhérents du GICAT, ainsi que des représentants de la DGA (Direction générale de l'armement) et des armées (EMA (État-major des armées), EMAT (État-major de l'armée de Terre) et STAT (Section Technique de l'armée de Terre)) ont été associés aux travaux. Ils ont pu s'exprimer et ont été écoutés, mais leurs positions ne sont pas forcément reflétées dans ce rapport. Les entités et services du MINARM auront d'ailleurs tout loisir après sa publication de le commenter s'ils le souhaitent.

[3] Voire également aéromaritimes, même si la vraie révolution dans ce milieu viendra peut-être plutôt du côté des drones navals, qui sont totalement hors périmètre des travaux du groupe de travail.

Les membres du GT ont essayé de faire des propositions les plus concrètes et réalistes possibles dans le contexte français, notamment au regard de la loi de programmation militaire (LPM) 2024-2030. **L'étude a été limitée aux drones aériens et MTO de moins de 150kg** (les technologies drones/MTO de cette catégorie étant globalement communes en dehors de la tête militaire), destinés majoritairement à l'armée de Terre. En effet, c'est dans ce domaine que, d'une part, les ruptures technologiques et opérationnelles sont les plus fortes et que, d'autre part, les limites capacitaires semblent les plus importantes. On peut par exemple pointer l'absence de MTO en service aujourd'hui hors Forces Spéciales (FS). Certaines des propositions sont toutefois applicables à des drones plus lourds, ou à d'autres utilisateurs, que ce soit au sein du Ministère des armées (MINARM) ou du Ministère de l'intérieur et des outre-mer (MIOM). La Lutte Anti-Drones (LAD) n'a pas fait l'objet de travaux particuliers, mais il est apparu que celle-ci était indissociable de la problématique drones/MTO et qu'une réflexion et des efforts similaires étaient sans doute à prévoir dans ce domaine.

Certaines analyses ou recommandations peuvent être perçues comme mettant en cause certains organismes ou décisions passées, ce qui n'est pas le cas. L'objectif n'était pas de rechercher des responsabilités, mais d'essayer de faire des analyses aussi objectives et factuelles que possibles pour comprendre les erreurs commises autrefois (qui sont toujours collectives dans les organisations, souvent inefficaces, où les responsabilités sont diluées), et surtout éviter de les répéter à l'avenir.

Compte tenu du délai fixé pour les travaux (1ère réunion du GT en mars 2023 pour publication d'un rapport visé initialement fin 2023), tous les sujets possibles et/ou d'intérêt n'ont pas pu être traités de manière aussi complète et exhaustive que souhaitable. Pour la même raison, il n'y a pas eu de recherche d'homogénéité entre les différents chapitres, ce qui explique des approfondissements variables selon les thématiques. Mais au vu du succès de la démarche parmi les participants aux travaux, le GICAT et l'ADIF ont décidé de pérenniser le GT en 2024, ce qui permettra de traiter ou d'approfondir ces sujets dans les mois qui viennent. Mentionnons parmi ceux-ci : l'intégration drones/MTO sur véhicules, la standardisation des interfaces drones/utilisateurs et systèmes d'information...

2. La situation en France

2.1. Doctrine des drones dans l'armée de Terre française en 2023

Extension du combat dans la 3e dimension, l'emploi des drones aériens constitue un facteur de supériorité opérationnelle. Les drones participent à tous les types de missions, offensives et défensives. Ils permettent d'observer et d'attaquer sur la ligne de front, de chercher, détecter et localiser des cibles dans la profondeur, en zone amie ou derrière les lignes ennemies, et d'avoir une meilleure compréhension d'ensemble du champ de bataille.

L'emploi des systèmes de drones aériens en opérations est défini dans la doctrine interarmées (DIA-3.3.8 – document diffusion restreinte). Cette doctrine distingue les drones de contact, tactiques et de théâtre en fonction de leur portée. Les armées ont adopté fin 2023 une nouvelle classification en trois catégories de drones en fonction de leurs rôles sur le champ de bataille.

Drones du combattant

Les drones du combattant, segments nano et micro drones, sont mis en œuvre par un personnel formé mais non spécialisé, c'est-à-dire dont le pilotage de drones n'est pas le métier premier. Ces drones, qui peuvent s'apparenter à un concept de « jumelles déportées », contribuent également à la masse nécessaire, à la prise d'ascendant et à la résilience, en améliorant notamment l'appréciation de situation. Largement répandus au sein des forces, ils peuvent être classifiés par leurs effets :

- Micro-drone collectif : mission d'observation au profit de tous, dès le niveau section ;
- Micro-drone d'acquisition : micro-drone employé en complément des moyens d'acquisition du niveau observateur d'artillerie ;
- Micro-drone d'éclairage : micro-drone longue portée type aile volante en complément des unités de reconnaissance ;
- Nano-drone : surveillance en discrétion, dès le niveau groupe de combat ;

- Micro-drone d'entraînement : dédié aux besoins en entraînement à un coût inférieur à celui des systèmes déployés sur le champ de bataille, dès le niveau section.
  Hors catégorie drone : munition téléopérées courte portée (MTO CP)

Drones spécialisés :
A l'inverse, le segment des drones spécialisés est servi par un personnel dédié, plus à même de tirer profit des performances des charges utiles. Certaines fonctions opérationnelles ont en effet des besoins spécifiques, portés par des drones de masse inférieure à 150 kg. Il s'agit notamment de capacités de renseignement, d'acquisition d'objectif au profit de l'artillerie, de géographie, de génie et de lutte NRBC. Ces modules spécialisés sont insérés au niveau des groupements tactiques interarmes, des groupements tactiques artillerie, ou des groupements renseignement multicapteurs. La charge utile du drone est alors déterminée par la fonction opérationnelle à servir.
Les type de drones de cette catégorie sont les suivants :

- Multi-capteurs ROIM / ROEM ou RORAD ;
- Mini-drone d'acquisition ;
- Multi-missions : plateforme modulaire pour emploi spécialisé ;
- Hors catégorie drone : munition téléopérées moyenne portée (MTO MP).

Drones du commandement :
Enfin, les drones du commandement, les plus endurants, sont des drones tactiques ou de théâtre qui renforcent les capacités des grandes unités. Ces drones, d'une masse supérieure à 150 kg (donc hors mandat du GT), mènent des actions d'ensemble au profit des niveaux corps d'armée et division. Ils participent au renseignement multi-capteurs, à l'acquisition d'objectifs et à la délivrance des feux de ces niveaux.

Menaces contre les drones :
Augmentant les capacités à tous les niveaux, les drones et leurs opérateurs sont par conséquent des cibles pour les adversaires et ne doivent pas mettre en danger les forces sur le terrain en freinant leur manœuvre. Pour limiter ces vulnérabilités, comme illustré par le RETEX de la guerre en Ukraine, les drones doivent avoir les caractéristiques suivantes :

- Résistance au brouillage des liaisons de données ;
- Navigation sans géo positionnement satellitaire (environnement *GNSS denied*) ;
- Robustesse mécanique et rusticité dans la mise en œuvre ;
- Rapidité de déploiement et discrétion des moyens mis en œuvre pour les opérer.

Menace drones sur les forces :
Face à la menace drones et outre les capacités d'agression citées précédemment, la protection nécessite dissimulation (camouflage sous des filets, limitation des émissions radios…) et vigilance (radars, caméra, détection sonore…).

Intégration dans le système de forces :
Les drones doivent s'intégrer dans les forces terrestres sans les freiner. Les caractéristiques induites sont :

- L'efficacité préservée des charges utiles (pas d'interférence entre la plateforme et les systèmes embarqués) ;
- La connectivité aux systèmes de communication[4] en service (pour faciliter la coordination et raccourcir la chaîne décisionnelle) ;
- Une interface homme-machine (IHM) commune pour faciliter l'apprentissage ;
- L'emploi à partir d'un véhicule pour accompagner une manœuvre mécanisée et surtout rendre mobile les opérateurs dont le segment-sol du drone aurait été détecté par l'adversaire ;
- L'intelligence embarquée pour assister l'opérateur et diminuer sa charge cognitive ;
- La faible empreinte logistique ;
- La facilité de soutien logistique (transport, énergie, maintenance).

[4] La question qui se pose est celle de la caractérisation du comportement des drones si rupture de communication : *Return to Home*, mise en attente de retour de contact, poursuite de la mission en mode autonomie, etc.

2.2. Équipements actuels des forces françaises

En 2023, l'armée de Terre est équipée des drones suivants[5] :

- Segment drones du combattant : Black Hornet 3, PARROT ANAFI, NX 70 et drones du commerce pour l'entraînement. Ils ont été achetés via un marché de la DGA ou de l'Union des Groupements d'Achats Publics (UGAP) ou encore via un marché DMAé (Direction de la Maintenance Aéronautique) ;
- Segment drones spécialisés : SMDR (renseignement et artillerie) et eBee X (géographie) ;
- Segment drones du commandement : SDT Patroller (début 2024).

Au niveau opératif et stratégique, l'armée de l'Air et de l'Espace met en œuvre le Reaper MQ-9 à l'échelle d'un théâtre des opérations (plusieurs milliers de kilomètres).

Les problèmes auxquels est confrontée aujourd'hui l'armée de Terre française sont de deux ordres :

1) Tout d'abord des capacités drones/MTO restreintes dans de multiples segments malgré la multiplication par 4 depuis 2020 du nombre de drones en service au sein de l'armée de Terre, aussi bien quantitativement que qualitativement :

- Pas encore de MTO en service (entre autres raisons par absence d'offre nationale), ni de drones tactiques légers capables d'opérer à une centaine de km dans la profondeur d'un champ de bataille de haute intensité ;
- Des drones disponibles aujourd'hui en quantité limitée dans les régiments (compte tenu notamment du coût unitaire des systèmes), ne leur permettant ni de s'entraîner dans de bonnes conditions (ce qui a notamment amené à acheter des drones de la gamme civile pour suppléer le manque de drones « militaires » mais qui crée une problématique d'homogénéité des parcs), ni de faire face à un engament majeur d'unités dans un conflit de haute intensité. Une offre duale (capacité militaire et déclinaison bas/coût civile d'un même drone) permettrait d'accélérer la dronisation des régiments ;
- Des matériels aux performances insuffisantes dans certains segments, du fait notamment de temps trop longs entre l'expression du besoin et les livraisons (délais de contractualisation, aléas de développement...) et d'une offre nationale qui jusqu'à une période très récente était soit absente, soit pas à la hauteur des besoins opérationnels.

2) Une armée de Terre qui n'est pas encore prête à un emploi en masse de ces matériels, faute d'équipements en service certes, mais aussi à cause d'une révolution culturelle qui vient seulement de débuter pour intégrer pleinement les drones aériens et les MTO dans les unités de combat. A cela plusieurs raisons :

- Une mise en œuvre de matériels qui opèrent dans la 3ème dimension, domaine totalement nouveau pour la plupart des régiments, avec une réglementation dédiée, en France comme à l'étranger, à s'approprier ;
- Un effort de formation à poursuivre pour former les milliers d'opérateurs drones nécessaires ;
- Une acculturation à poursuivre au niveau des cadres de toutes les armes pour qu'ils appréhendent pleinement le potentiel offert par ces nouveaux équipements et l'indispensable coordination des acteurs dans la 3ème dimension ;
- Une menace drone dont la prise en compte débute.

Ce constat qui peut sembler sévère est toutefois à relativiser. En effet, le modèle d'armée française, qui est un tout cohérent, ne repose pas que sur les drones (dont différentes parades commencent à émerger (LAD, brouillage, grilles de protection sur le toit des blindés, etc.)). Sans aller jusqu'à évoquer la dissuasion ou la complémentarité avec nos alliés, le panel de nos capacités dépasse largement ce qu'une large palette de modèles de drones ou de MTO pourrait nous offrir et qui manquent par exemple à l'armée ukrainienne, l'obligeant à se « rabattre » sur les drones : hélicoptères d'attaque modernes,

[5] Quantités exactes non précisées car confidentielles.

aéronefs de combat dotés de capacité de frappe dans la profondeur… De plus la France n'est pas aujourd'hui engagée dans une guerre pour sa survie (comme l'Ukraine), ce qui fait que certains arbitrages budgétaires puissent être défavorables à la Défense, ce qui est à la fois frustrant et normal.

Enfin si l'armée de Terre ne dispose pas encore de systèmes FPV, elle mène cependant une veille technologique active dans ce domaine. Elle conduit des travaux de réflexion doctrinale et réalise des expérimentations pour intégrer à terme cette capacité pour certains drones ou pour les MTO.

2.3. Impact de la LPM 2024-2030

La loi de programmation militaire 2024-2030 (LPM 24-30) définit les drones comme un domaine émergent. Les drones font partie des « efforts prioritaires pour les armées du futur ». Alimentés par le 4ème axe prioritaire de l'innovation (10 Md€ pour 10 axes), les drones et robots font l'objet de 5 Md€ de besoins programmés sur la période. Les drones alimenteront des capacités spécialisées à très haut niveau en faible nombre et des capacités légères, évolutives, *low cost* et *low tech* dont les évolutions se feront selon des cycles courts et agiles.

Pour l'armée de Terre, la première capacité sera représentée par des systèmes de drones tactiques armés de type Patroller. La deuxième capacité sera réalisée par des drones de contact et des munitions téléopérées. En 2030, les unités de mêlée seront ainsi équipées de MTO courte portée (classe 10km) et les unités d'artillerie mettront en œuvre des MTO moyenne portée (classe 80km).

La lutte anti-drone fait partie de la posture permanente de sûreté aérienne. L'armée de Terre met en œuvre les défenses nécessaires à ses unités tactiques dans le cadre de la force interarmées de réaction immédiate (FIRI). Elle doit en effet fournir un plot de défense sol-air avec capacité LAD. Dans le cadre d'une force interarmées (FIA), l'armée de Terre doit fournir des moyens complémentaires de drones et de défenses sol-air.

Les objectifs d'équipement des forces terrestres inscrits en LPM 24-30 sont les suivants :

Domaine	Système	2023	2027	2030
Lutte anti-drone (LAD)	Serval LAD	-	12	Au moins 40
	Système PARADE	6	15	15
Défense surface-air (DSA)	DSA terrestre d'accompagnement	-	24 Serval MISTRAL	Au moins 45 Serval TCP
Drones	Système de drones tactiques (SDT) / vecteurs	1/5	5/28 + armement	5/28 + armement
	Munitions téléopérées	0	Au moins 1800	Au moins 1800

Cette LPM permet d'adresser, au moins partiellement, les besoins capacitaires identifiés supra en faisant monter en puissance notre armée de Terre dans le domaine des drones : livraisons importantes de mini-drones dans les unités, nouveaux programmes/projets lancés ou sur le point de l'être (appels à projets Larinae et Colibri, programme Système de Drone Tactique Léger (SDTL), MTO). A cela il faut rajouter une action volontariste du haut commandement de l'armée de Terre en faveur de l'emploi des drones dans les unités (« *volez comme vous tirez* »).

2.4. La BITD et l'offre française actuelle en matière de drones

2.4.1. La BITD française dans l'industrie mondiale du drone

Comme d'autres secteurs industriels, le secteur des drones comprend des fabricants (assembleurs ou fabricants purs) de produits finis, des équipementiers et des systémiers. Le présent paragraphe se concentre sur les premiers et évoque seulement les deux autres qui contribuent tout autant à la capacité française de disposer d'une filière complète et indépendante en la matière.

Il convient avant tout de souligner les spécificités de ce secteur industriel des drones aériens/MTO de moins de 150kg par rapport au secteur des systèmes d'armes traditionnels qui est la « chasse gardée » des grands groupes de défense et qui se concrétisent en France par de grands programmes d'armement :

- Assise technique, technologique, et volume de production essentiellement tirés par un marché civil notamment de loisir ;
- Forte dépendance à des composants produits en grandes quantités et issus des marchés civils, produits pour certains à l'étranger (batteries, moteurs électriques, micro-caméras...), notamment aux USA et en Chine ;
- Dynamique de renouvellement des gammes de la classe 2-3 ans (voire 6 mois en temps de guerre, par exemple pour certains sous-systèmes soumis à la guerre électronique -systèmes de liaison de données, de positionnement …-), imposant de renouveler régulièrement ses parcs pour coller à l'état de l'art et à l'évolution rapide des technologies civiles ;
- BITD française faite de nombreuses petites PME et quelques startups qui sont, pour la plupart, des dronistes intégrateurs et concepteurs de leurs sous-ensembles. Il n'y a pas réellement en France de fabricants de moteurs, de batteries, de calculateurs, de caméras et de capteurs divers mais des spécialistes de charges utiles de mission, de communication, d'inertie et GNSS et des fournisseurs d'avionique ;
- Concurrence internationale qui semble ne connaître aucune limite : on peut trouver des acteurs émergents dans quasiment tous les pays, ce qui montre que la barrière à l'entrée est relativement basse car il est facile d'assembler un drone à partir de composants sophistiqués achetés à l'étranger en suivant des conseils disponibles sur internet ou en bénéficiant de l'aide d'un « sponsor ». Donc cette technologie est accessible à des pays que l'on n'attendait pas forcément[6] ;
- Leadership chinois, avec notamment DJI qui représente 70% du marché. C'est un acteur majeur des marchés civils, aussi bien de loisir et que semi-professionnel, qui leader également pour la sécurité civile et la police et dont les drones sont détournés pour des usages militaires, ce qui lui donne une échelle de production sans équivalent ce qui lui confère un énorme avantage compétitif.

Ceci n'a pas empêché l'émergence de quelques grands acteurs. Les leaders mondiaux du drone aérien militaire ou gouvernemental de moins de 150kg sont des entreprises qui ont des chiffres d'affaires (CA) pour leur activité drone d'au moins 300M€ par an et qui peuvent monter jusqu'à 2 milliards. Six au moins ont été identifiées (hors équipementiers), qui sont américaines, chinoises ou israéliennes :

- Aerovironment (USA) ;
- Skydio (USA) ;
- Teledyne FLIR (USA) :
- Elbit (Israël) ;
- Aeronautics (Israël) ;
- DJI (Chine) : produits civils détournés pour un usage militaire.

Les plus grosses entreprises européennes réalisent elles entre 30 et 50M€ de CA/an :

- Quantum Systems (Allemagne) ;
- Tekever (Portugal) ;
- Schiebel (Autriche) ;
- Edge Autonomy (Lettonie).

Il faut noter que :

- Certains acteurs ont des valorisations dépassant plusieurs milliards de dollars mais ne font pas ou peu de bénéfice (comme Skydio) ou ont peu de revenus en relatif comme Zipline (valorisé plus de 100 fois son CA) ;
- Les sociétés qui en Europe ont la plus forte valorisation sont sur le segment des drones de transport (fret et passagers), comme Wingcopter ou Volocopter, mais n'ont pas encore de CA important.

En France, entre 10 et 30M€ de CA par an, on trouve uniquement[7] :

- Parrot ;

[6] Cf. les drones/MTO du Hamas à Gaza ou ceux produits/assemblés localement par les Houthis qui bénéficient d'un soutien iranien fort.

[7] Safran s'il fabrique des drones, n'est pas aujourd'hui présent sur ce segment des drones de moins de 150kg.

- Thales ;
- Surveycopter (qui est une filiale d'Airbus) ;
- Delair ;

auxquelles on peut ajouter quelques sociétés qui réalisent entre 5 et 10M€ de CA :

- Elistair ;
- Novadem ;

et une vingtaine de sociétés qui sont autour de 1M€ de CA annuel. L'offre française est donc encore très « atomisée » au regard du marché mondial. Aucune de ces sociétés n'a réussi à devenir un géant au niveau mondial.

Et pour les équipementiers et sous systémiers français on trouve une palette assez large :

- Aeromapper (avionique) ;
- Hionos (autopilote) ;
- Cerbair (guerre électronique) ;
- Daher (structure) ;
- Dragonflypads (infrastructures drones) ;
- EXAIL (centrales inertielles, composants divers, fourniture de systèmes de mission intégrés) ;
- Icarus Swarms (contrôle d'essaims) ;
- InPixal (charge utile optronique) ;
- Preligens (IA) ;
- Exagone- Réseau Teria (géolocalisation) ;
- Merio (charge utile optronique) ;
- Metavionics (avionique) ;
- Scalian (contrôle d'essaims, logiciel d'atterrissage de précision) ;
- Simpulse (modem) ;
- Thales (modem, cyber, avionique, inertie, GNSS, charge utile optronique) ;
- ...

ainsi que quelques sociétés non spécialisées drone pour une offre fonctionnelle ou matérielle : IA, logiciel, énergie et motorisation, structures et composite , simulation et entraînement...



Drone RapidEagle de Squadrone System en vol crépusculaire
au-dessus du stade de France

Le tableau ci-dessous résume l'état de la BITD française des drones de moins de 150kg.

Forces : - De multiples acteurs en France créant un socle de compétences et de capacités technologiques diversifiées dans le domaine ; - Des entreprises françaises développées essentiellement sur le marché civil à ce jour, donc « durcies » par la confrontation à des marchés concurrentiel. En particulier une forte présence à l'export extra-européen qui montre la compétitivité native des acteurs français ; - Une expertise aéronautique indéniable et une longue expérience sur le secteur drone.	Faiblesses : - Atomisation de la filière, avec seulement 4 entreprises de CA>10M€ capables à ce jour de supporter des investissements importants (R&D) sans être obligé de recourir à du capital extérieur ; - Une offre équipement et sous-systèmes un peu faible par rapport aux grands pays compétiteurs ; - Une capacité de production en France pas très importante à ce jour -
Opportunités : - Disposer d'un effet de levier des marchés militaires français, permettant la solidification de la BITD (probablement concentration) ; - Des exportations hors Europe de l'Ouest des drones, dans des environnements parfois difficiles, qui apporte un fort RETEX pour la fiabilité des appareils français ; - Des entreprises françaises qui sont regroupées dans une filière professionnelle au sein de l'ADIF, se connaissent et savent se parler.	Menaces - Des concurrents étrangers très forts (6 entreprises mondiales > 300M€ CA/an) ou forts (4 entreprises européennes avec CA >30M€), qu'il ne faut pas laisser s'échapper sinon ils seront irrattrapables. - Des contrats de soutien publics trop rigides et sur un temps trop long pour s'adapter aux progrès très rapides des drones légers (courts temps de cycle sur le marché) ; - Des investissements publics insuffisants ; - Un marché uniquement militaire pour la BITD française, qui créerait une BITD non compétitive. En particulier des rigidités réglementaires ou dans l'application de la réglementation civile qui pourraient distordre la concurrence mondiale au détriment des entreprises françaises ; - Réticences des investisseurs français privés à soutenir des entreprises liées à la Défense et en plus industrielles (responsabilité sociétale des entreprises (RSE) et perception qu'il s'agit d'un segment peu rentable du fait des contraintes que fait peser l'État sur la sortie du capital).

L'industrie du drone française (celle des « petits » drones de moins de 150kg qui nous intéresse) était pourtant partie sur de bonnes bases, puisque c'est Parrot, en France, qui a inventé le drone grand public, étant même à un moment n°1 devant DJI. La France a également été un des premiers pays à réglementer, de manière efficace, l'industrie du drone professionnel et à aider à structurer la filière avec le Conseil du drone civil (abandonné depuis, mais qui a été copié dans les autres pays), permettant ainsi l'émergence d'une multitude de petits acteurs qui ont été en avance sur la compétition mondiale. Mais, pour de multiples raisons (sujettes à débat et trop longues à résumer dans un paragraphe), que ce soit pour le drone de loisir ou le drone professionnel, la France n'a pas concrétisé cette avance au moment où le reste du monde se développait, et il est désormais temps de rattraper le retard.

Or développer un mini drone de série, compétitif sur le marché mondial, représente aujourd'hui un investissement d'au minimum quelques millions d'euros, et cet investissement ne peut donc être assumé que par des entreprises réalisant au moins plusieurs dizaines de millions d'euros de chiffre d'affaires. Il ne faut pas se voiler la face, les réalités économiques sont telles que pour pouvoir vendre des drones

grand public très performants à 1000€/pièce, DJI doit dépenser des centaines de millions d'euros en développement.

La BITD française a su, jusqu'à présent, s'adapter au manque de projets/moyens et conserver des compétences via des développements sur fonds-propres et/ou des ventes à l'export. Cela peut constituer une base à partir de laquelle il est possible de capitaliser. Mais cela reste insuffisant en termes de souveraineté et de capacité de production pour répondre de manière satisfaisante aux défis qui se posent désormais.

Si elle reste en l'état, l'industrie française du drone, actuellement émiettée, sera laminée par cette concurrence étrangère qui dispose de soutiens étatiques et de moyens financiers bien plus importants pour proposer des produits innovants et performants. La France se retrouvera donc en situation de dépendance dans ce domaine.

Les options possibles pour sortir de cette situation sont détaillées dans la suite du rapport, notamment dans le chapitre 4.2, mais quelques pistes sont toutefois données ci-après. Une option serait de faire financer ces développements par la puissance publique, mais outre les difficultés inhérentes à ce sujet, les circuits de décision de tels programmes sont tellement longs qu'ils ne permettent pas d'espérer mettre à temps sur le marché des produits correspondant aux attentes. La piste la plus intéressante semble donc être une consolidation de l'offre française avec l'émergence de quelques acteurs de taille suffisante pour exister sur le marché mondial. Le mode d'action le plus efficace pour la puissance publique pour faire émerger de tels acteurs consiste sans doute à réaliser des commandes de produits sur étagère. Enfin, la puissance publique pourrait également investir sur des programmes de recherche et développement (R&D) correspondant à des briques technologiques indispensables. Enfin, l'effort public global pour les mini-drones, au vu de l'importance de ces technologies, mériterait certainement d'être augmenté, passant de quelques dizaines de M€ par an à des montants cibles en fin de LPM de l'ordre de 60M€ pour la R&D, 170 M€ pour le capacitaire (acquisition de matériels de série) et 20 M€ pour des actions de souveraineté industrielle de nature stratégique (moteurs *brushless*, batteries, calculateurs), soit 250M€ au total.

2.4.2. Le marché civil du drone

2.4.2.1. Le marché civil du drone dans le monde

Il est impossible de parler de BITD drones sans parler du marché civil de ce type de matériel au caractère fortement dual.

Selon les analystes spécialisés, le marché global des drones (en incluant l'après-vente et la formation mais en excluant les services) devrait connaître une croissance annuelle moyenne de l'ordre de 8 à 10%, atteignant en 2030 le seuil des 50 Md$ par an. Il faut noter que ces dernières analyses sorties fin 2023 sont moins optimistes que les précédentes, avec surtout un taux de croissance plus faible et une atteinte des 50 Md$ plus tardive, due aux contraintes réglementaires essentiellement. A plus long terme les chiffres sont toujours optimistes comme pour la robotique, atteignant les 150 Md$. Les analyses globalisent souvent avec les systèmes autonomes terre et mer du fait des synergies des technologies et sous-ensembles nécessaires, avec des estimations dépassant les 1 000 Md$ par an, démontrant son importance stratégique et justifiant les efforts faits par de nombreux pays pour devenir leader sur ce marché.

En 2030 :

- La part civile professionnelle est estimée à environ 25 %, le grand public à 5%, le militaire à 65% et le gouvernemental à 5% ;
- Le militaire restant prépondérant à cause des coûts très élevés des drones tactiques et stratégique militaires ;
- La part des drones de moins de 150kg qui sont l'objet de ce rapport, est estimée à environ 60% soit 30 Md$ (à plus ou moins 5%). Il a été difficile de trouver des chiffres fiables, mais avec

précaution on peut estimer la part civile entre 50 et 60% de ce montant, celle-ci étant prépondérante dans la catégorie des drones de moins de 25Kg.

Nota : ces % sont des ordres de grandeur, les estimations étant variables selon les analystes. Le périmètre gouvernemental n'est pas toujours clairement défini, et les drones civils utilisés pour des applications militaires sont également parfois classés différemment. De plus certains analystes utilisent un seuil de 170kg et la plupart ne tiennent pas compte du marché des drones Racing et FPV qui est avant tout un marché d'équipementiers et non de systèmes de drones complets.

Cette croissance est tirée par la demande croissante de drones dans divers secteurs tels que l'agriculture, les mines, la construction, les médias. Ainsi le marché nord-américain des drones est en pleine expansion, avec une prévision de croissance à un taux composé annuel de plus de 12% entre 2022 et 2027, et le reste du monde connaît une tendance similaire.

Depuis 2012, l'usage des drones est de plus en plus courant pour collecter et examiner des données critiques, notamment dans la géolocalisation, l'investigation du sol et la modélisation 3D. En effet, initialement perçus comme des engins militaires, les drones ont maintenant une présence significative dans le secteur commercial, en particulier dans la construction, l'agriculture, les transports, et la sécurité. L'utilisation croissante des drones dans la construction est un moteur clé de cette croissance, améliorant l'efficacité opérationnelle et la rentabilité des méthodes d'arpentage.

Des pays comme les États-Unis, la Chine, Israël, la Turquie et l'Iran dominent le marché mondial des drones, mais certains ont un « tropisme militaire » fortement marqué. Aux États-Unis, des sociétés telles que General Atomics, Northrop Grumman, Skydio et Aerovironment sont importantes dans le développement et l'exportation de drones militaires et gouvernementaux. En Chine, DJI , XAG et EHang dominent le marché civil avec une technologie avancée à des prix abordables. La Turquie et l'Iran émergent également comme de sérieux concurrents, particulièrement dans le domaine militaire.

2.4.2.2. Le marché civil du drone en France

Aperçu du Marché

Le marché français des drones civils est en pleine expansion, avec une croissance annuelle moyenne proche de 30%. Plus des trois-quarts de ce marché sont représentés par les drones professionnels, tandis que les drones de loisir constituent le quart restant. L'écosystème est dominé par des PME, comme Parrot, Dronisos, Delair, ou Drone Volt, avec des nouveaux entrants et des startups qui essaient de percer comme Aerix, Xsun... Le marché également attire progressivement les géants de l'industrie aéronautique tels qu'Airbus et Thales, ainsi que des acteurs du numérique comme Google, IBM et Amazon dans le cadre de leur stratégie mondiale.

Tendances et Perspectives

Le marché futur français tend vers un besoin de drones capables de longues distances et de transport de marchandises, avec un intérêt particulier pour leur utilisation comme moyen de livraison. Toutefois, des réglementations européenne et nationale contraignantes, frileuses et incomplètes (cf. annexe 6), sont perçues comme un frein à la croissance de ce marché. Il y a également un marché non négligeable pour les équipementiers qui attire des grands noms : des généralistes comme Microsoft, Nvidia, Sony… ou des plus spécialisés en capteurs, équipement de navigation, fonctions basées sur de l'IA comme Bosch, Honeywell, Raytheon, Thales Safran, Samsung, Google, Meta...

Enjeux et Opportunités

Les entreprises françaises font face à des défis en termes de réglementation (qui est encore en pleine construction), mais les opportunités de croissance demeurent significatives dans divers secteurs. L'intégration progressive des grandes entreprises et l'innovation technologique ouvrent des voies prometteuses pour le futur du marché des drones civils en France. L'utilisation des drones dans le marché civil couvre un large éventail de domaines, chacun exploitant les capacités uniques de ces appareils pour diverses applications. Voici les principaux domaines d'utilisation :

- Agriculture : les drones sont utilisés pour la cartographie des terres, la surveillance des cultures, la détection des maladies, la gestion de l'eau et de l'irrigation. Ils permettent une agriculture de précision, optimisant l'utilisation des ressources et améliorant les rendements ;
- Dans le domaine des médias, les drones offrent des prises de vue aériennes innovantes pour les films, les documentaires, et les reportages ;
- Inspection d'Infrastructures : dans le secteur de la construction et des infrastructures, les drones jouent un rôle important dans l'inspection et le suivi des chantiers, des ponts, des routes, et des lignes électriques ;
- Sécurité et Surveillance : les drones sont employés par les forces de l'ordre et les services de sécurité pour la surveillance des zones sensibles, le suivi des foules, et les opérations de recherche et de sauvetage ;
- Recherche Scientifique et Environnementale : les drones contribuent à la collecte de données dans des zones difficiles d'accès, pour des études environnementales, météorologiques, ou géologiques ;
- Transport et Livraison : bien que ce soit un domaine en développement, les drones sont testés pour la livraison de colis, en particulier dans les zones difficiles d'accès ;
- Inspection Énergétique : ils sont utilisés pour inspecter des infrastructures énergétiques telles que les panneaux solaires, les éoliennes, et les plates-formes pétrolières ;
- Cartographie et Géomatique : les drones aident à la création de cartes détaillées, à la photogrammétrie, et à l'arpentage, en fournissant des données précises pour diverses applications ;
- Assurance et Gestion des Sinistres : utilisés pour évaluer les dégâts après des catastrophes naturelles ou des accidents, facilitant ainsi les processus de réclamation et d'évaluation des dommages.

La polyvalence des drones, l''intégration progressive dans les usages des grandes entreprises et l'innovation technologique ouvrent des voies prometteuses pour le futur du marché des drones civils. En France, la filière à besoin d'être soutenue par des commandes publiques, actuellement, de nombreux donneurs d'ordre ont malheureusement trop souvent recours aux drones chinois, comme par exemple RTE, qui est engagé avec l'État par un contrat de service public, et qui impose dans ses appels d'offres un matériel DJI (exemple : CCTP CNER-STH-PAMM-22-002331 du 4 juillet 2022).

Sources
https://www.mordorintelligence.com/fr/industry-reports/north-america-drones-market
https://lanouvelletribune.info/2023/08/ces-pays-dominent-le-marche-des-drones-militaires-et-civils-dans-le-monde/
https://exactitudeconsultancy.com/fr/rapports/18198/march%C3%A9-de-l%27analyse-des-drones/
https://www.businesscoot.com/fr/etude/le-marche-des-drones-civils-france.

2.4.3. Le financement

Comme vu supra la question du financement des industriels produisant des drones (civils ou militaires) de moins de 150kg est capitale pour leur permettre de se développer en produisant de nouveaux matériels innovants.

De nombreux pays dans le monde ont déjà mis en place un plan stratégique drone qui est la plupart du temps public mais centré sur le secteur civil, la partie miliaire restant plus confidentielle. Ce plan inclut une feuille de route stratégique avec des objectifs, des financements de R&D (Recherche et Développement) et une planification des commandes. Il y a toujours une vision de développer une filière industrielle de classe mondiale sur un segment vu comme stratégique et d'avenir (quelque fois couplé avec la robotique ou plus souvent avec les systèmes autonomes terrestres et maritimes).

Les premiers ont été la Chine et les USA, suivis de l'Angleterre, du Portugal, de l'Espagne, de l'Allemagne, de l'Australie, du Japon et dernièrement fin 2022 l'Italie. A noter que la France n'a pas de plan stratégique drone, il conviendrait d'y remédier au moins partiellement, par exemple via la rédaction d'un document filière (cf. chapitre 4.3.2 et recommandation n°11).

On peut noter des spécialisations : par exemple, l'Angleterre met la priorité plus sur les services et les infrastructures de type UTM (*Unmanned aerial system Traffic Management*), l'Allemagne sur les drones de transports et l'IA.

Le résultat est le développement de champions soutenus fortement par leur gouvernement : Wingcopter et Quantuum en Allemagne, Tekever au Portugal, en sont de bons exemples en Europe.

En France malgré l'avance prise il y a plus de 10 ans, aucun plan stratégique n'a été mis en place par les gouvernements. Paradoxalement, le plan France 2030 inclut bien un volet robotique et un volet aéronautique mais sans ou très peu mentionner les drones : il n'y a pas de plan stratégique drone ou systèmes autonomes en France ou même simplement une priorité affichée, contrairement à la plupart des pays de hautes technologies. De même la proposition d'inclure un budget Drone dans la première tranche CORAC en 2021-22 a été rejetée. Cette absence de pilotage « politique » de la filière drone pénalise fortement le développement de celle-ci.

Le soutien d'un État en Europe comme aux USA ou en Chine, se manifeste par une sélection de champions par des systèmes d'évaluations qui leur sont propres et par 3 grands types d'aides :

1) Des aides de types subventions pour de la R&D ou des moyens industriels ou encore via des travaux réalisés par des centres de recherche au profit d'industriels ;
   En France des montants importants, plusieurs dizaines de millions d'euros, ont été financés par le ministère des transports à Safran et Thales, mais focalisés sur de l'avionique à haut niveau de sécurité qui visait le marché de l'inspection longue distance qui n'a pas encore décollé.
2) Des commandes publiques importantes (exemple Allemagne, USA...) ou avec des phases de démonstration de prototypes en compétition multi industriels (USA). Ainsi 80M€ de commandes ont été allouées par le gouvernement allemand pour Quantum en 2023, quant à Tekever (société portugaise) elle est fortement soutenue par l'EMSA (European Maritime Safety Agency... basée à Lisbonne) et bénéficie de commandes massives de l'armée portugaise depuis des années.
   La situation est très différente en France où jusqu'à présent, il y a eu très peu de commandes directes de l'État, les industriels ont dû se battre à l'export pour développer et vendre leurs produits défense (Parrot aux USA, Delair en Afrique par exemple). Par exemple Parrot n'a gagné le contrat France qu'après le gain du contrat USA.
3) Un soutien pour lever des fonds via des fonds d'investissement gouverneaux et via des aides fiscales pour convaincre les investisseurs privés, en particulier pour les *« early » stage*.
   En France, il n'y a aucun fond étatique qui soit intervenu dans les sociétés de la filière drone (hormis Bpifrance avec la prise de participation de de 5% du capital de Parrot en 2015 en investissant 33M€) et sans carnet de commandes il est très difficile de réussir une levée de fonds. Il est actuellement très difficile en France pour ces sociétés duales (et en particulier pour les jeunes startups) de trouver du capital pour se développer, l'essentiel des investissements français allant sur des sujets moins industriels et plus médiatiques. La nouvelle loi Midy propose une défiscalisation de l'investissement dans les start up high tech à hauteur de 50 000€ par personne et par an, ce qui constitue une avancée.
   Concernant DJI en Chine, cette entreprise a été fondée par un leader fondateur visionnaire qui n'a pas eu de soutien de l'État chinois au départ, mais qui assez rapidement après ses premiers succès, a reçu des aides conséquentes en capital par le gouvernement, des commandes et finalement le statut d'entreprise stratégique.

Ces stratégies peuvent être combinées. Ainsi aux USA, le leader mondial des minidrones pour l'armée, Aerovironment, ne s'est construit QUE par des commandes publiques de R&D et de série depuis les années 2000, et aujourd'hui est un vrai champion mondial dans son domaine. Skydio crée en 2014 est comparable à Parrot mais grâce aux commandes « préférentielles » de l'Etat américain (à une société qui n'est pas encore rentable à ce jour) et l'accès aux investisseurs US, a pu dépasser les 100 M$ de chiffre d'affaires et est valorisée à plus de 2 Md$. En Allemagne, Quantum a levé plus de 100M€ grâce à ses innovations mais surtout grâce à son carnet de commandes bien rempli par l'État allemand.

Cas intéressant, même si particulier, celui de l'Ukraine. Il y a dans ce pays 4 sources de financement :

- Public, via UKROBORONPROM notamment ;
- Privé, notamment via des fonds ukrainiens ;
- Financement étranger, public ou par fonds privés qui soutiennent l'effort de guerre ;
- Financement participatif, comme celui initié par l'association UNITED24.

En conclusion, au vu de l'ampleur et de l'agressivité des soutiens des grands pays à leur industrie dans le but d'être un leader sur ce domaine, **la seule solution est réellement un soutien massif à la filière française pour ne pas la voir disparaître, via** des subventions sous quelle que forme que ce soit, des aides capitalistiques et **surtout par la commande publique (production série et R&D). Les commandes permettent en effet de lever ensuite les fonds nécessaires à la croissance.**

Il est également indispensable d'aider encore plus les startups à augmenter leur capital pour atteindre des tailles critiques compétitives. En France lever de l'argent pour des applications industrielles est difficile, et encore plus dans le domaine militaire.

2.4.4. La segmentation du domaine selon l'armée de Terre ou l'industrie

Le sujet du drone est déjà rendu compliqué par la faiblesse du langage qui y est associé. Le même terme, « drone » sert à la fois à désigner un jouet de 30g et un bombardier de 10 tonnes, avec pour seul point commun le fait qu'il s'agit d'un engin volant sans personne à bord (expression trop longue pour être utilisée systématiquement...). Chacun met dans le terme « drone » une chose différente, et la citation de Camus « mal nommer les choses c'est ajouter au malheur du monde » prend ici tout son sens. Afin de clarifier le raisonnement, il est proposé dans ce paragraphe de préciser les dénominations, exercice compliqué, et déjà réalisé (sans succès) à de multiples reprises pour les drones.

Pour disposer d'une vision claire sur la pertinence de l'offre actuelle française en matière de drones, il est nécessaire de se poser la question de son adéquation par rapport au besoin. Il faut donc logiquement partir de la catégorisation du besoin en drones définie par l'armée de Terre. Si du côté des industriels, la catégorisation est basée sur des critères technologiques, celle des militaires, qui était jusqu'à présent principalement basée sur le poids, vient de basculer vers une catégorisation fondée sur l'emploi.

Pour faciliter le dialogue entre l'industriel et l'utilisateur, il convient donc de progresser sur la voie d'une catégorisation pertinente pour les deux acteurs. Il faut par ailleurs noter que les catégorisations ne sauraient être strictes. Par exemple, les avancées technologiques peuvent permettre désormais à des micro drones d'offrir des capacités propres jusqu'à présent aux mini drones en termes d'autonomie et/ou de portée ou de capacité d'emport. Ainsi, il existe désormais des boules optroniques qui ont des performances optiques relativement proches de celle du Patroller en performances (0,6° de champ de vision) pour des masses bien plus faibles (5kg vs 50kg pour l'Euroflir du Patroller) et qui peuvent donc être intégrées dans des drones beaucoup plus compacts (pour une boule d'une masse de 5kg, il faut prévoir de l'ordre de 30 à 50kg pour celle du drone) mais qui peuvent toujours avoir un rayon d'action de 150km et voler 10h (comme le Patroller). En revanche, ces drones ne pourront jamais emporter autant de charge utile qu'un Patroller (qu'il s'agisse d'armement ou de caméras de 50kg de nouvelle génération bien plus performantes).

La segmentation a donc pour objet de définir des catégories globales qui permettent d'ordonner la réflexion et le dialogue entre le producteur et le client. Elle n'a pas pour vocation de figer les catégories de drones dans des limites strictes qui deviendraient contraignantes. Début 2022, la catégorisation de l'armée de Terre était la suivante :

Drones	
tactique	>150 kg
petit (tactique léger)	≤ 150 kg
mini	≤ 25 kg
micro	≤ 2 kg
nano	< 100 gr

Par ailleurs, la notion de masse ne recouvre pas entièrement les fonctionnalités du système : le type de voilure (fixe ou tournante), la capacité d'emport de charge utile, la portée, etc., sont autant de facteurs qui contribuent aussi à catégoriser et qui évoluent avec le temps et les développements technologiques. Il serait possible de décrire tout cela de manière très précise, mais ce raffinement rajouterait de la complexité et nuirait à la lisibilité. De plus, la masse correspond quand même in fine assez bien aux caractéristiques techniques et logistiques du matériel qui permettent à l'industriel de situer son produit. Il revient alors au client d'en décliner le potentiel d'emploi.

En regard des catégories traditionnelles françaises, l'OTAN et les USA proposent des catégorisations par masse légèrement différentes :



Le GT GICAT/ADIF n'a travaillé que sur les drones de masse inférieure à 150kg. Il propose donc ici un premier niveau de segmentation des drones en 3 catégories simples pour les forces terrestres :

- G1 : drone < 10kg lançable à la main, manœuvrable par 1 personne, transportable en sac à dos ;
- G2 : drone de 10kg à 30kg manœuvrable par 2 personnes, transportable en véhicule léger ;
- G3 : drone de 30kg à 150kg manœuvrable par 2 à 3 personnes, transportable dans un véhicule dédié.

Il est possible, si cela s'avère nécessaire, sous-catégoriser chaque catégorie avec une version S (pour Small) et L (pour Large). Ainsi un drone de masse inférieure à 2kg peut être G1S, un drone entre 20 et 30kg G2L, et un drone entre 100 et 150kg G3L. En première approche, la segmentation industrielle donne la déclinaison suivante :

Catégorie	Masse	Type général	Portée typique	Classe de prix (y compris la charge utile)
G1S	< 2kg	Voilure tournante	2 à 5km	< 10k€
G1L	2kg < M < 10kg	Voilure tournante et voilure fixe	10 à 20km	< 100k€
G2	10kg < M < 30kg	Voilure fixe	30 à 50km	< 300k€
G3	30kg < M < 150kg	Voilure fixe	50 à 150km	< 1500k€

Dans les conditions actuelles, nous pouvons de manière approximative considérer que le rapport performance/portée est de la classe de 1 km par kg. Les prix attachés à ces matériels sont intimement liés aux volumes de production (qui sont eux-mêmes dépendants d'autres marchés). Mais dans les conditions de marché actuelles, un bon ordre de grandeur est que le « prix au kilo » de drones de ce type tourne autour de 10k€/kg. Ainsi les drones G1S (petits drones, souvent multicoptères de masse inférieure à 1kg) sont souvent utilisés « au contact » (2 à 3km), volent 45min et coûtent donc de l'ordre de 10k€.

Conformément à ce qui est écrit ci-dessus sur le caractère non strict des catégories, ce tableau n'est qu'indicatif et ne prétend pas être exhaustif ni correct dans toutes les dimensions : il existe ainsi (et par exemple) des multicoptères de 50kg qui ont une portée de 10km et sont vendus moins de 100k€/unité.

Dans sa recherche d'une segmentation plus pratique et plus conforme à sa démarche capacitaire, l'armée de Terre a développé une nouvelle façon d'organiser les catégories par l'emploi. Les trois catégories de l'armée de Terre sont :

- Les drones du combattant qui servent aux unités au combat en première ligne ;
- Les drones spécialisés qui servent essentiellement aux fonctions d'appui ;
- Les drones du C2 (Command and Control) qui servent aux grandes formations et aux niveaux supérieurs de la chaîne de commandement (divisions et corps d'armée). Les drones du C2 ne font pas partie de cette étude car d'un poids supérieur à 150kg.

Le tableau ci-dessous permet d'établir la correspondance entre les deux approches.

CATEGORIES PROPOSEES PAR LES INDUSTRIELS				
Groupe	Groupe 1 Small	Groupe 1 Large	Groupe 2	Groupe 3
Masse	< 2kg	2kg<M<10kg	10kg<M<30kg	30kg<M<150kg
Rayon d'action	2 à 5km	10 à 20 km	20 à 50 km	50 à 150 km
Niveau	Section/peloton à Compagnie de mêlée - RENS Compagnies, Escadrons et Batteries régiments d'appui et soutien	Unités renseignement et régiments de mêlée et d'appui de la Brigade	Unités renseignement et régiments d'appui Brigade à Division,	Unités renseignement et régiments d'appui Division à Corps d'armée
Organisation	Soldats des unités	Équipes spécialisées		
CATEGORIES DE L'ARMEE DE TERRE				
Catégories	Drones du combattant	Drones spécialisés		
Rayon d'action	Jusqu'à 30 km	Jusqu'à 150 km		
Niveau	Section/peloton à Compagnie de mêlée - RENS Compagnies, Escadrons et Batteries régiments d'appui et soutien	Du régiment (1 section drones par Régiment) à la brigade (1 batterie drones par Brigade) et la Division (unité multi-capteurs, sections drones des régiments d'artillerie et du génie)		
Organisation	Soldats des unités	Équipes spécialisées		
Volumes	Volumes importants (plusieurs centaines à plusieurs milliers) Besoin de stocks pour les drones les plus exposés ou « consommables ».	Volumes moyens (centaine), et faible (dizaine)		

Au bilan, il est possible de mettre en phase les deux approches, celle de l'armée de Terre qui place la finalité en premier et celle de l'industriel qui place l'échelle de masse en premier. Toutefois, la politique d'équipement de l'armée de Terre (les cibles à atteindre en volume et en types de drones en général, et par fonctions opérationnelles et par parcs spécifiques (formation, entraînement, communication, stocks, etc.)) n'est pas connue de l'industrie pour des raisons de confidentialité. Or, elle pourrait donner aux industriels les clés d'anticipation nécessaires à leurs décisions stratégiques en matière de développement, de partenariat et de production. Surtout, développer un drone prend 3 ans, et donc pour qu'un industriel développe sur fonds propres un drone pertinent pour les usages de l'armée, il lui faut comprendre au mieux ces usages et contraintes. Il serait donc intéressant d'améliorer le dialogue entre MINARM et industrie pour lui donner une lisibilité minimale sur les schémas d'équipements des Forces afin qu'elle puisse bien s'y préparer, voire être force de proposition.

Constat n°1
Il convient d'améliorer le dialogue entre MINARM et industrie pour donner à cette dernière une lisibilité minimale sur les schémas d'équipements des Forces afin qu'elle puisse bien s'y préparer, voire être force de proposition, et avoir ainsi les clés d'anticipation nécessaires à ses décisions stratégiques en matière de développement, de partenariat et de production.

2.4.5. L'offre française déclinée selon la segmentation du domaine

Il existe une offre française, plus ou moins mature, dans chacune de ces catégories. La notion de maturité (ou de volumes déjà mis sur le marché) est importante pour permettre aux utilisateurs de savoir ce qu'ils peuvent acheter « sans risque ». Cette offre s'articule autour des dronistes/systémiers et non autour des fabricants de charges utiles. En effet il s'agit d'intégrer au drone une charge utile et un système de contrôle qui lui permette de remplir la mission. Le drone vient donc en premier car c'est lui qui par ses capacités de transport, d'allonge et d'autonomie permet à la charge utile de remplir sa mission.

L'offre française de drones aériens de moins de 150kg[8] est constituée des :

- **Dronistes/systémiers fabricants de drones à voilure tournante** suivants ayant livré, tous clients confondus (entre parenthèses, la date de création de la société) :
  - Quelques unités :
    - Aerix Systems (2021) ;
    - Dronaero (2022) ;
  - Des dizaines de systèmes ;
    - Azur Drones (2012) ;
    - Atechsys (2013) ;
    - Hexadrone (2016) ;
    - Diodon (2017) ;
    - Exail (2012) ;
    - Pilgrim (2012) ;
    - Scalian (2019)
    - Skydrone Robotics (2015) ;
  - Des centaines de systèmes :
    - Elistair (2015) ;
    - Novadem (2008) ;
  - Des milliers de systèmes :
    - Squadrone System (2014) ;
  - Des dizaines de milliers de systèmes :
    - Parrot (2010).
- **Dronistes/systémiers fabricants de voilures fixes** suivants ayant livré, tous clients confondus (entre parenthèses, la date de création de la société) :
  - Quelques unités :
    - Cloudskeyes (2023) ;
    - Flying Robots (2015)
  - Des dizaines de systèmes :
    - Aeromapper (2016) ;
    - Boréal (2004) ;
    - EOS Technology (2019).
    - Xsun
  - Des centaines de systèmes :
    - Delair (2011) ;
    - Thales (2015) ;
    - Surveycopter (Airbus) (1996).

Il est possible de présenter dans un tableau de synthèse ce qui a déjà livré par les industriels quels que soient les clients (en notant X pour voilure tournante et T pour voilure fixe) :

[8] Il n'y a pas aujourd'hui d'offre française de MTO en dehors de démonstrateurs.

	~1 unité	~10 unités	~100 unités	~1000 unités	~10000+ unités
G1S	Cloudskeyes (T)	Skydrone Elec (X)	Novadem NX70 (X)	Delair UX11 (T) Squadrone (X)	Parrot Anafi
G1L	Aerix (X) Dronaero (X)	Aeromapper Noctua (T) Azur Drone (X) Atechsys (X) Hexadrone Tundra (X) Diodon (X)	Elistair (X) Squadrone (X)		
G2	Skydrone Versatyl (X)	Boréal (T) EOS (T) Exail (X) Pilgrim (X) Delair DT46 (X)	Delair DT26 (T) Thalès Spyranger (T) Surveycopter Aliaca (T)		
G3	---	SCALIAN (X) Survey copter (T)	---	---	---

3. Les enseignements de la guerre en Ukraine

AVERTISSEMENT

Les éléments figurant dans ce chapitre ont été rédigés à l'automne 2023. Les technologies, les tactiques évoluant très vite dans cette guerre, il est possible que certaines constatations ou conclusions si elles devaient être rédigées aujourd'hui seraient quelque peu différentes. Mais les tendances lourdes qui se dégagent de ce conflit concernant les drones et MTO resteraient inchangées.

3.1. Introduction

Le conflit en Ukraine est le premier vrai conflit de haute intensité mettant aux prise deux forces de capacités technologiques équivalentes depuis la guerre du Golfe de 1991. Bien qu'il soit toujours en cours, et qu'il présente sans doute des spécificités uniques, de nombreux enseignements peuvent en être tirés et il était normal dans le cadre du GT de faire un zoom sur ce conflit. Parmi ceux-ci, un des plus importants est sans aucun doute la place prépondérante prise sur le champ de bataille par les systèmes de drones et de munitions télé-opérées (MTO) de classe 1 (masse inférieure à 150 kg), qui amène à reconsidérer totalement la manière dont le combat aéroterrestre doit être conduit. En effet, drones et MTO sont aujourd'hui omniprésents sur le champ de bataille ukrainien, conduisant à repenser les doctrines et les tactiques, et faisant planer une menace de tous les instants sur les combattants ou les matériels, qu'ils soient ou non protégés par un blindage ou une tranchée. Certains en Ukraine considèrent même que les drones ont désormais remplacé les blindés comme force dominante du champ de bataille. Les conditions du conflit dans sa phase actuelle sont certes très particulières (guerre de position/d'usure), mais il ne fait que peu de doute que la physionomie des conflits à venir, que ce soit une guerre asymétrique (type Afghanistan ou Barkhane) ou une guerre de haute intensité « fluide » (type première phase du conflit ukrainien) sera profondément affectée par ces nouvelles armes.

Les éléments d'informations donnés ci-après ont été rassemblés auprès de diverses sources ouvertes ou non, dont certaines particulièrement fiables ayant accès à des données directement recueillies sur le théâtre des opérations. Elles ont fait l'objet lorsque nécessaire de vérifications auprès de sources crédibles, les rédacteurs du rapport estimant de ce fait la fiabilité des informations données comme très élevée.

Voir également sur le sujet l'article d'Henri Seydoux, PDG de Parrot (qui fournit de nombreux drones aux forces ukrainiennes), dans le n°865 de la Revue de la Défense Nationale de décembre 2023. https://www.defnat.com/sommaires/sommaire.php?cidrevue

3.2. Un emploi et une vision des drones de contacts similaires aux nôtres

La trame drones de contact ukrainienne est similaire mais bien plus dense que la trame française, ce qui est normal pour un pays en guerre, dont le territoire est partiellement envahi, et qui s'y prépare depuis 2014. Elle est répartie dans les unités de mêlée avec des drones dans chaque section, une section drones par bataillon et une compagnie drones et une compagnie Munitions Téléopérées (MTO) par brigade interarmes (BIA). A cela s'ajoutent les drones destinés au guidage de l'artillerie ainsi qu'un « bataillon » drones de plusieurs milliers de télépilotes (issus du mouvement « *Army of drones* »), le tout pour faire face à une ligne de front de plus de 1000 km. Les drones sont également systématiquement utilisés par les forces spéciales.

Les logiques d'emploi des drones sont similaires dans les deux camps. Chaque planification de mission intègre désormais l'emploi des drones qui sont devenus, non seulement une composante essentielle de toute manœuvre, mais un véritable *game changer* dans ce conflit. Il est cependant nécessaire de maintenir une capacité de conduite des opérations indépendante de l'utilisation des drones, dans le cas où ceux-ci seraient rendus inutilisables (du fait de conditions météorologiques défavorables par exemple). Le conflit a démontré l'efficacité du couple drone/artillerie pour le guidage des tirs et contribue à l'économie des moyens et la désignation par drone est maintenant incontournable. Cela nécessite cependant des vecteurs optroniques de bonne qualité dans les drones de guidage utilisés. Les munitions téléopérées ne sont utilisées que lorsque l'artillerie n'est pas efficace ou disponible ou lorsque des frappes de précision sont nécessaires.

L'intégration du drone au système de commandement et de conduite des opération (C4ISR) est jugée primordiale par les Ukrainiens. Ceux-ci ont mis en place un système d'information (SI), qui permet à tout officier ukrainien d'accéder en temps réel aux images de n'importe quel drone ukrainien en opérations n'importe où au-dessus de la ligne de front et d'avoir des informations sur les objectifs et des indicateurs de pilotage (avec probablement les résultats temps réel des tirs) pour la prise de décision tactique en conduite, ainsi que des statistiques « techniques » sur ce drone. L'importance des moyens de communication et de liaison avec les drones est soulignée, à la fois en termes de couverture et de portée, mais aussi de débit de transmission (recours massif à STARLINK côté ukrainien).

Le nombre de missions réalisables par un drone avant destruction est généralement de 5, 10 pour certains équipages très performants, 15 exceptionnellement. Il est donc impératif de disposer d'importantes quantités de drones pour tenir dans la durée d'un tel conflit. Il faut sans doute prendre en compte également le fait que le cout des « petits » drones étant peu élevé, les pilotes n'hésitent pas à prendre des risques et/ou à sacrifier le drone.

La déconfliction sur le champ de bataille est un sujet important. Un taux important des pertes en drones est causé par des effets « fratricides » dus au brouillage ami.

Dans la phase actuelle du conflit, avec des champs de mines particulièrement denses et des masses de drones et MTO écumant le champ de bataille, le char lourd devient très vulnérable, certains officiers ukrainiens s'interrogeant même sur son avenir sur un champ de bataille de haute intensité.

3.3. Un RETEX intéressant sur le capacitaire…

3.3.1. Une évolution rapide des technologies et de nouvelles priorités

Le domaine drones/MTO est en perpétuelle évolution avec des sauts technologiques et tactiques d'une fréquence de 3 à 6 mois maximum, grâce notamment côté ukrainien à une très forte mobilisation de la nation (ingénieurs, gamers, ONG, etc.). Ces évolutions, qui étaient très rapides au début du conflit, se poursuivent mais se heurtent à présent à des difficultés technologiques plus importantes qui nécessitent une approche plus structurée technologiquement. Les axes d'amélioration prioritaires semblent être :

- La navigation en zone brouillée ;
- L'attaque de précision dans les derniers 30m ;
- Le vol à grande vitesse et basse altitude ;

- Les drones/missiles de croisière longue portée.

Côté ukrainien les améliorations dépendent de la capacité d'innovation des startup qui sont accompagnées via le pendant ukrainien de l'AID, « Brave 1 ». Les « grosses » industries d'Etat héritées de l'URSS au sein du consortium Ukroboronprom semblent s'être révélées incapables de produire ces drones/MTO basés sur les nouvelles technologies.

Le relief de l'Ukraine restreint fortement les capacités de mise en œuvre de drones par catapulte dès que l'on quitte les grandes plaines du sud du pays et encourage à privilégier les drones légers lancés à la main ou à décollage vertical (davantage discrets, plus rapides à mettre en œuvre malgré des performances moindres, mais d'un coût supérieur et d'une plus grande complexité). Si aucun système de drone voilure fixe VTOL[9] ne semble aujourd'hui massivement déployé sur le front, des développements et expérimentations semblent menés côté Ukrainien.

La menace des drones et de l'artillerie ennemie impose une forte mobilité (pas plus de 15 min sur place) et une mise à distance de sécurité entre le télépilote et l'antenne permettant de contrôler le drone. Ceci explique pourquoi les missions types sont maintenant réalisées avec une intervention minimale du pilote : première partie de mission en vol autonome sur coordonnées puis pilotage du drone par l'opérateur en final (s'il n'y a pas de brouillage…).

Une mission dure en moyenne entre 5 (attaque courte distance 1/3 km) et 45/70 minutes (surveillance longue distance 10/ 20km) ; une autonomie beaucoup plus élevée ne semble pas primordiale pour les drones classiques.

Les MTO de type FPV (First Person View[10]) sont globalement très sensibles au brouillage de la liaison avec l'opérateur, mais la résistance à celui-ci peut être améliorée par l'emploi de drones relais de communication, sans pour autant résoudre totalement le problème. Malgré tout, leur faible coût et leur capacité de mise en œuvre rapide donne à cette technologie FPV un avantage énorme sur le champ de bataille. Comme dans une guerre l'aspect économique est primordial, ce type de matériel est donc d'un très bon rapport coût efficacité et l'Ukraine semble en avoir fait une priorité en termes de production.

3.3.2. Une lutte anti-drones (LAD) basée en grande partie sur le brouillage

Pour la lutte contre les « petits » drones et munitions téléopérées qui sont actuellement difficilement interceptables, les efforts (tant ukrainiens que russes) portent sur 3 axes :

- Le brouillage communication et GPS et si possible du *spoofing* (leurrage) ;
- Des dispositifs semi-automatiques de détection électro-acoustique couplés à des canons/mitrailleuses à cadence de tir élevée ;
- La détection et la neutralisation des télépilotes plutôt que sur le drone lui-même (facilement remplaçable contrairement au pilote).

La neutralisation/destruction des drones se fait des 2 cotés soit par brouillage avec l'emploi d'armes électromagnétiques, ou de manière cinétique (tirs canons/mitrailleuses). Les taux de pertes très élevés s'expliquent par :

- La densité des brouilleurs ;
- Le vol à très basse altitude pour échapper aux brouilleurs qui est source d'accidents ;
- L'efficacité des défenses sol-air, notamment canons électromagnétiques et armes à tir rapide couplées à des systèmes de détection.

Concernant la vulnérabilité des différents types de drones :

[9] Drone à voilure fixe mais doté de propulseurs lui permettant de décoller et d 'atterrir à la verticale (VTOL = Vertical Take Off and Landing).

[10] Le pilotage en immersion (en anglais *: First Person View* ou *FPV*) consiste à diriger un véhicule, ici un drone ou une MTO, grâce à une radiocommande et un visiocasque sans fil permettant de visualiser en direct la vidéo diffusée par une caméra fixée à l'avant du véhicule, le pilote ayant la sensation d'être à bord de l'appareil. Le pilotage de ce type de drone est plus difficile que celui d 'un drone « classique ».

- Les drones à ailes fixes >150Kg semblent extrêmement vulnérables et sont utilisés avec précaution ;
- Les drones à ailes fixes plus petits sans carbone (donc avec une faible surface équivalent radar) volant haut ou très bas ont des probabilités de survie bien plus élevées, dépendant du pilote et du terrain, ce qui semble démontrer un intérêt de disposer de drones ultralégers de reconnaissance ;
- Les drones à voilures tournantes sont plus difficiles voire très difficiles à intercepter. Mi 2023 les DJI Mavic étaient encore considérés comme les meilleurs du fait de leur capacité à voler au ras du sol grâce à une capacité d'évitement d'obstacle performante. Ce type de drone semble toujours être utile sur le champ de bataille avec des achats massifs récurrents ;
- Les « petits » et « moyens » drones semblent aujourd'hui assez peu détectables par les systèmes sol air classiques. Le guet aérien de ce fait présente un intérêt pour détecter et contrer cette menace.

Le positionnement par satellite (GNSS) ainsi que les liaisons de données sont fortement perturbés (brouillage/leurrage/tentative de *spoofing* déclarée mais non démontrée) aux abords des lignes de contact (sur 50km de profondeur !). Le brouillage, rendu plus efficace par des moyens SIGINT performants, est omniprésent et constitue la menace n°1 pour les drones. Cette menace est très difficile à contrer, en particulier si elle est bien déployée sur le terrain (prise en compte des masques) et avec une tactique bien rodée (mise en marche des brouilleurs uniquement quand une menace est détectée). Une bonne connaissance de l'ordre de bataille électromagnétique ennemi (connaissance des positions des systèmes SIGINT et de brouillage) est donc un atout pour améliorer l'efficacité des drones. Une bonne préparation de mission (exploitation de l'ordre de bataille électronique ennemi et du relief) est donc importante pour obtenir une efficacité maximale des drones et limiter les pertes.

L'efficacité de ces systèmes de brouillage est telle que cela réduit considérablement l'usage et l'efficacité des drones, les empêchant même d'entrer totalement dans certaines zones pour éviter leur perte. Cela explique que la navigation en zone brouillée soit une des priorités parmi les améliorations techniques demandées.

De manière schématique, le dispositif de brouillage russe typique repose sur 2 « lignes de défense » :
- Une première « barrière » de petits brouilleurs peu puissants, fixes, directifs vers l'avant et qui peuvent rester en fonctionnement sur de longues périodes ;
- Des brouilleurs très puissants mobiles, a priori avec 2 niveaux de puissance, situés à 30km et plus de la ligne de front et allumés uniquement sur intrusion.

Le système de brouillage russe est toujours associé aux moyens d'interception électromagnétiques (introduits fin 2022) et cinétiques classiques (canons, mitrailleuses). Quand l'ensemble est en place, la ligne protégée devient quasi impénétrable par un drone non résistant au brouillage.



Brouilleur russe

A plus long terme, diminuer la vulnérabilité au brouillage impose d'explorer d'autres moyens de guidage sur la base d'optiques capables de faire de la reconnaissance de terrain. Il faut noter que :

- Tous les systèmes numériques sont très sensibles au brouillage mais aussi aux interférences diverses. Paradoxalement, des systèmes analogiques plus anciens résistent mieux au brouillage ;
- l'IA pourrait également être un plus pour la navigation en zone brouillée.

Dans tous les cas les solutions techniques doivent être combinées à des solutions tactiques spécifiques régulièrement affinées pour permettre aux drones d'opérer dans un environnement brouillé.

Une tactique efficace pour contrer la détection et le brouillage semble être le vol en très-très basse altitude pour utiliser les masques du relief. Mais cette tactique implique des pertes élevées par collision avec le relief ou les obstacles, pertes qui ne peuvent être mitigées que par deux moyens :

- Des systèmes d'anticollision automatiques (dont l'absence implique également de réduire la vitesse) ;
- Des pilotes bien entraînés et d'un bon niveau de pilotage (les missions FPV étant les plus difficiles du point de vue pilotage).

3.3.3. Des types de drones variés

Des catégories de drones variées sont mises en œuvre dans les deux camps, indiquant une nécessité de mettre en œuvre des matériels plus spécialisés et moins polyvalents pour un meilleur rapport coût efficacité global, avec notamment :

- Drones d'attaque longue distance de moyens à lourds type « missile de croisière » (Shaheed iraniens, drone de harcèlement Ukrainiens capable d'opérer jusqu'à Moscou avec des charges utiles limitées) ;
- Drones *low cost* et faciles à opérer produits en grande quantité ;
- Drones de combat légers très rapides, qu'ils soient FPV ou non.

Les Ukrainiens comme les Russes produisent à partir de composants chinois différents types de drones *low cost* :

- Des « bricolages » réalisés artisanalement par des sociétés ad hoc, qui produisent des drones (en général des quadcopter) très bas coût (200-500$) équipés de grenades pour harceler l'ennemi, drones à l'efficacité douteuse et à la mise en œuvre hasardeuse. Ces quadcopter équipés de charges artisanalement ajustées, s'ils sont très présents sur les réseaux sociaux sont globalement peu performants (taux de succès de 5%, résistance au brouillage faible) et ne sont pas d'un bon rapport coût efficacité en raison de leur manque d'efficacité et des risques importants présentés pour les troupes amies (décrochage de la grenade lors décollage ou lors du survol de celles-ci). Ils sont néanmoins produits en très grandes quantités des 2 côtés, sans doute uniquement pour leur effet sur le moral ;



Drone « artisanal »

- Des réalisations plus professionnelles, mais toujours avec des composants civils de qualité, visent à construire des drones d'attaque type racing FPV (environ 1000 à 3000 dollars pièces) qui sont semble-t-il très efficaces mais difficiles à piloter ;
- Des drones *low cost* plus classiques multirotor ou aile fixes, plus gros avec des charges utiles plus évoluées et chères : 10 à 50 000 $.

Globalement, il apparait que des MTO conçues « professionnellement », mais avec un coût objectif faible et une capacité FPV, sont à privilégier. Toutes les dernières communications tant ukrainiennes que russes semblent en effet montrer que le FPV se généralise : l'apport opérationnel est très important par la précision du pilotage, le suivi de terrain et les évitements d'obstacle dus à l'immersif. Il est de plus relativement facile techniquement à mettre en place sur un drone existant (puisque celui-ci est déjà équipé de caméras et de transmission/guidage temps réel). A noter que le Lancet a une option FPV.

Nota : en ex-Yougoslavie dans les années 90, les modélistes de l'époque pilotaient déjà de gros avions radiocommandés avec des caméras qui leur transmettaient la vidéo en temps réel (pour permettre leur pilotage), sur des distances de plus de 80km afin de réaliser des opérations militaires. Le « FPV » n'est donc pas nouveau, c'est au contraire l'ancêtre du drone « automatique », qui présente l'avantage de pouvoir être utilisé par des opérateurs moins qualifiés (puisque le FPV nécessite une expertise de pilotage plus importante).

3.3.4. Des enseignements capacitaires…

Il vaut mieux en pratique avoir des caméras séparées jour/nuit qu'une caméra dotée en permanence des deux capacités, l'économie ainsi réalisée compense largement la perte de flexibilité.

Les drones leurres dépourvus de charge militaire sont inutiles. Il faut impérativement qu'ils aient une charge, même limitée, pour obliger l'ennemi à les détruire, car il finira toujours par arriver à les discriminer et donc à les ignorer s'ils ne constituent pas une menace réelle.

Les drones Warmate et Switchblade ne sont plus utilisés en opérations car leur charge active embarquée est trop faible, et de plus ils ont une mauvaise résistance au brouillage.

Les « gros » drones (type TB2) sont peu utilisés dans les conditions actuelles du conflit, car même si leur charge utile est intéressante, ils sont trop facilement détectables (et donc vulnérables) et brouillables. Des drones « moyens », même dotés de charges utiles plus faibles, s'avèrent plus utiles en pratique.

L'efficacité des attaques combinées drone désignateur plus drone d'attaque est confirmée et est devenu un point majeur (par exemple drone russe Zala 412-16 pour la désignation et le relais de communication avec le Lancet).

L'intérêt de la mise en œuvre des drones par les Forces Spéciales dans la profondeur ennemie est démontré.

Les MTO ne doivent pas être conçues avec un esprit de retour/réemploi. Toute MTO tirée doit être crashée dans la zone ennemie même si aucune cible n'a été détectée (protection du personnel qui la met en œuvre, à la fois vis-à-vis des manipulations pyrotechniques d'une munition armée et de la menace de tirs ennemis sur la zone de récupération…). D'ailleurs, le concept même de « munition rôdeuse » un temps imaginé (un drone qui observe et qui peut « piquer » vers sa cible s'il en détecte une) ne semble pas correspondre à l'usage réel sur le terrain. Le Lancet, lorsqu'il est tiré, a déjà une cible à viser et il est conçu pour aller au plus vite sur celle-ci, pas pour rôder et prendre des décisions en cours de vol. Il s'agit donc plutôt de « missile sol-sol longue portée ». Les petites MTO sont mises en œuvre par les armes de mêlée, les moyennes par l'artillerie. Il faut donc un coût de MTO suffisamment bas pour justifier un caractère consommable (classe 30-60 k$). Par contre, les autres types de drones eux ont vocation à être systématiquement récupérés, sauf circonstance tactique particulière et si drone peu coûteux.

De manière générale, les systèmes de guidage à base de GNSS sont brouillés et ceux laser (pour le guidage terminal) peuvent être facilement contrés avec des détecteurs passifs et des moyens fumigènes ;

les systèmes de guidage et de navigation optroniques sont donc aujourd'hui considérés comme les plus fiables et efficaces sur le champ de bataille. La question est particulièrement importante pour les systèmes de guidage terminaux puisqu'une bonne précision terminale (zone des 30 derniers mètres) permet de réduire la charge utile nécessaire.

Aucune opération d'essaims de drones n'a été confirmée pour l'instant, mais les opérations en *squad* ou mini essaim de quelques drones semblent de plus en plus nombreuses des 2 cotés. Le recours à des essaims de drones est néanmoins envisagé à terme, même si la technologie n'est aujourd'hui pas suffisamment mature (mais des prémices semblent apparaître avec le Lancet russe).

3.4. … mais aussi sur le plan de l'économie de guerre

Ce conflit se joue également sur le plan économique et la capacité de production de drones constitue un élément clé ; plus de 20 000 drones sont employés aujourd'hui par les Ukrainiens avec un fort taux d'attrition. Ce pays a commencé le conflit en 2022 avec seulement 400 drones. C'est grâce à une mobilisation sans précédent de la société civile (« *army of drones* ») et en particulier grâce aux ingénieurs volontaires et croyant aux drones, aux dons des ONG, que les forces armées ukrainiennes ont pu monter en puissance rapidement dans le domaine des drones avant que des sources d'approvisionnement militaires plus classiques ne soient mises en place.

Un des enseignements majeurs du conflit est que la commande massive en temps de paix de drones est inutile. Outre les coûts de stockage et de MCO de tels systèmes, en pratique, vu les évolutions des technologies, les drones ainsi stockés auraient été obsolètes dès le début du conflit. Il est beaucoup plus important dès le temps de paix de se donner les moyens de pouvoir augmenter rapidement les capacités de production en temps de crise. Ceci dit cette approche pour être efficace, nécessite d'anticiper, dès le temps de paix la mise en place préventive de nombreuses mesures, comme :

- Détecter les composants critiques, et pour chacun d'eux, identifier des sources d'approvisionnement « sûres » en temps de crise (stockage de composants, construction de capacités de production ou maitrise des technologies sur le territoire national…) ;
- Définir à l'avance les moyens et méthodes de production « de masse », et éventuellement approvisionner les outillages nécessaires ;
- S'assurer des moyens de financer les productions, certaines banques ou organisations refusant de participer à des programmes militaires ou duaux ;
- Avoir des spécialistes formés à ces technologies ;
- Avoir des drones modulaires avec des interfaces standards facilitant les évolutions.

L'organisation de la BITD drone Ukrainienne est complexe, tout comme celle étatique :

- Coté « étatique », trois sources d'approvisionnement en drone existent, qui se coordonnent plus ou moins, voire qui se retrouvent en concurrence :
    - La filière MINARM classique, où une séparation marquée entre EMA (en charge du besoin, des évaluations) et MINARM proprement dit (en charge de l'achat proprement dit) existe (il n'existe pas d'équivalent de la DGA en Ukraine). Même au sein du MINARM, des filières d'acquisition différentes existent (forces spéciales et armée régulière par exemple) ;
    - la filière « *Army of drones* » pilotée par le ministère de la transformation numérique, dont certains détracteurs, sans remettre en cause son intérêt pour le moral de la population, estiment qu'elle est surtout efficace sur le plan de la communication, moins pour la production de produits efficaces sur le champ de bataille ;
    - La filière ONG, qui finance l'achat de drones (souvent de la gamme civile mais pas uniquement) directement aux unités qu'elles supportent.
- Coté industriel, le conglomérat étatique Ukroboronprom, s'est révélé incapable de produire un seul drone avant le conflit, et à ce jour, a priori n'a toujours pas été en mesure de le faire, ce qui est visiblement source de rancœur. C'est la « Tech Ukrainienne », constellation de petites sociétés innovantes et dynamiques (plus de 250 compagnies, de taille et de qualité de production variables) qui assure la conception et la production locale de drones ;
- Une reprise en main et une coordination renforcée ont été annoncées en début d'année avec la mise en place d'actions très fortes de financement et d'innovation.

Russes et Ukrainiens sont confrontés à d'importantes difficultés pour répondre aux besoins de production de masse du conflit :

- Problèmes de qualité qui baisse dès que la production augmente en temps de guerre ;
- Difficulté d'approvisionnement en composants, notamment ceux à hautes performances (capteurs inertiels et optiques notamment, certaines pièces mécaniques…) mais pas a priori sur l'électronique ;
- Manque de main d'œuvre qualifiée de type ouvriers/techniciens (dans les deux camps, les personnels disposant de compétences techniques particulières utiles à l'effort de guerre ne sont pas envoyés sur le front mais dans les usines de production d'armement).

De plus les usines et les concepteurs de drones ukrainiens constituent des cibles prioritaires pour les Russes. Pour en limiter la vulnérabilité, des mesures de sécurité particulières sont prises :

- Dispersion et petite taille des sites de production ;
- Déménagements réguliers ce qui peut expliquer les problèmes de qualité ;
- Discrétion sur leurs activités, notamment sur les réseaux sociaux et internet.

Le recours massif aux drones couplé à de l'artillerie s'explique également par un moindre coût comparé à un char d'assaut.

Pour ce qui est des achats de matériels étrangers, les Ukrainiens sont très regardants pour sélectionner des systèmes simples, rustiques, résistants, mis à l'épreuve en conditions quasi-réelles dans le pays. Ils ne passent pas de contrat en l'absence de soutien logistique local garantissant le maintien en condition dans la durée des capacités acquises. Ils ont mis en place un système d'acquisition boucle courte :

- Les industriels étrangers souhaitant vendre à l'Ukraine fournissent un petit lot de matériels qui sont évalués dans le cadre d'essais techniques puis opérationnels. Une fois ceux-ci réussis, le label « *AFU validated* » est accordé, et les matériels inscrits sur un catalogue peuvent alors être acquis par les différentes branches des forces ukrainiennes (armée de Terre, garde nationale - plus ou moins l'équivalent de notre gendarmerie- etc.)
- Avec ce dispositif, un système peut être acheté par les Forces en moins de 3 mois.

L'Ukraine peut être vue comme un laboratoire d'expérimentation technologique de pointe, alimenté par les industriels étrangers. Ceux qui prennent le risque de mettre à disposition leur technologie auprès de l'Ukraine pour qu'elle soit testée puis évaluée en conditions réelles sur le terrain bénéficient d'un retour immédiat sur le potentiel réel de leur équipement, ce qui permet de le faire progresser rapidement.

Le maintien en conditions opérationnelles (MCO) temps de guerre est très différent de celui temps de paix. En temps de paix, le soutien est très similaire à celui effectué en France. Mais en temps de guerre, l'essentiel du MCO consiste à récupérer sur le terrain les pièces de drones endommagés ou détruits et à les renvoyer à l'arrière chez les industriels pour que les composants soient recyclés.

La manœuvre logistique est complexe car une centaine de pays ont donné des drones à l'Ukraine. Mais la difficulté principale est d'entrainer les personnels sur tous ces différents types de drones et de les interconnecter avec les systèmes d'information.

3.5. La formation à l'emploi des drones, un facteur clé

La formation est considérée comme vitale. Les opérateurs doivent impérativement être formés sur le type de drone qu'ils vont mettre en œuvre et les bons matériels donnés aux bonnes unités.

La formation des télépilotes ukrainiens prend de l'ordre de 3 mois au cours desquels les télépilotes réalisent près de 130 heures de vol. Aujourd'hui les russes ont des formations express de 15jours mais qui semblent peu efficaces au dire même des formés.

Les télépilotes doivent être spécialisés sur une seule capacité (petit drone/moyen drone/voilure fixe/multicoptère/MTO) ; il est totalement impensable qu'un opérateur puisse maîtriser opérationnellement plusieurs systèmes totalement différents. Le problème n'est pas tant le pilotage

« pur » que l'emploi opérationnel. A l'instar des pilotes d'aéronefs classiques, certains pilotes de drones sont plus doués que d'autres et ces pilotes « d'élite » doivent être réservés aux missions les plus complexes et au pilotage FPV.

Toutefois, le plus complexe n'est pas la formation des télépilotes (dont les meilleurs sont des *gamers* ou des professionnels du cinéma) mais la formation des cadres à l'intégration des drones dans leur manœuvre qui est désormais systématique.

De ce fait préserver la vie des pilotes de drones doit être une priorité et les tactiques de mise en œuvre des drones définies à partir de cette contrainte (par exemple : non colocalisation des antennes d'émission et des opérateurs, délais réduits de mise en œuvre et de récupération des drones…).

Des efforts de recrutement et de formation massifs de télépilotes sont menés dans les deux camps (y compris récemment vers la population féminine côté russe), que ce soit dans les armées régulières ou chez « *Army of drones* » (on parle de plus de 1000 télépilotes formés par mois côté ukrainien).

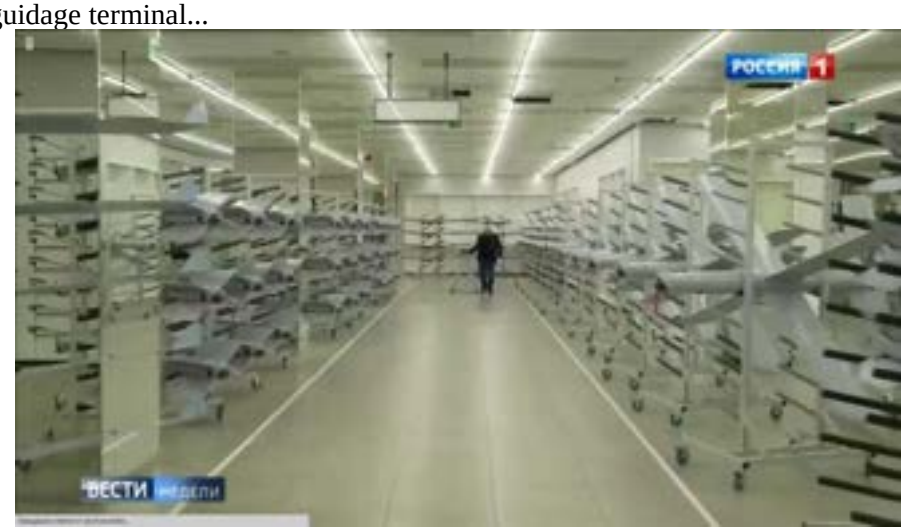
3.6. Un point d'attention la MTO Lancet

La munition téléopérée la plus efficace actuellement est la munition russe Lancet, dont les Ukrainiens n'ont aujourd'hui pas d'équivalent. Ce système comprend une composante observation/désignation (le drone Zala 412-16) et une composante attaque comprenant de 1 à plusieurs MTO Lancet.



La MTO Lancet

S'il semble être la meilleure MTO actuellement, c'est grâce à sa polyvalence et son efficacité, en particulier quand il est couplé avec un drone accompagnateur désignateur et relais de communication permettant également du pilotage temps réel terminal (cette dernière fonction fait débat quant à sa réalité car très complexe, mais elle montrerait si avérée une avance russe importante y compris sur les USA). Parmi ses autres points forts, une capacité très courte (1 km) ou longue (50Km) portée, une interception rendue difficile du fait de sa vitesse, sa charge militaire importante, sa capacité de modification de cible en vol, son guidage terminal...



Une usine de production Lancet

3.7. Les limites du RETEX Ukrainien

Le RETEX Ukraine présenté supra concerne la phase actuelle du conflit Russie-Ukraine, relativement statique, et donne une photo très concrète de ce que peut être un conflit de haute intensité. Dans ce conflit, progressivement devenu une guerre de position et une guerre d'attrition où l'artillerie inflige la majorité des pertes à l'ennemi, le succès repose sur la capacité à acquérir des cibles au profit des feux. La capacité drone apparait ainsi comme un facteur de supériorité car elle permet la surveillance du champ de bataille dans la profondeur tactique et surtout l'acquisition des cibles au profit de l'artillerie. Conséquence directe, la profondeur de la zone des contacts est façonnée par la portée de l'artillerie et des moyens d'acquisition, notamment des drones.

Du fait de la présence de nombreuses zones minées, entravant toute progression en zone des contacts, et de la menace permanente des frappes artillerie, la géométrie du champ de bataille s'est adaptée en voyant un repositionnement des capacités à haute valeur ajoutée, comme les blindés ou la logistique, hors de portée d'artillerie ennemie. Le char de bataille est été présenté comme absent voire inadapté aux combats actuellement menés. Pour autant, et pour nuancer les éléments supra, l'emploi des unités blindées conserve toute sa pertinence. S'ils ne sont pas les acteurs principaux de cette guerre d'attrition relativement statique, la mobilité et la puissance de feu des blindés les placera toujours comme des acteurs essentiels pour briser toute action offensive ennemie et pour exploiter une percée amie.

De même, si des drones « lourds » de type Patroller n'ont pas leur place sur la zone des contacts dans la phase actuelle du conflit du fait de la densité des menaces anti-aériennes, ils restent essentiels en zone arrière grâce à leurs capacités multi-capteurs. Sur d'autres types de conflit où la menace sol air est négligeable (type Sahel, Syrie, Afghanistan), des drones de type Patroller, qui peuvent être armés, gardent toute leur pertinence.

Prudence également concernant les drones FPV, en particulier les mini-racers « bricolés », et le buzz médiatique qui les accompagne. Leur efficacité dans le conflit semble certaine (sur le plan de la communication en tous cas), mais :

- Leur efficacité réelle est mal connue : quel est le taux réel de coups au but (et de destruction ?) une fois l'écran de fumée de la propagande levé ?
- Si les deux camps semblent y recourir massivement, c'est avant tout faute de mieux. Le pilotage de ces machines peut être complexe et nécessite de nombreux opérateurs bien formés. Or l'un des objectifs de la robotisation du champ de bataille consiste justement à diminuer la charge pesant sur la ressource humaine, au moins quantitativement, voire qualitativement : avec les FPV l'effet pourrait être inverse ;

Le FPV est une idée ancienne, qui a profité qui a profité récemment du développement des drones « racer ». C'est une technologique certainement très efficace aujourd'hui, qui semble pouvoir rendre des services précisément grâce à aux performance apportées par le pilotage (en contrepartie d'un entraînement du pilote plus conséquent et qui de plus n'est peut-être pas à la portée de tous) mais qu'en sera-t-il dans la durée ? L'IA complétera-t-elle ou ne risque-t-elle pas de rendre cette technologie obsolète très rapidement ? Donc oui les drones et MTO FPV sont une technologie à considérer, au moins à court terme, mais peut-être pas au point d'en faire la pierre angulaire de toute réflexion, les avis étant encore partagés sur le sujet.

3.8. Quelques constats sur le RETEX Ukraine

Les enseignements de ce conflit sont particulièrement riches bien qu'une certaine prudence soit de rigueur quant à leur déclinaison dans l'optique de conflits futurs. Toutefois, deux constats en particulier ressortent de ce conflit.

Constat n°2
Un conflit de haute intensité est redevenu un scénario crédible. Compte tenu de l'évolutivité rapide de la technologie associée aux drones/MTO, il serait préférable de se préparer aux conditions de production de temps de guerre plutôt que d'accumuler en temps de paix des stocks qui seront obsolètes très rapidement. Pour ce faire, il est nécessaire de prévoir des moyens permettant de passer rapidement vers une production de masse, moyen qui, s'ils n'existent pas, ou n'ont pas été a minima pensés/imaginés, seront très longs à mettre en place le jour venu.

Constat n°3
Un effort particulier doit être fait pour développer les technologies clefs résultant du RETEX de ce conflit ukrainien : navigation et communication en ambiance brouillée, évitements d'obstacles et vol en basse à altitude vitesse élevée, attaque finale de précision.

4. Une feuille de route LPM à adapter avec des axes d'effort et de progrès identifiés

4.1. Les briques technologiques critiques

4.1.1. Définitions

Les « petits » drones, même à très faible coût comme ceux grand public du fabricant chinois DJI, sont des systèmes techniques complexes nécessitant de disposer de briques technologiques élémentaires (communications, capteurs ou composants de capteurs, fonctions de pilotage automatisées…). Ces briques peuvent nécessiter t des investissements considérables. Par exemple, Henri Seydoux, PDG de Parrot, a annoncé lors du Forum Innovation Défense de 2023 avoir investi 30M€ par an depuis 15 ans sur ses drones. Autre exemple, DJI déclare avoir investi plus d'1 Md$ pour l'excellente série des Mavic (le drone le plus vendu au monde et également massivement utilisé par les deux camps en Ukraine), dont 500M$ pour le seul système d'évitement d'obstacles à 360° (mais qui est la référence du domaine aujourd'hui).

Beaucoup de ces briques technologiques fonctionnelles ou matérielles ne sont pas aujourd'hui disponibles en production en France, obligeant les dronistes français systémiers à s'approvisionner à l'étranger indépendamment de la question du coût de production.

Les briques technologiques critiques sont des sous-ensembles, composants, fonctions, logiciels, technologies, outils industriels, voire matières premières, qui sont indispensables :

- Pour garantir la conception, la réalisation et la production de drones de hautes performances et compétitifs par la filière française ;
- Pour ne pas risquer de défaut d'approvisionnement en temps de crise ou pour réduire les risques liés à la sûreté de l'emploi (cf. sur ce dernier point le chapitre 4.8 drones de confiance).

Ces briques doivent permettre de proposer des systèmes de drones répondant aux besoins présents et futurs des armées françaises pour leur donner un avantage opérationnel.

4.1.2. Méthodologie : traduction des besoins opérationnels en priorités technologiques

Une synthèse a été faite au sein du groupe de travail avec des industriels volontaires pour cette action, via des réunions et par sondage. Cette synthèse est basée sur des expressions de besoins, en analysant, selon une méthodologie d'architecture système, les sous-ensembles de différents niveaux nécessaires pour arriver aux briques élémentaires fonctionnelles ou matérielles indispensables.

Ces expressions de besoins ont été fournies essentiellement par la LPM, parties capacitaire et innovation, complétées et élargies en tenant compte d'informations opérationnelles données par les forces françaises, du RETEX Ukraine et d'informations provenant d'analyses américaines et anglaises.

4.1.3. Synthèses des besoins

Vision française

Du côté français, la LPM précise qu'il est nécessaire de disposer en France de systèmes de drones tactiques, aux charges utiles et armements diversifiés, et de drones de contact ainsi que de munitions téléopérées (MTO) :

- Drones du combattant : *low cost* et « consommables », à produire et opérer en masse ;
- Drones spécialisés : porteurs de charges multi-effets, à un coût maîtrisé ;
- Drones du commandement : longue endurance, à développer de manière souveraine.

La LPM dans la Partie *Drones et Robots* prévoit le développement de nouveaux systèmes : *« drones de contact ainsi que des munitions télé-opérées (MTO) …. L'ambition est de développer rapidement une filière française de MTO à bas coût et, à l'horizon 2030, d'atteindre la capacité de vol en essaims. La structuration de la filière des drones doit viser la mise en place d'une filière nationale robuste et agile, en mesure de fournir une production souveraine, non dépendante des approvisionnements étrangers ».*

Elle demande d'anticiper *une évolution dans le développement et l'emploi des drones* en listant plusieurs thèmes :
« a) La capacité d'agir en essaim … en lien avec les progrès de l'intelligence artificielle ;
b) La connectivité deviendra une brique essentielle dans la logique « systèmes de systèmes » qui seront, demain, au cœur du combat collaboratif ;
c) Les drones de contact et munitions télé-opérées seront développés selon une logique coût-objectif en lien avec l'économie de guerre et de manière itérative ;
d) Le développement de ces systèmes très numérisés tiendra nativement compte des menaces de nature cyber-électroniques, en particulier la lutte anti-drone ;
e) L'entraînement des forces à l'emploi de ces nouveaux systèmes d'armes …. »

Dans la partie Innovation de la LPM, les axes prioritaires technologiques futurs mis en avant sont transverses mais concernent souvent les drones :

- *« L'hypervélocité ;*
- *L'intelligence artificielle ;*
- *Le spectre électromagnétique et la guerre électronique étendue ;*
- *Les communications dans tous les milieux (mer, air et espace) via de nouvelles technologies ;*
- *Les capteurs à l'ère des technologies quantiques ;*
- *L'adaptation militaire des nouvelles technologies de l'énergie portées par l'industrie civile, en particulier l'hybridation des véhicules terrestres, navals et aériens ;*
- *Les technologies de discrétion et de furtivité. »*

Le DROID (Document de Référence de l'Orientation de l'Innovation de Défense) 2022 indiquait en plus pour les drones les technologies critiques suivantes :

« …….

- *liées à l'autonomisation des plateformes, dont les systèmes de mission et avioniques.*
- *nécessaires à la coopération drone aéronefs habités … via des architectures modulaires ouvertes...*
- *nécessaires à l'amélioration des performances de vol (vitesse, autonomie, consommation, charge utile, discrétion acoustique et infra-rouge…),*
- *de Navigation en zone brouillées gnss et radio*
- *d'insertion dans la circulation aérienne,*
- *d'aide au pilotage en conditions visuelles dégradées. »*

Il a été également pris en compte le besoin de facilité d'emploi et d'entraînement et du concept *« volez comme vous tirez ».*

Il faut donc anticiper une évolution de l'emploi avec les actions en essaim, le combat collaboratif, une approche système de systèmes, des MTO engagées en masse avec des charges utiles et un rayon d'action

plus importants et mises en œuvre via des drones-relais ou porte-drones, une autonomie accrue, une IA intégrée…Tout cela doit être réalisé en proposant des solutions facilitant le pilotage et l'entraînement, et permettant un emploi tous temps et en zone brouillée, tout en étant discret/furtif.

La problématique de l'IA est particulièrement importante car elle va toucher à l'autonomie des systèmes une fois qu'il y a rupture des communications : quelle doctrine pour des systèmes notamment armés en cas de brouillage, rupture des liaisons de communication… Car l'avenir chez nos ennemis potentiels est clair : ils auront des drones qui effectueront des missions de neutralisation en totale autonomie. Pour les contrer, nous devrons développer des contre-systèmes de neutralisation qui soient autonomes (meilleure réactivité, meilleure précision) et pour être efficaces nous devrons nous-mêmes développer le même type de systèmes, avec l''objectif de ne pas avoir à les déployer. Cette problématique d'IA et d'autonomisation des systèmes va non seulement impacter les drones/MTO, objets de notre rapport, mais également de multiples systèmes de combat, aériens, terrestres ou navals.

Vision Ukrainienne

Les retours de la guerre Ukraine-Russie ont été présentés dans le chapitre 3. L'analyse technique de ces retours permet d'affiner une première liste de points durs techniques et industriels :

Point durs Industriels :

- Difficulté de production grande série : besoins d'ingénieurs et de techniciens experts pour maintenir la qualité et l'efficacité de ces systèmes complexes, besoin de machines-outils ;
- Certains composants de hautes performances (calculateurs, capteurs inertiels, GNSS militaires, capteurs optiques), s'ils étaient disponibles, donneraient un avantage opérationnel certain en augmentant la performance des drones (mais avec sans doute un impact sur les coûts, ce qui nécessitera de faire des compromis…).

Point durs techniques :

- Contre-mesures et capacité à opérer en zones brouillées ;
- Attaque de précision sur point faible et dans les derniers 100 mètres ;
- Furtivité pour contrer l'efficacité des défenses, dont évitement d'obstacle, indispensable pour le vol basse altitude, grande vitesse, suivi de terrain… ;
- Capacité à opérer à grande distance et dans la profondeur via des drones relais, des drones accompagnateurs ou d'autres solutions de communications ;
- Capacité d'autonomie ou d'assistance au pilotage.

Il faut noter la généralisation depuis début 2023 dans les deux camps du pilotage FPV issu des drones racers (pilotage immersif en vue directe avec des drones fortement motorisés et très rapides) qui est semble-t-il devenu quasi indispensable en MTO comme en reconnaissance. Le FPV est pour l'instant utilisé à des vitesses relativement basses, les technologies d'évitement d'obstacles et de pilotage rapide sans latence n'étant pas disponibles. Même si la viabilité de cette technologie dans la durée doit être appréciée, c'est un point à prendre en compte.

Le centre d'innovation Ukrainien Brave 1 (équivalent local de l'AID) a établi un top 3 des priorités technologiques pour les « petits » drones de moins de 150kg, ceux objet de notre rapport :

- Technologies nécessaires à une MTO à grand rayon d'action incluant du vol basse altitude, de l'évitement d'obstacles à haute vitesse ;
- Navigation en zone brouillée ;
- Attaque de précision terminale (communication non disponible dans cette phase).

Il a aussi lancé un plan spécifique pour le développement de drones lourds type missiles de croisière low-cost, ce qui n'est pas forcément pertinent pour la France, celle-ci disposant d'autres capacités pour ce type d'action dans la profondeur.

Vision USA

Coté USA, nous notons deux actions majeures :

- Une orientation début 2023 pour la prise en compte des retours ukrainiens sur les MTO FPV low-cost avec un appel à projet lancé en début d'année pour concevoir des MTO FPV ultra low-cost (***Army SBIR 23.4 Topic Index, Release 11,*** *A234-016 Lethal Payloads for Small Unmanned Aerial Systems),* qui cherche à trouver des solutions *low cost* en rupture à partir d'approches civiles ;
- L'initiative *Replicator* pour la production en très grandes séries de drones low-cost, avec en ligne de mire non pas un conflit dissymétrique, mais une confrontation armée avec la Chine.

La signature par le président américain du « American Security Drone Act » en décembre 2023 est en ligne avec la proposition Drone de Confiance de ce rapport. Nous avons utilisé également les recommandations d'une analyse anglaise de Global Data sur les innovations technologiques indispensables pour le futur qui définit les priorités suivantes :

- *Miniaturization of sensors ;*
- *Smaller chips with higher performance and lower cost ;*
- *3D modelling technologies and algorythms ;*
- *Artificial intelligence (AI) ;*
- *Manned Unmanned Teaming ;*
- *Drone swarm technology ;*
- *Augmented reality (AR) ;*
- *Anti-collision technology ;*
- *Battery technology ;*
- *Edge and fog computing.*

4.1.4. Proposition de technologies et sous-ensembles prioritaires

Une cartographie a été réalisée par les membres de l'ADIF (voir synthèse en annexe 3.1) pour élaborer une vision partagée d'une architecture technologique typique drone en vue de déterminer les briques technologiques, sous-ensembles et éléments de base nécessaires à la satisfaction de la mission opérationnelle d'un drone.

Le « système » drone a été décomposé en 4 sous-ensembles : le drone proprement dit avec ses capteurs et équipements embarqués, le système sol, les fonctions support, les simulateurs. Chaque sous-ensemble a ensuite été divisé en plusieurs niveaux.

A partir des besoins recueillis, cf. 4.1.3, une analyse technique système a été menée par le groupe de travail. Un sondage sur les besoins techniques a été réalisé auprès de membres du GT drone. **La priorité a été donnée aux points durs techniques nécessitant des développements difficiles et coûteux.**

Les fonctionnalités clefs de haut niveau retenues comme nécessaires pour répondre aux besoins peuvent être résumées en :

- Management d'un nombre important de drones sur le champ de bataille sans interférences et en collaboratif, vol en essaims et partage des informations ;
- Navigation en zone brouillée communication et GNSS ;
- Furtivité active et passive ;
- Communication résiliente, longue distance, large bande ;
- Autonomie de décision, que ce soit en support au pilote ou sur perte de communication, management des imprévus, ;
- Sûreté d'usage, drone de confiance ;
- Charges utiles : composants clefs ou capteurs ;
- Énergie et motorisation à haut ratio énergie/poids permettant une autonomie importante ;
- Entraînement simple et efficace.

A partir de ces fonctionnalités, il a été possible d'identifier les technologies et sous-ensembles critiques sous-jacents à celles-ci et de les classer par thème, en s'appuyant sur la cartographie ADIF :

- Thème 1 : Technologies pour un système de management global de type C4I permettant la gestion multi drones (air et sol) et multi opérateurs ;
- Thème 2 : Briques technologique de Navigation en zone brouillée (par exemple : navigation vidéo slam, corrélation cartographique, calculs d'amers, assistance IA, GNS militaires, antennes CRPA de petites tailles…) ;
- Thème 3 : Briques de fonctions et algorithmie de pilotage à haute performance (haute vitesse, évitement d'obstacles, suivi de terrain, attaque finale de précision) ;
- Thème 4 : Cœur d'avionique sûr et sécurisé *low cost* pour niveaux de risques de vol élevés (SAIL) et en vue des opérations en zone peuplées, en insertion dans le trafic ou en vue de certification ;
- Thème 5 : IA (fonctions d'autonomie, d'analyse et de classification, aide au pilotage, gestion d'imprévus) ;
- Thème 6 : Equipements de communication longue distance résilients (via drone relais, SATCOM *low cost* , Internet Of Thing (IOT)...) de petite taille et légers ;
- Thèmes 7 : Solution ou briques de simulations réalité virtuelle et augmentée ;
- Thème 8: Motorisation hybride, H2, batteries, actuateurs made in France ;
- Thème 9 : Revêtements pour furtivité électromagnétique et thermique.

Naturellement toutes ces propositions de thèmes prioritaires devront faire l'objets d'échanges avec les Services officiels français (notamment l'AID) pour être affinés.

Les industriels français équipementiers et certains systémiers ont une compétence technique et industrielle dans tous ces domaines, il manque seulement des ressources financières. On peut citer sans être exhaustif :

- Hionos, Aeromapper, Thales, Metavionics en avionique et autopilote ;
- Thales , Parrot en navigation en zone brouillée ;
- Scalian, Icarus en contrôle d'essaim ;
- Thales, Simpulse en communications ;
- Aerix en pilotage à haute vitesse ;
- Merio, Inpixal pour l'optronique ;
- EXAIL en contrôle de missions multi drones tous milieux ;
- …

L'écosystème français peut compter sur l'expertise de sociétés non spécialisées drones ayant développé une activité dans ce domaines : des startups innovantes, des acteurs leaders de la *deep tech* comme NukkAI, Preligens, Blackleaf, Ternwaves…, des moins connus comme EHP2, et beaucoup d'autres qui s'y intéressent.

Des exemples de projets sur certains de ces thèmes, en mode collectif à plusieurs sociétés ont été identifiés

- Création d'un GIE regroupant plusieurs startups françaises aux technologies complémentaires dans le domaine de l'IA pour développer des applications ;
- Fonctions pour le vol en essaim ou en groupe de drones collaboratifs ;
- Développement des fonctions clefs de navigation sans GNSS, de pilotage haute vitesse/basse altitude ;
- Briques de communications de nouvelle génération utilisant notamment la solution Ternwaves validée par l'AID ;
- Motorisations hybrides, H2, etc. ;
- Technologies de furtivité issues de travaux sur les drones tactiques ;
- Fonctions de haut niveau pour C4I globalisé.

Des informations plus détaillées sont données en annexe 3.2 pour les deux premiers de ces projets.

Cette liste de thèmes est conséquente, aussi bien en termes d'efforts humains ou de financement à mettre en œuvre. Aucune société de la BITD n'a les moyens financiers de la réaliser seule, même partiellement. Il sera indispensable de prévoir une approche collaborative autour des financements étatiques pour qu'ils profitent à tous les membres de la communauté. L'objectif final étant que les dronistes intégrateurs aient à disposition en France les meilleures briques technologiques pour leurs drones pour pouvoir offrir les solutions les plus avancées et compétitives aux opérationnels français. Les droits d'usage et de propriété devront être négociés équitablement et dans l'intérêt commun. La nécessités d'exporter devront également être pris en compte.

Au niveau financier, le GT estime qu'il faut viser un montant de l'ordre de 60M€ par an de crédits R&D militaires alloués aux drones aériens et MTO de moins de 150kg en fin de LPM, sachant qu'une partie de ces investissements bénéficieront à d'autres capacités (drones navals ou terrestres, drones de plus de 150kg, munitions guidées « classiques », systémiers par exemple). Certaines de ces technologies sont duales d'autres plus spécifiques militaires. Certains développements sont déjà amorcés. Ce chiffre de 60M€ a été estimé par la filière en prenant en compte son expérience dans les développements technologiques, les ambitions que pourrait afficher la France dans ce domaine et la réalité de la LPM.

Le GT estime de plus indispensable, en complément, le recours aux financement France 2030 pour les sujets duaux.

Les moyens financiers DGA/AID disponibles pour la R&D seront forcément limités, il faudra donc les optimiser. Ces éléments sont naturellement à discuter et à compléter avec la DGA. En effet, ils ne reflètent que la vision des industriels participants au GT, volontaires pour travailler ce sujet, et qui n'ont pas forcément une vision complète des projets et des orientations de la DGA. Des échanges entre la filière et la DGA et plus particulièrement l'AID, permettraient de mettre en place une feuille de route partagée de R&D, ce qui serait un gage d'efficacité (cf. infra sur une proposition concrète sur cette problématique de dialogue DGA/filière).

A noter qu'il n'est pas fait de recommandation particulière sur la technologie FPV car ce n'est pas une difficulté technologique. Ajouter une fonction FPV est simple, les casques sont facilement disponibles et donc ce n'est pas une technologie critique.

Une piste à creuser également pour susciter l'innovation est le financement de démonstrateurs en compétition selon le modèle Américain ou éventuellement pour des cas simples la formule de type Hackaton[11] : organiser régulièrement des challenges sur le terrain pour tester les idées et les concepts sur des problématiques particulières et/ou des menaces nouvelles. Ces challenges seraient ouverts aux industriels mais également aux organismes étatiques, aux écoles..., l'objectif étant de trouver les bonnes idées où qu'elles soient. Dans le cas des drones, on peut imaginer des sujets comme les drones de déminage, les drones intercepteurs… Mais des Hackatons, s'ils peuvent être utiles, ne remplaceront jamais de vrais programmes de R&D avec des financements significatifs.

Constat n°4

Les drones de moins de 150kg, même à très faible coût, sont des systèmes techniques complexes nécessitant de disposer de développer des briques technologiques élémentaires (communications, capteurs ou composants de capteur, fonctions de vol…) pour lesquelles des investissements considérables doivent être faits et qui peuvent souvent être duaux : civils et militaires. Pour rattraper le retard pris ces dernières années, il est indispensable de :

- **Travailler en collaboration Gouvernement Industrie sur une feuille de route R&D à 5 et 10 ans ;**
- **S'accorder sur et financer une liste de briques clefs qui seront mises à disposition de la filière via des accords commerciaux équilibrés.**

[11] Les hackathons sont des événements de sensibilisation/challenges qui aident à mettre au point des solutions innovantes pour les acteurs de la défense en rassemblant des acteurs ayant des compétences et des antécédents différents pour résoudre des problèmes particuliers.

4.1.5. Proposition de mise en place d'un dispositif de concertation R&D

L'excellence technologique et industrielle de la filière drone sur le territoire national est avérée[12] et doit être pérennisée et développée, dans un contexte de compétition mondiale sévère et avec l'ambition d'une souveraineté complète de la France et de l'Europe. La complexité et les coûts de développement de ces technologies et points durs prioritaires sont tels qu'il est proposé comme solution la mise en place d'un dispositif de concertation Gouvernement/Filière industrielle Drone permettant de s'accorder sur une liste finale de technologies critiques et points durs et gérer une feuille de route stratégique R&D. Cela est d'autant plus nécessaire que les drones et leurs technologies sont en grande partie duaux. Le MINARM n'a pas vocation à soutenir financièrement toute la filière drone française même s'il peut et même doit soutenir celle-ci auprès des autres ministères, car une BITD drone défense sera beaucoup plus coûteuse à faire vivre si elle n'est pas adossée à une base industrielle et technologique civile forte. Le MINARM doit donc soutenir financièrement la R&D militaire dans ce domaine et étudier au cas par cas le soutien au développement de technologies duales.

Il est donc proposé la mise en place d'un COmité de concertation Drone Militaire France, couvrant les drones et MTO de moins de 150Kg, le CODM150. Les grands principes, pourraient être :

- **Le CODM150 organise et priorise de façon concertée les travaux de recherche pour les drones militaires et MTO français de moins de 150kg**. Il définit et fait évoluer en continu une feuille de route technologique, qui constitue la base d'une stratégie d'innovation ambitieuse et coordonnée. Cette coordination garantit une maturation synchronisée des technologies-clés requises à tous les niveaux pour les différents besoins des armées françaises et en tenant compte autant que possible des besoins du ministère de l'Intérieur. En incluant les synergies avec les technologies développées pour les drones civils et commerciaux. La cohérence est également recherchée avec les plans de recherche pour l'aéronautique et les drones déployés au niveau européen ;
- **Le CODM150 est présidé par le Ministre des Armées, avec participation du ministère de l'intérieur, et rassemble, sur une base au moins annuelle, les représentants de la filière drone et les responsables des administrations concernées pour les prises de décision majeures sur la mise en place, le suivi de la feuille de route et les orientations et les budgets**. Le CODM150 associe les administrations concernées (il est adossé à la forte expertise étatique de la DGA, de l'AID et de l'ONERA) et l'ensemble des industriels de la filière drone (systémiers, équipementiers, grand groupes, PME ou startups) dans un partenariat efficace entre l'État et l'industrie ;
- **Le CODM150 a pour enjeu prioritaire** la révolution apportée par l'usage militaire des drones et son importance stratégique indéniable pour le futur, avec l'ambition **de permettre aux armées françaises un équipement en drones qui la place dans le top 3 mondial**, d'optimiser les ressources étatiques, d'atteindre une efficience maximale dans l'emploi de ces ressources avec une synergie avec le monde civil et **de faire de l'industrie française du drone un leader de classe mondiale**. L'objectif technique est de garantir l'émergence et la maturation des technologies et sous-ensembles critiques différenciants et innovants. Les solutions développées devront être compétitives sur les marchés mondiaux, dans des standards de sécurité et de sûreté au plus haut niveau ;
- **Les travaux permettent d'élaborer un plan** pluriannuel, porteur des objectifs de la filière, et optimisant l'effort public et privé. Ce plan de recherche repose sur trois piliers :
    - **La construction commune d'une feuille de route technologique partagée** ;
        - La feuille de route est un programme de recherches actualisé en fonction d'objectifs de haut niveau fixés autour des besoins majeurs des états-majors en vue d'obtenir un avantage opérationnel certain.

[12] Cf. les succès rencontrés par les drones français Parrot et Delair notamment auprès de l'armée ukrainienne qui n'achète aujourd'hui que des drones performants capables d'opérer dans un environnement très difficile notamment en matière de brouillage.

Cette démarche est indispensable pour préparer le futur et permettre une souveraineté stratégique, pour ne pas risquer de défaut d'approvisionnement en temps de crise ou de maîtriser en France les technologies indispensables pour des raisons de « sûreté »

- **La mise en place d'un ensemble de projets sélectionnés par décision étatique**, sur la base des priorités de la feuille de route technologique, financé par l'État (ou par l'État et l'industrie dans le cas de technologies duales à prédominance civiles) ;
- **L'association large de toute la filière industrielle** (grands groupes, PME, startup), les instituts de recherche technologique, laboratoires académiques, ONERA et si possible les pôles de compétitivité ;

Un COMmité de PILotage sera mis en place par le CODM, qui se réunira chaque mois pour construire et mettre en place la feuille de route puis tous les 2 mois pour son suivi. Il pourra recommander des réorientations ou des arrêts, soit parce que le contexte a changé, soit parce que les industriels titulaires n'atteignent les objectifs fixés ;

- Ce travail collectif a pour but d'éclairer les acteurs de la filière pour leurs décisions d'investissement en recherche et technologie, et la puissance publique pour sa politique de soutien. Il permet également l'émergence de projets collaboratifs fondés sur la complémentarité entre industriels, et avec les acteurs académiques.

Recommandation n°1
Une feuille de route R&D nécessitant des investissements considérables, une approche collective et structurée de type filière industrielle gouvernement/industrie est indispensable pour pouvoir disposer des briques clefs pour cette filière des drones/MTO de moins de 150kg.

Il est proposé la mise en place d'un COmité de concertation Drone Militaire France, couvrant les drones et MTO de moins de 150Kg, le CODM150, dispositif de concertation Gouvernement/Filière industrielle Drone, permettant de s'accorder et gérer une feuille de route stratégique R&D.

4.1.6. Capacités de production nationales

Disposer de capacités de R&D n'est pas suffisant. Il est nécessaire de disposer également des moyens industriels capables de produire les matériels ayant bénéficié de ces travaux (un prototype n'a jamais permis de gagner une guerre à lui seul, mais des matériels plus ou moins performants produits en grande série oui). De plus il faut prévoir des capacités de production très importantes et mobilisables sur demande en cas de crise, ce qui nécessite de résoudre de multiples points durs industriels.

De fait, de multiples composants indispensables aux drones ne sont pas produits en France, ni même dans l'Union Européenne, mais bien souvent en Chine, pays dont on ne peut pas être sûr qu'il accepterait en cas de crise de fournir la France en composants pour la fabrication de drones à usage militaire. En effet, une étude réalisée en 2021 par l'ADIF auprès des constructeurs de drones français montrent une forte dépendance à des achats étrangers (Asie/Etats-Unis)parmi lesquels les batteries (notamment les cellules chimiques qui demandent de très fortes capacités et un fort courant de décharge), ou les moteurs *brushless* (cf. annexe 3.5). Nos moyens de production sont aujourd'hui sous-dimensionnés en cas de conflit majeur, comme le drapage de pièces composites, l'impression 3D ou la découpe/injection de pièces en EPP (*Expanded Polypropylene* ou Polypropylène expansé). Pour donner des ordres de grandeur, le temps nécessaire augmenter les cadences de production est 3-6 mois quand développer un nouveau drone c'est plutôt 2-3 ans, ceci en supposant qu'il n'y a pas de problème d'approvisionnement de composants depuis l'étranger.

Les travaux du GT menés dans un calendrier contraint n'ont pas permis de dresser une cartographie complète des différents points durs, même si certains ont d'ores et déjà été identifiés (comme les batteries ou les moteurs *brushless*). Une fois ces composants identifiés, il convient de décider quelle solution doit être mise en œuvre :

- Identification, voire construction d'une ou plusieurs usines susceptibles de produire ces composants en France ?

- Achats « préventifs » de machines-outils capables de satisfaire les besoins défense en temps de crise ?
- Acceptation d'une certaine part de risque via une dépendance étrangère, de préférence européenne ?

Par ailleurs les stratégies en matière de production des différents industriels sont aujourd'hui très différentes et nécessitent sans doute un effort d'harmonisation qui risque de prendre du temps (cf. annexe 3.3). Une réflexion sur l'intérêt et les modalités de fonctionnement d'un groupement d'intérêt économique (GIE) serait aussi à mener pour voir comment mettre en commun les moyens et expertises des différents acteurs (cf. les derniers paragraphes de l'annexe supra).

Cette problématique structurelle pour la filière mériterait d'être traitée en lien avec France 2030, notamment pour les questions de financement. Un appel d'offres « souveraineté industrielle » à travers le guichet France 2030 pourrait être lancé pour permettre d'avoir en France des sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone.

Il faut intégrer également la problématique des drones comme système de souveraineté (cf. paragraphes suivants et recommandation n°3). Tous les composants d'un drone de relèvent pas de la souveraineté nationale (par exemple des pièces de structure peuvent être réalisés facilement en impression 3D par pratiquement n'importe qui et n'importe où), il faudra donc identifier ceux qui sont critiques et pour lesquels une attention particulière quant à la maitrise de la capacité de production s'impose.

Cette question étant fondamentale pour garantir l'autonomie stratégique de notre filière drones, il est proposé de poursuivre les travaux du GT en 2024 sur les efforts de réindustrialisation à mener pour reprendre notre souveraineté au niveau de la fabrication de systèmes à base de drones. Ces travaux pourraient être menés en concertation étroite avec la DGA afin de bâtir une feuille de route de « production industrielle » afin de garantir l'autonomie stratégique de la France dans ce domaine au niveau adéquat.

Au niveau financier, le GT estime qu'il faut viser en première approche un montant de l'ordre de 20M€ par an de crédits de souveraineté industrielle alloués au drones aériens et MTO de moins de 150kg en fin de LPM. Ce montant a été estimé par les membres du GT par rapport à peur expérience en matière de construction d'usines.

<u>Recommandation n°2</u>
Le GT recommande ainsi de poursuivre ses travaux en 2024 pour :

- **Réaliser une étude plus détaillée avec la DGA pour construire une feuille de route « production industrielle » drones/MTO de moins de 150kg afin de garantir l'autonomie stratégique de la France dans ce domaine au niveau adéquat ;**
- **Mener une réflexion sur l'intérêt d'un GIE pour mettre en commun les moyens et expertises des différents acteurs.**
- **Étudier la possibilité du lancement d'un appel à projet « souveraineté industrielle » commun DGA/France 2030à pour permettre d'avoir en France des sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone ;**

Les premières technologies à analyser pourraient être notamment : les moteurs *brushless*, les batteries, les calculateurs IA embarqué… Les travaux pourraient se traduire par la mise en place d'un outil de production et/ou d'essai mutualisé via un GIE.

4.2. La contractualisation

4.2.1. Préambule

L'objectif recherché par le GT sur ce sujet a été d'identifier des méthodes contractuelles et de gestion de programme innovantes permettant de concilier les différents contraintes et besoins :

- Respect des règles de la commande publique, au premier rang desquelles l'ouverture à la concurrence ;
- Agilité pour répondre à des besoins nouveaux et « coller » aux innovations technologiques ;
- Lisibilité à donner aux industriels leur permettant de lancer les investissements nécessaires en vue de développer les innovations susceptibles d'apporter un avantage opérationnel à nos Forces.

Les propositions décrites ci-après visent à l'optimisation du processus d'acquisition au sens « satisfaire un besoin opérationnel au plus vite et au meilleur coût ». Les urgences opérationnelles exprimées actuellement, renforcées par le contexte de conflits armés aux portes de l'Europe (Ukraine, Arménie, Gaza), incitent également à simplifier les processus pour gagner du temps. Cette recherche d'optimisation ne doit pas se borner à la passation de l'acte contractuel, mais elle doit se faire à tous les niveaux de la vie du programme : accélérations/simplifications de la planification stratégique, de la synthèse du besoin entre l'État-Major et les services de la DGA (DUB ou Document Unique de Besoin), des clauses support du Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP), recherche de processus contractuels adaptés.

Ces propositions ont été pensées dans le contexte particulier du domaine des drones et MTO de moins de 150kg avec ses particularités et spécificités, tant sur le plan opérationnel que sur le plan industriel. Toutefois, certaines de ces propositions sont également applicables à d'autres types de matériels.

Compte tenu de diverses procédures en cours ou sur le point d'être lancées pendant les travaux du GT, le service achat de la DGA n'a pas été associé à la rédaction de ce document, ce qui peut expliquer que certaines propositions puissent être perçues comme non compatibles avec le Code de la Commande Publique (CCP). Il convient donc de s'attacher en priorité à leur esprit. Plusieurs participants au GT ont fait remarquer que :

- La DGA, au cours de son histoire, a régulièrement su trouver des solutions contractuelles pour passer des commandes rapides, y compris avec des mises en compétition (conflits du Golfe et d'ex-Yougoslavie, Sahel, avions gouvernementaux…), donc notifier un contrat rapidement (via une lettre de commande, ou selon une procédure classique), si cela n'est pas et ne peut pas devenir la norme (vu la charge de travail supplémentaire que cela peut induire), ne doit pas être perçu comme un exploit irréalisable ;
- Il ne peut être tenu rigueur à un pouvoir adjudicateur de ne pas signer un marché qui lui semble « limite » puisque lorsqu'il y a un problème sur un contrat, c'est son signataire qui en porte la seule responsabilité devant la justice, comme cela s'est vu dans le passé.

C'est pour cela qu'il ne faut pas exclure de demander des évolutions du CCP pour s'adapter aux contraintes d'acquisition de ce segment d'achat qui ne sont pas des consommables mais sont des équipements de coûts plus réduits que les grands systèmes d'armement, d'une durée de développement et de renouvellement également réduite par rapport à des programmes majeurs devant vivre 40 ans et confiés à des grands groupes de défense.

4.2.2. Éléments dimensionnants du contexte Drones/MTO de moins de 150 kg

Par rapport à d'autres systèmes d'armements plus traditionnels, et comme décrit en détail dans le paragraphe 42.4, ce domaine présente les particularités suivantes qu'il convient de souligner avant d'aborder les propositions :

- Domaine industriel récent essentiellement tiré par les besoins civils, avec un dynamisme et une vitesse d'évolution qui n'ont rien à voir avec celui des armements traditionnels ;

- Peu de barrières technologiques à l'entrée, avec de nombreuses briques open source, permettant ainsi à de très nombreux acteurs dans le monde entier de créer et proposer des produits extrêmement divers pour des usages parfois inattendus ;
- Des barrières réglementaires internationales civiles qui peuvent être à l'inverse importantes (navigabilité) et favoriser les grands groupes leaders internationaux qui disposent déjà de budgets conséquents pour les franchir[13] ;
- Reposant sur des technologies et composants venant en grande partie de l'étranger, avec un certain leadership de la Chine, ce qui présente donc à terme un risque d'approvisionnement de nos forces ;
- Un potentiel de nouvelles utilisations opérationnelles, en complément et en association avec nos systèmes d'armes traditionnels, qui amènent à repenser les schémas tactiques d'utilisation de ces derniers ;
- Retard de la France dans l'équipement des forces, et dans le développement des certaines solutions (comme les MTO), qui implique en urgence un rattrapage.

En outre il convient de rappeler le caractère potentiellement « sacrifiable[14]» de ce type de matériel, particulièrement pour une utilisation en temps de crise. Cette problématique amène immanquablement à celle des différentes utilisations envisageables (temps de paix/entraînement, conflit faible intensité/OPEX, conflit de haute intensité) qui peuvent amener à des choix différents dans les spécifications de besoin et donc in-fine dans la conception des drones considérés.

Dans ces conditions, le domaine des drones/MTO de moins de 150kg ne peut que relancer l'éternel débat Achat sur Spécifications (« sur-mesure ») versus Achat Sur-Étagère (« prêt-à-porter »). Pour un système d'arme traditionnel (char, avion ou hélicoptère de combat, …), ayant une conception très éloignée de véhicules civils existant, l'expression de besoin des forces va plutôt naturellement orienter la DGA vers la 1ère solution. Pour un drone/MTO de moins de 150kg, une expression de besoin initiale pensée « à partir de la feuille blanche », aura aussi toutes les chances de correspondre à quelque chose de nouveau à concevoir impliquant de facto des coûts non-récurrents et des délais.

Selon les types de drones et en tenant compte de l'offre existante des dronistes français, il pourrait être intéressant de privilégier des produits présents dans la BITD française, quitte à faire des compromis sur des performances.

Si les drones légers sont des systèmes compacts, il ne faut pas non plus que le MINARM s'interdise de commander des « standards » avec des évolutions incrémentales, comme sur des systèmes plus gros (avions de chasse par exemple). Même si la cinétique de développement du hardware est plus lente (classe 3 ans, et une fois un aéronef certifié, on préfère éviter les évolutions de ses éléments participant au vol), cela n'interdit pas d'avoir des développements du software sur des cycles plus courts, et aussi de définir une certaine modularité dans l'architecture hardware (typiquement en ségréguant les charges utiles) permettant d'assurer une dynamique conforme aux besoins opérationnels

4.2.3. Les drones/MTO un système de souveraineté

Les propositions du rapport ont été réfléchies et construites dans un contexte et une optique d'urgence opérationnelle et de constat de retard de la France (notamment dans le domaine des MTO) au regard de ce que montrent les conflits actuellement en cours.

Aussi nous proposons que les drones et MTO soient déclarés, le plus rapidement possible, suivant une décision politique, comme système de souveraineté. Cela imposerait, pour certains composants des drones et leur assemblage final, des conceptions et production en France autant que faire se peut, sachant qu'il restera toujours des composants d'origine étrangère dont il faudra gérer le risque notamment en partenariat avec des pays amis à commencer par nos partenaires Européens (voir le paragraphe 4.1 ci-dessus « briques technologiques »). Cela devrait également donner plus de

[13] A ce sujet, il faut peut-être distinguer les grands groupes internationaux (type DJI, Google, etc.) qui ont en effet les moyens de faire du lobbying, et les grands groupes français de Défense, qui semblent moins à l'aise sur ce type de pratiques.

[14] Les réponses peuvent être toutefois différentes en fonction de la classe (et donc du coût) du drone considéré.

« souplesse » au niveau des procédures contractuelles pour imposer des conditions de localisation géographique de la conception et/ou production de certains composants ou de l'assemblage de drones/MTO. Rien d'ailleurs n'empêche d'acheter un drone conçu et produit ailleurs en Europe à partir du moment où en cas de crise, sa production et des modifications peuvent être réalisées en France.

Recommandation n°3
La France doit déclarer drones et MTO comme systèmes de souveraineté afin qu'elle puisse maintenir son autonomie stratégique en imposant des conditions de localisation géographique de la conception et/ou production de certains composants ou de l'assemblage de drones/MTO.

4.2.4. Encourager l'innovation et la prise de risque chez les industriels

Les industriels français ont besoin d'être encouragés pour développer sur fonds propres de nouveaux produits de défense en vue de commandes à venir export ou France. Cela passe par une acquisition, même en petite série, de matériels par l'armée française, ce qui :

- Est la meilleure façon pour un industriel d'être en capacité de conquérir de nouveau marché avec un produit dont il a expérimenté la conception/production réellement ;
- Facilitera le passage à l'échelle, souvent difficile, d'un concept novateur ;
- Permettra aux armées, à la DGA et à l'AID de découvrir un matériel performant et novateur dont elles n'avaient pas forcément saisi l'intérêt au premier abord et qui en cas de succès du matériel donnera un label « France » au produit, augmentant ses chances à l'export ;
- Permettra de disposer d'une source d'approvisionnement supplémentaire qui pourrait être utile en cas de conflit.

Rappelons ce qui s'est passé pour le CAESAR : dans les années 90, Nexter a assuré le développement de ce matériel sur fonds propres dans une perspective initiale d'adressage du marché export, sans aucun soutien de l'État français, l'industriel assumant totalement le risque. In fine, la DGA en a malgré tout acheté une première série de 5 à des fins d'expérimentation alors que l'armée de Terre n'avait pas de besoin pour un matériel de ce type[15]. Une expérimentation dans les Forces a suivi, et celle-ci s'étant avérée réussie, l'armée de Terre et la DGA ont adopté le système : le CAESAR a finalement remplacé tous les autres matériels d'artillerie.

Il faut donc mettre en place un dispositif, qui permette de reproduire le succès du CAESAR et qui soit applicable à d'autres produits et sociétés (Nexter était en situation de monopole sur ce segment ce qui facilitait l'acquisition). Ce dispositif serait naturellement applicable aux drones/MTO, mais pourrait être étendu à d'autres matériels.

Il faut tout d'abord qu'un industriel envisage de développer sur fonds propres un drone innovant à application Défense. L'innovation peut être :

- Technologique (nouvelles technologies prometteuses sur le long terme) ;
- Opérationnelle (matériel apportant, sans rupture technologique, un gain en performances significatives permettant de réaliser de nouvelles missions). Son application Défense devra être clairement identifiée avec des fonctions typiques comme l'intégration possible d'une charge létale, un fonctionnement en environnement contesté (antibrouillage, navigation *GNSS denied*, …) ;
- Productique (par exemple un drone ayant des performances équivalentes (voire moindres) comparé à des matériels existants, mais pouvant être construit en masse beaucoup plus facilement et à moindre coût.

Les éléments de prospective stratégique de la DGA/EMA, incluant des éléments disruptifs comme la Red Team, peuvent servir d'inspiration, non exclusive, aux industriels pour leurs propositions. Il faut qu'ils puissent y avoir accès.

[15] Cf. sur la genèse du Caesar les articles de l'ICA P. Girard et de l'IGA P.A. Moreau dans les numéros 128 et 129 du magazine des ingénieurs de l'armement. https://www.caia.net/revue-auteurs-rubriques-numeros/numeros

L'industriel présente alors un dossier auprès de la DGA, en vue d'obtenir une garantie de commande d'un lot « symbolique » de matériels pour expérimentation. Celui-ci est instruit avec l'EMAT et l'AID. En cas d'avis favorable, un accord de principe est donné au lancement du projet à l'industriel ce qui lui garantit une commande minimale symbolique de matériels de présérie ou même de série (éventuellement formalisé directement via un contrat ce qui rend l'engagement fort) à des fins d'expérimentation une fois le développement terminé. L'État ne paiera aucun frais de développement ou d'industrialisation et n'aura aucun droit de propriété intellectuelle. Précisons également que ce dispositif n'a pas vocation à venir renflouer la trésorerie d'entreprises en difficulté.

En cas d'avis défavorable à la demande de l'industriel, ou de montant dépassant un seuil qui aurait un effet d'éviction fort sur d'autres programmes, le dossier sera remonté au niveau du CMI (Comité Ministériel d'Investissement) pour décision définitive. En effet, l'expérience du CAESAR a montré qu'un avis initialement réservé de la DGA et de l'EMAT a pu s'infléchir une fois le matériel acquis et utilisé en évaluation pour l'Armée de Terre.

Une fois le matériel livré et l'expérimentation menée à bien, 2 solutions sont envisageables :

- Le matériel donne entière satisfaction. Une commande supplémentaire peut alors être envisagée en respectant les règles de la commande publique (si nécessaire en remettant en compétition sur ces concepts, mais l'industriel qui aura eu l'idée initiale aura clairement un avantage). Ce matériel pourrait également bénéficier d'un soutien à l'exportation des armées (SOUTEX) ;
- Le matériel ne donne pas satisfaction ou pas totalement. Le matériel commandé peut alors être :
    - Dédié à des missions peu exposées qui n'ont pas forcément besoin d'un matériel extrêmement performant ;
    - Utilisé à des fins d'entrainement (CENZUB, LAD…) ;
    - Revendu ou donné à un pays tiers.

  Cela n'empêche pas l'industriel, fort d'un label « France », de tenter de le vendre à l'export, les besoins étant peut-être différents.

Il serait souhaitable de modifier le CCP pour permettre des opérations de ce type pour des montants plus importants que ceux actuellement permis (431k€, montant maximum des procédures formalisées sans mis en concurrence, plus peut être dans certains cas particuliers touchant au secret défense), mais vu les coûts souvent limités des drones de petite taille, il est d'ores et déjà possible de mettre en œuvre ce dispositif sans avoir besoin de toucher à des textes législatifs ou réglementaires.

Recommandation n°4
Jurisprudence CAESAR : encourager la prise de risque et l'innovation chez les industriels en menant une politique dynamique de soutien aux matériels développés sur fonds propres par l'acquisition de petites séries symboliques à des fins d'expérimentation et qui permettrait à l'industriel de bénéficier du SOUTEX. Étudier la possibilité de faire évoluer le CCP pour élargir les possibilités d'application de cette orientation, qui pourrait d'ores et déjà être mise en œuvre avec simplement une volonté « politique ».

Les mécanismes militaires de soutien à l'innovation (financements par l'Agence de l'Innovation de Défense) doivent être poursuivis, voire amplifiés, pour soutenir une telle prise de risque des industriels.

4.2.5. Recommandations pour les opérations d'armements avec des systèmes de drones/MTO de moins de 150kg

4.2.5.1. Déclenchement d'une Opération d'armement

Le déroulement « classique » suivant est proposé :

- La DGA émet une première consultation, sous la forme d'une demande d'informations, pour un drone/MTO ayant des caractéristiques et une date de livraison données :
- Les industriels répondent avec des matrices de conformité ;
- La DGA détermine le pourcentage de conformité des réponses avec une grille de notation pondérée qu'elle a rédigée au préalable ;

- A partir de cette analyse, la DGA détermine si elle doit s'orienter sur un achat « sur étagère » ou « sur spécifications » en fonction de la réponse de la BITD et de la nature et l'urgence du besoin exprimé par les armées.

nota 1 : les règles européennes interdisent de privilégier des sociétés françaises plutôt qu'européennes. Mais compte tenu du caractère stratégique de ce type de matériels, **deux mesures recommandées par ailleurs dans ce rapport par le GT, sont susceptibles d'encadrer la consultation de sociétés européennes**, sans les empêcher de concourir :

- **La labellisation drone de confiance**, votée dans la LPM, qui va imposer aux industriels souhaitant vendre des drones sur le marché défense ou sécurité français d'obtenir ce label ;
- **L'affichage par la France que les drones/MTO de moins de 150kg sont un système de souveraineté**, ce qui imposerait des contraintes à des sociétés étrangères (comme la nécessité de produire en France en cas de nécessité).

nota 2 : la procédure exacte devra être adaptée selon que la consultation est faite selon le livre III (MDS, marché de défense ou sécurité) ou le livre V du CCP (Code de la Commande Publique). En particulier il pourrait être nécessaire de procéder à deux cycles de demande d'information selon les cas.

4.2.5.2. Achats « sur étagère »

4.2.5.2.1. Les solutions françaises ou européennes sont trop éloignées du besoin :

Dans une telle situation, l'option d'achats auprès de fournisseurs étrangers, généralement américains ou israéliens (et peut être demain ukrainiens…) peut se présenter. Le choix d'une telle option, ferait alors peser un risque fort de ne jamais lancer de programme français équivalent, et d'ainsi handicaper la BITD française face à cette concurrence étrangère en créant ainsi une dépendance vis-à-vis de cette dernière. Il s'agira alors d'une décision politique à prendre en pesant l'impact sur les capacités des Forces et celui sur la BITD. La probabilité de se retrouver dans une telle situation à l'avenir devrait toutefois être limitée si le MINARM met en place une politique encourageant les industriels à développer sur fonds propres des matériels susceptibles de répondre à des besoins futurs des armées françaises.

Néanmoins et à titre exceptionnel, pourront être engagés des achats auprès de fournisseurs étrangers d'une solution déjà sur étagère, pour évaluation ou satisfaction d'un besoin opérationnel très urgent : ces affaires devront être bornées pour un montant et des quantités limités au besoin strictement nécessaire et ce dans l'attente et la perspective du lancement d'un programme français.

4.2.5.2.2. Solution Française ou européenne existante répondant à au moins 80% du besoin et pouvant probablement être utilisée comme telle

Si une ou plusieurs réponses sont à au moins 80% de satisfaction du besoin, il pourra y avoir engagement d'une consultation restreinte aux seuls candidats porteurs de ces réponses après adaptation du besoin pour un achat en série sur-étagère.

La sélection du mieux disant avec sa solution sur étagère sera faite après démonstration réelle sur un site et avec des opérateurs étatiques obligatoirement, la réalité du caractère sur étagère ayant parfois été mise en cause a posteriori. Cette évaluation pourra avoir un caractère éliminatoire (i.e., si le matériel échoue aux tests[16], l'offre financière ne sera même pas ouverte). Ensuite passation directe d'un contrat de série et de MCO.

[16] Pour éviter tout risque de contentieux durant les tests, l'accent sera mis sur la vérification du caractère sur étagère du produit plus que sur la vérification exhaustive de ses performances qui peuvent être liées à l'environnement le jour des essais.

4.2.5.2.3. Solution Française ou européenne existante répondant à au moins 60% du besoin et pouvant probablement être utilisée comme telle ou avec customisation

Cette option vise à se donner une chance d'éviter ou de limiter des développements générateurs de coûts récurent et de délais. Plutôt que de repartir « d'une feuille blanche », des développements incrémentaux permettraient de capitaliser sur un équipement qui a fait ses preuves tout en limitant les coûts de développement et de maintien en condition opérationnelle. Ils peuvent ainsi permettre de raccourcir considérablement les délais de mise en service pour que les forces bénéficient d'un matériel plus performant et répondant au mieux à leurs besoins.

Dans un tel cas il est proposé un phasage incrémental du programme pour conserver certains avantages d'un achat sur étagère avec :

- Comme dans le cas précédent, si une ou plusieurs réponses sont à 60%, il pourra y avoir engagement d'une consultation restreinte aux seuls candidats porteurs de ces réponses ;
- Sélection du mieux disant avec sa solution sur étagère (en prenant en compte, le cas échéant, l'évolutivité du matériel) après démonstration réelle selon les modalités supra ;
- Achat d'un 1er lot du matériel tel quel pour dotation dans les forces dans le délai le plus court ;
- Évaluation approfondie par les utilisateurs de ce produit.

A l'issue, trois possibilités :

- Le produit tel quel finalement peut satisfaire les utilisateurs donc achat des lots suivants à l'identique, sur-étagère » ;
- Le produit tel quel ne peut finalement pas satisfaire les utilisateurs. Par conséquent, des développements d'incréments capacitaires au plus juste sur celui-ci sont faits pour l'améliorer en restant dans les limites permises par le CCP (en veillant tout à la fois à ne pas bouleverser l'économie du marché – hors de question par exemple de faire un avenant qui augmenterait le montant du marché de 50%- et à ne pas passer « sous » la note du second candidat – si l'offre de ce dernier était notée à 1% de celle du gagnant, il faudra rester dans cette enveloppe de 1%) ;
- Si in fine il s'avère que les ajustements « à la marge » ci-dessus sont insuffisants, deux scénarios sont envisageables :
  - Si rien n'a été prévu dans la consultation initiale, il peut n'y avoir d'autre solution que de relancer une consultation sans affermir les dernières tranches du marché ;
  - Pour éviter de se retrouver dans cette situation, une possibilité est de prévoir, dès la consultation initiale, un lot « développements complémentaires » et des lots de rétrofit, tous en tranche conditionnelle, L'idée est que si la consultation a été émise sur la base d'un matériel satisfaisant 60% des exigences, ce lot « développements complémentaires » visera à financer les évolutions nécessaires pour amener le matériel à satisfaire par exemple 80% des exigences. Et c'est l'offre du candidat, prenant en compte l'affermissement de ces lots, qui sera prise en compte pour sélectionner le mieux disant. Cette formule permet de faire jouer pleinement la concurrence (cas ou un seul candidat saurait satisfaire 80% du besoin) et de se donner des « marges » en exécution pour adapter le matériel en tant que de besoin (cf. propositions infra).

Dans un tel cas de figure, **le support contractuel qui semble le plus adapté serait peut-être un accord-cadre** qui prévoirait :

- L'acquisition d'un premier lot de produits sur étagère (via des bons de commande ou un premier marché subséquent) ;
- La possibilité d'acheter des lots supplémentaires (par bons de commande) pour couvrir tout le besoin capacitaire si on se retrouve dans la première possibilité (le produit convient sans évolution) ;
- La possibilité de faire évoluer le produit pour couvrir les exigences non satisfaites par le produit sur étagère : ces évolutions pourraient être chiffrées dès le début vu que connues, elles pourraient donc se faire sous forme de bons de commande. Pour se laisser un peu de marge on pourrait

imaginer de faire des marchés subséquents dont le montant total serait plafonné à ce qui a été chiffré dans l'offre ;

- La possibilité d'acheter les produits après évolution (il faudra alors explorer la possibilité d'avoir recours à des prix provisoires) ;
- Le soutien.

Recommandation n°5
Privilégier les achats sur étagère même s'ils ne satisfont pas tout à fait le besoin en :
- vérifiant par des tests sur site étatique la réalité du caractère « sur étagère » du matériel et qui soient un critère éliminatoire avant même le dépouillement des offres financières ;
- ayant recours à un processus de contractualisation qui permette de s'assurer que le besoin s'adapte autant que possible aux équipements disponibles et non l'inverse.

4.2.5.2.4. Proposition pour gagner en efficacité sur des achats purement sur étagère

L'idée est de s'inspirer du marché cadre DMAé n° 21 92 014 pour la « fourniture de micro et nano drones au profit du ministère des armées, accessoires et prestations associées » avec la société Flying Eye qui comprend une gamme évolutive de petits drones (<7kg) et d'accessoires de la gamme civile conformes à la réglementation civile européenne, avec un méta-catalogue de prix. Il permet aux forces et de centres d'essais de la DGA d'acquérir rapidement par bon de commande des petits drones sur-étagère pouvant provenir de fournisseurs du monde entier, et pas seulement de la BITD française. A noter que ce marché, victime de son succès car il avait atteint plus rapidement que prévu son plafond contractuel, a été renouvelé par anticipation en novembre 2023 selon les mêmes principes.

Nous proposons idéalement, de construire un **marché de type accord cadre** similaire dans l'esprit qui :

- Couvre les besoins MINARM et ceux du MIOM (c'était une demande de la LPM) ;
- Soit limité aux drones légers et MTO[17] inférieurs à 50kg (au-dessus, la complexité des exigences risque de rendre leur prise en compte dans ce marché difficile) ;
- Favorise l'acquisition de drones avec une homologation « bons pour le service au profit de l'administration Française », c'est à dire qui soient :
    - Certifiés lorsqu'applicable (au sens réglementation EASA) ;
    - Labellisés drones de confiance » (tels que définis par la LPM et dont les modalités de labellisation proposées sont définies dans le paragraphe 4.8 ci-dessous) ;
    - Dans le cas de drones destinés pour un emploi opérationnel par le MINARM, agréés/labellisés par la DGA en coordination avec l'armée de Terre (EMAT/STAT), après avoir passé une batterie de tests techniques et opérationnels. L'objectif de ces tests sera de vérifier qu'ils répondent à un cahier des charges militaire minimal (fiabilité et sûreté de fonctionnement, résistance au brouillage, niveau de performances requis pour un emploi militaire…). Cette labellisation est directement inspirée par les méthodes pratiquées par l'armée ukrainienne (avant toute passation d'un contrat, d'abord vérification sur le terrain que le drone réponde bien aux exigences de l'armée). Elle devra être très stricte (i.e. pas de labellisation de complaisance de matériels « justes » en performances) pour aider à la consolidation de la BITD en limitant les industriels dont les matériels pourront être commandés qui ainsi bénéficieront d'une bonne lisibilité sur leur plan de charge, condition favorable à leur développement en les rendant attractives auprès des investisseurs ;
- Permette ainsi de contractualiser plus facilement et régulièrement un plus large panel d'industriels de la BITD française ;
- Soit sans intermédiaire, du type accord cadre multi attributaires avec 2 modes de passation de commandes :

[17] Dans un premier temps, comme le domaine des MTO est très en retard par rapport à celui des drones, il faudra peut-être commencer par un accord cadre uniquement drones, mais à terme, il n'y a de raison que les MTO ne puissent être incluses dans un contrat de ce type (ou quitte à ce qu'il y ait un accord cadre spécifique pour les MTO).

    - Si « petite » commande (par exemple < 50.000€ par an et par « grand compte ») achat sur table de prix rapidement comme pour le marché DMAé ;
    - Au-dessus, commande avec mise en concurrence parmi les attributaires via des marchés subséquents, notamment si plusieurs drones présentent des caractéristiques similaires ;
- Permette de rajouter des drones « au fil de l'eau » quand des industriels (de la BITD Française mais pourquoi pas des européens s'ils remplissent les critères) proposent de nouveaux modèles de manière à pouvoir acquérir le dernier cri de la technologie disponible à tout moment. L'idéal serait également de pouvoir rajouter des attributaires en cours d'exécution du marché. Mais si rajouter des attributaires en cours d'exécution n'est pas possible selon les contraintes du CCP, une solution serait de renouveler l'accord cadre plus fréquemment (tous les deux ou trois ans par exemple) pour prendre en compte de nouveaux entrants.

Les drones seraient, comme pour le marché DMAé, classés dans différentes catégories pour répondre aux différents besoins des utilisateurs et permettre de déterminer si plusieurs drones peuvent répondre à un besoin exprimé (auquel cas, selon les quantités souhaitées, il faudra lancer une compétition déterminant l'attributaire).

L'attributaire de ce marché pourrait être un GME (Groupement Momentané d'Entreprises) ouvert de droit à toute société produisant des drones et adhérente du GICAT ou de l'ADIF et qui donc regrouperait tous les fabricants de drones français. Il est clair que les conditions d'attribution de ce marché à un titulaire unique devront être finement évaluées, notamment à l'aune des notions de drone de confiance et de la déclaration des drones comme système de souveraineté. A défaut, l'attribution pourra être faite à plusieurs industriels de manière classique.

Le cas échéant, il faudra peut-être envisager deux accords cadre de ce type, en distinguant sans doute les drones du combattant et les drones spécialisés de moins de 50kg. La décision reviendra au pouvoir adjudicateur selon la situation de la BITD et le retour d'expérience sur des accords cadre de ce type (il sera ainsi peut être judicieux de tester le concept sur un premier marché couvrant une gamme plus réduite de drones).

Ce marché pourrait être préparé par la DGA mais ensuite cogéré par la DGA (pour l'inscription des nouveaux drones notamment) et la DMAé (pour les commandes) comme cela se fait déjà sur certains marchés. L'UGAP pourrait peut-être aussi passer un tel marché (cet organisme n'a pas pu participer au GT drone, donc sa position sur la faisabilité d'une telle option n'est pas connue). Un tel contrat cadre sera certainement complexe à construire (notamment sur le plan de la mécanique contractuelle et la catégorisation des drones) mais il répondrait à un objectif clairement indiqué dans la LPM.

Si la DGA ne souhaite pas s'investir sur un marché d'acquisition de matériels purement sur étagère il faut a minima qu'elle garde la main sur la sélection/labellisation des matériels, un peu sur le mode ukrainien : les matériels sont testés par un service qui détermine s'ils sont « bons pour le service » au profit des forces armées ukrainiennes, et ceux qui passent la sélection sont labellisés et la responsabilité de leur acquisition est ensuite confiée à un service achat spécialisé. Même si le contexte ukrainien est particulier (pays en guerre), le principe reste applicable même en temps de paix. Il conviendrait donc de vérifier concernant un drone susceptible d'être acheté par les armées françaises :

- Est-il de confiance (cf. paragraphe 4.8) ?
- Ses capacités de résistance au brouillage sont-elles suffisantes ?
- Ses caractéristiques de mise en œuvre (ergonomie, rusticité etc.) le rendent ils aptes à un service dans une force armée ?

En effet, même si un drone est certifié du point de vue navigabilité, cela ne veut pas dire pour autant qu'il est bon pour le service des armées françaises (par exemple s'il n'est pas assez performant en matière de résistance au brouillage, ou pas assez « rustique » pour un emploi sur le terrain. A l'inverse, un drone militaire peut ne pas être conforme aux exigences de la réglementation civile.

Il est clair pour les membres du GT que seule la DGA (en concertation avec la STAT) peut assurer (pour ne dire doit) ces fonctions. Nul autre service du MINARM n'a les compétences techniques pour assurer cette sélection, même s'il faudra qu'elle s'appuie certainement sur les compétences de la STAT. De plus, même si les drones/MTO de moins de 150kg ont une BITD particulière, il existe un continuum technique avec ceux de masse supérieure. Dans un souci d'optimisation des compétences techniques, il est donc logique et naturel que la DGA garde cette responsabilité de sélection/labellisation pour drones/MTO de moins de 150kg. Un label « *Approved for French army use* » pourrait être mis en place et accordé aux matériels que la DGA estime aptes à être utilisés par les Forces armées françaises et intégrés dans ce type de marché.

Ce marché pourrait également utilisé par les services du MIOM et de toute l'administration française pour l'acquisition des drones de confiance.

Recommandation n°6
Passer, pour répondre à la demande exprimée par la LPM, un marché ouvert à tous les services de l'Etat, de type accord cadre multi attributaires, pour les achats sur étagère de drones de moins de 50kg répondant à un cahier des charges précis les rendant éligibles à être mis en œuvre par l'administration française.

Même si elle ne passe pas le marché, la DGA devra garder la responsabilité de sélectionner les matériels qui pourront candidater pour figurer dans ce marché, via notamment une labellisation « *Approved for French army use* ». Cette politique de sélection devra être rigoureuse pour contribuer à la consolidation de la BITD.

4.2.5.3. Achats « sur spécifications »

Il restera malgré tout, des besoins opérationnels qu'on ne pourra pas concilier avec une base de solution existante, et qui devront donc être satisfait avec le développement d'un nouveau système. Dans ce cas, la démarche suivante est proposée.

4.2.5.3.1. Procédure

Ce cas appellera systématiquement une mise en compétition selon un schéma classique.

- Appel à candidature sur la base d'un dossier de présentation de compétences industrielles et de références ;
- Émission d'une consultation auprès des candidats retenus à l'étape précédente et dépouillement des réponses ;
- Sélection d'au moins 1 industriel, idéalement plusieurs, pour une consultation finale éventuellement assortie d'un phase de démonstration ;
- Sélection du gagnant pour contractualiser un développement et une production ;
- Négociation et rédaction du contrat ;
- Circuit de validation permettant la notification.

Il convient de rappeler que la procédure aboutissant à la contractualisation formelle d'un industriel consomme à elle seule un délai toujours jugé trop important et qui pénalise structurellement l'adéquation du produit recherché avec le besoin opérationnel (*time to market*), de surcroît dans un domaine comme celui des drones tactiques ou la multiplicité d'acteurs industriels rend la tâche de sélection d'autant plus compliquée pour la DGA.

4.2.5.3.2. Spécification de besoin

La mise en compétition se fait naturellement sur la base d'un CCTP de consultation. Le rédacteur de cette spécification de besoin travaille logiquement et légitimement à transcrire un besoin opérationnel, « en boucle ouverte » c'est-à-dire sans pouvoir mesurer si le niveau de performance requis et souvent chiffré atteint une valeur susceptible de faire passer un point d'inflexion aux coûts et aux délais. L'imbrication de l'ensemble des performances entres elles et dans les environnements demandés car représentatifs de ceux rencontrés en opérations peut également conduire soit à faire passer un point

d'inflexion aux coûts et aux délais, soit a posteriori emmener le développement dans des points durs techniques générateur de surcoûts et retards non prévus au départ. Ainsi il est de coutume de dire que les « 20% des spécifications les plus difficiles à atteindre consomment 80% des risques et du prix ». Néanmoins on ne peut pas blâmer le spécificateur qui ne peut pas disposer, à ce stade de la consultation, des éléments qui pourraient lui permettre de s'assurer d'une bonne articulation du triptyque « coût-délais-performance » et de mesurer le « coût marginal » de la partie haute de certains points de spécification.

Pour les candidats industriels, il en est bien souvent de même, et même s'ils sentent qu'il existe des gisements d'optimisation coûts / délais / performances, ils ne peuvent pas aisément être identifiés à ce stade d'élaboration des réponses des candidats. En effet ces derniers sont concentrés sur la constitution de leur offre en recherchant à obtenir le meilleur résultat possible suivant la grille de notation, dont il est recommandé que la DGA la publie systématiquement avec la consultation dans un souci de transparence et d'efficacité par rapport à la satisfaction du besoin.

4.2.5.3.3. Propositions pour gagner en efficacité sur les achats sur spécifications

La première idée est de mettre en place une procédure bien souvent utilisée par de grands maîtres d'œuvre industriels dans des secteurs autres que la défense et qui consiste en la mise en place d'« *Intention to Proceed* » mais adaptée aux marchés de la défense. Elle s'appliquerait une fois le Titulaire sélectionné par la DGA comme étant celui ayant obtenu la meilleure note totale suivant la grille de notation. En complément des outils existants et déjà utilisés (lettre de commande notamment) la mise en place d'une notion d'ITP (*Intention To Proceed*) ou ATP (*Autorisation To Proceed*) permet de :

- Démarrer immédiatement les travaux une fois le Titulaire retenu ;
- Dans le cas d'une lettre de commande, négocier en parallèle le CCAP dans un délai donné et pour un montant de travaux plafonné.

La réelle nouveauté viendrait alors d'une extension du concept au CCTP :

- En démarrant les travaux sur la base de la Proposition Technique du Titulaire plutôt que sur le CCTP de consultation :
- Pour une tranche ferme couvrant la phase de définition préliminaire, avec un délai de la classe 1 an, et un montant plafonné ;
- En mettant à profit cette phase initiale de définition préliminaire en équipe intégrée DGA / Titulaire pour :
    - Engager des « Trade-Off » sur les spécifications versus les coûts via des analyses fonctionnelles et de la valeur ;
    - Finaliser le CCTP sur des spécifications optimisées ;
- Outre des fonctions techniques et opérationnelles du système, les spécifications définissent :
    - Des valeurs de performances à atteindre ;
    - Des environnements de fonctionnement ;
    - L'imbrication entre ces performances et les environnements de fonctionnement requis ;
- A l'issue de l'ITP avoir une convergence basée sur une optimisation coût/délais/performances pragmatique.

Ces modalités seraient annoncées dès la phase de consultation, pour qu'aussi bien coté industriel qu'étatique le dialogue puisse s'instaurer rapidement et de manière naturelle. Aujourd'hui, ce type de dialogue lorsqu'il s'établit, arrive tard dans l'exécution du marché et sous la contrainte lorsque l'industriel est en situation de blocage et très en retard. Suivant ce schéma, les optimisations proposées par le Titulaire, réalisées dans le cadre d'analyses fonctionnelles et de la valeur, seront soumises à la DGA qui pourra les retenir que si elles ne conduisent pas à une dégradation de la note totale du Titulaire une fois recalculée suivant la grille de notation de la consultation qui a amené à sa sélection. Plus positivement, ces optimisations ne pourront être adoptées que si elles conduisent à des situations gagnantes pour toutes les parties : État-major, DGA et Titulaire.

A l'issue de cette phase qui sera jalonnée par une Revue de Conception Préliminaire (RCP), la DGA pourra alors engager par avenant la ou les tranches optionnelles. Le bon enchaînement des tranches pourra également requérir une nouvelle lettre de commande précédant l'avenant pour la poursuite du programme vers étapes ultérieures (définition détailles, qualification, certification, série, MCO). L'avenant modifiera de manière positive toutes les optimisions entérinées en RCP dans :

- Un CCAP modifié avec un nouveau calendrier et des prix définitifs, tant pour le reste du développement que pour la série ;
- Un nouveau CCTP.

Dans tous les cas, la note du Titulaire recalculée par rapport au dossier de consultation devra être au moins supérieure ou égale à celle qu'il aura obtenue, exceptionnellement inférieure mais dans tous les cas, uniquement si supérieure à la note du candidat classé 2ème.

L'annexe 4 détaille, en prenant en compte des recommandations des paragraphes Certification et Export ci-après, les déroulés types d'une telle démarche de contractualisation.

Recommandation n°7
Passer d'une logique d'application stricte du CCTP à une logique systématique d'ITP (*Intention To Proceed*) ou ATP (*Autorisation To Proceed*) tout en respectant la notation initiale de l'appel d'offre.

4.2.5.4. Modalités de transition temps de paix temps de guerre

Il ne sera pas possible à l'État de commander dès le temps de paix, les volumes de drones dont il aurait potentiellement besoin en temps de crise ou de conflit de haute intensité (surtout avec l'obsolescence rapide de ces matériels). La meilleure solution est de prendre des dispositions dès le temps de paix pour prévoir le passage à une production temps de guerre, même si des adaptations de celles-ci seront sans doute nécessaires pour tenir compte du contexte lorsque la montée en puissance de la production devra intervenir.

Pour atteindre cet objectif de préparer la bascule d'un outil de production temps de paix à un outil temps de guerre, 4 pistes sont à explorer, pistes qui peuvent être mises en œuvre isolément ou simultanément :

- Maintenir l'outil de production opérationnel, pour permettre une reprise de la production plus rapide en cas de besoin. L'arrêt d'une chaine de production rend plus difficile, voire impossible une reprise de production (évaporation de compétences humaines, coûts de remise en route, impact équivalent sur la *supply-chain*). Aussi, est-il préférable de maintenir un faible flux de production, que de l'arrêter complètement, ce qui permet de garder en état l'outil de production, qu'il s'agisse de l'outillage de production ou du personnel (maintien des compétences d'un noyau de personnels qui saura, le cas échéant, transmettre celles-ci à de nouveaux personnels en cas de reprise de la production ou d'augmentation des cadences). Donc avec le soutien de l'État, l'industriel doit s'engager par contrat à conserver son outil de production disponible, qu'il s'agisse des moyens techniques ou humains, et ce pendant une durée fixée dans le contrat. Pour ce faire, l'État assurera un flux minimal de commandes pendant cette durée (ne serait-ce que pour constituer une réserve d'attrition). Ce flux pourra être réduit en cas de commandes export qui permettront de maintenir la chaîne de production active ;
- Prévoir dès le contrat temps de paix, des dispositions pour commander des matériels supplémentaires en temps de guerre/crise, avec des délais et des cadences qui auront été prédéfinis. L'État doit spécifier avant tout son besoin (via des scénarii de montée en puissance en cas de temps de crise), en précisant quel est son besoin de flux de production, et quel délai/préavis il laisse à l'industriel pour l'atteindre. L'industriel, à partir de ce besoin, doit :
    - Dimensionner l'outil industriel nécessaire. Cela peut passer par la recherche de capacités de production « innovantes » auprès d'industriels non spécialistes drones, cf. l'exemple de la carabine USM1[18] pendant la 2ème guerre mondiale. Pour limiter

[18] L'USM1 était une carabine développée pour l'US Army par Winchester, un fabriquant d'armes légères réputé. Les capacités de production de celui-ci étant saturées par d'autres productions prioritaires, la fabrication, à partir d'une gamme de plans fournis par Winchester a été déléguée à des industriels qui n'avaient aucune expérience de production d'armes

les coûts, même si cela serait la solution idéale, l'outillage et les moyens de production complémentaires n'ont pas forcément à être tous mis en place en temps de paix, mais simplement identifiés et les coûts estimés pour gagner du temps lors de la montée en puissance. La réalisation concrète n'interviendra qu'en temps de crise par le biais d'une lettre de commande et même si des ajustements par rapport à l'étude seront sans doute nécessaires, ils ne devraient être que mineurs et un temps précieux aura été gagné ;

- Identifier les différents points durs (avec une étude approfondie du système, composant par composant) et prévoir des solutions palliatives le cas échéant :
  - Constitution de stocks tampons de composants ou sous-ensembles critiques, (notamment pour tenir les cadences de production souhaitées pendant la phase de montée en puissance de la production) ;
  - Recherche voire étude de composants de substitution ;
  - Reconception de certains composants ;
  - …

- En temps de guerre, les priorités changent : la quantité, la facilité de production, prennent plus de poids comparativement à la fiabilité ou au niveau de performance, ce qui a un impact direct sur la conception et la production des matériels. Dès le temps de paix et à l'issue du développement du système de drones considéré, il est proposé d'en faire étudier, voire développer, une version simplifiée/consommable temps de guerre, avec l'outil industriel de production associé. L'objectif est d'avoir un plan de production de masse de cette version temps de guerre prêt au cas où, ce qui permettra de gagner du temps le jour ou une crise ou une guerre se déclenchera. Il y a aura certainement des adaptations à faire à ce moment-là, mais un temps précieux sera alors gagné. A noter que s'il semble possible, dans le cas d'un achat de matériel sur étagère, de demander dans l'offre d'un industriel une étude complète d'une version temps de guerre, il semble en revanche délicat de demander à l'industriel des engagements fermes sur une éventuelle production de masse d'une version temps de guerre d'un matériel qui doit faire l'objet de développements. Au stade de l'offre de l'industriel il semble suffisant de voir quelles sont ses idées pour aboutir à un drone « temps de guerre » couplé à un outil de production associé. Suivant le cas, il semble même judicieux, dès la conception du matériel, de faire les choix idoines pour pouvoir faire de la production de masse, quitte à ne pas produire de grands volumes ensuite. Il est beaucoup plus rationnel de "payer" le supplément pour "pouvoir produire en volume" dès le départ, car il n'y a aucun sens industriel à se poser la question une fois le produit fini ;
- Intégrer l'export. L'export peut apporter des contraintes, notamment avec des besoins différents que ce soit en termes de performances pures ou de certification, et donc leur proposer uniquement des matériels certifiés au standard UE pénalise les productions françaises). Mais il permet d'augmenter les volumes de productions, de réduire les coûts, maintenir l'outil de production actif pour d'éventuels besoins complémentaires français. Pour adresser cette problématique, deux pistes sont proposées :
  - Production d'une version compatible avec l'export, le cas échéant non-certifiée proposable à la fois à l'export et au forces française pour des utilisations de temps de crise (voir ci-après) ;
  - Maintien de la cadence de production qui permette d'alléger les engagements de l'État avec des commandes minimales pour garder la chaîne active.

Ces différents points seront à discuter entre l'Etat et le «systémier » qui a conçu son drone, maîtrise complètement la conception de son système, la chaîne d'approvisionnement et de production et celle de validation, et qui si possible ait une proportion de « *make* » largement supérieure au « *buy* », en tous cas en France.

mais qui avaient le savoir-faire technique de base et l'outillage nécessaire : IBM (machines à calculer), Underwood (machines à écrire), General Motors (automobile), Rock-Ola (juke-box)… La production a été un très grand succès (plus de 6 millions d'exemplaires produits, arme très appréciée des soldats, aucun problème de qualité ou d'interchangeabilité des pièces) et est un exemple d'optimsiation d'une production en économie de guerre.

Recommandation n°8

Préparer dès le temps de paix le temps de guerre avec le systémier en :

- **Maintenant l'outil de production opérationnel ;**
- **Prévoyant dès le contrat temps de paix, des dispositions pour commander des matériels supplémentaires en temps de guerre/crise, avec des délais et des cadences qui auront été prédéfinis, en prévoyant si besoin un élargissement de la base industrielle de production ;**
- **Étudiant, voire développant, dès le temps de paix et idéalement soit dès la conception, soit à l'issue du développement du système de drones considéré, une version simplifiée/bas coût/consommable temps de guerre, ou même en concevant le matériel en ce sens ;**
- **Intégrant l'export, à la fois au niveau de ses contraintes, mais aussi de ses opportunités.**

4.2.5.5. Autres propositions pour gagner en efficacité sur les achats de drones/MTO

Un certain nombre d'autres propositions ont été identifiées dans le cadre des travaux, mais d'une portée moindre que celles mentionnées supra. Elles ne sont pas identifiées comme des recommandations mais au mieux comme des propositions/suggestions qui méritent d'être examinées ou comme le rappel de bonnes pratiques.

4.2.5.5.1. Simplification des CCTP et passer d'une logique de réception à une logique de qualification

Un fort gisement pour gagner du délai serait de contraindre drastiquement la taille du CCTP (en nombre de pages ou d'exigences, voire en nombre de documents applicables). Beaucoup d'exigences implique beaucoup de documents justificatifs à produire, à faire valider par la DGA, alors qu'au final le besoin n'est ce pas surtout d'avoir un matériel qui donne satisfaction aux forces ? L'industriel a certainement besoin pour lui-même de conserver des traces, des analyses, des justificatifs, mais son contrat vis-à-vis du client, est-ce que ça ne doit pas être avant tout un résultat opérationnel ?

Une autre piste à explorer, serait de passer d'une logique de réception exigence par exigence, à une logique de qualification/EVTO (EValuation Technico Opérationnelle) sur la base de scénarios Opérationnels, plus représentative de la réalité.

Proposition n°1

Simplifier les CCTP et passer d'une logique de réception exigence par exigence, à une logique de qualification/EVTO (EValuation Technico Opérationnelle) sur la base de scénarios Opérationnels

4.2.5.5.2. L'Appel d'Offre drones/MTO réinventé

La proposition ci-dessous, qui vise à gagner en efficacité sur des achats purement sur étagère « customisés », a été baptisée « l'Appel d'Offre drones/MTO réinventé ». Elle doit permettre de réduire sensiblement les délais de notification de ce type de contrat tout en garantissant le jeu de la concurrence et à l'arrivée un produit qui soit opérationnel. **Il est clair que cette proposition n'est aujourd'hui pas compatible du CCP. Elle pourrait toutefois servir de base pour une évolution de celui-ci** en vue de conduire des achats de matériels innovants et à évolution technologique rapide.

Ce mode de contractualisation peut être défini comme suit :

- Finalité : réduire drastiquement le temps d'expression du besoin tout en garantissant aux forces le coût unitaire d'un système de drone/MTO ;
- Principe : réduire à 12 mois le temps total pour parvenir à notifier un marché, ET laisser aux industriels le soin d'imaginer les concepts DORESE (Doctrine, Organisation, Ressources humaines, Entraînement, Soutien, Équipement) innovants de leurs systèmes en bornant l'expression de besoin à :

- ❑ Catégorie de drone concernée (ex: nano drones, micro drones, mini drones, drone tactique léger) ;
- ❑ Coût unitaire souhaité + Date de démarrage des livraisons + Volumes souhaités dans une période donnée ;
- ❑ Les missions à remplir décrites avec précision mais avec des spécification de haut niveau, sans rentrer dans des caractéristiques techniques précises ;
- ❑ Prix proposé par l'administration pour les marchés de la phase 2 (démonstration statique) et de la phase 3 (démonstration dynamique) ;

- Phase 1 (durée : 1 mois) :
  - Tous les industriels ayant reçu l'Appel d'offres disposent de 2 semaines pour renvoyer une proposition technique limitée à 10 pages ;
  - Tous les industriels ayant répondu ont accès à la soutenance organisée dans les 2 semaines suivant la réception des propositions techniques ;
- Phase 2 (durée : 3 mois) :
  - 1 mois après la soutenance, la notification de la phase 2 (rémunérée) est adressée à une liste restreinte de 6[19] candidats/consortiums maximum ;
  - Les candidats disposent de 2 mois suivant la notification pour effectuer une démonstration statique de leur concept, la date de celle-ci étant fixée par l'acheteur ;
- Phase 3 (durée : 6 mois) :
  - 1 mois après la démonstration, la notification de la phase 3 (rémunérée) est adressée à une liste restreinte de 3 candidats / consortiums maximum ;
  - Les candidats disposent de 5 mois suivant la notification pour effectuer une démonstration dynamique de leur concept ;
- Phase 4 (durée : 2 mois) : 1 mois après la démonstration, la notification de la phase 4 est adressée au vainqueur :
  - L'écriture du CCTP, en dehors des clauses types obligatoires, est majoritairement effectuée par l'industriel afin que les contraintes qu'il contient ne soient pas en contradiction avec la DORESE et les engagements de coût, de volume et de délai. Concrètement, le projet de CCTP en entrée de consultation (avec les clauses types obligatoires et des spécifications techniques très haut niveau servant à décrire les missions à remplir et les éventuelles contraintes non négociables) fait l'objet d'amendements par les candidats à chaque phase en cohérence avec la solution qu'ils proposent ;
  - La signature du CCTP et du CCAP doit tenir dans un délai maximum de 1 mois ;
  - Le marché est notifié le 13ème mois.

<u>Proposition n°2</u>
Mettre en œuvre pour les achats de drones/MTO de moins de 150kg sur étagère mais nécessitant une « customisation » une forme de contractualisation agile permettant de notifier un contrat dans un délai d'un an maximum, quitte pour cela à envisager une modification du CCP.

4.2.5.5.3. <u>Recourir davantage au partenariat d'innovation</u>

Les stratégies contractuelles « conventionnelles » utilisées jusqu'à présent pour l'acquisition de nouveaux systèmes de drones et MTO n'ont pas été des réussites au vu des délais de livraison et des performances atteintes des systèmes. Il existe pourtant un outil contractuel qui aujourd'hui est sous-utilisé et qui semble bien adapté pour l'acquisition de systèmes technologiquement novateurs et donc avec de fortes incertitudes sur le développement, tout en permettant de faire jouer la compétition. Il s'agit du partenariat d'innovation[20] qui est un type de marché qui permet aux acheteurs publics de mettre en place un partenariat de long terme avec des acteurs économiques couvrant à la fois les phases de recherche et de développement des produits, services ou travaux innovants et leur acquisition, sans qu'il

[19] Ce chiffre de 6 candidats, comme celui de 3 pour la phase suivante est donné à titre indicatif, mais semble un bon compromis.

[20] Cf. https://www.economie.gouv.fr/daj/partenariat-innovation-2019 pour plus de détails sur cette procédure.

soit nécessaire de procéder à une nouvelle mise en concurrence à chaque étape du développement de l'objet du marché. Il simplifie ainsi la passation des marchés publics exprimant des besoins d'innovation en favorisant l'utilisation stratégique par les acheteurs publics de leurs marchés.

Le GT estime que ce dispositif Partenariat Innovation serait un outil à privilégier pour aider les industriels de la BITD française à préparer la future génération de système de drones/MTO à horizon 2030, pour laquelle la France ne devra pas manquer d'être au rendez-vous. En effet, si la priorité doit être aujourd'hui pour la France de combler son retard capacitaire, il faut déjà réfléchir aux générations futures qui feront appel massivement à de nouvelles technologies émergentes : IA, vol en essaim, coopération drones terrestres et aériens etc.

Proposition n°3
Recourir au partenariat d'innovation pour préparer les générations post 2030 de drones/MTO de moins de 150kg qui devront faire appel à des technologies innovantes.

4.2.5.5.4. Adapter la réglementation aux situations de crise

La stricte application de la réglementation de temps de paix (par exemple règlement Reach, taxonomie...) pourrait être assouplie voire levée de manière temporaire en temps de crise/guerre. Cela permettrait de développer et de produire nos équipements à un rythme beaucoup plus soutenu. Ce type de scenario doit être anticipé de manière à maintenir certaines garanties adaptées au contexte plus ou moins tendu dans lequel se trouverait la France (plus la crise est avérée, plus on devra pouvoir s'affranchir de la réglementation). Attention toutefois à un point : qui saura s'approvisionner en substances interdites en temps de guerre si en temps de paix on a pris l'habitude de travailler sans ?

Proposition n°4
Adapter les modalités d'application de certaines réglementations, pleinement justifiées en temps de paix, au temps de crise.

4.2.5.5.5. Continuer à adapter la certification aux réalités des besoins, via le nouvel arrêté drones du 24 mars 2023

La certification demandée pour les drones s'entend sur le plan de la Navigabilité avec potentiellement le survol de zones habitées plus ou moins densément. Une telle demande est incontournable pour pouvoir opérer un système de drone en France et dans l'UE, mais il est à noter qu'elle n'est pas requise pour la plupart des pays extérieurs à l'UE. Selon la classe du Drone les opérations que voudront conduire des utilisateurs finaux seront soumises à des analyses de risques suivant la méthodologie SORA (*Specific Operations Risk Assessment*). Il s'agit d'une nouvelle méthodologie, inventée (et encore en cours de définition) par l'EASA pour essayer de traiter de manière qualitative un problème résolu de manière quantitative par l'aviation classique depuis longtemps, avec des standards bien établis. Cette méthode se propose d'évaluer le risque dans toutes les phases du vol et de déterminer les mesures d'atténuation à appliquer pour atteindre les objectifs de sécurité. On peut ainsi obtenir une valeur appelée SAIL (*Specific Assurance Integrity Level*) résultant de la combinaison du risque au sol, du risque aérien et des mesures d'atténuation correspondantes appliquées. Plus l'indice SAIL obtenu sera grand (de 1 à 6), plus l'opération sera considérée comme risquée.

L'analyse SAIL n'est pas requise pour les MTO qui sont considérés comme des armements au même titre que des munitions ou des missiles. Se pose néanmoins la question de son application à des MTO d'entrainement sur lesquelles on aurait remplacé la charge létale par exemple par un système de récupération.

Les risques et indices SAIL requis dépendront étroitement de la classe du drone considéré, et seront d'autant plus élevés que la masse du drone est importante. En fonction, l'exigence de certification pourra impliquer l'indépendance de certaines chaines fonctionnelles, des redondances matérielles dans certaines chaînes dites critiques pour la navigabilité ou des processus de développement de logiciels dits critiques.

Par exemple, pour les SAIL1/2 concernant les petits drones avec densité de population faible, ce sont principalement des contraintes opérationnelles qui sont imposées à l'opérateur/exploitant de drones, avec peu ou pas de contraintes sur le fabriquant de drone (pas de redondance ni de DAL (*Design Assurance Level*) imposés). Un FTS (*Flight Termination System*, parachute par exemple) n'est pas obligatoire mais permet de gagner un facteur 10 sur la densité de population. Un système de Geocaging indépendant est nécessaire uniquement si on vole au milieu d'une zone densément peuplée (au milieu d'une ville par exemple). Le SAIL 4 concernant de plus gros drones de la classe 100 kg, semble imposer (via les objectifs quantitatifs) une redondance du système contrôle du vol et un système de Geocaging qui déclenche un FTS.

Ainsi l'exigence de certification peut avoir des conséquences au niveau des performances, des coûts (développement et série) et des délais plus ou moins importantes selon les catégories de drone du fait de ses impacts sur les :

- Architectures (fonctions concernées par de la redondance et équipements de sauvegarde particuliers type parachute, détecteur de sortie de zone …) ;
- Standards de développement spécifiques sur fonctions critiques et fonctions concernées ;
- Standards de qualification applicables ;
- Autorités dans le circuit d'approbation ;
- Agréments spécifiques.

Aussi, lorsqu'elle est requise, la pratique d'ores et déjà en vigueur (nouvel arrêté drones du 24 mars 2023) consistant à adapter la certification aux réalités des besoins doit demeurer l'objectif :

- Chaque point de certification doit avoir une réelle plus-value pour l'emploi du drone et l'utilisateur final ;
- Exclure de la certification les fonctions spécifiquement utilisées lors d'un conflit Par exemple, dans le monde civil, la perte de GNSS conduit généralement à exiger l'arrêt du vol. A l'inverse, sur un théâtre de guerre, en cas de perte GNSS (due par exemple à un brouillage ennemi), on cherche plutôt à faire « survivre » le drone le plus longtemps possible. On peut gérer cette dualité avec un « mode guerre » et un mode « civil », en tout cas on voit bien ici que les exigences ne peuvent pas être les mêmes. Des exemples de ce type sont multiples (parachute - ou pas, perte liaison radio, etc.).

On pourra également se poser la question de disposer dans le cadre d'un même programme de système de drones d'une version non-certifiée et d'une version certifiée

Pour adresser l'adaptation de la certification aux réalités des besoins, il est proposé d'engager les développements sur la base d'un Plan de Certification et PJD (Plan de Justification de la Définition) agréés dès le départ avec :

- La création d'un groupe de Travail entre le Titulaire et le Bureau Navigabilité de la DGA ;
- Un objectif de convergence sur une interprétation commune des activités et résultats attendus ;
- La consignation de cette interprétation dans le Plan de Certification.

Pour ce qui est du développement de deux versions, une certifiée et l'autre non, 2 orientations sont suggérées :

- L'objectif est de doter in fine les forces de la version certifiée uniquement. Dans ce cas, développement d'une première version IOC (*Initial Operationnal Capability*) avec des limitations à caractériser pour une première capacité :
    - Proposable rapidement à la plupart des clients export (hors UE) n'exigeant pas de certification ;
    - L'Armée de Terre pouvant commencer à utiliser cette IOC dans un contexte restreint et compatible, mais permettant à toutes les parties (Armée Terre, DGA et titulaire) de monter en maturité sur le produit visé ;
    - Le RETEX de l'utilisation de cette version ne pouvant être que bénéfique à la certification de la version finale visée.

  Pour la version finale la Certification restera un différenciant uniquement pour les clients qui l'exigent (UE)
- L'objectif est de doter in fine les forces des 2 versions. Dans ce cas :

- Version non certifiée (l'autorité technique proposant cette démarche d'ores et déjà pour les drones de plus de150kg pourrait l'appliquer également à ceux de moins de 150kg), avec 2 options :
    a. Option 1 :
        i. Développée rapidement ;
        ii. Avec des performances accrues ;
        iii. Produite en quantités importantes ;
        iv. Pour une utilisation par les force françaises en OPEX et Temps de Guerre ;
        v. Destinée aussi à l'export dans des pays ne requérant pas de Certification (hors EU).
    b. Option 2 :
        i. Développée rapidement ;
        ii. Avec des performances accrues ;
        iii. Produite en quantités importantes ;
        iv. Pour une utilisation par les forces françaises en entrainement en France moyennant soit l'adaptation à la baisse de certains objectifs d'entraînements (consentement par exemple à ne pas survoler de zones peuplées ou densément peuplées ; ...) ou via des mesures de renforcement des capacités de confinement).
- Version certifiée :
    a. Développée moins rapidement ;
    b. Produite en quantité limitée pour les forces françaises (un dizaine max) sous forme d'une présérie donc en s'économisant les coûts d'une industrialisation ;
    c. Pour une utilisation en entrainement en France ou UE ;
    d. Pouvant être proposée aussi à l'export EU.

Nota : attention, version non certifiée ne veut pas dire que l'on fera n'importe quoi. En temps de guerre il faut aussi parfois survoler les populations et il ne sera pas acceptable d'avoir des dommages qui ne seraient pas recherchés et proportionnés. La sécurité des biens et des personnes est un socle inévitable, sans parler forcément de certification.

Dans son offre, l'industriel pourra donner une première analyse des fonctions qu'il estime indispensables de certifier et celle qui pourraient ne pas en faire l'objet, en les justifiant. S'il estime que la démarche pourrait être gagnante pour l'État, il pourra également proposer une version « non-certifiée » et une version « certifiée » avec leurs calendrier et coûts de développement et séries associés, dans différents scénarios de production et d'utilisation comme suggéré ci-dessus.

Cette prise en compte du besoin réel export est d'autant plus importante quand nous sommes dans le schéma conduisant au développement d'un nouveau système de drone tactique. En effet, les quantités requises par les forces françaises qui en sont les prescripteurs ne suffisent en général pas pour atteindre cette viabilité économique. L'exportation s'avère incontournable pour venir compléter le dispositif et elle constitue donc un élément indispensable à prendre en compte par l'État français, dans son intérêt et pas seulement celui de l'industriel. Il faudra également réfléchir, selon le mode de contractualisation retenu, à des formules d'intéressement sur les prix France en cas de succès à l'exportation de par des économies d'échelle.

4.2.5.5.6. Récupérabilité

Avant d'aborder le problème de la récupérabilité, il convient de rappeler au préalable le caractère potentiellement « sacrifiable » de ces drones et MTO de moins de 150kg. Ainsi, selon les catégories de drones et leur utilisation, l'analyse de la valeur de la récupérabilité au regard des contraintes opérationnelles, du dimensionnement technique, du coût série et du coût d'un MCO et de la nécessité de récupérer le drone après sa mission doit être bien pesée en termes d'impact sur :

- Les contraintes opérationnelles ;
- Le dimensionnement technique du drone ;
- L'aspect économique à prendre en compte dans une démarche d'analyse de la valeur ;
- La sensibilité du drone et de sa charge utile s'il venait à tomber dans des mains ennemies.

Le RETEX Ukraine amène également à s'interroger sur la récupérabilité, compte tenu de la menace qui pèse sur les opérateurs et le fait qu'ils soient des ressources longues à générer.

Les impacts en termes de contraintes opérationnelles se feraient surtout sentir dans un contexte temps de crise :

- Mobilisation d'opérateurs et moyens de transport pour les retours, récupérations et transferts vers dépôts logistiques ;
- Exposition de ces opérateurs et de leurs moyens, selon la position des points de récupération (déploiement de moyen ISR pour analyser la zone de récupération, sécurisation de la zone, Escortes, …) ;
- Coordination complexe avec autres unités « bleues » voyant arriver un essaim de drones dans leur direction.

Les mobilisations de ressources humaines pour ces tâches ont certes un coût financier pour les forces mais aussi un coût opérationnel car ces ressources pourraient être utilisés autrement surtout en temps de crise.

Le dimensionnement technique du drone doit être conçu différemment s'il doit intégrer une récupérabilité :

- Sa structure doit lui permettre d'encaisser des atterrissages ;
- Ajout d'un système de récupération type parachute + airbag (=> Δ prix + Δ poids) ;
- Extension de l'autonomie pour permettre d'effectuer un vol retour : supplément de réserve d'énergie (=> Δ poids + Δ prix).

Il y a également un risque d'effet « boule de neige » : augmentation de la taille du fuselage et de la voilure du drone, de la puissance donc de la taille et du poids du moteur et du dimensionnement des commandes de vol (impliquant encore des Δ poids et Δ prix).

Les données économiques à prendre en compte dans une démarche d'analyse de la valeur sont :

- Surcoût série du drone avec les Δ ci-dessus ;
- Attrition possible de drones pendant le retour, diminuant le « rendement financier » de la récupération ;
- Coût de la phase de récupération par personnels et véhicules au sol mobilisés ;
- Coûts du reconditionnement des drones récupérés et de leurs charges utiles :
    - Non récurrent d'investissement : ateliers, formations des personnels, documentation techniques, outillages, stocks, … ;
    - Récurrents : coût des pièces de rechanges (URL), voir retour en réparation des URA chez l'industriel.

A l'inverse un drone conçu comme non-récupérable pourrait être fabriqué avec des matériaux beaucoup plus « légers » (notamment la cellule, les voilures et les hélices) et donc être produit moins cher.

Ainsi les données économiques relatées ci-dessus diffèrent très certainement suivant la catégorie de drone considérée mais elles restent difficiles à chiffrer. Pour des gros drones tactiques 100-150 kg dotés d'une charge utile plutôt haut de gamme, la récupérabilité reste très probablement la meilleure option. Pour des mini et micro drones, la récupérabilité semble tout à fait discutable. En outre pour le cas spécifique des MTO, la récupérabilité de celles qui n'auraient pas pu frapper de cible, impliquerait le désamorçage d'une chaîne pyrotechnique active, ce qui semble difficilement acceptable par les opérationnels.

Proposition n°5
Prendre en compte la récupérabilité dans l'analyse de la valeur des drones.

4.2.5.5.7. Évolutivité

Les technologies évoluant rapidement, les drones acquis doivent, lorsque cela est possible, pouvoir évoluer en bénéficiant de ces dernières technologies le plus souvent tirées par les marchés civils. Cela peut aussi constituer une solution en cas d'obsolescence d'un équipement ou composant de génération précédente. De telles modifications doivent permettre un accroissement de performances, voire des diminutions du prix de série du drone

Ainsi, les clauses contractuelles doivent inciter les industriels fabricants à proposer des évolutions avec des équipements et composants plus modernes :

- Via des procédures de gestion de configuration simplifiées ;
- En permettant un cycle de requalification/re-certification allégé sous responsabilité de la « *design authority* » qu'est l'industriel concepteur du système de drone, comme cela se pratique dans l'aéronautique civile

Proposition n°6
Prévoir des clauses d'évolutivité dans les contrats drones/MTO.

Il faudra sans doute pour cela que les industriels soient comme dans l'aéronautique *design authority* et/ou *production authority* et entreprennent des démarches en ce sens auprès de l'autorité technique. Mais tant qu'il n'y a pas nécessité de certifier un drone et que l'on peut rester en catégorie ouverte ou intermédiaire, la démarche n'est pas nécessaire tant pour la conception que pour la production.

En cas de produit à certifier, pour postuler à un DOA (Design Organisation Approval) puis à un POA (Production Organisation Approval), c'est bien l'autorité technique militaire qu'il faut contacter.

Proposition n°7
Les industriels dronistes peuvent entreprendre les démarches auprès de l'autorité technique pour devenir *design authority* ou *production authority*.

4.3. Une BITD à consolider

4.3.1. Constat

Dans le domaine des drones militaires en général et en particulier dans le périmètre de ceux de moins de 150kg (domaine qui recouvre aussi les MTO sous cette masse, les technologies étant globalement communes en dehors de la tête militaire), la France accuse aujourd'hui sur le plan industriel un retard important comparé à ses voisins européens, et pire encore, capacitaire face à des adversaires potentiels :

- Des matériels disponibles en quantités notoirement insuffisantes ;
- Pas de MTO en service dans les armées (hors Forces Spéciales) ;
- Une BITD non structurée, avec :
    - Des grands groupes industriels de Défense en recherche du positionnement pertinent sur ce marché ;
    - De multiples PME-PMI dont aucune n'a pour l'instant atteint une masse critique lui permettant d'être considérée comme un acteur incontournable ;
    - Un seul acteur de classe mondiale en termes de volume mais sur une gamme réduite, Parrot, qui a acquis cette position en misant sur l'export, sans avoir eu besoin de se reposer sur le marché français et ses contraintes, et en ayant investi en fonds propres (privés) des centaines de millions d'euros depuis des années.

Cette situation est pour le moins anormale, car on parle de matériels d'une complexité technologique abordable pour un pays comme la France dont la BITD est capable de construire des Rafale ou des porte-avions. Il suffit d'y mettre le prix (qui est peu élevé en comparaison) mais surtout d'en avoir la volonté. Les investissements consentis dans les grands programmes d'armement depuis des décennies sont sans commune mesure avec ceux faits et à faire dans les drones/MTO de moins de 150kg. Même si les capacités des matériels issus de ces grands programmes sont incomparablement supérieures à celles des

drones/MTO (il serait ridicule de comparer les capacités d'un Rafale avec une MTO, quand bien même serait-elle la plus sophistiquée qui soit), le rapport coût efficacité de ces matériels démontré sur les champs de bataille d'Ukraine ne peut qu'inviter à investir dans ces nouvelles armes. Un tel effort devrait donc être possible pour des matériels dont l'importance stratégique devient de plus en plus évidente.

La France doit faire un choix : accepte-t-elle ou non une dépendance étrangère dans ce domaine des drones/MTO de moins de 150kg ?

Si la réponse est non, car on estime que c'est un segment des systèmes de défense qui est stratégique pour l'avenir et dont les retombées technologiques peuvent aller bien au-delà de ce seul segment (robotique, IA etc.), alors il faut alors mettre en place une vraie politique industrielle qui oriente cette filière et qui couvre l'ensemble des problématiques :

- Capacitaires : la priorité doit rester d'équiper les forces françaises (et alliées) de matériels performants et en quantité suffisantes selon la nature du conflit ;
- Technologiques : même si les drones et les MTO de moins de 150kg n'ont pas la complexité d'un Rafale ou d'un M51, certaines technologies clés doivent être maîtrisées pour livrer aux forces des matériels performants, surtout dans ce domaine où la technologie évolue rapidement ;
- Industrielles : il faut disposer, au niveau adéquat, des capacités de production en France nécessaires pour garantir notre autonomie stratégique et pouvoir livrer aux forces les matériels dans les quantités requises (et qui peuvent être colossales !), ce qui implique dans une économie mondialisée comme la nôtre, une anticipation en vue de maîtriser sa chaîne d'approvisionnement ;
- Financières : les crédits actuellement alloués par la LPM aux drones et MTO de moins de 150kg risquent d'être insuffisants pour adresser correctement la problématique. Il faut donc envisager, notamment au vu du RETEX ukrainien, de revoir à la hausse ces montants. Compte tenu de ces éléments, il faudra avoir une approche optimisée et réaliste, accepter de prendre des risques maîtrisés (tant côté étatique qu'industriel), car il n'y a pas d'autres choix si l'on souhaite une BITD performante, les coûts de développement n'étant pas négligeables, notamment pour les PME (développer un programme de drone de la classe moins de 150kg est de l'ordre de la dizaine de millions d'euros et prend 2 à 3 ans hors temps de guerre).

4.3.2. Propositions

Changer de paradigme est nécessaire, et il faut aborder le problème différemment :

- Il serait tentant de considérer cette BITD comme une BITD « mineure » alors que ce n'est simplement qu'une BITD qui opère selon des règles et des logiques radicalement différentes. Or ce qui se joue au travers de cette BITD, c'est le futur du combat aéroterrestre. La robotisation du champ de bataille est en effet une révolution du même ordre que celle de la mécanisation prêchée par des visionnaires comme le général de Gaulle durant l'entre-deux guerres. Aujourd'hui la force de frappe de l'armée de Terre est constituée de 100 000 hommes et 5 000 drones. Demain, c'est à dire dans 20 ans, et grâce à l'autonomisation (qui n'en est qu'à ses balbutiements), ce sera peut-être 50 000 hommes et 50 000 drones et 100 000 robots terrestres, robots et drones qui opéreront de manière coordonnée par de l'IA. Les Etats-Unis, la Chine développent des projets de robotisation/dronisation massive, ce qui semble être une tendance de fond inéluctable pour toutes les nations disposant d'une force de défense, comme cela peut déjà être observé en Ukraine. Pour se défendre contre l'invasion russe, l'Ukraine veut produire 1 million de drones en 2024, pour une armée d'un million d'hommes. Cette robotisation/dronisation du champ de bataille est une tendance de fond inéluctable, ne serait-ce que de par nos difficultés de recrutement et la frilosité des sociétés occidentales face aux pertes humaines La dronisation et la robotique domineront les technologies militaires de demain et cela touchera toutes les facettes du combat : terrestre, aérien ou naval. Il n'est donc pas possible pour la France, si elle veut rester une puissance militaire technologique de premier rang, de faire une impasse sur cette BITD. Il

faut donc que la France affiche que les drones, les MTO, et leurs écosystèmes, font pleinement partie d'un système de souveraineté, afin de favoriser son développement et ainsi garantir notre autonomie stratégique dans la durée ;

- Le conflit qui nous attend demain ne sera pas celui que nous avons imaginé. Il faut mettre fin à la tyrannie des programmes normés au millimètre au nom de l'instruction ministérielle 1618 sur la conduite des opérations d'armement et admettre que la technologie évolue plus vite que notre réflexion, et donc accepter d'acheter des matériels innovants dont on n'imagine pas forcément le concept d'emploi aujourd'hui. Exemple typique : le CAESAR qui est aujourd'hui mis sur un piédestal alors qu'il a été acheté à l'époque sans qu'il ne découle d'un besoin exprimé par l'EMAT ou de la DGA. Il faut également pouvoir acheter plus rapidement pour accompagner le rythme de l'évolution des technologies ;
- Il faut soutenir l'industrie en favorisant l'innovation, non par des subventions, mais par des commandes. Les plus dynamiques prendront des risques et saisiront les opportunités, les autres disparaîtront. Certains marchés pourraient aussi être attribués initialement à plusieurs candidats simultanément, afin de soutenir, sur le moyen terme, une saine compétition, source d'innovations ;
- Il est tout à la fois inutile et même dangereux de vouloir favoriser à tout prix et surtout prétendre piloter l'émergence d'un champion national :
    - L'État n'en a pas les moyens juridiques, ni la volonté (sinon il l'aurait déjà fait). De plus l'expérience montre que l'État n 'est pas le mieux placé pour arbitrer sur des marchés technologiques fortement compétitifs et évolutifs. L'administration n'a pas à choisir qui seront les champions nationaux, elle doit simplement mettre en place un processus transparent et équitable qui encourage l'innovation et la prise de risque et permette l'émergence des meilleurs, et, corollaire inévitable, la disparition (faillite, fusion, rachat etc.) des autres ;
    - L'Etat doit cependant s'assurer qu'un socle suffisant de commandes régulières soit passé pour tout à la fois satisfaire nos besoins et permettre à la BITD de survivre et d'être performante, en encourageant les industriels à prendre des risques et à innover ;
    - Une structuration réussie de cette BITD devra conduire au maintien d'une certaine diversité d'acteurs de bon niveau. En effet le besoin de temps de crise concernera tout autant la capacité de production que la capacité de développement de nouveaux modèles. Il sera donc intéressant de pouvoir compter sur une BITD comptant un nombre suffisant d'acteurs et de sites de production, s'appuyant sur des chaînes d'approvisionnement diversifiées et dimensionnées selon les besoins.

Au total, compte tenu du prix relativement limité (en comparaison avec celui des grands systèmes tels qu'avions, vaisseaux et véhicules de combat) de ce type de systèmes, disposer à terme de 2 à 3 champions nationaux capables d'assurer la conception le développement et la production de systèmes de drones et MTO (y-compris l'intégration des capteurs à bord), couvrant une gamme suffisamment large de produits civils et militaires et disposant d'une assise internationale semble un objectif raisonnable et atteignable. Cela favoriserait les synergies car dans le domaine des drones/MTO de moins de 150kg de nombreuses technologies sont communes entre gammes, et cela diminuerait la vulnérabilité des sociétés à la perte d'un marché. N'oublions pas que la capacité à avoir les autorisations pour insérer les drones dans l'espace aérien et voler au-dessus des villes nécessite une vraie compétence de systémier/avionneur qui a un coût non négligeable.

Nota : Même si MTO et drones (de taille/masse équivalentes) ne peuvent structurellement pas viser les mêmes marchés (l'un est potentiellement dual, l'autre pas, les volumes peuvent être très différents aussi), ils partagent des technologies communes. La différence majeure entre drone et MTO est en fait d'ordre réglementaire : un drone relève de la réglementation drones, alors qu'une MTO relève de celle sur les munitions, qui sur certains points est moins contraignante.

Par ailleurs pour assurer l'autonomie stratégique de cette industrie, il faudra également disposer d'une BITD d'équipementiers forte, certains ayant vocation à devenir chefs de file dans leur domaine, qu'ils

soient des grands groupes ou des PME. Enfin, après avoir déterminé le juste besoin en termes de souveraineté, il faudra s'assurer que les composants critiques des drones/MTO puissent être approvisionnés en temps de crise, avec une analyse fine de la chaîne logistique et des solutions de contournement possibles en cas de besoin.

Tandis que l'essentiel de la dépense publique de défense est dirigée vers les grands groupes, les investisseurs privés ont financé pour plus de 100M€ le développement de multiples PME du drone (dont Parrot) qui ont développé sur fonds propres des produits contribuant largement au développement d'une filière industrielle française majoritairement exportatrice mais composée d'unités de taille encore sous critiques. A titre de comparaison, alors que la majorité des industriels français du drone de moins de 150 kg affichent encore des chiffres d'affaires annuels inférieurs à 15 M€, les leaders mondiaux du domaine enregistrent des chiffres d'affaires annuels allant de plusieurs centaines de M€ à plusieurs Md€[21] avec des programmes R&D se chiffrant en dizaines de millions d'euros. Si l'on veut que notre BITD drone survive, il faut rapprocher nos industriels de ces niveaux : des commandes étatiques annuelles importantes ouvriront également la porte à des financements en capitaux privés plus importants qui favoriseront leur développement.

Les exemples américains (Lockheed, Raytheon...) et israéliens (Elbit, IAI...) montrent que les grands groupes de défense conservent leur pertinence dans un tel écosystème, que ce soit pour développer des systèmes de drones ou pour fournir des équipements critiques (optronique, navigation, communication etc.), mais aussi pour assurer l'intégration de ces drones avec les autres systèmes impliqués dans la bulle de combat Aéroterrestre (systèmes d'informations et systèmes d'armes). Grands groupes et PME sont donc complémentaires et ont vocation à nouer des partenariats.

Les recommandations concrètes suivantes sont donc faites :

- Commander de manière plus dynamique (i.e. plus rapidement qu'aujourd'hui, en réduisant les délais de passation et/ou en recherchant des formes de contractualisation innovantes, cf. chapitre précédent), plus flexible et plus régulière (idéalement, une opération d'acquisition drones/MTO majeure tous les ans) :
    - Contractualiser de manière plus souple et réactive qu'aujourd'hui (cf. le paragraphe 4.3 pour le détail), en réduisant les délais globaux d'acquisition, par exemple via des accords-cadres sur les achats sur étagère ou en revoyant les modalités de passation pour des marchés avec des développements ;
    - Privilégier l'acquisition de produits COTS (*Commercial On The Shelf*) ou de MOTS (*Military On the Shelf*) français, y compris pour des opérations non liées directement aux opérations militaires (e.g. surveillance périmétrique de sites, inventaire du SCA, explorations du battle-lab terre, ...)
    - Des commandes plus fréquentes pour des quantités plus limitées de matériels disponibles sur étagère (même s'ils ne satisfont pas 100% du besoin à l'instant « t ») et dont on sait que de toutes manières dans les 5 ans ils seront obsolètes et juste bons à servir de cible pour des systèmes LAD. Par exemple, au lieu de commander 5000 micro-drones livrables sur 5 ans, commander 1000 drones différents par an sur 5 ans, ou faire un programme de 30M€ tous les 3 ans plutôt qu'un de 100M€ tous les 10 ans ; les chiffres pour obtenir l'optimum seront à affiner par un dialogue entre DGA et industrie, en prenant en compte tous les paramètres, y compris les marchés de R&D ;
    - Quand un industriel prend des risques pour développer sur fonds propres un équipement novateur, même s'il ne répond pas à un besoin clairement exprimé, lui en commander une petite série à des fins d'expérimentation pour en évaluer le réel potentiel et lui donner un label France à l'export (« jurisprudence » CAESAR). Ce type de commande n'a pas vocation à assurer la survie d'une société si elle n'est pas performante, mais simplement à lui donner une chance de voir son produit expérimenté et reconnu comme particulièrement intéressant ;

[21] AeroVironment le leader mondial des drones/MTO de cette catégorie (la société fabrique notamment la MTO Switchblade) a fait 440M$ de chiffre d'affaire en 2022 et dépense plus de 40M$ en R&D, DJI le leader mondial des micro drones (utilisés massivement en Ukraine), 3,8Md$ en 2021.

Privilégier au maximum les achats de matériels sur étagère français (ou répondant à nos impératifs de souveraineté nationale et d'autonomie stratégique via par exemple des capacités garanties de production sous licence en France si besoin) lorsque cela est possible, en particulier dans le cas de systèmes ou de capacités duaux : il vaut mieux un matériel déjà existant employable répondant à une bonne partie du besoin disponible demain, qu'un matériel parfait encore indisponible…. Lorsque l'achat sur étagère n'est vraiment pas possible, favoriser des formes de contractualisation qui garantissent que le matériel qui sera développé répondra à notre besoin, type partenariat d'innovation, et sera livré dans les délais.

- Penser économie de guerre dès le temps de paix. Il est inutile d'avoir des stocks énormes de drones/MTO en temps de paix, en effet, compte tenu de la dynamique des technologies sous-jacentes, les drones/MTO qui seront construits au bout de 6 mois de conflit ne seront plus les mêmes que ceux produits à son début. Il faut certes disposer d'un stock de drones/MTO immédiatement disponibles suffisant pour permettre la formation de temps de paix ainsi que pour fournir les quantités nécessaires lors des premiers mois du conflit, mais il faut surtout prévoir et assurer la mise en place de l'outil industriel nécessaire pour produire les quantités de drones et de MTO requises lors d'une guerre de haute intensité qui risque de durer (organisation, matières premières et composants (dès lors qu'ils sont communs aux différents drones).

- Même si les drones/MTO sont peu coûteux, des innovations de rupture dans le domaine peuvent nécessiter de gros investissements qu'un industriel, surtout si c'est une PME, ne pourra se permettre seul. Il faut dans ces cas que la DGA mette en place une politique active de R&D multifacettes en profitant de tous les dispositifs/financements existants :
    - Soit via les dispositifs classiques type RAPID qui doivent être développés et surtout pouvoir être notifiés plus rapidement (ex : quelques semaines au lieu de quelques mois voire années comme aujourd'hui) ;
    - Soit via des opérations de R&D majeures qui pourraient être confiées à un industriel, voire à un groupe d'industriels, mais dont les résultats seraient ensuite mis à la disposition de toute la BITD française selon des modalités équitables pour toutes les parties concernées.



Drone VTOL DT46 de Delair

Recommandation n°9

En matière de drones/MTO de moins de 150Kg, pour aider à structurer et soutenir notre BITD, il faut remettre à plat nos stratégies et méthodes d'acquisition en :

- **Revoyant les modes de contractualisation pour être plus réactif et réduire l'ensemble des délais, que ce soit pour les achats sur étagère ou avec des développements ;**
- **Privilégiant des commandes plus fréquentes sur des séries plus limitées de matériels ;**
- **Dimensionnant au plus juste les stocks en temps de paix, mais prévoir dès le temps de paix les conditions industrielles d'une montée en puissance rapide de la production en temps de guerre ;**
- **Privilégiant les achats sur étagère de matériels répondant à nos impératifs nationaux d'autonomie stratégique et de souveraineté nationale ;**
- **Favorisant l'innovation en :**
  - **Achetant une petite série de matériels novateurs à des fins d'expérimentation quand un industriel les a développés sur fonds propres, même s'il ne répond pas à un besoin avéré, (jurisprudence CAESAR) ;**
  - **Mettant en place une politique active multifacettes de R&D sur des briques technologiques clairement identifiées comme prioritaires et spécifiquement militaires en profitant de tous les dispositifs/financements existants.**

- L'État doit encourager et favoriser les rapprochements entre industriels avec les moyens dont il dispose (prêts de Bpifrance notamment) tout en évitant une dépendance à la subvention dans le but d' aboutir à un nombre réduit de plateformistes multisegments (2 à 3 maximum idéalement) plutôt qu'un spécialiste par segment. Il n'y a pas de souci pour que l'un ou plusieurs de ces acteurs soient de grands groupes industriels de défense, charge simplement à eux de réinventer la manière dont ils conduisent leurs opérations dans ce domaine pour faire preuve de l'agilité nécessaire (par exemple en s'appuyant sur des acteurs capables de leur apporter le socle de compétences dont ils ne disposent pas, plutôt qu'à vouloir développer ces capacités en interne : plateforme, navigabilité, capacités optiques low cost…). L'Etat doit cependant laisser jouer le jeu de la concurrence et du marché pour faire émerger les meilleurs en procédant à des commandes régulières pour que des rentes de situation ne puissent pas s'établir. L'État doit également éviter la tentation de jouer au mécano industriel et ne doit pas interférer avec les opérations de consolidation, si ce n'est que pour les appuyer ou soutenir avec les moyens dont il dispose. En fait la situation des drones/MTO aujourd'hui est assez similaire à celle de l'aéronautique française à la fin des années 40, début des années 50 : une multitude de fabricants innovants, soutenus par une politique active de réalisation de prototypes et de commandes de petites séries. La plupart de ces fabricants ont disparu (Bréguet, Leduc, SNCASO, SNCASE, Fouga...), soit par faillite, soit par fusion avec d'autres industriels, mais c'est cette politique active de soutien à la filière qui nous permet d'avoir aujourd'hui Dassault Aviation et Airbus. Autre analogie, la BITD drones/MTO aujourd'hui tient plus de la Silicon Valley que de l'arsenal étatique ou de la grande société nationale. Force est de constater que les géants de la Tech aujourd'hui sont américains, car ils ont laissé le marché décider qui étaient les meilleurs.
  L'objectif doit être de mettre en place un processus pour faire émerger ces 2-3 champions (tout en préservant un écosytème de startups innovantes), par une politique de soutien massif, non par la subvention, mais par des commandes importantes de drones, méthode qui a fait ses preuves à l'étranger et qui garantit dans tous les cas que l'argent investi par l'Etat se traduit par une production concrète. Les achats se feront en priorité sur des matériels sur étagère pour favoriser les industriels innovants et prêts à prendre des risques ;

- Augmenter significativement le montant des commandes défense annuelles de drones/MTO de moins de 150kg, vers un montant de l'ordre d'au moins 170M€ annuel en fin de LPM, pour que :

- Nos forces disposent du stock de drones/MTO de moins de 150kg nécessaires à un entraînement réaliste en temps de paix et à l'absorption des chocs lors des premiers mois d'un conflit de haute intensité ;
- Le chiffre d'affaires de cette filière (qui sera complété par de l'export et des activités civiles) soit cohérent avec celui des concurrents au niveau mondial. De meilleurs plans de charge défense permettront également à nos industriels de sécuriser des investissements privés. La question de l'export est fondamentale, celui-ci sera indispensable à la pérennité à terme de la BITD française, le marché français, même s'il est amené à se développer, sera toujours forcément limité. Celui-ci devra être intégré à son *business model*. Il faudra également que les services de l'État, au premier rang desquels la DGA via sa direction internationale et son réseau d'attaché d'armement s'engagent fortement pour soutenir nos entreprises dans la conquête de parts de marché,

<u>Recommandation n°10</u>
L'État doit faciliter la consolidation de la BITD pour faire émerger 2-3 champions nationaux multisegments :

- **Via une politique active de soutien à l'industrie par la commande de produits autant que possible sur étagère ;**
- **En laissant jouer la loi du marché sans succomber à la tentation de jouer au mécano industriel : les industriels dont les produits sont commandés en grande série se développent et les autres disparaissent ou sont rachetés ;**
- **En revoyant à la hausse les montants prévus dans la LPM pour ce segment pour être en cohérence avec la concurrence au niveau mondial.**

- Pour accompagner sur la durée la mise en œuvre des recommandations qui précèdent, et pour créer les conditions d'une communication fluide et efficace entre acteurs privés de la filière et acteurs étatiques, il est proposé la mise en place d'un « pacte drones défense», bipartite entre MINARM et GICAT/ADIF, associations professionnelles représentatives, qui :
  - Afficherait que les drones et MTO sont un système de souveraineté (vis à vis de l'Union Européenne notamment) et que l'État, à ce titre, doit contribuer à la structuration de la BITD ;
  - Préciserait les conditions pour qu'un drone soit acquis par un service officiel pour des missions régaliennes, avec par exemple la notion de drone de confiance (cf. LPM) ;
  - Mettrait en place les modalités d'un dialogue régulier et transparent État-Industrie où le MINARM donnerait une visibilité régulière sur ses intentions permettant à la filière de s'y préparer et où l'industrie pourrait faire des propositions pour guider les choix de l'État ;
  - Inciterait la filière à définir des standards d'interopérabilité (avec les systèmes de combat existants et futurs), à produire en France, à renforcer la souveraineté industrielle ;
  - Identifierait les thèmes pour des Hackathons drones/MTO ;
  - Mandaterait la DGA pour définir les drones pouvant être acquis par des services étatiques régaliens en temps de paix (y compris MININT, cf. LPM), mais aussi pour organiser la production en temps de crise/guerre en concertation avec la filière (les achats étant effectués soit par la DGA, soit par d'autres organismes étatiques type UGAP ou DMAé ;
  - Engagerait l'État à accompagner les PME innovantes avec des dispositifs ad hoc de financement ;
  - Rédigerait, à défaut d'un plan stratégique drone national englobant à la fois les aspects civils et militaires, un document de référence sur la structuration de la filière drones/MTO de moins de 150kg et une conférence/salon/manifestation annuelle (dont la 1ère édition pourrait être inaugurée par le ministre) pourrait être mise en place dans ce cadre ;

- Traiterait des sujets R&D, industriels, capacitaire et ressources humaines à la façon de la gestion des filières de la Direction Générale des Entreprises (DGE) ; le CODM150 pourrait s'inscrire dans le cadre de ce pacte ;
- Coordonnerait les actions de l'Etat et de l'industrie vis à vis des instances européennes, que ce soit pour obtenir des subventions ou en matière de réglementation (navigabilité et drone de confiance notamment).

Les enjeux liés à la dronisation du champ de bataille justifient une telle mesure à l'instar du « pacte PME » mis en place il y a quelques années. Un document de référence sur la structuration de la filière drones/MTO de moins de 150kg pourrait être rédigé dans ce cadre et une conférence/salon/manifestation annuelle (dont la 1ère édition pourrait être inaugurée par le ministre). Un des avantages de passer par les filières professionnelles est que cela facilite la déclinaison pour l'État.

Compte tenu de la nécessité d'aller vite, il est proposé de se limiter initialement au périmètre des drones/MTO de moins de 150kg, auquel cas les associations représentatives seraient le GICAT et l'ADIF, dont la relation est excellente, ce qui permettrait d'avancer très vite sur sa mise en place. La question de l'élargissement dans un second temps, de ce « pacte drones défense » au GIFAS et au GICAN, sans changer pour autant le périmètre des drones/MTO de moins de 150kg (pour ne pas en faire un dispositif impilotable car couvrant un périmètre trop vaste), sous une forme à étudier (statut d'observateurs pour un certain nombre de membres de ces organisations ?), mériterait d'être envisagée pour différentes raisons :

- Éviter des querelles de chapelle ;
- Dans le cadre de la continuité des opérations, avoir les mêmes drones, ou en tout cas les plus proches possibles entre les trois forces semble intéressant, d'autant que de nombreuses technologies sont communes ;
- L'emploi des drones et MTO tend à se généraliser à tous les milieux (MTO tirées depuis des sous-marins ou d'aéronefs pilotés par exemple) ;
- Mise en perspective de la mutualisation des volumes.

- A plus long terme, dans un troisième temps, un élargissement de ce « pacte drones défense » à l'ensemble des drones aériens et naval pourrait être envisagé. Il est également possible de s'interroger si un tel pacte ne pourrait pas être interministériel, pour couvrir par exemple les besoins du MIOM ?

Recommandation n°11

Mettre en place un « pacte drone défense » entre le MINARM et la filière représentée par le GICAT et l'ADIF, associations professionnelles représentatives, pour qu'un vrai pilotage de celle-ci s'instaure au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels.

Un document de référence sur la structuration de la filière drones/MTO de moins de 150kg pourrait être rédigé dans ce cadre et une conférence/salon/manifestation annuelle (dont la 1ère édition pourrait être inaugurée par le ministre).

Le CODM150 (recommandation n°1) pourrait s'inscrire dans ce pacte.

- Dans le prolongement de la proposition précédente, il est apparu pendant les travaux du GT, une difficulté à identifier un interlocuteur décisionnel au sein de la DGA sur ces questions de drones/MTO de moins de 150kg. Du fait des enjeux que représentent les drones au sens large (ceux de moins de 150kg couverts dans ce rapport mais également ceux de masse supérieure), et de manière plus générale la robotique, pour notre souveraineté stratégique, la DGA gagnerait sans doute en efficacité et lisibilité à désigner un interlocuteur de haut niveau pour piloter et coordonner ces sujets en son sein. Cela montrerait également qu'elle a pris la mesure de cette révolution robotique qui va profondément modifier la réalité du champ de bataille. Cela pourrait être un adjoint au DGA (comme les adjoints Espace, Dissuasion et Cyber) ou, pour éviter de multiplier le nombre d'adjoints et de chargés de missions, une autorité placée suffisamment haut dans la structure DGA pour que son autorité soit incontestable (a minima un directeur d'unité de management ou un adjoint à un

directeur central, l'idéal étant qu'il ait une autorité organique sur les directeurs de programmes concernés).

La DGA a un rôle clé à jouer dans la structuration de cette filière et la robotisation/dronisation de nos armées. Elle doit, plutôt que d'essayer de jouer au mécano industriel dans une filière qui n'obéit pas aux canons habituels des industries de défense, jouer pleinement :

- son rôle d'architecte du système de défense, en dynamisant la filière par une politique contractuelle innovante et réactive ;
- son rôle d'architecte technique pour guider et aider l'industrie à se structurer. Par exemple, si l'industrie est incapable de définir des standards communs d'interface, il appartient à la DGA de les définir. Elle doit pour cela mettre en place une filière de formation adaptée de ses ressources humaines dans ce secteur très spécifique. Il est très difficile à un ingénieur de l'armement qui a été formé sur des grands programmes d'armement avec de grands maîtres d'œuvre industriels d'appréhender facilement cet écosystème de drones/MTO de moins de 150kg où réactivité, innovation et acceptation de risque dominent. Une piste à explorer, qui tout à la fois permettrait à la DGA de monter en gamme de compétence dans le domaine et renforcerait la filière, serait d'envoyer plus d'ingénieurs militaires en mobilité externe chez des industriels du domaine. Pour montrer son soutien aux PME/PMI du secteur, le MINARM pourrait prendre à sa charge la rémunération de ces ingénieurs qui seraient placés en position d'affectation temporaire.

Il est clair que ces actions ne pourront pas se faire avec le même niveau de ressources qu'actuellement. La DGA devra sans doute renforcer ses effectifs alloués à ce segment de matériels.

Recommandation n°12

La DGA devrait :

- **désigner un interlocuteur de haut niveau en son sein en charge de coordonner toutes les questions drones et robotique ;**
- **renforcer ses compétences techniques dans le domaine pour jouer pleinement à la fois son rôle d'architecte technique en plus de celui d'architecte du système de défense.**

A plus long terme, voire très long terme, un outil intéressant pour aider à la consolidation de la BITD drones/MTO de moins de 150kg, pourrait être la constitution d'un GIE (Groupement d'Intérêt Économique) réunissant les acteurs de la filière drone française. Par-delà son aspect symbolique qui n'est pas négligeable, ce GIE pourrait assurer plusieurs missions au profit de la filière :

- Être l'attributaire d'un futur accord cadre pour l'achat de drones sur étagères (drones de confiance rappelons-le). S'il réunit l'ensemble des acteurs de la filière, le gré à gré est plus facile à justifier, ce qui n'empêche pas l'État de mettre en concurrence les industriels lors des marchés subséquents qui seront passés. Une autre option moins ambitieuse pour répondre à ce marché mais plus simple juridiquement pourrait être un GME (Groupement Momentané d'Entreprises) ;
- Servir de centrale d'achats au profit de la filière, ce qui permettrait d'optimiser les coûts de production et donc la rendre plus compétitive - et augmenter cette effet volume en finançant des projets de R&D de manière à permettre la mutualisation des composants et sous-ensembles afin de tirer les volumes vers le haut. Mais aujourd'hui le volume d'achats cumulé des dronistes est actuellement faible (<10M€) et les composants trop disparates pour cibler un effet volume - cela demanderait un effort de R&D des partenaires du GIE pour homogénéiser certains composants ;
- Acheter des outillages, des composants ou des matières premières qui seraient mis à la disposition de l'ensemble des membres du GIE et donc de la filière pour aider à la montée en puissance dans un scénario économie de guerre (par exemple une machine-outil pour produire des moules, ceux-ci pouvant être sur le chemin critique). Ces outillages seraient financés par l'État au titre de mesures conservatoires.

Il faudrait que ce soit une structure légère, qui puisse accueillir facilement de nouveaux membres sans ticket d'entrée (rémunération du GIE uniquement sur commandes passées par l'État, d'où la proposition que d'éventuels moyens de production soient financés par l'État). Il faudrait aussi que cette structure puisse servir les besoins du monde civil de manière à être utilisée même en temps de paix.

Mais cette idée ne peut pas être mise en œuvre à court ou moyen terme. En effet, la situation est très disparate d'un droniste à un autre :

- Certains ont leurs propres outils industriels et ont investi massivement dans des lignes de production ou moyens d'essais (e.g. Delair, Hexadrone) ;
- D'autres sous-traitent complètement la fabrication de sous-ensembles mais s'attachent à réaliser l'assemblage dans leurs locaux (e.g. Novadem) ;
- D'autres réalisent des petites séries mais sous-traitent complètement les grosses séries (e.g. Squadrone System).

Chaque situation a ses propres avantages et inconvénients, et mettre en commun les moyens des uns et des autres risquent de perturber trop fortement les process en place ou les designs produits pour inciter les industriels à le faire.

La création d'une GME/GIE regroupant plusieurs acteurs autour d'un projet d'une usine de production de drones mutualisée pourrait avoir du sens. Cet outil de production serait utilisé pour les productions des acteurs de la filière pour les usages civils en temps de paix et pourrait être reconfiguré en temps de guerre pour des productions de solutions sur la défense.

Une telle structure permettrait aux acteurs de la filière de sous-traiter tout ou partie de leur production – dans le domaine civil tout comme dans le domaine militaire. En pratique cette structure serait centrée vers un acteur type EMS (Electronics Manufacturing Services) spécialisé dans le passage du prototype de produit à l'industrialisation et qui aurait à disposition des moyens de production divers à financer pour les acteurs drones – ces moyens seraient typiquement : CMS (Composant Monté en Surface) électroniques, usinage, découpes, lignes d'assemblage, moyens d'essais (banc de tests, calibrations, essais en fin de ligne de montage, etc…). Les différents acteurs qui le souhaitent pourraient ainsi faire appel à cette structure pour la réalisation de sous-ensemble, le pré-assemblage ou l'assemblage final des produits – cette structure montant en compétences et savoir-faire dans la production de solutions drones.

A terme, une telle structure devrait attirer à elle différents acteurs pour compléter l'ensemble de l'écosystème : fabricants de batteries, moteurs, cartes électroniques, etc… et un bureau d'étude « léger » permettrait de mutualiser la conception sur de nouveaux produits et de créer de plus fortes synergies (interfaces, sous-ensembles mutualisés, etc…).

Donc compte tenu de son caractère fondateur et pour montrer qu'une analyse exhaustive de la problématique a été faite, il a semblé utile de mentionner cette idée dans le rapport pour prendre date, mais aucune recommandation n'est émise. Cette idée pourrait potentiellement être étudiée et approfondie lorsque la consolidation de la BITD aura avancé.

4.4. Les interfaces et l'interopérabilité

4.4.1. Interfaces Internes

La standardisation des interfaces internes des systèmes drones est un enjeu majeur pour structurer la filière industrielle française. Alors que tous les acteurs faisaient un peu de tout il y a 10 ans, désormais chacun trouve peu à peu sa place dans cet écosystème, que ce soit comme Maître d'Œuvre Industriel ou équipementier. Afin de favoriser cette maturation et cette structuration de l'industrie française du drone, et d'améliorer l'interopérabilité et la coopération des industriels de la BITD, il est nécessaire d'arriver à identifier les interfaces qui sont déjà, de fait, utilisées par plusieurs acteurs et pourraient donc être candidates à devenir un standard.

L'objet et les délais du présent groupe de travail ne permettaient pas de réaliser une revue exhaustive de l'ensemble des interfaces internes. Qui plus est le travail sur l'identification exhaustive des standards et leur applicabilité est une activité déjà supportée par des projets au niveau européen[22]. Cependant, les interfaces internes couramment rencontrées et utilisées (au-delà des notions de standard) ont été listées et critiquées suivant une méthodologie simple et argumentée. L'objectif était de permettre d'identifier

[22] *European UAS Standardisation Rolling Development Plan* https://www.euscg.eu/

clairement les usages dominants pour chaque composant utilisé aujourd'hui dans l'industrie, et de déterminer les interfaces qui sembleraient devoir être privilégiées, celles qui pourraient coexister et enfin celle qui sembleraient devoir être prohibées.

4.4.1.1. Liste des interfaces internes considérées

Comme rappelé ci-dessus, la liste des interfaces internes traitées n'est pas exhaustive. L'ensemble de celles qui ont été considérées visait à couvrir les 20% d'interfaces qui permettraient d'adresser 80% des objectifs visés. Ce choix est un consensus établi sur le retour d'expérience des membres du GT. La liste des éléments soumis à interfaces internes ayant fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre du présent GT est donc :

- **Actionneurs** : les actionneurs de vol (par exemple, moteurs, spoilers, gouvernes, stabilisateur, etc.) sont responsables de l'exécution des commandes provenant de la commande de vol pour suivre la trajectoire demandée par le système de navigation. Ce sont généralement des interfaces de bas niveau, comme des PWM ou de l'I2C.
- **Capteurs embarqués** : les capteurs de vol sont chargés de fournir des informations sur le drone et son environnement, nécessaires à l'exécution d'un vol. Ces capteurs comprennent les récepteurs des systèmes de navigation par satellite (GNSS), les capteurs inertiels, les altimètres, les capteurs de pression, etc. Leurs interfaces peuvent grandement varier en fonction de la donnée acquise (exemple : un simple télémètre laser avec une interface I2C versus une caméra regroupant plusieurs imageurs avec une interface HDMI pour le retour et une interface USB pour la configuration et le contrôle).
- **Autopilote <-> Calculateur embarqué** : l'autopilote gère le comportement de l'aéronef en fonction des données recueillies par les senseurs embarqués et du point à atteindre à une vitesse donnée, éléments qui peuvent être directement gérés par l'autopilote sur des fonctionnalités simples, ou par un calculateur embarqué. Cet ordinateur compagnon est ajouté afin de fournir des services supplémentaires sans impacter l'autopilote. Sur les drones de grande envergure, plusieurs calculateurs compagnons peuvent être présents, chacun spécialisé dans un type d'application (planification d'itinéraire, fusion de données, traitement d'image, etc.). Il y a donc autant d'interfaces que de calculateurs. Cette interface n'est pas toujours présente car un drone peut n'avoir que son autopilote sans autre calculateur embarqué, aussi appelé calculateur compagnon.
- **Acquisition des données de charge utile** : Les charges utiles correspondent à la partie embarquée dans l'aéronef pour réaliser une ou plusieurs missions. Les plus basiques sont celles qui n'ont aucune fonction active (exemple : un colis). La charge utile peut être constituée d'un ou plusieurs capteurs/actionneurs nécessaires à l'exécution de la mission du drone. Les charges utiles les plus courantes sont les caméras, mais il existe d'autres charges utiles telles que les radars, les capteurs électromagnétiques, les LiDAR, les capteurs environnementaux, etc. utilisant une grande diversité d'interfaces différentes de plus ou moins haut niveau (I2C/SPI vs HDMI/ethernet).
- **Calculateur embarqué / autopilote <-> Modem** : L'autopilote et les calculateurs embarqués ont besoin d'échanger des données avec les autres composants de l'aéronef, notamment concernant les télémétries de l'autopilote et les données traitées par le calculateur embarqué. On retrouvera souvent l'UART, l'ethernet et le HDMI comme interfaces matérielles.
- **Modem Air <-> Modem Sol** : Les liaisons de communication permettent la communication sans fil entre le drone et la station de contrôle au sol. Il est courant d'avoir des liaisons de communication différentes pour le commandement et le contrôle (communément appelé C2) et pour la charge utile. Il est également important de souligner que ces communications peuvent être directes (communication radio par exemple) ou indirectes (4G, satellite, passant par des relais).
- **Batteries** : De plus en plus de batteries sont équipées de BMS (Battery Management System) qui mesure l'activité de la batterie en charge et décharge pour estimer au mieux sa capacité réelle, son vieillissement, sa température, sa tension, etc. L'autopilote et/ou le calculateur embarqué doivent donc être capables de s'interfacer avec ce système.
- **Station de Contrôle** (aussi appelé C2 pour Command & Control, ou GCS pour Ground Control Station) : les stations de contrôle sont généralement spécifiquement adaptées au drone qu'elles contrôlent, ce qui peut compliquer leur standardisation. Certains constructeurs proposent des

GCS « ouvertes » qui pourraient être agnostiques des aéronefs (comprendre 1 GCS unique pour tous les aéronefs) mais cela demande souvent une coopération de la part des fabricants des drones qui ont eux-mêmes leur propre solution propriétaire. Leurs interfaces peuvent cependant être normalisées de façon à retransmettre les données au dernier système, le C4I. Et certains éléments d'affichages (IHM – Interface Homme-Machine) pourraient également être standardisés.

- **C4I** (command, control, communications, computers, and intelligence) : Ce système est comparable à un centre de commandement rassemblant des données depuis divers autres systèmes, souvent au travers de leur station de contrôle, plus rarement en communiquant directement avec le drone, afin de produire une vue d'ensemble et des analyses poussées. C'est donc ce qui est souvent appelé « système de supervision ».

4.4.1.2. Description de la méthodologie

La présente méthodologie se décompose en trois étapes clefs :

1- Définir un modèle de description des types d'interface interne valable pour chaque élément du système drone ;
2- Établir un catalogue des interfaces connues/rencontrées par la BITD selon ce modèle ;
3- Déterminer pour chaque interface un argumentaire permettant de classer celles-ci selon qu'elles sont :
   a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT ;
   b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général ;
   c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc…) ;
   d. Proposée par le GT comme devant être exclue à l'avenir.



Drone Diodon HP30

4.4.1.3. Modèle de description des interfaces internes

Les éléments soumis aux interfaces internes précédentes suivent tous un même découpage en règle générale. Le modèle OSI[23] de l'ISO (de l'anglais *Open Systems Interconnection*) est la base choisie conjointement par le GT pour définir les différents types d'interfaces. En revanche, à l'image de version plus légère de cette norme (exemple donné du modèle TCP/IP), cela nous a amené à définir un modèle en 3 couches : Applicatif, Transport & Réseau et Physique, comme illustré ci-après :

[23] Le modèle OSI (de l'anglais *Open Systems Interconnection*) est une norme de communication de tous les systèmes informatiques en réseau qui décrit les fonctionnalités nécessaires à la communication et l'organisation de ces fonctions.

Modèle OSI de l'ISO				Le modèle TCP/IP	Modèle GICAT Normalisation Drones	
n°	**Couche**	**Ex. Norme Web**	**n°**		**Couche**	**Définitions**
7	Application	HTTP / HTTPS	4	Application	**Couche Applicatif**	Représentation des données pour l'utilisateur, ainsi que son codage et le contrôle du dialogue
6	Présentation	HTML / XML				
5	Session	(Cookie)				
4	Transport	TCP-UDP	3	Transport	**Couche Transport (& réseaux)**	Prise en charge de la communication entre différents périphériques à travers divers réseaux. Découpage de la données / Détermine le meilleur chemin à travers le réseau
3	Réseau	IP	2	Internet		
2	Liaison	Ethernet / xDSL	1	Accès au Réseau	**Couche Physique**	Contrôle les périphériques matériels et les supports physiques qui constituent le réseau
1	Physique	RJ45 / RJ11 / RJ12 Câbles Cat. 5 et +				

4.4.1.4. Catalogue des interfaces internes

Ce catalogue est donné en annexe 5. La méthodologie appliquée lors de l'étape d'analyse des solutions se base uniquement sur l'expertise de chaque participant. Les travaux effectués cette année par le GT auront permis :

- De fournir un référentiel de solutions techniques et de "meilleures pratiques" de la communauté drone de la BITD ;
- D'identifier des solutions appropriées, mais….

… il n'a pas été possible d'effectuer d'évaluation technique de leur contenu.

En conséquence, les opinions exprimées dans le présent document sont empiriques et se limitent à l'expertise des membres exprimés du groupe de travail. L'analyse a néanmoins déjà permis de faire ressortir quelques interfaces qui font consensus dans la communauté industrielle.

Flight Sensors/AP	NMEA
	CAN
	Ethernet
Onboard/Payload	H264/H265
	TCP/UDP Ethernet
	UART
C2/C4i	Ethernet

De manière générale, 183 interfaces ont été listées. Parmi celles-ci :

- 9 sont proposées par le GT pour faire office de standard (ce sont celles listées dans le tableau ci-dessus) ;
- 52 sont proposées par le GT comme interfaces recommandées en général ;
- 51 sont recommandées par le GT pour certaines situations particulières (expérimentations, etc...) ;
- 3 sont proposées par le GT comme devant être exclues à l'avenir ;
- 68 sont sans avis.

Pour aller au-delà il faudrait procéder à des analyses multicritères et systématiques qui pourraient le cas échéant nécessiter des financements.

Cela permet d 'aboutir à la recommandation suivante.

Recommandation n°13

Poursuivre les travaux en 2024 dans le cadre du GT, notamment sur les interfaces internes non encore traitées en :

- **Procédant à une évaluation technique des solutions en se basant sur une méthodologie cohérente des études sur les standards en cours telles que SHEPHERD par exemple ;**
- **Dédiant un autre GT ou workshop à certains sujets demandant à être approfondis en itération directe avec les utilisateurs finaux, notamment sur les aspects GCS/IHM ;**
- **En organisant avec la DGA un ou des workshops dédiés à la question de ces interfaces internes pour permettre une décision collégiale BITD-DGA sur les standards à privilégier. L'objectif sera :**
  - **De définir une base commune à l'ensemble de la BITD des interfaces connues et reconnues ;**
  - **D'en identifier les standards applicables.**

4.4.2. Interopérabilité et interfaces externes

En ce qui concerne les interfaces externes et notamment l'interopérabilité entre les drones et le reste des systèmes du combat aéroterrestre, les réflexions sont restées préliminaires (d'où leur style un peu décousu) et se sont concentrées sur des aspects techniques spécifiques selon l'emploi.

Acquisition et Artillerie : drones de type SDTL/SMDR

Les éléments suivants ont été notés :

- Atlas aujourd'hui est le seul système de traitement des feux pour l'Artillerie. Il prend en compte le STANAG 4609 Edition 3 ;
- L'objectif est d'envoyer le flux vidéo du drone (avec les métadata) à la station Atlas ;
- La station Atlas est connectée en filaire avec la station drone (RJ45 - Ethernet) ;
- Atlas reçoit le flux brut et réalise une couche de traitement (une OER -opération d'expérimentation réactive- a été lancée sur ce sujet) pour transformer de manière propre les données du flux drone en message de tir d'artillerie ou message de renseignement ("Fait Observé"). En effet il existe des formulaires particuliers pour le tir qui ne nécessitent que les coordonnées de l'objectif et des données du drone (tout ceci se trouvant dans le STANAG 4609). Les données de précision ne sont pas transmises par le 4609, et il faut donc qu'elles apparaissent quelque part sur la station sol du drone.

Suivant la précision des coordonnées fournies par le drone :

- L'artillerie peut soit procéder à un tir d'emblée : 10 tirs d'un coup (en moyenne et en fonction de la nature de la cible) ;

- Ou bien l'artillerie procède à un tir de mise en place : 2 ou 3 obus tirés, puis, en fonction du point moyen d'impact, une correction permet tirer les obus suivants en les ramenant sur l'objectif.

Pour le tir d'emblée, l'information de précision du drone doit nécessairement être connue.

A ce stade, on n'identifie pas de besoin de connecter ce type de drone à SICS (Système d'information du combat de SCORPION).

En synthèse, pour l'artillerie : il faut une bonne précision d'acquisition et envoyer les données via le STANAG 4609. Ceci permet aussi d'assurer la coordination 3D : la situation générale aérienne est connue et on sait où est le drone.

Remarque : SAIM (Système d'Aide à l'Interprétation Multicapteurs) prend aussi du STANAG 4609 en entrée. Il permet l'exploitation des données d'images, d'en extraire les informations utiles et de diffuser ces informations vers la chaîne du renseignement. Dans le cas des drones, SAIM permet l'exploitation de la vidéo pour un traitement par la chaîne renseignement.

Au contact : drones de la catégorie microdrones

Le plus important est de pouvoir connecter les drones à SICS. Souvent le système et ses opérateurs sont en *stand alone* et ne sont connectés à rien, mais on imagine un drone partant d'un véhicule (où SICS est présent à demeure) et où la position du drone serait transmise à l'ensemble de la compagnie.

Il existe différentes versions de SICS (SICS FS, SICS classique qui est embarqué sur un véhicule, SICS débarqué pour le fantassin). Le principe consiste à faire décoller le micro drone du véhicule et à le suivre sur SICS.

Il peut aussi être utile de connecter ces micro drones à Atlas pour bénéficier de l'artillerie au contact (les équipes ont des jumelles, des optroniques, le micro drone fait office de jumelle déportée) et un micro drone avec une bonne précision d'acquisition permet de faire du tir de mise en place pour l'artillerie. Là encore, l'interface Atlas est du STANAG 4609 Edition 3. La liaison est filaire entre la station sol du drone et la station Atlas. La mise en œuvre pourrait être effectuée depuis un véhicule, dont un des passagers serait dédié à la radio et à Atlas.

Remarque : de manière générale, les opérateurs sont confrontés à une multiplicité de stations sol, chacune différente avec ses codifications, son iconographie, ses représentations spécifiques... Aujourd'hui, à chaque vecteur aérien correspond une station sol sur laquelle les opérateurs doivent être formés. Le besoin d'une station sol commune à l'ensemble des mini drones de l'Armée de Terre se fait donc ressentir. Celle-ci devra certainement implémenter, outre quelques standards identifiés précédemment (comme le STANAG 4603 par exemple), des connecteurs vers les principaux types de drones du marché, la capacité à gérer à la fois des drones à voilure fixe et des drones à voilure tournante, et des fonctionnalités permettant la formation des opérateurs, comme des simulateurs de drone, des simulateurs vidéo, la simulation de conditions climatiques et environnementales différentes (jour, nuit, etc...) avec des scénarios de panne et des scénarios mettant en jeu des tiers (véhicules, personnes, etc...).

Proposition n°8
Il est recommandé la mise en place, par l'État, d'une station universelle de contrôle de drone (GCS) acquise via un partenariat d'innovation ouvert à plusieurs industriels qui devront démontrer que leur station fonctionne avec au moins 3 drones de 3 constructeurs différents, et en impliquant fortement les opérationnels avec leur retour terrain dans le choix.

4.4.3. Charges utiles pour drones

Dans le but de clarifier et expliciter les possibilités de charges utiles emportables sur drone, le groupe de travail a effectué une analyse de celles-ci et des capacités associées. Cette analyse n'a pas vocation à

être exhaustive et complète, mais à établir avec l'aide des différents membres et les informations remontées, les différentes possibilités et solutions connues.

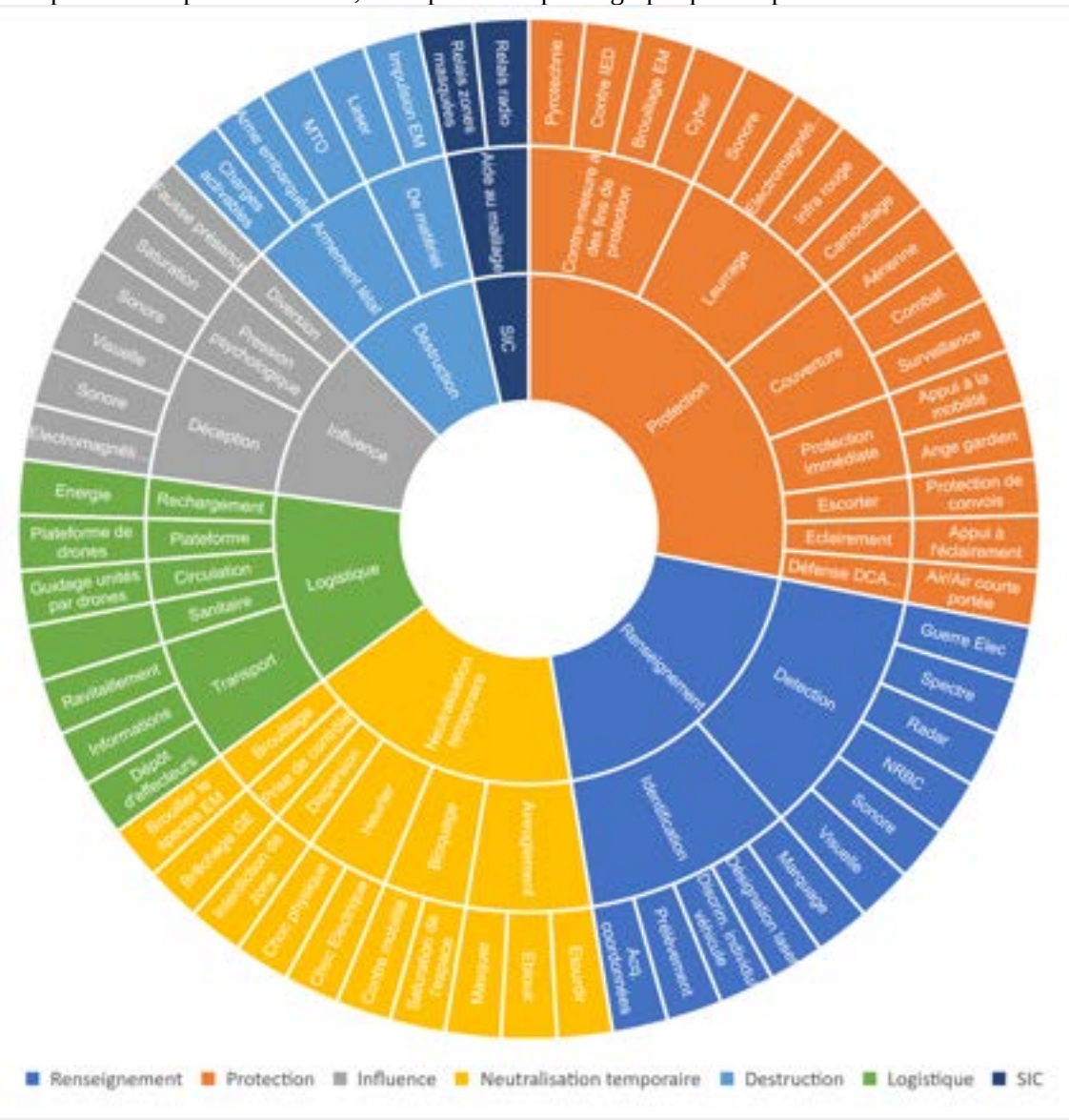
Le groupe de travail a restreint l'analyse aux charges utiles embarquables sur les drones des groupes 1 à 3 de moins de 150 kg.

Le tableau ci-dessous définit par groupe de drone, sa masse, son rayon d'action, son autonomie.

Groupe 1 Drones de contact Nano et Micro *< 2 kg* *< 10 km* *< 40 min*	Groupe 2 Drones de contact Mini *2 à 25 kg* *10 à 30 km* *40 min à 3h*	Groupe 3 Drones de contact Petit *25 à 150 kg* *30 à 80 km* *3 à 6h*	Groupe 3 Drones tactiques MAME *150 à 600 kg* *80 à 150 km* *6 à 14h*	Groupe 4 Drones de théâtre MALE *600 à 1300 kg* *> 150 km* *14h à 24h*	Groupe 5 Drones stratégiques HALE *> 1300 kg* *> 150 km* *> 24h*

4.4.3.1. Recensement des charges utiles

Le groupe de travail s'est fondé sur l'analyse du comité Dragon qui a mené ses travaux en 2022, avec l'aide du CREC Saint Cyr. Cette synthèse qui permet de balayer l'ensemble des charges utiles ayant un intérêt opérationnel pour les Forces, est représentée par le graphique ci-après.



Classement des charges utiles par fonction

4.4.3.2. Détails de charges utiles et capacités associées

Les charges utiles retenues pour cette étude sont les suivantes :

- Les charges ROIM (Renseignement d'Origine IMage) ;
- Les charges ROEM (Renseignement d'origine ElectroMagnétique) et les brouilleurs ;
- Les charges de destruction : têtes militaires et MTO.

4.4.3.2.1. Charges ROIM

Les charges utiles capables de fournir des images et de la vidéo constituent actuellement la majeure partie des charges embarquées sur drones. Elles couvrent une grande variété de missions et contribuent à l'appui opérationnel d'un spectre très large de besoins des Forces.

Il existe 3 grandes familles de critères permettant de segmenter les charges ROIM :

- Dimension et masse ;
- Performances en mode jour/nuit ;
- Performances optiques et fonctionnalités avancées.

Les drones du Groupe 1 sont très généralement équipés nativement de leur capteur image intégré et il est quasiment impossible de la faire évoluer compte tenu de l'intégration extrêmement poussée pour maîtriser la masse et le volume.

Pour les drones de moins de 25kg (Groupe 2), la masse maximale de la charge utile sera de 3 kg. Toutes les charges utiles de cette classe ont la capacité de fournir un flux vidéo en Full HD (1920 x 1080 pixels) En mode jour, ce type de charge permet d'effectuer la détection d'un véhicule type OTAN à 20km, sa reconnaissance et son identification à 3km. Pour la détection, la reconnaissance et l'identification d'un humain, la distance efficace est respectivement de 5km, 3km et 1,5km. En mode nuit, les performances du mode jour sont divisées par un facteur d'environ 4.

Pour les drones de moins de 150kg (Groupe 3), la masse maximale de la charge utile ROIM sera de 10 kg, permettant d'obtenir un flux vidéo 4K, soit une résolution deux fois plus importante que le Full HD. En mode jour, si la distance de détection d'un véhicule type OTAN reste identique aux charges des drones du groupe 2, sa reconnaissance et son identification affichent une amélioration d'un facteur 2 à 3. Idem pour la détection, la reconnaissance et l'identification d'un humain pour lequel les distances efficaces sont améliorées d'un facteur 2 à 3.

La différence principale entre les charges utiles des drones des deux groupes se situe pour le mode nuit pour lequel les performances ne sont divisées que par un facteur d'environ 2. En termes de fonctionnalités avancées, seuls le SAR scanning, le désignateur laser et la capacité à intégrer des capteur IR refroidis distinguent les deux classes de charges utiles.

Sachant que les drones du Groupe 2 ont une portée maximale de 20 à 50km et 2 à 5h d'autonomie de vol, les performances des charges ROIM apparaissent conformes aux besoins pour ce type de vecteurs. Pour les drones du Groupe 3 qui ont une portée maximale de 50 à 150 km pour 5 à 10h d'autonomie de vol, les performances des charges ROIM sont conformes aux attendus des missions réalisées.

La capacité d'interchanger les caméras au sein d'un même drone est rendue possible par les protocoles d'interfaçages et de communication utilisées par quasiment tous les fabricants de caméras :

- Protocoles de communication : ARINC 29 / Ethernet / RS 422 / Stanag 4609 (compression H-264),
- Connexions GNSS : issue du module GPS de la centrale inertielle,
- Vidéo outputs : HDMI-SDI / Ethernet.

Cependant, des contraintes d'interopérabilité subsistent :

- Les dispositifs de montage / démontage de caméras sont spécifiques à chaque fabricant de caméras ;
- Certains fabricants proposent leurs propres systèmes de rétractation, d'autres non (dispositif à la charge du droniste) ;
- Au-delà des protocoles de communication standards, l'intégration des flux de données à l'intérieur de l'IHM de chaque autopilote nécessite un développement spécifique.

4.4.3.2.2. Charges ROEM et brouilleurs

Les capteurs ROEM constituent un maillon important dans les différentes chaînes de renseignement. La capacité de les placer sur des drones apporte de nombreux avantages :

- Avantage tactique par la capacité à être rapide et très réactif en fonction des évolutions sur le terrain ;
- Réaliser des missions de renseignement amont sans déployer des moyens humains à proximité de zones sensibles et/ou potentiellement dangereuses ;
- Optimiser le recueil des données en s'affranchissant du placement délicat des systèmes antennaires en milieu dense (urbain par exemple) ;
- Identifier les types d'émetteurs permet d'obtenir des informations sur les cibles, notamment lorsque le ROIM n'est pas efficace (cas des cibles déportées, en sous-sol,...).

Toutes les charges utiles ROEM possèdent les fonctionnalités suivantes :

- Détection des émetteurs de communication et des Radars dans les bandes de fréquences d'intérêt pour la mission ;
- Identification des émetteurs ;
- Localisation des émetteurs : la précision est variable en fonction du système antennaire et de l'opération en drone seul ou en essaim (>2), l'essaim permettant de diminuer l'incertitude de localisation ;
- Accès au contenu en fonction des capacités de calcul embarqué et/ou au sol et du débit disponible sur le *datalink* drone-sol.

Selon la taille de la charge utile et donc du vecteur associé, les performances suivantes varient :

- Portée ;
- Bande de fréquence basse ;
- Nombre de canaux d'écoute simultanés ;
- Densité de détection d'émetteurs ;
- Localisation précise ou direction d'arrivée des signaux en fonction du nombre de drones (travail en essaim) et de la mobilité du drone.

Les brouilleurs embarqués sur drone permettent d'agir rapidement et ponctuellement sur une zone géographique en appui d'opérations au sol afin notamment de sécuriser ces dernières.

4.4.3.2.2.1. Charge ROEM pour drone de Groupe 1

La charge utile ROEM n'a été identifiée par les membres du groupe de travail comme pertinente que pour les Groupes 2 et plus (drones mini 2-25kg et petit). En effet, en Groupe 1, le volume et la masse alloués sont trop faibles pour emporter une charge utile pertinente vis-à-vis du besoin.

4.4.3.2.2.2. Charge ROEM ou brouillage pour drone de Groupe 2

Étant donné la taille et la masse des charges compatibles avec cette classe de drones, les charges utiles multifonctions ne sont pas embarquables sur celle-ci. En effet, la taille maximale de la charge utile est estimée à 200 x 150 x50 mm pour une masse de 2 à 3kg utile. Donc le drone emportera soit une charge utile ROEM spécifique, soit une charge brouillage.

Les charges utiles ROEM et brouillage peuvent être de nature (charges exclusives l'une de l'autre) :

- COMINT Cellulaire (IMSI Catcher) ;

- COMINT V/UHF ;
- COMINT Satellite ;
- GE Active (Brouilleur de communications ou GNSS).

En raison des tailles d'antennes embarquables sur ce type de vecteurs, la bande de fréquences couverte s'étend de 400 MHz à 3 GHz avec une portée maximale de 5 km. Les portées de brouillage des communications et des signaux GNSS sont de l'ordre de 1 km. Le nombre de canaux pouvant être écoutés simultanément en COMINT V/UHF est de 4.

4.4.3.2.2.3. Charge ROEM et brouillage pour drone de Groupe 3

Étant donné la taille et la masse des charges compatibles avec cette classe de drones, des charges utiles multifonctions sont envisageables. En effet, la taille maximale est estimée au maximum à un tiroir 19'' 2U avec une profondeur de 450 mm pour une masse de 3 à 25 kg.

Les charges ROEM peuvent être de nature (emport simultané de charges possible sauf mention particulière) :
- COMINT Cellulaire (IMSI Catcher) ;
- COMINT V/UHF ;
- COMINT Satellite ;
- GE Active avancée (Brouilleur de communications ou GNSS) ;
- ELINT (fonction incompatible des fonctions GE/COMINT).

La bande de fréquences couverte s'étend de 30 MHz à 6 GHz. Les portées de brouillage des communications et des signaux GNSS sont de l'ordre de 10 km, en fonction de l'énergie disponible. Le nombre de canaux pouvant être écoutés simultanément en COMINT V/UHF est de 4.

4.4.3.2.2.4. Performances envisageables des charges utiles ROEM

Les performances différenciées entre les différents vecteurs et fonctionnalités sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	COMINT Cellulaire		COMINT V/UHF		COMINT Satellite	
	mini drones	petits drones	mini drones	petits drones	mini drones	petits drones
Portée (km)	5	50	5	50	5	50
Nombre de cibles	10aine / minute	100 aine / minute	10aine / minute	100 aine / minute	1 - 10	
Précision de localisation (m)	30-150 m		Azimuth Dépend de l'exploitation mono / multi drones		10 - 10 000	

4.4.3.2.3. Charges utiles « têtes explosives »

Les drones des groupes 1 à 3 sont éligibles à ce type de charge utile. En fonction de la taille et donc du coût du drone porteur utilisé, deux modes d'utilisation sont identifiables :
- Kamikaze : le drone et la charge sont intégrés et associés jusqu'à l'impact. Cette utilisation est généralement associée aux groupes 1 et 2 ;
- Largueur ou bombardier : le drone est chargé du largage de la munition. Cette utilisation est normalement associée au groupe 3, mais en Ukraine des cas d'emploi de drones des groupes 1 et 2 à cette fin ne sont pas rares.

Les charges retenues pour cette analyse sont les suivantes :
- Fragmentation : entre 0,2 et 0,5 kg pour des cibles molles du type fantassin ou pickup ;

- HEAT (High Explosive Anti-Tank) : 1,5 kg pour mise à feu au contact d'une cible blindée ;
- EFP (Explosively Formed Penetrator) : 1,5 kg pour mise à feu à distance d'une cible blindée.

A noter que le largage d'un drone en mode kamikaze à partir d'un drone du groupe 3 est également possible.

Le tableau ci-dessous permet d'identifier les types de charges embarquables en fonction des groupes de drones.

Type drone	Charge fragmentation	Charge HEAT	Charge EFP
G1 (nano/micro drone)	✓	✗	✗
G2 (mini drone)	✓	✓	✓
G3 (petit drone)	✓	✓	✓

4.4.4. Synthèse

L'analyse des capacités des charges utiles par type de vecteur permet d'affirmer que l'interchangeabilité des charges utiles entre groupes de drones n'est pas envisageable. A titre d'exemple, une charge utile dimensionnée pour un drone du Groupe 3 ne pourra pas être intégrée sur un drone du Groupe 2. Si des travaux d'interfaces sont menés en amont de la conception des charges utiles, il est en revanche imaginable qu'une charge utile embarquable sur un drone du Groupe 2 soit montée sur un drone du Groupe3, même si en pratique l'intérêt semble assez limité.

Un même modèle de drone peut toutefois recevoir une famille de charges utiles variées allant du capteur ROIM au brouilleur, en passant par les capteurs ROEM et les charges explosives larguées. Une charge utile peut également se monter sur plusieurs modèles de drones du même Groupe.

Les possibilités énoncées ci-dessus ne sont valides que si les charges utiles et les drones sont compatibles et unifiés en termes d'interfaces :

- Mécaniques pour le montage / démontage des charges utiles ;
- Électriques pour l'interconnexion physique des liaisons entre les charges utiles et les drones (énergie, communication) ;
- Protocoles de communication (autopilote - *datalink* - charge utile) ;
- Format des contenus numériques (par exemple la taille des trames envoyées par le *datalink,* compression d'images...).

Les interfaces apparaissent comme la clé de l'interopérabilité et doivent être intégrées dès la conception des drones et des charges utiles. Un standard applicable pour ces interfaces est un moyen efficace pour y parvenir : les capteurs ROIM présentent déjà des interfaces de communication et de contenus standardisées (ARINC 29, Stanag 4609). Ce travail de standardisation est à mener pour tous les types de charges utiles. Ceci est cohérent avec les recommandations supra.

4.5. La navigabilité

Dans le domaine civil, la mise en œuvre des drones est encadrée par une autorité européenne, l'EASA (*European Aviation Safety Agency*), qui peut déléguer une partie de ses responsabilités aux autorités nationales (DSAC, Direction de la Sécurité de l'aviation Civile, en France). Les règles générales peuvent être adaptées aux aéronefs d'État. Ainsi ces aéronefs des Armées, de la gendarmerie, des douanes, de la sécurité civile sont encadrés en vol par une réglementation propre dite « Circulation Aérienne Militaire » qui possède des dispositions spécifiques permettant de préciser ou le cas échéant déroger aux règles générales, du fait des missions particulières de l'État.

Il est à noter que la France a très tôt, dès 2012, mis en place une réglementation spécifique drone qui s'est à l'époque révélée être un avantage certain pour l'industrie du drone française. Il est regrettable que l'avance prise ainsi par la France sur le plan de la réglementation civile ait été perdu suite à des décisions prises par l'Europe et la DGAC depuis 2019, cf. annexe 6.

Heureusement, la mise en œuvre des drones d'État est désormais encadrée par la réglementation récente du 24 mars 2023. Cette réglementation et les possibilités qu'elle offre sont encore mal connues. Une première lecture rapide pourrait laisser penser que cette réglementation reprend l'ensemble de la réglementation civile, aboutissant à des situations qui seraient impossibles à résoudre car certaines contraintes de sécurité des drones civils sont incompatibles avec les spécificités militaires. Ainsi les drones militaires doivent pouvoir évoluer sans GPS ou autre système GNSS tel que Galileo, Glonass ou Beidou (missions en environnement contesté « *GNSS denied* »), alors que la perte d'information de positionnement GPS est un motif d'interruption du vol dans le domaine civil (atterrissage immédiat voire déclenchement d'un parachute). Pourtant, il est tout à fait possible de mettre en œuvre des drones dans des conditions non autorisées par la réglementation civile si les autorités compétentes, pour autoriser les vols pour ces catégories de machines, considèrent que les risques associés sont maîtrisés à un niveau qu'elles jugent pertinent.

La réglementation du 24 mars 2023 précise, comme pour tous les aéronefs d'Etat, qui sont ces autorités. Elles recouvrent en fait trois rôles :

- L'autorité technique (AT) se prononce sur le domaine d'emploi de l'aéronef sur la base de ses caractéristiques techniques (jusqu'à la certification de type si besoin) ;
- L'autorité d'emploi (AE) qui approuve l'autorisation d'exploitation des drones dans son périmètre de responsabilité en s'appuyant sur l'acte ou l'avis technique de l'AT ;
- L'autorité de sécurité (DSAé) qui délivre un avis sur les analyses de risque associées à la mise en œuvre des drones.

AT, AE et DSAé sont disposées à étudier les risques liés à des opérations de drones d'État selon les grilles d'analyse civiles imposées par l'EASA mais aussi selon toute autre méthode pertinente qui leur serait proposée ou qu'elles pourraient imaginer. Ainsi AT et AE ont classiquement le droit de déroger aux règles d'emploi des aéronefs civils, conformément aux prérogatives édictées dans les textes réglementaires spécifiques (décret 366, 367 de 2013 et leurs arrêtés afférents). L'aéronautique d'État peut par ailleurs mettre en œuvre des mesures non applicables pour le monde civil (contrôle de zone par exemple) permettant de mieux maîtriser les risques pour des vols opérationnels comme pour des vols d'essai. **Des autorisations peuvent être délivrées très rapidement, notamment en cas d'urgence ou de nécessités opérationnelles**. Des drones développés dans le cadre d'un contrat conclu avec l'État peuvent enfin bénéficier de ces dispositions. Ces dispositions dérogatoires sont aujourd'hui mal connues et mériteraient d'être mieux partagées avec les industriels français pour libérer les énergies de la filière.

Les drones d'État, enfin, n'évoluent pas dans des domaines de vol parfaitement isolés où il y aurait la circulation aérienne militaire d'un côté, la circulation aérienne générale civile de l'autre. Des missions peuvent commencer en zone civile et se poursuivre en zone réservée militaire. D'autre part, des vols de prototypes ne seront pas possibles exclusivement sur des terrains militaires. Des autorisations de mise en œuvre devront être discutées avec les autorités de régulation civiles pour des drones pouvant présenter des spécificités militaires non prévues, par nature, dans le cadre civil. Dans le processus de partage d'informations entre industriels et autorités de régulation des drones, il conviendra d'associer les autorités civiles afin que puissent être partagées les contraintes industrielles, les contraintes réglementaires de la circulation aérienne militaire et de la réglementation civile, les analyses de risques de l'ensemble des autorités permettant des mises en œuvre maîtrisées.

En synthèse, il convient de partager les informations sur les éléments de la réglementation des drones militaires et d'État du 24 mars 2023, et de partager les éléments de mise en œuvre des drones entre les autorités et les industriels français afin de lever toute difficulté, réelle ou supposée, entre les acteurs en :

1. Faisant circuler vers les industriels une synthèse des éléments de la réglementation sur les drones militaires et d'État, notamment pour préciser le cadre spécifique des drones d'État et les possibilités qu'il offre ;
2. Mettant en place une rencontre annuelle entre autorités des drones d'État (AT, AE, DSAé) et les industriels français du drone afin de partager les expériences, les points durs identifiés ou à venir et le cas échéant leurs solutions.

3. Associant à ces échanges des représentants des autorités de régulation civile (DSAC) car les deux domaines de circulation aérienne, militaire et générale, ne sont pas disjoints, tant en phase de développement industriel des drones qu'en phase de mise en œuvre. De tels échanges pourraient peut les être aussi contribuer à ce que la DGAC revoie sa position sur vols hors de vue de l'opérateur qui condamnent à court terme le développement de drones civils de moins de 150kg destinés à opérer à plus d'1km de l'opérateur, fermant ainsi la porte à de multiples applications civiles des drones (missions de surveillance, livraison etc.).

La recommandation suivante peut donc être formulée :

Recommandation n°14
Améliorer le partage d'information entre les acteurs étatiques et industriels de la navigabilité avec :

- **La diffusion par l'État d'une synthèse de la réglementation sur les drones militaires et d'État et les possibilités qu'elle offre ;**
- **La mise en place d'une réunion d'échange annuelle avec les différents acteurs ;**
- **En associant les acteurs de la DGAC à ces échanges, notamment dans l'optique de contribuer à faire évoluer la réglementation civile.**

4.6. Intégration des drones sur véhicule.

L'intégration sur véhicule représente, à la lumière du conflit Ukrainien, un élément particulièrement intéressant à considérer pour les drones aériens. Les retours du terrain indiquent un délai (« *safe time* ») de 10 minutes entre le moment de mise en route du système drone par les télépilotes et l'arrivée des premières contre-mesures les visant directement.

L'intégration des systèmes drones sur véhicule permettrait en conséquence :

- Une très grande mobilité ;
- Une protection des télépilotes ;
- Un emport plus conséquent de vecteurs drones comparés à des fantassins (voire même disposer d'un véhicule « ruche »).

Il n'a pas été possible dans les délais impartis au GT pour produire son rapport de creuser la question. Mais le GT devant se poursuivre en 2024, ce sera un des axes de travaux prioritaires car il s'agit d'un enjeu majeur. L'objectif sera de parvenir à des propositions concrètes pour intégrer rapidement des drones sur les véhicules de l'armée de Terre. Cette question est d'autant plus importante que ce besoin de pouvoir piloter un drone depuis un véhicule, y compris en mouvement, et ce si possible pour les différents modèles de drones, a été confirmé par les opérationnels. Idéalement il faudrait une solution générique qui aille sur tout type de véhicule :

- PVP (même si ce n'est pas le véhicule le plus utilisé) ;
- GBC ;
- Griffon/Serval ;
- VAB.

L'intérêt et l'intégration de drones filaires (qui ont déjà fait l'objet du RAPID Airwatch en 2015 et du PST Furious en 2017) seront naturellement considérés.

Il faudra également identifier les briques critiques manquantes pour cette fonctionnalité et les insérer dans la feuille de route R&D.

4.7. Zones d'essais et champs de tir

4.7.1. Préambule

La question des zones d'essais et des champs de tir revêt une importance cruciale tant pour la BITD que pour les Autorités d'emploi du MINARM ou du MIOM. Que ce soit pour répondre à des programmes d'armement ou pour permettre aux industriels de concevoir de nouvelles solutions, l'expérimentation représente une étape incontournable. Elle permet d'explorer, développer, valider et qualifier de nouveaux systèmes de drones et MTO.

Les défis majeurs consistent à disposer des moyens nécessaires pour conduire rapidement des expérimentations ou pour soutenir le développement et la qualification de systèmes, le tout dans les meilleurs délais, tout en maîtrisant les coûts et en garantissant la sécurité.

Il faut également que nos Forces disposent de zones et de champs de tir pour pouvoir se former et s'entraîner dans des conditions réalistes. Le RETEX Ukraine a clairement mis en évidence cette nécessité, les drones faisant désormais partie intégrante de toute manœuvre tactique sur le terrain.

Dans le contexte actuel, il est donc impératif de disposer de zones adéquates pour chaque besoin. Il convient donc de :

- Identifier et exprimer les besoins industriels ainsi que ceux des acteurs de la défense ;
- Identifier et caractériser les zones pouvant répondre à ces besoins ;
- Établir les conditions d'accessibilité de ces zones, qu'elles soient d'ordre réglementaire, contractuel, ou liées aux ressources matérielles et humaines.

L'étude qui a été menée ne couvre que les besoins défense, pas ceux purement civils. Il faut toutefois avoir en tête cet environnement drone civil, qui inclut également un certain nombre de zones et moyens d'essais, pour différentes raisons :

- Les drones sont des systèmes duaux par excellence, la frontière entre civil et militaire est souvent très ténue ;
- Il serait ridicule de développer pour la défense des capacités qui existent dans le monde civil. Si un matériel défense peut être testé dans une zone d'essais civile, en prenant en compte tous les paramètres (satisfaction du besoin en termes de performances et délais, sécurité des vols et pyrotechnique, sécurité de défense, intérêt économique et impact capacitaire sur les moyens étatiques), alors il doit l'être autant que possible ;
- Le développement, débuté il y a une quinzaine d'années, de centres et zones d'essais civils de drones, souvent soutenus par des collectivités locales, a été pour le moins anarchique et la rentabilité de certains d'entre eux ne semble pas clairement démontrée. Des efforts de coordination et de rationalisation sont en cours sous l'égide de la DGAC, mais outre le fait que la tâche n'est pas facile compte tenu des intérêts souvent divergents de ces centres, la tentation risque d'être grande pour certains d'entre eux (et leurs sponsors « politiques ») de solliciter des financements défense pour les aider à boucler leurs budgets. Cela peut s'envisager si le MINARM y trouve son intérêt (par exemple pour ne pas avoir à mettre à disposition des zones ou moyens d'essais), mais celui-ci n'a pas vocation à soutenir financièrement toute la filière essais drone française : le MINARM pourrait ainsi financer en partie les zones d'essais de drones de technologies militaires (ou duales dans certains cas) ;
- Aux centres d'essais civils ouverts à tous les industriels (type CEDIF (Centre d'Excellence Drones d'Ile-de-France à Brétigny), les deux C2RD (Centre Régional de Ressources Drones de Pourrières et Magnac-Lavallette, …), le CIDN (Centre d'innovation Drones en Normandie au Havre), demain d'autres peut être du côté de Cahors ou dans les Yvelines également…), il faut également ajouter des zones d'essais « privées » spécifiques à un industriel. Situées à proximité de leur usine, elles permettent une réactivité maximale pendant les phases de développement, pour des coûts souvent très réduits. Si d'un autre côté, leurs capacités sont limitées, de l'autre convaincre un industriel de quitter sa zone d'essais privative pour une payante située à l'autre bout de la France nécessitera d'en démontrer les avantages.

L'étude qui a été menée par le GT s'est concentrée sur les besoins liés à la Défense, et en particulier ceux des industriels, peu de problématiques étant remontées du côté étatique.

4.7.2. Les besoins

Les besoins en zones et terrains d'essais se déclinent en deux catégories distinctes et complémentaires. D'une part, il existe des besoins industriels[24], et d'autre part, des besoins MINARM. L'examen des technologies prioritaires évoquées au paragraphe 4.1 permet d'imaginer les développements à venir, et donc d'anticiper des besoins expérimentaux spécifiques futurs. En parallèle, les retours d'expérience issus de conflits récents, tels que celui en Ukraine, mettent en exergue les échelles temporelles et les contextes opérationnels auxquels il est impératif de se préparer.

Les besoins spécifiques MINARM touchent à ses missions spécifiques : expérimenter, valider et qualifier de nouveaux systèmes de drones, définir les modes d'emplois associés, et enfin se former et s'entrainer. Aujourd'hui, il est primordial de se concentrer sur la définition des scénarios d'emploi liés aux différentes missions des armées (selon la méthodologie SORA comme développé dans le processus de déploiement de l'arrêté sur les drones d'État), pour bâtir un premier cahier des charges pour la définition de zones d'essais adaptées. Par conséquent, la finalisation de ces scénarios standardisés par autorité d'emploi (qui bénéficieront aussi aux industriels) revêt une importance primordiale pour définir et identifier des zones ad hoc.

Les besoins spécifiques exprimés par les industriels de la BITD résultent soit :

- D'opérations d'armement existantes (SMDR/Système de Mini Drone de Renseignement, SMDM/Système de mini-drones aériens embarqués pour la Marine, Larinae/Colibri pour les MTO, etc.) ;
- De cadres opérationnels et d'appels à manifestation d'intérêt, par exemple dans le cadre des Jeux Olympiques (JO) 2024 ;
- Soit de leur volonté propre de développer et proposer des systèmes de drones innovants.

Dans le premier cas, les zones d'expérimentations et d'essais ne sont pas toujours pré-identifiées lors de la notification des contrats, même si le cadre contractuel et les besoins exprimés sont eux clairement définis. Cette identification a posteriori est un risque supplémentaire, et peut entraîner des retards voire des surcoûts pour l'État ou l'industriel (comme par exemple lorsqu'un industriel doit aller réaliser des campagnes d'essais à l'étranger). C'est pourquoi, la pré-identification et la caractérisation des zones d'essais nécessaires (a minima : périmètre, plafond...) devrait être systématique dans chaque contrat.

Dans le second cas, la contractualisation n'intervient qu'après la démonstration, ce qui fait qu'en règle générale les matériels expérimentés sont soumis à la réglementation civile qui s'avère généralement limitante. L'exemple des expérimentations pour les JO 2024 sur la LAD au stade de France ou au stade Vélodrome (avec des besoins très spécifiques défense), a démontré que malgré notamment la forte implication du Commandement de la défense aérienne et des opérations aériennes (CDAOA), l'Autorité Technique n'a pas pu autoriser le passage sous régime aéronef d'État[25] en l'absence de contractualisation avec la DGA. L'autorité de sécurité était en effet la DGAC/DSAC qui est soumise à d'autres règles que le MINARM. Cet exemple démontre la nécessité :

- D'identifier précisément les différences entre le cadre civil et celui des drones d'État ;
- D'établir un cadre permettant lors de ce type de démonstration ou d'expérimentation en vue d'obtenir un classement même temporaire sous le régime d'aéronef drones d'État correspondant aux enjeux mêmes de l'opération.

[24] Qui peuvent donc être purement civils, purement défense ou duaux. Les besoins civils doivent naturellement être satisfaits par des centres et zones civils. Ne seront pris en compte des besoins duaux sur terrain de défense que dans le cas d'une dimension non applicable au domaine civil (par exemple des navigations en mode brouillé sur des profils de vol militaires).

[25] Le premier texte publié au Journal Officiel du 30 mars 2023 est l'« arrêté du 24 mars 2023 fixant les conditions d'utilisation des aéronefs militaires et des aéronefs appartenant à l'État et utilisés par les services de douanes, de sécurité publique et de sécurité civile qui circulent sans équipage à bord ».

Enfin, pour les besoins industriels liés au développement de nouveaux systèmes totalement hors d'un cadre contractuel étatique, la difficulté à trouver des espaces aériens adaptés (où les drones seraient de plus soumis à une réglementation civile plus contraignante) est naturellement encore plus prégnante. Là aussi il conviendrait de voir comment obtenir un classement même temporaire sous le régime d'aéronef drones d'État pour alléger les contraintes. Un autre type de besoin est de pouvoir accéder à des zones et terrains du MINARM, lorsque c'est la meilleure, voire la seule solution pour mener certains essais de développements. Une liste non exhaustive de ceux-ci est donnée ci-après :

- Essais en grande élongation sur terre et en mer, qui sont soumis au cadre réglementaire civil, actuellement limitant. La DSAC a constitué un GT Facilitation des OGE (Opération de Grandes Élongations) qui pourrait servir de base à une réflexion spécifique à la Défense. La question de l'élongation se pose aussi avec celle de l'endurance, on se retrouve à la fois avec des besoins de vols à des distances de plusieurs centaines de kilomètres (jusqu'à 1000km) mais aussi avec des durées d'occupation de l'espace aérien conséquentes ;
- Essais en haute altitude, qui sont aujourd'hui aussi limités par le cadre réglementaire civil et nécessitent soit la mise à disposition de zones défense soit de la CCER (Contrôle et Circulation Essais Réception) pour explorer le potentiel d'emploi des drones dans cette partie de l'espace aérien où aujourd'hui ils évoluent peu (du moins ceux de 150kg) ;
- Essais en environnements « contestés », qui nécessitent des autorisations spécifiques et/ou des zones adaptées :
    - Ambiance brouillée : il peut-y avoir une grande variété de types de brouillage, car on parle non seulement de toute la plage de puissances/fréquences/modulations d'émissions que serait susceptible d'utiliser un adversaire ainsi que les forces françaises, mais aussi des perturbations liées à l'environnement (cf. infra la problématique des zones urbanisées). Par-delà la question des zones, les industriels du drone auront besoin d'être accompagnés pour définir leurs besoins. En effet, lorsque sollicités dans le cadre du GT pour exprimer clairement ceux-ci en matière de brouillage (puissance, fréquences, formes d'onde etc.), la plupart des industriels dronistes ont été incapables de les formuler de manière précise et exploitable. Cela est normal, car seuls des fabricants de systèmes LAD, ou mieux encore, des spécialistes brouillages étatiques, seraient capables de fournir ces éléments, qui de plus seraient certainement classifiés. Si certains essais peuvent être faits au sol, des essais en vol resteront indispensables ne serait-ce que pour tester en environnement réel les matériels. Pour cela les zones d'essais ad hoc devront disposer du matériel, des opérationnels (des spécialistes brouillage naturellement, voire des télépilotes rompus aux techniques opérationnelles de lutte contre le brouillage) et naturellement des autorisations d'émissions. Cette problématique de capacités d'essais en mode brouillé est fondamentale, comme cela a été démontré lors du conflit ukrainien et un effort particulier devra être porté sur ce point ;
    - LAD (Lutte anti-drones) : dans le prolongement logique du point supra, l'accès à des zones équipées de système de LAD sera nécessaire. Jusqu'à présent, les besoins étaient plutôt liés au développement de ce type de systèmes. Mais si l'on souhaite demain disposer de système de drones performants et résistants face aux systèmes de LAD (les nôtres[26] comme ceux adverses), il sera nécessaire de disposer de zones où l'on puisse tester les capacités à échapper à la détection, à tromper l'identification (par leurrage ou usurpation d'identité) et enfin à se prémunir de l'interception/neutralisation. Ces aspects sont clairement en opposition directe aux exigences du domaine civil et ne pourront être testés qu'avec un accompagnement spécifique défense ;
    - Cyber : la robustesse aux attaques cyber pourra faire l'objet de validations au sol, mais cet aspect ne pourra être pleinement testé que dans un environnement réel et donc en vol. De plus l'inclusion du drone dans un système de système sera

[26] Si l'on souhaite limiter les effets fratricides par des solutions techniques autrement que de part de la déconfliction, car il pourrait être dangereux de rendre nos systèmes drones résistants face à nos systèmes LAD dans le cas de ventes export. On retrouve là une problématique bien connue lors de ventes de systèmes radar ou de contre-mesures à un pays étranger. Les mêmes solutions devront être mises en œuvre.

primordiale pour ces essais et nécessitera donc la mise en œuvre simultanée d'autres systèmes (typiquement C4I) ;

- Communications : Les évolutions en mode « furtif » (i.e. ; sans émissions), qui sont typiquement des profils de vol militaires, peuvent exiger une autorisation spécifique, tout comme l'usage de fréquences de communication militaires[27] pour lesquels une autorisation d'émission est obligatoire. A chaque fois il y aura besoin de disposer de zones d'essais appropriées ;

- Emploi de munitions et notamment essais de celles téléopérées (MTO). Les appels à idée de l'AID Larinae et Colibri ont mis en évidence la nécessité de disposer de sites d'essais adaptés pour ce type de système, qui ne relèvent pas de la réglementation sur les drones mais de celle sur les munitions. Il est important, dans l'optique des futurs programmes de MTO, d'en tirer des enseignements pour l'identification de zones d'essais répondant aux exigences correspondantes. On parle ici non seulement de champs de tir pour les phases de démonstration finale, mais aussi de zones d'essais permettant le développement des solutions technologiques pour les différentes phases de déploiement et d'évolution d'une MTO, mais aussi pour le largage de charges ou d'effecteurs depuis un ou plusieurs drones ;
- Environnements urbains : Des zones d'essais en milieu urbain sont indispensables pour tester des drones militaires. Tout d'abord, il y a la problématique de leur « relief » spécifique avec les bâtiments qui, outre l'obstacle qu'ils constituent pour la navigation (avec des profils de vol spécifiques « militaires » pour échapper à la détection), vont être autant de masques pour les ondes électromagnétiques et donc le pilotage/contrôle du drone. Ces conditions peuvent être recréées dans des zones comme le CENZUB. Mais il y a un deuxième problème lié aux zones urbaines qui est constitué par le brouillage naturel présent dans celles-ci (Wifi, 4G/5G, GPS…) qui va impacter le drone et donc nécessiter des zones d'essais représentatives ou à défaut permettre l'usage de zones d'essais urbaines ségréguées et qui nécessiteront impérativement l'application de la réglementation aéronefs d'État.

De manière générale, pour une efficacité accrue, il convient d'anticiper les besoins pour les phases d'expérimentations et de démonstrations en incluant dès l'expression du besoin l'identification des cadres réglementaires adaptés et des zones d'essais aptes à répondre aux exigences. Du côté des besoins industriels, il est également important de disposer de profils de missions et de scénarios d'emplois types des drones militaires afin d'optimiser leurs vols de développement.

Globalement, aujourd'hui, entre les zones d'essais privatives des industriels et les centres d'essais civils existants, une bonne partie des besoins industriels sont couverts. Les besoins restants aujourd'hui à couvrir concernent principalement certains spécifiques Défense que ces zones d'essais civiles/privées ne peuvent raisonnablement satisfaire, nécessitant le recours à des zones MINARM et/ou à une autorisation dérogatoire pour l'utilisation de zones civiles adaptées aux évolutions mais sous le régime "aéronef drone d'État".

4.7.3. Les Zones d'essais et d'expérimentations

Comme démontré supra, il est nécessaire de disposer de zones d'essais ad hoc pour conduire les développements de drones militaires. Aujourd'hui, un bon retour d'expérience est disponible pour de nombreuses zones, tant civiles que militaires, qui sont potentiellement disponibles et qui offrent un large éventail de capacités d'essais et d'expérimentations. L'objet de ce paragraphe est d'établir leur adéquation aux besoins et d'en définir aussi les évolutions nécessaires pour y répondre pleinement. Ces zones sont de trois natures :

- Les terrains d'essais appartenant en propre à un industriel ou mis à disposition de celui-ci par un tiers ;
- Les centres d'essais civils ouverts aux activités duales ;
- Les terrains et zones d'essais du MINARM.

[27] Une solution pour contrer le brouillage des bandes classiquement utilisées par les drones aujourd'hui est d'utiliser des bandes de fréquence militaires et notamment celles des radios bande C. Or l'utilisation de cette bande nécessite des autorisations et une expertise particulière, ce qui va nécessiter un cadre spécifique pour permettre aux industriels d'exploiter ces technologies et donc de travailler sur ces bandes de fréquence.

Les deux premières catégories sont généralement soumises à la réglementation civile. Cela permet toutefois de répondre efficacement à un très large éventail de besoins y compris pour des matériels à vocation militaire. Ils ont l'avantage d'être rapidement disponibles. Pour autant, il demeure des besoins spécifiques au développement de drones pour la défense qui posent des difficultés sur ces zones comme évoqué au paragraphe précédent.

Si les terrains d'essais appartenant aux industriels sont de nature à rester sous leur responsabilité et en relation avec l'autorité civile (DGAC), les terrains d'essais civils ouverts à tous les industriels ont déjà démontré leur intérêt pour les activités duales. Des tests de brouillage ont d'ores et déjà été entrepris sur certains de ces terrains, d'autres l'ont été dans le cadre de la mise au point de systèmes LAD et certains pourraient disposer à terme de manière permanente de systèmes de ce type. Le développement des solutions pour le U-Space permet aussi d'équiper progressivement ces zones des équipements sol indispensables à l'insertion des drones dans l'espace aérien. En revanche, cela demande un accompagnement et une volonté partagée des différents acteurs pour permettre de développer et pérenniser ces infrastructures et moyens à demeure, avec éventuellement des accords-cadres ou conventions ad hoc pour des applications à usage Défense. De manière plus générale, les problématiques financières et la rentabilité de ces structures devront faire l'objet d'une attention particulière pour éviter de financer des doublons, voire des structures inutiles.

La dernière catégorie de zones et terrains d'essais est bien entendu celle des terrains et zones d'essais du MINARM. Très nombreuses et variées, elles sont répertoriées comme zones réglementées ouvertes aux « activités spécifiques Défense ». Malheureusement, l'adéquation aux besoins n'est pas clairement répertoriée, et les conditions d'accès hors contrats MINARM ne sont pas définies. Il n'existe pas non plus de point focal unique qui disposerait de toutes ces informations pour mieux orienter la demande et répertorier par la même occasion l'ensemble des besoins exprimés (qui seront sans doute amenés à évoluer au-delà de ceux déjà cités supra). Enfin, si la réglementation est désormais en place, elle n'est pas encore pleinement maîtrisée par l'ensemble des acteurs concernés sur les terrains et zones d'essais concernées, ou à minima il y a clairement un manque de personnel pour traiter des sollicitations externes supplémentaires (par exemple du côté des centres DGA). Si beaucoup de ces zones sont disposées, voire même intéressées pour recevoir des activités drones, nombreuses sont celles qui semblent ne pouvoir s'investir dans cette nouvelle activité sans en abandonner une autre. Il y a également un problème de planification des activités : par exemple, il sera difficile de traiter efficacement des demandes industrielles sans préavis dans le planning de production contraint d'un centre de la direction technique de la DGA. Trois cas sont alors à distinguer :

- Tout d'abord celui où l'on a besoin uniquement d'une zone limitée (i.e. une petite emprise au sol et un volume réduit d'espace aérien au-dessus). Ce cas pourrait peut-être être relativement facilement couvert par un site défense, car cela n'aura qu'un impact limité en termes de ressources humaines pour celui-ci. Le problème sera plutôt d'intégrer ces essais dans la planification de ses activités étatiques (sauf s'il est possible de réaliser ces essais en dehors de ses horaires d'activité normaux). Dans ce type de cas, sauf besoin très particulier qui impose un site défense, il semble plutôt logique de recourir à des centres d'essais civils, plus souples et réactifs. Cela éviterait également des accusations éventuelles de concurrence déloyale de la part de ces derniers ;
- Le deuxième cas correspond à celui où il faut une zone plus importante et/ou avec des moyens annexes non spécifiques défense (brouillage « civil », LAD, communications…). Ce cas est plus complexe à gérer que le précédent, avec notamment un impact plus fort sur la production du centre, et là aussi il sera certainement préférable de s'appuyer sur les centres civils ;
- Le troisième cas est celui où l'on sollicite non seulement une zone Défense mais aussi du matériel et du personnel spécifiques MINARM qui feront de cette zone une zone adaptée aux besoins. C'est le cas généralement lorsque l'implication d'une autorité d'emploi est indispensable (par exemple des essais face à un système LAD des Forces). Dans ce contexte, après avoir vérifié au préalable l'adéquation entre la solution et le besoin, le risque majeur sera de s'assurer de la disponibilité des moyens dans les délais souhaités.

Et dans ce cas, avant de mettre à disposition des moyens d'essais ou d'expérimentation étatiques au profit d'un industriel privé, il faudra vérifier les conditions juridiques d'une telle mise à disposition. Si celle-ci a été prévue (en général à titre gracieux) dans le cadre d'un contrat passé entre l'industriel et le MINARM, il n'y a pas de problème, en dehors de la question de la disponibilité des moyens. Si cela n'a pas été prévu, alors le moyen peut toutefois être mis à disposition par le biais d'un contrat payant, ce qui va poser plusieurs problèmes :

- Le délai, le temps nécessaire à la passation d'un tel contrat selon les procédures en vigueur au MINARM risque d'être incompatible du besoin industriel ;
- Le prix, et à plusieurs niveaux :
    - Celui-ci risque d'être rédhibitoire pour l'industriel, surtout s'il s'agît d'une PME/startup et que des moyens importants sont nécessaires ;
    - Si le prix est particulièrement « étudié » car le MINARM trouve un intérêt à la réalisation de ces essais, il y a deux risques :
        - Le risque d'accusation de concurrence déloyale par des centres d'essais civils, si ceux-ci avaient pu réaliser ce type d'essais ;
        - Le risque qu'une autorité de contrôle étatique (type Contrôle Général des Armées ou Cour des Comptes) estime qu'il s'agît d'une mauvaise utilisation des deniers de l'État, mettant en jeu la responsabilité du signataire du contrat.

Un travail de type labélisation de projet comme dans le cadre des cluster innovation défense pourrait être mis en place pour simplifier les choses.

En conclusion, même si le MINARM dispose potentiellement de zones et moyens d'essais importants pouvant être mis à la disposition des industriels pour le développement de drones (ou systèmes de drones) à vocation militaire, la mise à disposition de ceux-ci risque d'être compliquée de part à la fois les contraintes sur la disponibilité des moyens et les aspects juridiques et contractuels.

4.7.4. Conditions d'accessibilité et propositions du GT.

Les paragraphes précédents ont établi l'état des besoins particuliers en matière de défense en regard des zones et terrains d'essais disponibles et de leurs contraintes respectives. À présent, des propositions visant à favoriser les conditions d'accessibilité aux zones MINARM existantes et à définir diverses évolutions souhaitables sont exposées. Les objectifs sous-jacents consistent à permettre des expérimentations rapides tout en établissant un cadre satisfaisant à la fois pour les contrats passés par le MINARM et la capacité d'innovation propre à la BITD hors contrat MINARM.

Être en mesure de mener des expérimentations rapides dans des zones ad hoc

- Partager avec la BITD des scénarios d'emplois standardisés par autorité d'emploi qui définiront des profils de vols d'essais et d'expérimentation adaptés qui pourront être repris par les industriels, ce qui permettra également de définir et d'identifier les zones potentiellement utilisables avec le personnel et le cadre réglementaire associé, permettant ainsi un gain de temps appréciable pour toutes les parties lorsqu'il faudra déterminer des zones d'essais lors des différentes phases du développement puisque cela sera sur des bases communes et reconnues par chaque partie ;
- Établir une cartographie capacitaire des zones d'essais MINARM disponibles avec leurs équipements et personnels. Toutes les zones ne peuvent répondre à chaque besoin. En revanche, tous les besoins exprimés nécessitent des zones ad hoc. Il faut donc pouvoir centraliser et capitaliser chaque expérience et en extraire une carte d'identité explicite et disponible pour chaque zone (où fait-on voler une MTO, un drone de longue élongation, où pouvons-nous déployer du brouillage et de quel type, de LAD ou de communication militaire, … ?). La DGA aura naturellement un rôle à jouer, mais le SEEAD (Service des Essais et Expérimentations Aéronautiques de la Défense) pourrait être utilement impliqué dans la démarche[28] ;

[28] Parmi ses missions figurent coordonner les activités d'essais et d'expérimentation en vol et de s'assurer de l'adéquation des moyens afférents, proposer au comité directeur des arbitrages et des priorités en termes d'organisation, d'activité ou de ressources veiller à l'élaboration et de la cohérence d'un référentiel commun de procédures d'essais ou d'expérimentation. https://www.defense.gouv.fr/sites/default/files/sga/7%20INSTRUCTION%20N%C2%B0%20404ARMCEMAA.pdf

- Prédéfinir les conditions financières à chaque type de demande et pour chaque zone permettrait d'accélérer les dossiers mais risque d'être compliqué à mettre en œuvre en pratique vu la multiplicité potentielle des zones et des demandes. Une solution serait un texte de niveau ministériel prévoyant la gratuité des prestations sous certaines conditions (ce qui constituerait une marque de soutien fort vers la BITD), ce qui simplifierait le problème (cf. infra) ;
- Définir un point d'entrée unique pour les zones de la défense. Sur le domaine civil c'est une action en cours auprès des centres d'essais[29]. Ce point permettrait non seulement d'orienter rapidement et efficacement les industriels pour chaque besoin, mais aussi de capitaliser les demandes pour en détecter les évolutions et ainsi réadapter et anticiper les besoins de zones aux contextes opérationnels ou technologiques. Là aussi, le SEEAD pourrait être utilement impliqué avec la DGA ;
- Accompagner les centres d'essais civils dans leurs démarches vers des opérations duales. Les équipements, et les cadres réglementaires sont aujourd'hui majoritairement discutés avec la DGAC. Leur disponibilité et leur adaptabilité est un atout qu'il faut développer dans le cadre d'un groupe de travail partagé avec la DGA. Par exemple, des actions vers une autorisation de brouillage de bas niveau (Wifi/GPS) est en cours mais ne bénéficie pas à ce jour d'un accompagnement spécifique de la défense ;
- Établir un cadre permettant lors d'expérimentations ou de démonstrations afin d'obtenir un classement même temporaire sous le régime d'aéronef drones d'état. L'exemple des JO 2024 déjà mentionné est révélateur d'un cadre aujourd'hui limité. Ce point est repris ci-après.

Permettre aux industriels de mener des activités d'essais sans que les matériels ne soient forcément acquis par l'administration

- Définir les conditions d'accès raisonnées à chaque type de zone de la défense (centres DGA, terrains militaires des armées, CCER). L'État pourrait s'engager, quand il estime qu'un produit à usage militaire potentiel l'intéresse, à passer un contrat à somme nulle avec l'industriel. Ceci permettrait dès lors de considérer les aéronefs concernés comme aéronef militaire au sens du décret n° 2013-367 déjà mentionné. Les conditions d'opération sous régime d'aéronefs d'état s'appliquant alors, cela lèverait un grand nombre de limitations aujourd'hui constatées. Une autorité d'emploi et/ou la DSAé serait nécessairement impliquée mais elles pourraient s'appuyer sur les conditions définies aux points précédents. En contrepartie, l'industriel informerait l'État des résultats et lui permettrait d'assister en observateur à ses essais. Comme précédemment, les conditions financières d'accès aux zones concernées sont à prédéfinir en anticipation. A défaut de gratuité, les industriels pourraient ne couvrir que les coûts marginaux liés aux prestations ;
- En complément du point précédent, un travail de type « labélisation de projet » comme dans le cadre des cluster innovation défense pourrait être mis en place ;
- Établir des conventions spécifiques avec les centres d'essais civils, à l'image des délégations de gestion d'espace aérien en accord avec la DGAC-DSAC, pour en accélérer encore le développement serait essentiel. Cela permettrait de favoriser les activités duales et créer ainsi de meilleures synergies entre les développements pour le civil et ceux pour la défense. Il serait par exemple pertinent d'aider ces centres à mieux s'équiper de systèmes de LAD, dont des capacités de brouillage, radar, et de canaux de communication adaptés. Il serait bénéfique pour cela de les accompagner lors de la préparation de dossiers spécifiques de type « demandes d'autorisation de brouillage » ;
- Lors de besoins explicites vers des zones et terrains de la défense, l'industriel devra s'insérer au mieux dans la programmation normale des centres concernés. Cela rejoint la nécessaire définition d'un point d'entrée unique pour les zones de la défense comme mentionné plus haut.

Un dernier sujet pourrait porter sur l'identification des conditions nécessaires à la création d'une zone d'essais dédiée à l'innovation. Sur ce point, l'approche adoptée par certains de nos voisins européens suscite l'intérêt. Par exemple, l'Allemagne a pris l'initiative « d'annexer » l'aérodrome de Cochstedt et de confier au DLR (Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique, en allemand Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) la responsabilité d'établir un Centre national d'essais expérimentaux

[29] LOI « Bâtir ensemble la Filière des Centres d'essais drones/IAM français » signée au Bourget 2023 par les grand centres d'essais drones civil et les écosystèmes représentés par les pôles de compétitivité du domaine. Action encadrée par l'ONERA et sous parrainage de la DGAC.

pour les systèmes aériens sans pilote. Ce choix vise à concentrer les capacités et compétences nécessaires au même endroit. Le centre d'essai a pour mission de faciliter la mise en réseau et de contribuer au développement des technologies UAS (*Unmanned Aerial System*), jouant ainsi un rôle de pionnier dans l'expansion du progrès scientifique et économique dans le domaine des UAS. Cette démarche reflète un engagement résolu en faveur de la notion de service public en matière de centre d'essais, bien que cela implique des coûts substantiels. Cette approche permet cependant de répondre de manière efficace à un grand nombre de questions. Néanmoins, la durabilité de ce mode de fonctionnement nécessite déjà un investissement financier significatif sur la durée, étant donné qu'il s'agit d'une forme de délégation de service public. De plus, étant donné que la zone ne peut satisfaire à toutes les spécificités des terrains requises, cela oblige le DLR à développer des moyens de simulation complémentaires pour pallier ces lacunes.

Cet exemple du DLR pose quelques questions dont les réponses sont du ressort de l'administration :

- Une zone d'essais dédiée à l'innovation est-elle exclusivement défense ou nécessairement duale ?
- Relève-t-elle d'une mission de service public ?

Au bilan, les recommandations suivantes sont donc formulées.

Recommandation n°15

Le MINARM doit s'investir sur ce dossier des zones d'essais et champs de tir drone en :

- **Se rapprochant des centres d'essais civils et de la DGAC pour élaborer une politique nationale cohérente en matière de moyens d'essais drones, condition indispensable si l'on veut une BITD drone française forte, et de manière plus générale une industrie française du drone forte. Cette politique devrait :**
  - **Définir une répartition des rôles/tâches/missions entre centre d'essais étatiques et privés ne serait-ce que pour éviter des concurrences stériles ;**
  - **Définir quel soutien (financier, technique, zones aériennes…) le MINARM peut apporter à des centres civils pour qu'ils puissent réaliser des activités d'essais au profit de la BITD (éventuellement par le biais de conventions) ;**
  - **Évaluer l'opportunité d'un grand centre d'essais drones à l'instar de celui du DLR.**

  Une attention particulière devra être portée aux capacités d'essais de brouillage dont l'importance dans une guerre moderne a été démontrée lors du conflit ukrainien.
- **Établissant un cadre et des procédures permettant de classer aéronefs d'État des drones industriels lorsque les besoins d'essais le nécessitent.**
- **Établissant une cartographie des moyens et zones d'essais MINARM qui peuvent être mis à la disposition des industriels et définir les conditions pour que ceux-ci puissent en bénéficier d'un usage gratuit, ce qui constituerait une preuve concrète de soutien à la filière. Un POC unique devra être identifié côté MINARM pour traiter les demandes de zones d'essais étatiques. Le SEEAD gagnerait à être associé à la démarche au côté de la DGA.**

4.8. Recommandations pour la mise en place d'un label français « Drone de confiance »

La Loi de programmation militaire pour les années 2024-2030 (LPM) demande l'institution d'ici à la fin de l'année 2024 d'un « *dispositif de distinction de drones de confiance* ». Il est question ici de la « confiance » que l'utilisateur du drone peut placer dans le produit et dans son fabricant.

Les menaces peuvent venir de nombreux acteurs, cybercriminels, belligérants déclarés ou non. Mais le conflit en Ukraine a fait naître des préoccupations légitimes sur la capacité qu'auraient certains fabricants de drone de limiter, voire désactiver, à distance le fonctionnement de ses drones, sans que l'utilisateur puisse s'en prémunir. Mais avant même le début du conflit, des inquiétudes étaient apparues sur d'éventuelles collectes de données sensibles à l'insu des utilisateurs (craintes exprimées dès 2017 aux Etats-Unis, aboutissant notamment à la décision du gouvernement américain de bannir les drones chinois des achats fédéraux).

Il est très difficile pour les utilisateurs finaux d'exprimer leurs besoins de sécurité en la matière, et encore plus de les vérifier. Les experts « drone » ont rarement des expertises cyber et ces expertises sont globalement en pénurie. Le RETEX montre qu'il faut 3-4 mois de travail à des spécialistes cyber pour analyser ne serait-ce qu'une seule brique de la solution (le logiciel de pilotage), sachant qu'une analyse similaire serait également à effectuer sur les logiciels embarqués sur le drone et la télécommande. Il en résulterait un coût prohibitif pour un utilisateur qui souhaiterait acquérir des drones « de confiance », en l'absence d'un label ou d'une certification officielle auquel il pourrait commodément se référer. La LPM est donc venue opportunément combler ce vide en prévoyant la création d'un « dispositif de distinction ».

Il faut noter que **cette démarche de labellisation/certification a été mise en œuvre avec succès aux USA** où le DIU (Defense Innovation Unit, équivalent de l'AID) a conduit un programme « Blue sUAS » qui liste les drones que le pays juge « de confiance ». La DIU effectue des vérifications de cybersécurité, en se basant sur son expertise et celles de laboratoires externes. Initialement prévue au seul bénéfice du Departement of Defense (DoD) américain, cette liste est désormais rendue publique pour que chaque utilisateur puisse s'y référer[30]. Un acheteur américain qui lance un appel d'offres pour un tel drone a donc juste besoin d'exiger la présence du candidat sur la liste Blue sUAS et n'a pas à spécifier ni vérifier des dizaines d'exigences cybersécurité. A noter la signature du « American Security Drone Act of 2023 » (ASDA 2023) par le président Biden le 22 décembre 2023 qui renforce encore les restrictions d'emploi de drones étrangers par les services étatiques US., ainsi que l'avertissement lancé en janvier 2024 par le FBI/CISA, preuves s'il en était besoin que cette problématique est prise très au sérieux outre atlantique[31].

4.8.1. Les objectifs SSI du « drone de confiance » :

Pour les drones, la sécurité informatique vise généralement 4 principaux objectifs :

- La disponibilité, permettant de garantir l'accès à un service (ex : la collecte de données par le drone) ou à des ressources (ex : les données collectées) ;
- L'intégrité, consistant à garantir que les données n'ont pas été altérées (de manière fortuite ou intentionnelle) ;
- La confidentialité, consistant à garantir que seules les personnes autorisées aient accès aux ressources ;
- L'authentification, consistant à garantir que seules les personnes autorisées aient accès aux ressources.

4.8.2. Périmètre à protéger pour qu'un drone soit labellisé « de confiance » :

Le périmètre à protéger d'un drone labellisé « de confiance » serait :

- Les logiciels : système d'exploitation, application, logiciel d'appairage drone ↔ commande au sol, etc., doivent être protégés en disponibilité, intégrité et authenticité ;
- Le matériel : les interfaces matérielles et le système embarqué du produit (port USB, port SD, port pour modules...) doivent être configurés de façon à garantir l'intégrité et la disponibilité du produit ;
- Les données collectées par et sur le drone (image, son...) sont à protéger en confidentialité y compris lorsque les données doivent être exportées ;

[30] https://www.diu.mil/blue-uas-cleared-list

[31] https://www.cisa.gov/resources-tools/resources/cybersecurity-guidance-chinese-manufactured-uas

- Les journaux des évènements (évènements journalisés localement et éventuellement de façon déportée avec l'accord de l'utilisateur) sont à protéger en confidentialité ;
- La configuration du drone est à protéger en disponibilité, en intégrité et confidentialité ;
- Les éléments cryptographiques (mots de passe, clés de chiffrement/déchiffrement, clés de signature, vérification de signatures, etc.) sont à protéger en disponibilité, confidentialité et intégrité.

La politique de gestion des droits et privilèges d'administration est à protéger en disponibilité et intégrité.

Nota : le GPS et l'antenne relais sont également des surfaces d'attaque mais ne seront pas traitées ici.

	Disponibilité	Intégrité	Confidentialité	Authenticité
Logiciels du produit	X	X		X
Matériel du produit	X	X		
Données collectées sur le drone			X	
Journaux d'évènements			X	
Configuration	X	X	X	
Éléments cryptographiques	X	X	X	
Politique de gestion des droits	X	X		



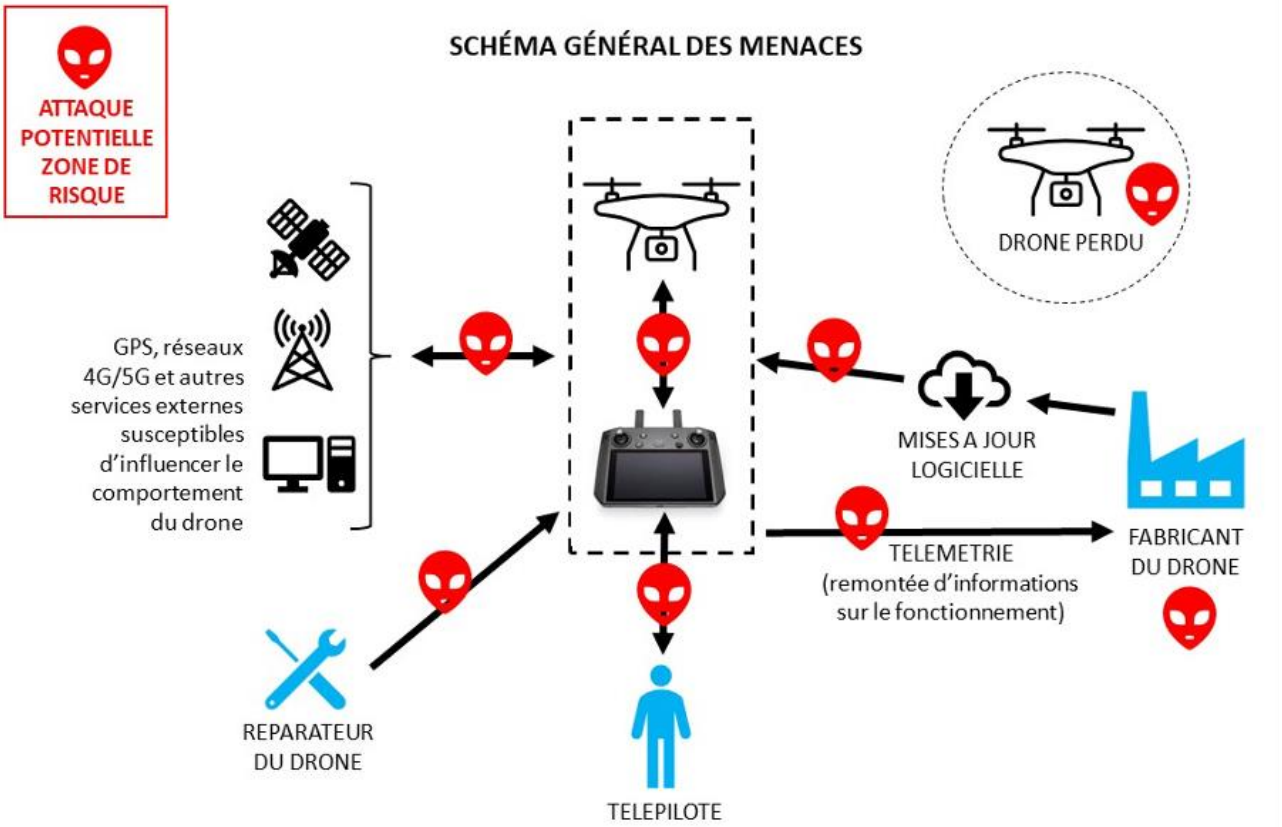
Drone ANAFI USA de Parrot

4.8.3. Les menaces à considérer

Les menaces à considérer sont :

- Compromission du système : un attaquant, via une interface matérielle du produit ou logicielle accède indûment au système embarqué, à des données de vol, à des données captées précédemment par le drone, ou modifie l'intégrité du système ;
- Compromission du lien radio : un attaquant compromet le lien radio entre la télécommande et le drone ;
- Prise de contrôle : un attaquant prend le contrôle du drone ou du logiciel qui sert à le piloter, sans que l'utilisateur ne puisse ni l'identifier, ni le bloquer, ni même s'en rendre compte ;
- Corruption d'une mise à jour : un attaquant parvient à corrompre une mise à jour dans le but d'altérer le fonctionnement du produit (injection de code malveillant dans le *firmware*, etc.) ;
- Vol de données d'identification : un attaquant est en mesure d'extraire des identifiants, des clés d'authentification ou de chiffrement ;

- Vol des données liées à l'utilisation du drone : un attaquant récupère des données de vol, des données personnelles ou des données captées par le drone, sans que l'utilisateur ne puisse ni s'en rendre compte, ni le bloquer, ni revenir sur son consentement et demander l'effacement des données (dans le cadre d'un partage volontaire avec un tiers).



4.8.4. Les fonctions de sécurité attendues du « Drone de confiance »

Les fonctions de sécurité sont détaillées en annexe 7. En synthèse, ces fonctions concernent des méthodes ou des mécanismes paramétrables et vérifiables par l'utilisateur pour :

- L'authentification à distance ;
- Le chiffrement ;
- Les mises à jour (qui doivent être signées numériquement).

Le constructeur doit faire preuve de transparence :

- En détaillant quelles données il est susceptible de collecter et les conditions suivant lesquelles cette collecte s'effectue ;
- En proposant à l'utilisateur final un processus automatique lui permettant de demander l'effacement des données collectées par le passé, voire le faire de manière autonome dans certains cas non conformes (panne/crash en zone hostile) ;
- En précisant par quelles modalités l'utilisateur peut s'assurer qu'aucune donnée n'est contenue dans le produit (avant d'envoyer le drone et/ou sa station de commande en maintenance ou le céder à un tiers) ;
- En s'abstenant de forcer un utilisateur final à passer par lui pour débloquer l'accès à une « No Fly Zone » ;
- En rendant accessible aux utilisateurs des alertes de sécurité décrivant les vulnérabilités identifiées dans le produit, et en proposant un processus de veille et de correction des vulnérabilités.

4.8.5. Le dispositif de distinction du « Drone de confiance » :

Plusieurs schémas sont envisageables pour le futur dispositif de distinction du « Drone de confiance », chacun ayant ses avantages et inconvénients :

1. Auto-certification du drone par son fabricant ;
2. Certification du drone par un tiers évaluateur ;
3. Certification du fabricant par un tiers évaluateur ;
4. Mix certification du fabricant / certification du drone par un tiers évaluateur.

1) **Auto-certification du drone par son fabricant :**

Il s'agirait pour le fabricant de déclarer, sous sa responsabilité, que le drone et sa télécommande sont conformes aux règles techniques qui lui sont applicables.

L'auto-certification **ne permet pas de satisfaire l'exigence posée par la LPM**, en **l'absence d'un socle commun de critères Cyber** (les normes aéronautiques pour les drones, en cours d'élaboration par le CEN et ASD-STAN, ne couvrent pas les sujets du présent chapitre) et surtout **en l'absence de vérification par un tiers indépendant**. Un fabricant sous influence d'un État hostile pourrait s'auto-certifier sans que cela apporte la moindre « confiance ».

2) **Certification du drone par un tiers évaluateur :**

Ce type de certification est au cœur de l'exigence posée par la LPM. Compte tenu de son expertise, on peut ici faire référence aux deux parcours de certification proposés par l'Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information (ANSSI), l'un appelé « Certification critères communs (CC) » et l'autre « Certification de sécurité de premier niveau (CSPN) ». Le premier schéma (Critères Communs) est très lourd à mettre en œuvre (plusieurs années). Il est davantage adapté à la certification d'une « brique technologique » qu'à un produit particulier. Le deuxième schéma (CSPN) présente l'avantage d'être mis en œuvre un peu plus rapidement et se concentre sur l'analyse du produit et de ses vulnérabilités. Chaque fabricant défini sa « cible de sécurité » et la fait valider par un réseau de laboratoires agréés par l'ANSSI (les « CESTI »). La CSPN pourrait concerner soit une seule fonction de sécurité du drone, soit l'ensemble des fonctions de sécurité du produit.

Les deux schémas de certification sous l'égide de l'ANSSI présentent l'avantage de s'appuyer sur une méthodologie et une infrastructure déjà largement existante. En outre, l'ANSSI et les CESTI disposent sans conteste d'une forte expertise cyber. Cependant, **il n'est pas proposé de confier le pilotage de la certification « drone de confiance » à l'ANSSI, pour les 2 raisons suivantes :**

- **L'ANSSI n'est pas en mesure de certifier le fabricant, seulement des produits ou des solutions technologiques** (cf. développements ci-après) ;
- L**a durée des parcours de certification ANSSI engendre des délais excessifs au regard du cycle de développement de l'industrie du drone** (a minima plusieurs mois pour le schéma « CSPN », jusqu'à plusieurs années pour le schéma « Critères Communs »). A l'obtention de la certification, le produit pourrait être déjà obsolète compte tenu de l'évolution technologique rapide dans le domaine des drones, sachant que la moindre évolution du produit nécessite de recommencer le cycle complet de l'évaluation.

3) **Certification du fabricant du drone par un tiers évaluateur :**

Bien que la LPM semble faire davantage référence à un dispositif visant le produit plutôt que son fabricant, cette approche doit être considérée, car nous avons vu précédemment que le fabricant pouvait lui-même représenter une menace (cf. « Schéma général des menaces »).

Certifier un fabricant est une démarche déjà bien développée dans l'industrie. Il existe par exemple un schéma mis en place par l'European Aviation Safety Agency (EASA) pour certifier la navigabilité des aéronefs, dans lequel la certification concerne l'entreprise et non le produit lui-même. Ce schéma EASA repose sur un agrément DOA (*Design Organisation Approval*) et/ou POA (*Production Organisation Approval*) délivré à des entreprises dont on a pu vérifier la capacité à respecter un certain nombre

d'exigences. Sur la base du Règlement (UE) 2018/1139 « *les organismes responsables de la conception et de la production des produits (…) sont soumis à certification et reçoivent un agrément (…) lorsque le demandeur démontre qu'il respecte les règles établies (…) en vue de garantir la conformité avec les exigences essentielles* ».

On peut de manière similaire envisager un ensemble d'exigences devant être satisfaites par le fabricant « de confiance », dont le respect pourrait être vérifié soit par la DGA elle-même soit par un tiers évaluateur désigné par la DGA (liste d'organismes accrédités COFRAC).

Le label « drone de confiance » pourrait être **attribué par la DGA à un fabricant** capable de démontrer le respect d'un certain nombre d'exigences, qui restent à définir, et qui devraient être contrôlables/auditable par la DGA et/ou un tiers évaluateur accrédité.

4) **Mix certification du fabricant / certification du drone par un tiers évaluateur :**
Il est possible de combiner différentes approches, en s'inspirant par exemple du Label « France Cybersecurity » issu du « Contrat Stratégique de la Filière Industries de Sécurité ». Ce Label est attribué à une gamme de produits ou services mais certains critères concernent le fabricant :

- Les produits et services sont fournis et/ou délivrés par une entreprise française ;
- Les produits sont conçus et développés en France ;
- Les services sont fournis depuis la France, et hébergés en France le cas échéant ;
- Les produits et services ont une existence réelle, sont commercialisés et ont des clients identifiables.

La procédure d'instruction et de sélection s'opère sur la base d'un dossier de candidature pour l'offre soumise à labellisation, dossier éventuellement refusé en cas de non-conformité avérée d'une offre avec les principes directeurs du label (localisation géographique, qualifications/certifications préexistantes), suivi d'une phase d'instruction opérée par un tiers instructeur (« entreprise indépendante et dont le savoir-faire et les compétences en matière d'analyse de données d'entreprises et de connaissance en cybersécurité sont reconnus »), avec in fine une délibération de la Commission d'attribution du label.

Cette a**pproche « mixte » semble particulièrement intéressante,** car elle permet de **combiner des critères techniques** (comment le drone a été conçu/fabriqué ?) **et des critères juridiques-économiques** (qui a conçu / fabriqué le drone ?), sous réserve bien entendu de vérification du bon respect des critères.

Ce « certificat d'aptitude » ou « label » pourrait être attribué par la DGA, soit directement, soit en s'appuyant sur un tiers évaluateur (liste d'organismes accrédités COFRAC) aux fabricants capables de démontrer que :

- Le siège social est situé dans un « Pays de Confiance » (liste de pays amis à établir par la DGA) ;
- Le centre principal de décision (au niveau du groupe) est situé dans un « Pays de Confiance», ce critère permettant d'écarter par exemple les filiales françaises de groupes étrangers implantés dans des « pays hostiles » ;
- La conception du drone et sa télécommande ont été réalisées, en interne, par des équipes localisées dans un « Pays de Confiance », cette exigence pouvant être étendue à tout ou partie de la fabrication notamment en ce qui concerne le contrôle final du produit.

A ces critères juridiques/économiques pourraient être ajoutés des critères techniques, par exemple l'exigence que les logiciels embarqués dans les produits ne peuvent pas être modifiés par un tiers, grâce à la mise en œuvre d'un *secure element* ou tout autre moyen technique équivalent garantissant l'intégrité du code (N.B. : le logiciel est le plus sensible car il peut être modifié à distance et c'est en général le point d'entrée pour un attaquant, alors que le matériel nécessite en principe un accès physique au produit).

Le label serait décerné pour une durée renouvelable, pouvant être remise en cause à tout moment par la DGA dans le cas où l'un des critères ne serait plus satisfait (ex : changement de contrôle, délocalisation des équipes). Ce label, attribué à un industriel, serait ensuite décliné aux drones de sa gamme qui répondent aux requis[32], sous un label de type « F*rench government approved* ».

Recommandation n° 16
Afin d'instituer d'ici fin 2024 un « dispositif de distinction de drones de confiance » tel qu'exigé par la LPM 2024-2030, il est proposé de confier à la DGA l'attribution d'un « label de confiance » aux fabricants :
(i) implantés dans un « Pays de Confiance » (siège et contrôle effectif au niveau groupe)
(ii) capables de démontrer une conception, voire une fabrication, entièrement réalisée dans un « Pays de Confiance ».

Le label pourrait également exiger le respect de critères techniques, notamment pour garantir l'intégrité des logiciels embarqués sur le drone et sa télécommande. Ce label, attribué à un industriel, pourrait ensuite être décliné aux produits de sa gamme qui répondent aux requis sous un label « *French government approved* ».

En complément du label, il est recommandé d'imposer dans les consultations ou appels d'offres du MINARM des exigences portant sur tout ou partie des fonctions de sécurité SSI décrites en annexe 7.

Ce label, conformément à la LPM, serait obligatoire pour qu'un drone puisse être acquis par un service exerçant des fonctions régaliennes ou de sécurité (défense, sécurité intérieure, sécurité civile, pompiers etc.).

4.9. Formation, simulation, entraînement et réserve

Immédiatement avec l'acquisition d'équipement viennent pour l'armée de Terre les préoccupations en matière de formation et d'entraînement. Le volume de drones qui va être mis en service et la nécessité d'être prêt au cas où une opération serait déclenchée « ce soir » imposent à l'armée de Terre de poursuivre son investissement dans la formation et l'entraînement.

4.9.1. Les besoins en formation

L'armée de Terre va devoir relever un défi massif concernant la formation. En effet, avec la dronisation massive et inéluctable du champ de bataille, elle va devoir former des milliers de spécialistes drones dans les années qui viennent. C'est pour elle un enjeu majeur.

Le besoin en formation peut globalement se résumer dans le tableau suivant :

	Spécialistes[33]	Pilotes / Équipes[34]	Chefs tactique[35]
Technique	X	X	
Tactique		X	X
Lieu des formations	Écoles de maintenance, LOG, SIC	École des drones , compléments métiers dans les unités	Écoles de formation des officiers et sous-officiers, régiments

L'armée de Terre définit le besoin en formation, les programmes et les moyens de formation. Ces besoins sont dépendants des types et volumes de drones en service dans l'armée de Terre. Les besoins en moyens de formation sont principalement au nombre de trois :

[32] Il se peut que le fabricant et certains de ses drones y répondent mais que des modèles (plus anciens par exemple) ne soient pas conformes. Il ne faudrait pas que de tels modèles puissent risquer de mettre en porte-à-faux le reste de la gamme.

[33] Maintenance et entretien vecteurs et charges utiles

[34] Équipes chargées de mettre en œuvre les drones

[35] Chefs unités appuyées par les drones (sections, pelotons, batteries, compagnies, SGTIA, GTIA)

- Formation avec les moyens réels qui implique l'acquisition d'un certain nombre de systèmes dédiés ;
- Formation par la simulation (y compris sur ordinateur grand public) qui s'appliquera ici essentiellement aux techniciens de la maintenance et aux pilotes. Ces moyens de simulation et les formations associées devraient être déployés dans les écoles et dans les régiments (qui disposent déjà de salles de simulation) ;
- Formation des chefs tactiques par intégration des drones, munitions téléopérées et de la lutte anti-drone dans les logiciels de simulation de combat (type SOULT[36], etc.).

Vu le volume et la diversité des systèmes qui seront déployés dans ses unités, l'armée de Terre n'aura pas les moyens d'acquérir des systèmes de simulations dédiés à chaque drone. Cela est d'autant plus vrai que pour des questions d'efficacité, elle a fait le choix d'une simulation « décentralisée » afin de rapprocher le simulateur d'un utilisateur dont l'emploi du temps est chargé. Il faudra donc opter pour de la simulation sur de simples PC déjà installés dans les régiments avec acquisition des licences en fonction du besoin. Seuls, par exception, certains drones des catégories drones spécialisés ou drones du C2 pourraient requérir des simulateurs spécialisés à partir de critères que l'armée de Terre définira.

Il est possible d'optimiser le déploiement des multiples simulations de pilotage en les virtualisant sur serveurs (cloud haute performance et « streaming ») et ainsi les rendre accessibles aux élèves-pilotes n'importe où via un portail unique, depuis un PC bas-de-gamme ou un casque AR/VR du marché. Ce type de technologie avancée permettrait d'étendre la couverture géographique des simulations d'entraînement (zones isolées, Outre-mer) voire les mutualiser dans un contexte international (UE, OTAN). Des gains qualitatifs et budgétaires seraient obtenus : simplification de l'accès à des simulations 3D performantes, moins d'équipements informatiques coûteux à l'achat et à la maintenance localement, fort accroissement du nombre d'élèves-pilotes adressés[37].

Il faut noter que le RETEX d'Ukraine indique qu'il est préférable de donner le pilotage des drones, y compris micro, à des soldats désignés et formés pour cela et qui, seuls, possèdent les réflexes et la dextérité requises pour prolonger la durée de vie des drones. Cela implique que l'armée de Terre dispose d'un système solide de formation, qui pourra s'appuyer sur l'École des drones récemment créée, et commence la formation en amont, pour éviter une perte de délais s'il fallait attendre la livraison réelle des systèmes dans les forces.

Tout ceci doit s'inscrire dans un plan d'action d'ensemble et coordonné au niveau de l'armée de Terre pour accompagner la formation et la montée en puissance de ses personnels.

Proposition n°9

Mettre en œuvre un plan de formation drone d'ensemble au niveau de l'armée de Terre pour accompagner la montée en puissance des drones au sein de celle-ci, avec notamment :

- **Un déploiement massif et rapide dans les régiments de PC et de logiciels pour la simulation de drones pour la maintenance et l'emploi ;**
- **Insérer dans les logiciels de simulation de combat qui le requièrent, drones, MTO et LAD.**

A noter également que la simulation devrait permettre de définir en amont une doctrine d'emploi des moyens drones intégrés dans une mission tactique. Aujourd'hui, les armées définissent souvent la doctrine après avoir mis à disposition les matériels aux unités. Or la simulation peut aider à anticiper les tactiques d'emploi des nouveaux systèmes, tout spécialement s'il y a une coordination des moyens drones : qui fait quoi, avec quel algorithme, quelle formation etc. ? Un domaine nouveau pourrait même se créer : celui de la simulation des « jumeaux numériques » des drones en situation tactique.

[36]SOULT : logiciel de simulation pour les exercices de postes de commandement des niveaux Brigade et Régiment. Sera complété par TARAN pour les niveaux supérieurs, Division et Corps d'armée.

[37] À terme, lorsqu'il faudra entraîner les télépilotes à des missions collaboratives et/ou avec essaims de drones, cette technologie offrirait de multiples avantages, cf. annexe 8 « Guerre dronique info-tactique massive ».

4.9.2. Les besoins en entraînement

L'armée de Terre définit ses besoins en entraînement dans des environnements opérationnels multiples : emploi sur le Théâtre National (TN), opérations de moyenne ou basse intensité, opérations de haute intensité. Contrairement à la formation, l'entraînement doit se faire dans tous les cas, même si l'armée de Terre n'est pas dotée de drones. Il faut en effet s'entraîner à faire face à la menace drones (ceux de l'ennemi), y compris par la mise en œuvre des capacités LAD, que l'on trouve maintenant sur la majorité des théâtres d'opérations, quelle que soit leur intensité. Le besoin est donc immédiat, au moins en ce qui concerne l'entraînement face à la menace drones.

L'entraînement concerne :

- Les chefs au contact dans les régiments dans toutes les fonctions opérationnelles ;
- Les officiers d'état-major du régiment au corps d'armée ;
- Les équipes et unités de drones.

Le vol des drones, étant réglementairement encadré, ne peut se faire librement. Donc l'entraînement se fera, en tenant compte des diverses contraintes applicables :

- Avec des matériels réels, durant les séquences d'entraînement et d'évaluation programmées, dans les garnisons, dans les centres d'entraînement et durant les séjours outre-mer. Il faut noter que l'entraînement en conditions réelles imposera, pour être vraiment représentatif, de disposer de moyens représentant les drones et munitions téléopérées (MTO) ennemis ;
- En simulation, dans les garnisons et dans les centres de simulation. Il s'agit d'entraîner :
  - Les états-majors à la mise en œuvre des procédures et à la manœuvre des drones. La simulation consiste ici à insérer les drones avec leurs caractéristiques dans les logiciels de simulation existants ou en développement ;
  - Les opérateurs à perfectionner leur savoir-faire.

La BITD dispose de toutes les capacités requises pour appuyer l'entraînement. Les entreprises de simulation savent faire. Elles déploient déjà de la simulation pilotée pour tous types de vecteurs. Une Évaluation Tactique (EVTA) réalité augmentée centrée pour l'instant sur l'aérocombat est en cours. Pour appuyer l'entraînement réel, l'armée de Terre peut faire appel aux unités déjà dotées en drones et/ou aux entreprises qui proposent des prestations incluant des vols de drones : Atechsys de DCI, DroneVolt, Skydrones, Ventura, etc. Cela a été fait pendant l'exercice ORION 23.

Pour progresser rapidement sur la voie des drones et accompagner leur montée en puissance, un entraînement poussé et réaliste est indispensable. Aussi l'armée de Terre devrait envisager les actions suivantes :

- Adapter les infrastructures d'entraînement si nécessaire (pour stocker, entretenir les drones utilisés à l'entraînement) ;
- Assurer l'appropriation par tous des procédures permettant de faire voler les drones en temps de paix ;
- Continuer les efforts entrepris pour livrer davantage de drones/MTO aux Forces dans les différents segments nécessaires, dans des quantités suffisantes pour qu'elles puissent s'entraîner et remplir leur contrat capacitaire ;
- Développer un parc d'entraînement de drones notamment à partir d'une gamme civile peu coûteuse et répliquant autant que possible les capacités des drones militaires ;
- Équiper la force adverse (FORAD) chargée de représenter l'ennemi pendant les exercices comme un ennemi qui serait arrivé à maturité dans le domaine de l'emploi des drones et MTO, en vue de préparer les unités de l'armée de Terre à un conflit de haute intensité face à un adversaire type Russie/Ukraine ;
- Créer et équiper en drones de l'armée de Terre des unités d'opérateurs drones (sur le modèle ukrainien : groupe drones/compagnie, section drones pour le GTIA, compagnie drones pour la brigade et au-dessus ?) pour appuyer dès maintenant les unités en exercice avec les moyens qu'elles seront censées avoir dans quelques années. Ces unités d'opérateurs drones pourraient

être constituées de réservistes déployés pour les exercices de contrôles des régiments et des brigades (ANTARES[38] et AURIGES[39]) ;

- En complément, l'armée de Terre pourrait désigner un régiment pilote par fonction opérationnelle pour recevoir une dotation complète de drone (et MTO quand elles seront disponibles), les tester et expérimenter des organisations, des procédures, etc., dans leur environnement opérationnel complet. Cela permettrait d'appréhender concrètement ce qu'est l'emploi et l'impact réel des drones dans une grande unité au quotidien, et ainsi permettre de :
    - Affiner le corpus doctrinal ;
    - Identifier les problématiques qui ne peuvent être détectées que lors d'un emploi à une grande échelle de ces systèmes ;
    - Irriguer de ce retour d'expérience les autres unités de l'armée de terre.

Les deux unités d'entraînement (FORAD et Unités drones) appuieront l'entraînement, participeront aux expérimentations, à des échanges avec nos partenaires, et contribueront au rayonnement de notre pôle entraînement.

A l'instar de ce qui est recommandé pour la formation, une action coordonnée au sein de l'armée de Terre pour monter en puissance au niveau de l'entraînement s'avère indispensable pour les personnels puissent « *voler comme ils tirent* ».

Recommandation n°17

Mettre en œuvre un plan d'entraînement drone d'ensemble au niveau de l'armée de Terre pour accompagner la montée en puissance des drones au sein de celle-ci, avec notamment

- **La création d'unités disposant d'une dotation complète en drones et MTO (FORAD et régiments pilotes) ;**
- **La montée en puissance rapide des moyens matériels dédiés à l'entraînement (infrastructures et drones d'entraînement).**

4.9.3. Réserves

Le conflit en Ukraine a été marqué par un phénomène très intéressant dans le domaine des drones, à savoir la mise en place d'une « *army of drone* », sorte de « levée en masse » des temps modernes. Il s'agit en fait d'une opération multi-facettes qui regroupe à la fois des appels à la population locale et à des ONG pour fournir à l'armée ukrainienne les drones dont elle a besoin (soit par des dons de drones de la gamme civile, soit par des contributions financières pour acquérir des drones militaires) jusqu'à la fourniture de formations de télépilotes.

Même si le contexte est totalement différent, le GT s'est donc interrogé sur l'applicabilité d'une telle démarche à la France et plusieurs idées ont émergé.

Tout d'abord, compte tenu de la dotation actuelle de nos Forces en drones qui est loin d'avoir atteint l'optimum de dotation, et du fait que les drones de la gamme civile courante (type DJI Mini et surtout Mavic) ont démontré une certaine efficacité sur le champ de bataille (ne serait-ce que pour aller voir si l'ennemi brouille une zone, il vaut peut-être mieux sacrifier un drone DJI à 1000€ qu'un drone militarisé à plusieurs dizaines de k€), le GT pense qu'il serait peut être intéressant d'intégrer un volet « mobilisation de la flotte drones civile » en cas de mobilisation massive de réservistes. Cela pourrait se traduire concrètement par une réquisition des drones disponibles chez les revendeurs (ce type de réquisition est d'ores et déjà prévu par la loi) et à un appel aux dons chez le grand public.

De même, le RETEX ukrainien montre que les meilleurs télépilotes de drones sont ceux issus d'une population de « geek » qui manipulent des drones au quotidien pour leurs loisirs ou leurs activités. Dans ces conditions, compte tenu de la volonté de monter en puissance la réserve de nos armées, des besoins

[38] Exercices de contrôle opérationnel des régiments

[39] Exercices de contrôle opérationnel des postes de commandement des brigades

importants de télépilotes qui apparaîtraient en temps de guerre, il semble donc intéressant de lancer, vers cette population, un effort particulier de recrutement de réservistes dans cette spécialité d'opérateurs drones. Cela permettrait de disposer d'un vivier conséquent d'opérateurs formés au moins au pilotage de base d'un drone (il restera ensuite le volet tactique à inculquer, qui est un point non négligeable). Ces réservistes, en temps de paix, pourraient apporter un complément de ressources intéressant pendant que l'armée de Terre monte en puissance, par exemple en étant utilisés pour piloter les drones plastrons lors d'exercices, libérant ainsi les opérateurs d'active formés pour d'autres missions. Il est probable qu'une campagne de recrutement ciblée sur cette population, en capitalisant sur l'aura acquise par les drones et « *l'army of drones* » rencontre un certain succès. Cela aurait de plus l'avantage de s'inscrire directement dans les objectifs récemment affichés de doubler les effectifs réservistes.

Recommandation n°18
Réfléchir à intégrer dans les plans réserve de l'Armée de Terre, à la fois un volet matériel « récupération/réquisition » de drones civils pour renforcer les stocks militaires en cas de conflit, et un volet ressources humaines qui viserait à préparer un volant de télépilotes réservistes, réservistes qui pourraient se révéler particulièrement utiles en temps de paix pendant la phase de montée en puissance de l'armée de Terre sur les drones.

4.10. Propositions d'adaptation de la feuille de route LPM

4.10.1. Une nouvelle approche de la conduite des opérations d'armement

Avant de parler nouvelle feuille de route LPM, il faut s'interroger sur la manière dont sont conduites les opérations d'armement de drones et MTO de moins de 150kg aujourd'hui en France. Malgré une BITD drone dynamique (qui rappelons-le a inventé le drone grand public), des centres de recherches à la pointe de la technologie, de grands groupes de défense de classe mondiale, la France a pris du retard dans l'équipement de ses Forces en matériel de ce type si on la compare avec des puissances comme Israël ou la Turquie ? Il y a sans doute eu un manque de vision stratégique, tant au niveau étatique qu'industriel sur l'évolution évidente des drones, que ce soit en termes de technologie ou d'emploi opérationnel des drones. Mais il y a eu surtout des séquences de prises de décision trop longues couplées avec des procédures d'acquisition conventionnelles inadaptées à ce type de matériel dont la technologie évolue très vite, sans oublier une allergie au risque tant côté administration (un « bon » contrat d'armement est avant tout un contrat qui résistera à n'importe quel recours, officiel ou non) et chez beaucoup d'industriels (je ne commence à travailler que si j'ai un contrat de l'État), qui n'encourage ni la créativité, ni l'innovation, que ce soit sur le plan technique ou contractuel, alors que c'est primordial sur ce segment.

En fait, l'erreur qui a été commise jusqu'à présent dans ce domaine a été d'avoir une approche trop cartésienne typiquement française[40], et de vouloir faire rentrer ces matériels dans le moule inadapté de l'instruction 1618 sur la conduite des opérations d'armement, qui ne convient pas pour ces matériels au cycle d'évolution technologique très rapide. La fameuse courbe en « V » est inadaptée dans le cas des drones et MTO de moins de 150kg, où il faut avant tout s'assurer de la capacité d'intégrer l'état de l'art rapidement sur ces matériels. Cela passe par la standardisation, des expérimentations pour affiner le besoin et juger de l'adéquation du produit avec celui-ci. Plutôt que de parler de conduite des programmes d'armement, il faudrait parler de stratégie d'armement, car il y aura des cas où il faudra faire du développement (nouvelles briques technologiques) et d'autres où il faudra prendre de l'existant.

Il faut donc revoir complètement les modes de conduite des programmes d'armement de drones/MTO de moins de 150kg. Le conflit qui attend nos armées demain ne sera pas celui que nous avions imaginé. Il faut admettre que la technologie évolue plus vite que notre réflexion, et donc accepter d'acheter des matériels innovants dont on n'imagine pas forcément le concept d'emploi aujourd'hui. Il faut également pouvoir acheter plus rapidement pour suivre l'évolution des technologies non spécifiquement militaires. Ceci n'est pas uniquement un problème contractuel, mais avant tout un problème organisationnel au

[40] Et peut-être aussi trop aéronautique, un drone aérien ça vole, donc on l'achète comme on achète un avion ou un hélicoptère.

niveau de la prise de décision et de volonté (quand l'État veut acheter rapidement des matériels militaires, il sait le faire, même avec des mises en concurrence).

Le GT propose donc, pour gagner en efficacité et réactivité, que la DGA et l'EMA mettent en place une organisation adaptée qui ne sera pas soumise à la comitologie habituelle des programmes d'armement et qui disposera d'une liberté de décision et d'action plus importante qu'une équipe de programme « classique », notamment en matière d'organisation de ses achats (par exemple, en acceptant, comme c'était le cas jusqu'en 2000 à la DGA, qu'un personnel fasse à la fois de la technique et de la contractualisation, ce qui pourrait réduire les délais de passation des contrats de faible montant). Sur la base d'un contrat d'objectifs préalable, elle rendra compte de ses travaux uniquement a posteriori et au cabinet en tant que de besoin. Elle devra tout à la fois développer une stratégie de long terme mais aussi raisonner sur une échelle de temps plus resserrée. Par-delà la simple question des drones/MTO, une telle organisation pourrait constituer une expérimentation intéressante dans le cadre du projet Impulsion de la DGA en vue d'accélérer la conduite des opérations d'armement.

Recommandation n°19
Pour piloter ces opérations d'armement atypiques d'acquisition de drones/MTO de moins de 150kg, mettre en place une organisation nouvelle au sein de la DGA et l'EMA, qui ne sera pas soumise à la comitologie habituelle des programmes d'armement et qui disposera d'une liberté de décision et d'action plus importante qu'une équipe de programme « classique ».

Une telle organisation pourrait constituer une expérimentation intéressante dans le cadre du projet Impulsion de la DGA en vue d'accélérer la conduite des opérations d'armement.

4.10.2. Une feuille de route dynamique

La LPM prévoit, de manière macroscopique, une feuille de route pour les drones, mais sans rentrer dans le détail, ce qui lui confère une certaine agilité pour permettre une réallocation des crédits en fonction des circonstances. Ce schéma semble tout à fait pertinent au vu de l'évolution rapide des technologies autour des drones/MTO de moins de 150kg.

Compte tenu des éléments développés dans ce rapport qui montrent l'impérieuse nécessité pour la France de doter rapidement et en quantité ses troupes de drones et MTO de moins de 150kg performants pour être en mesure de faire face à un conflit de haute intensité, et de consolider et soutenir sa BITD sur ce segment pour garantir son autonomie stratégique, il a semblé pertinent et logique de proposer une adaptation de la feuille de route drones/MTO de moins de 150kg de la LPM qui prenne en compte ces besoins.

Les technologies évoluant très vite sur ce segment et pour se garder une flexibilité maximum pour acquérir les bons équipements « juste à temps », il n'est pas proposé de schéma « rigide » d'acquisition (achat de x drones de tel type l'année n). L'idée a été plutôt de partir sur une logique de flux annuel de crédits qui seraient dévolus à ce segment, la répartition étant ajustée annuellement de manière réactive en fonction de l'évolution des technologies et des besoins opérationnels. Ces derniers, comprenant également les résultats d'expérimentations opérationnelles réalisées par les forces, pourraient faire l'objet de présentations semestrielles à l'industrie, par exemple au sein du GT drone GICAT/ADIF ou d'une instance équivalente, pour que les industriels aient tous le même niveau d'information et puissent rapidement ajuster leurs gammes de produits.

Il sera néanmoins nécessaire de bâtir une feuille de route pluriannuelle par segment avec des cibles d'acquisition, sans forcément identifier tel ou tel produit en particulier. Lorsqu'un matériel est retenu, il n'est acheté que pendant une durée de 2/3 ans (sa durée de maintien en service peut être plus longue, mais ne sera que de l'ordre de 5 ans avant qu'il ne soit obsolète) qui est le temps de développement d'un système de nouvelle génération. Cela garantit aux Forces d'avoir toujours en production un matériel qui soit au sommet de l'état de l'art. Comme proposé dans le rapport en vue de dynamiser et consolider la BITD (i.e. favoriser l'émergence de « champions ») par des opérations régulières d'acquisition et de développement de produits nouveaux, il faut « jalonner » cette feuille de route d'opérations d'acquisition régulières « significatives » afin que tous les ans il y ait une opération d'acquisition

majeure de lancée. Une proposition (indicative et qui nécessitera d'être consolidée avec la DGA et l'EMA), est faite ci-après et tout comme l'exercice d'A2PM (Ajustement Annuel de la Programmation Militaire), cette feuille de route est ajustée chaque année sur 3 années glissantes et prévoit les transitions d'un vecteur vers l'autre en fonction de l'évolution des besoins et des technologies.

Pour faire ce travail, la meilleure solution est apparue comme étant de s'appuyer sur les catégories définies désormais par l'Armée de Terre et qui sont, pour mémoire :

- Drones du combattant (micro et nanodrones) ;
- Drones spécialisés (minidrones) ;
- Drones de commandement (> 150kg).

En effet, ces différentes catégories peuvent être adressées différemment pour ce qui est de leur acquisition. Comme cela a été vu dans les chapitres précédents, l'offre française commence à être étoffée pour les 2 premières catégories. Il semble donc tout à fait possible pour les Armées, sur ces deux catégories, d'acheter des produits français sur étagère. En l'état actuel de la BITD, si dans le cas des mini drones de moins de 50kg, des achats sur étagère semblent tout à fait envisageables, par contre, pour ceux compris entre 50 et 150kg, vu les coûts unitaires des drones (classe 500k€ et +) qui vont également se traduire par des coûts de développement très élevé, trop peu de sociétés (notamment dans les PME/PMI) semblent aujourd'hui en mesure de développer sur fonds propres de tels matériels. Pour ceux-ci, il faudra donc recourir à des processus d'acquisition plus « classiques » (financement du développement puis de la production) mais en s'inspirant des pratiques nouvelles proposées dans le rapport ou bien avoir recours à des partenariats d'innovation qui permettent de financer le développement de nouveaux vecteurs de façon compétitive pour en industrialiser quelques-uns.

Pour ceux de moins de 50kg, comme proposé dans le rapport, il semble judicieux de bâtir des accords-cadres avec des catalogues de produits sur étagère (en distinguant sans doute un marché pour les drones du combattant et un marché pour les drones spécialisés de moins de 50kg), qui pourraient être commandés par les forces selon leurs besoins. Le processus global serait le suivant :

- Les industriels développent sur fonds propres leurs matériels ;
- Ils sont acquis en une petite quantité par les forces armées pour expérimentation (« jurisprudence CAESAR »), et si celle-ci est positive et s'ils sont validés par la DGA (drones de confiance, résistance au brouillage, aptitude au service dans les armées etc.), ils sont labellisés « ***French army used*** » et peuvent ainsi bénéficier d'un soutien à l'export (SOUTEX) ;
- Ils sont alors intégrés au fil de l'eau dans l'accord cadre dans un catalogue qui donc s'enrichit au fil du temps avec l'offre de nouveaux produits par les industriels ;
- Les forces peuvent alors acheter « sur catalogue » les matériels qui les intéressent via des commandes annuelles ou ponctuelles en cas de besoin. Si les quantités sont faibles ou s'il n'y a qu'un seul produit qui répond en besoin, c'est le prix catalogue qui est retenu. Si par contre les quantités sont importantes et que plusieurs matériels peuvent répondre au besoin, une compétition est lancée au sein de l'accord cadre pour savoir quel est le matériel qui sera retenu pour cette commande. La seule limite serait le montant total du marché et un montant annuel.

Pour les MTO, vu la jeunesse de la technologie, il semble raisonnable pour les premiers marchés d'acquisition, d'acquérir celles-ci comme les drones de plus de 50kg : avec des marchés spécifiques comprenant développement et production. Peut-être que plus tard, les produits maturants, les industriels proposeront des MTO qui pourront intégrer les catalogues des accords cadre.

En parallèle de ces « achats sur catalogue », une politique de financement de l'innovation sur des briques technologiques spécifiques et identifiées par ailleurs devra être définie. Ces briques seront amenées, progressivement à être intégrées sur les produits « sur catalogue ».

Pour la troisième catégorie (drones de commandement), où l'offre sur étagère n'existe pas, et n'existera sans doute pas à court terme, il semble au contraire tout à fait justifié de continuer à réaliser des développements spécifiques, selon des programmes DGA classiques., mais en s'inspirant là encore de certaines pratiques proposées dans le rapport.

La feuille de route LPM pourrait donc évoluer en définissant précisément :

- D'une part, une feuille de route des drones de commandement de manière « classique » (en décrivant les flux financiers alloués, année par année et les étapes clés attendues en termes de volume) ;
- D'autre part, en se bornant à définir des montants alloués chaque année pour les drones du combattant et les drones spécialisés, charge ensuite aux forces d'arbitrer les besoins et de puiser dans ces ressources.

Les montants actuels prévus pour les drones /MTO de moins de 150kg n'ayant pas été communiqués au GT, il n'a donc pas été précisé de montant annuel précis des flux financiers requis. Il est simplement proposé, comme recommandé dans le rapport, un montant cible de 170M€ à atteindre en fin de LPM pour les acquisitions de drones/MTO de moins de 150kg. Ce montant, associé à ceux de R&D et de souveraineté industrielle pour ce segment (60M€ et 20M€ annuels respectivement), constitue un socle financier minimal que le GT estime nécessaire pour constituer une BITD française drones de moins de 150kg qui soit compétitive sur le plan international et qui donne à la France une autonomie stratégique dans ce segment d'avenir.

Une première ébauche de structuration de feuille de route drones/MTO de moins de 150kg adaptée pourrait donc prendre la forme suivante (celle-ci tient compte des marchés actuellement en préparation) :

2023

- Passation en novembre d'un accord cadre par la DMAé pour l'achat des drones du combattant.

2024

- Marché SDTL
- Marché MTO courte portée
- Accord cadre pour l'achat des drones spécialisés de moins de 50kg

2025

- Marché essaims drones
- Lancement de la construction d'une usine de batteries
- Accord industriel pour la création d'un GIE Production

2026

- Marché MTO longue portée
- Renouvellement de l'accord cadre pour l'achat des drones du combattant
- Marché calculateur IA

2027

- Marché pour des SDTL 2ème génération
- Marché MTO courte portée 2ème génération
- Renouvellement accord cadre pour l'achat des drones spécialisés de moins de 50kg
- Lancement de la construction d'une usine de moteurs « *brushless* »

2028

- Marché essaims drones 2ème génération

2029

- Marché MTO longue portée 2ème génération
- Renouvellement de l'accord cadre pour l'achat des drones du combattant

2030

- Marché pour des SDTL 3ème génération
- Renouvellement accord cadre pour l'achat des drones spécialisés de moins de 50kg
- Marché MTO courte portée 3ème génération

Même si elle n'est qu'indicative, une telle feuille de route, sera à même de garantir à nos forces des matériels récents de qualité et de dynamiser notre BITD/drones.

A terme, les 170M€ annuels d'acquisition pourraient être ventilés comme suit :

type drone/MTO	montant annuel
drone entrainement, cible LAD	1 000 000 €
micro drone classe 1kg	24 000 000 €
mini drone classe 25kg	30 000 000 €
mini drone classe 100kg	40 000 000 €
MTO courte portée	45 000 000 €
MTO longue portée	30 000 000 €
total	170 000 000 €

Recommandation n°20

Adapter la LPM actuelle en matière de drones et MTO de moins de 150kg en prévoyant une feuille de route pluriannuelle avec uniquement par segment des flux financiers, sans forcément identifier un produit en particulier, qui aurait vocation à être remplacé par un produit plus moderne dans les trois ans. « Jalonnement » de cette feuille de route d'opérations d'acquisition majeures tous les ans.

Un montant cible annuel de 250M€ serait à atteindre en fin de LPM pour les drones/MTO de moins de 150kg se répartissant comme suit :

- **170M€ pour les acquisitions ;**
- **60M€ pour la R&D ;**
- **620M€ pour la souveraineté industrielle.**



Drone Tundra 2 Endurance de la société Hexadrone mis en œuvre par les forces spéciales françaises

Ce rapport n'a pas fait d'analyse capacitaire globale (vaut-il mieux des drones que des missiles anti-char, des pièces d'artillerie, des blindés de reconnaissance ou des hélicoptères ? etc.), car les membres du GT n'en avaient ni les moyens ni la légitimité. Mais la question risque de se poser une fois un RETEX complet des conflits ukrainien et israélo-palestinien pleinement assimilé (car en plus des drones terrestres, se posera aussi la question de la défense sol-air, des drones navals etc.). A iso-enveloppe budgétaire, une mauvaise réponse serait sans doute de vouloir jouer aux vases communicants dans les crédits d'équipements. En effet un enseignement « ukrainien » qui est d'ores et déjà clair, est que la quantité est une capacité primordiale dans un conflit de haute intensité pour « encaisser » l'attrition. Donc vouloir réduire des cibles déjà sans doute dimensionnées trop juste serait une erreur. Une piste qui serait peut-être plus intéressante à investiguer serait de rechercher des gains sur le soutien, en incitant par exemple les industriels en situation de monopole sur le MCO de leurs équipements, à proposer des gains de productivité sauf à risquer de voir les cibles de leurs équipements ou de leurs activités réduites si leur rapport coût efficacité, intégrant le MCO, était moins bon que celui de drones/MTO pour des capacités similaires. L'annexe 9 donne quelques chiffres qui montrent l'intérêt potentiel en termes de rapport coût efficacité des drones et MTO comparé à d'autres systèmes.

4.11. La lutte anti drones (LAD)

Le mandat de ce GT ne couvrait pas la LAD, néanmoins il était impossible de ne pas la mentionner dans ce rapport. En effet, le développement de l'offre de drones/MTO a entraîné l'apparition et l'intensification de la menace liée du fait de la généralisation et de la facilité de leur usage. Les conflits récents ou en cours (Ukraine, Syrie/Irak, Azerbaïdjan/Arménie, Gaza, Mer Rouge …) montrent la multiplicité des menaces drones/MTO et des environnements (conflit de haute intensité, terrorisme terrestre ou maritime …) possibles.

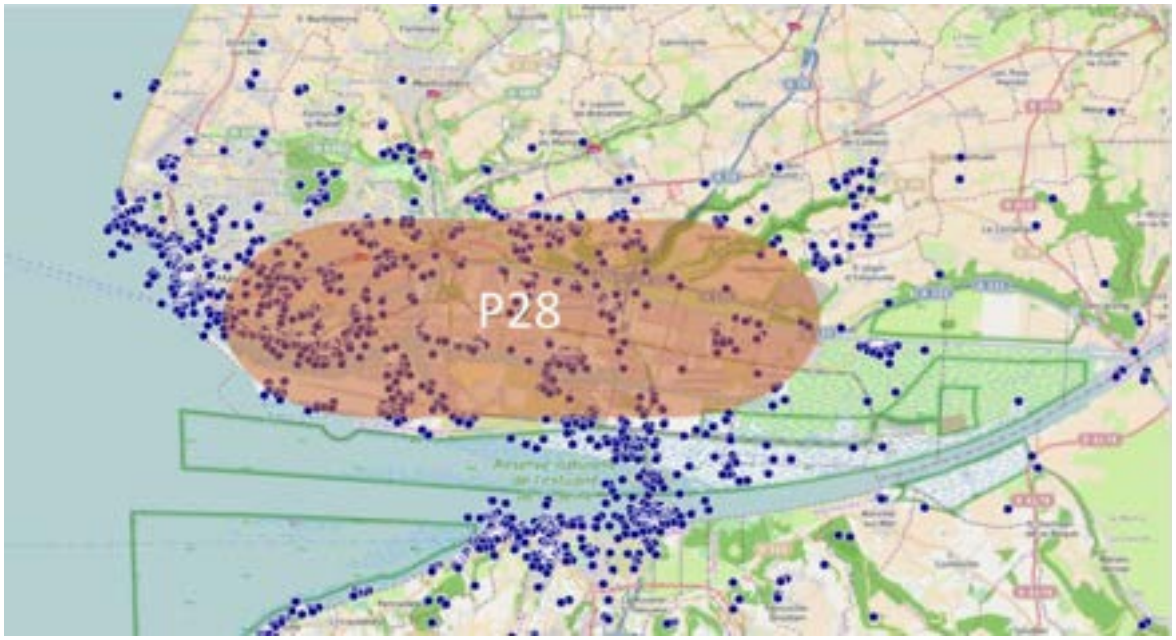
Afin de mieux appréhender les enjeux de la LAD, et les menaces potentielles auxquelles elle doit répondre, il convient de distinguer deux cadres d'emploi différents : le territoire national et temps de paix, les OPEX ou zones de conflit à l'étranger. En particulier, le cadre d'emploi de la LAD sur le territoire national pose des problématiques particulières.

4.11.1. Enjeux de la LAD sur le territoire national

Les survols répétés de centrales nucléaires et sites Seveso en France en 2015 ont permis de prendre conscience de l'existence de ces moyens et de leurs potentielles nuisances. Plus récemment, leur présence autour d'un aéroport londonien avait conduit à fermer son trafic aérien pendant plusieurs jours avec cette fois de fortes conséquences économiques. Dorénavant, plus aucun un grand évènement n'est organisé en France (14 juillet, coupe du Monde de Rugby, Jeux Olympiques…) sans la mise en œuvre de moyens de détections et de lutte anti-drones.

En France, le nombre de drones civils est estimé à plus de 2,5 millions toutes tailles confondues, en faisant le 3ème pays le plus équipé dans le monde, avec plus de 19 000 télépilotes professionnels. Ces drones civils légers ont des vitesses de 70 à 150 km/h, une portée de plusieurs kilomètres, une autonomie qui s'accroit, jusqu'à 1h, et surtout une charge utile de quelques grammes (une caméra) à plusieurs kilogrammes, pour un coût modique de 200 à 2000 €.

Une expérimentation de détection sur la ZIP (Zone Industrialo-Portuaire) du Havre fin 2021/début 2022, plus grande zone industrielle de France, comprenant 17 sites Seveso seuil haut, a permis de détecter 3 638 drones en 6 mois sur la ZIP et ses environs, dont 1288 dans la zone sensible devant obligatoirement faire l'objet d'une demande préalable d'autorisation, pour seulement 134 autorisations accordées, soit une moyenne de 22 détections par jour (cf illustration infra). En 2023 le nombre de drones non habilités a baissé de 45% comparé à 2022 sur la ZIP, grâce au système de détection de drones couplé à la réactivité des forces de l'ordre qui ont procédé à 150 levés de doutes dont 35 interpellations. Ce RETEX tendrait à démontrer déjà l'efficacité d'une communication accrue sur les zones interdites, d'une sensibilisation du public complétée de quelques verbalisations.



Source : société Drone XTR

Sur une observation plus large portant sur 50 sites et 100 000 détections/an, conduisant à 50 arrestations, il est estimé la répartition suivante des auteurs ou motivations :

- 70% pilotes amateurs, tourisme
- 10% journalistes / activistes, atteinte à l'image
- 10% contrebande / livraison
- 5% repérage
- 5% espionnage (y/c économique, sportif ...)
- non quantifiable : terrorisme

L'évolution de la réglementation permet aujourd'hui de développer le volet détection et alerte :
26 mai 2021- Loi sur la Sécurité Globale, article 36 :
«*Les agents mentionnés à l'article L. 611-1 peuvent utiliser des moyens radioélectriques, électroniques ou numériques permettant la détection, aux abords des biens dont ils ont la garde, des aéronefs circulant sans personne à bord susceptibles de représenter une menace pour la sécurité de ces biens et des personnes qui s'y trouvent. Ils peuvent exploiter et, si besoin, transmettre les informations recueillies aux services de l'Etat concourant à la sécurité intérieure et à la défense nationale.* »

Si l'Armée de l'air et de l'espace est compétente dans tout l'espace aérien, à partir du sol, et pour les objets aériens les plus petits, elle ne peut matériellement être présente sur l'ensemble du territoire. Les forces de sécurité intérieure disposent également de moyens de LAD, notamment la gendarmerie pour la protection de différents types de sites étatiques permanents (palais nationaux, aéroports) ou temporaires (grands évènements).

Enfin, sans être directement nocifs envers les personnes, même les moyens les plus légers de lutte anti-drones, impliquent lors de la leur mise en œuvre des effets collatéraux susceptibles de porter atteinte à l'intégrité des personnes ou des biens, au-delà de la neutralisation des intrusions de drones non-autorisés. Leur autorisation d'emploi, doit donc faire l'objet d'un cadre juridique approfondi, proportionnel à la menace et minimisant les effets secondaires.

Il est proposé de segmenter les détections de drones de la manière suivante :

- Drone autorisé et coopératif (déclaré, signature connue…) ;
- Drone autorisé et non coopératif ;
- Drone infractionnel mais non menaçant ;
- Drone infractionnel et menaçant en temps de paix ;
- Drone infractionnel et menaçant en temps de guerre ou conflit à l'étranger.

Tout d'abord, dans un espace aérien civil où circulent légalement de nombreux drones, il est nécessaire d'avoir des systèmes d'observation et informations partagés permettant de distinguer ceux autorisés de ceux en infraction (C2/C4I). Ensuite, l'objectif, au-delà de l'aspect organisationnel et de cadre légal d'intervention à traiter par ailleurs, est de pouvoir disposer d'équipements adaptés au traitement de ces différents niveaux d'infraction ou de menaces, allant d'une simple détection avec identification du pilote à des fins de verbalisation, jusqu'à la neutralisation plus ou moins destructrice du vecteur constituant l'infraction.

Comme pour les armées, et préalablement aux interventions opérationnelles, il se pose également la question du cadre légal de formation et d'entraînement sur le territoire national. En effet, même les moyens les plus légers de brouillage peuvent avoir des effets induits sur leur environnement civil dépassant le lieu de mise en œuvre, notamment lié à leur portée totale et champ de couverture. Les études d'impact préalables sont donc un enjeu pour mieux maitriser la mise en œuvre des équipements de LAD en secteur civil afin de disposer de doctrines d'emploi maitrisées pouvant s'appuyer sur un réseau d'acteurs dans le cadre du continuum de sécurité (DGAC, Armées, FSI, sécurité et prestataires privés…).

Enfin l'évolution de la menace sur le territoire national peut être extrêmement rapide. Si les drones armés paraissent aujourd'hui réservés à des conflits de haut de spectre, l'actuel conflit en Ukraine où des annonces de production de plus d'un million de drones en 2024 de part et d'autre des belligérants, peuvent laisser craindre une possible dissémination de cette menace, comme ce fût le cas après le conflit en ex Yougoslavie.

Un drone civil de type FPV, armable, doté de fonctionnalités avancées d'évolution agile en milieu urbain et au milieu de drones autorisés et pacifiques, devient accessible pour quelques centaines d'euros, soit un coût comparable à une Kalachnikov AK47 et moins qu'un lance-roquette utilisé pour attaquer les transports de fonds, tout en mettant son opérateur à distance de sécurité.

4.11.2. La segmentation des moyens de LAD

De ce fait, les belligérants sont amenés à concevoir, développer et déployer des moyens adaptés pour lutter contre cette menace protéiforme. C'est le domaine de la lutte anti drone dont le développement a en fait débuté plus tard que celui des drones eux même mais qui affiche aujourd'hui un taux de croissance de son marché 1,5 à 2 fois plus rapide que celui des drones de classe 1. Si ces systèmes s'articulent tous autour d'une fonction détection et d'une fonction neutralisation, on distingue néanmoins 4 grands segments d'usage correspondant à 4 types de systèmes bien différents :

- Systèmes utilisés pour des missions de maintien de l'ordre, protection des prisons, protection des sites industriels utilisés par les forces de sécurité civiles : il s'agit en général de systèmes très légers et de courte portée mettant en œuvre une détection mono senseur et des techniques de neutralisation « douce » de type fusil brouilleur dans une configuration portable par un seul homme ou monté sur véhicule léger ;
- Systèmes de Protection d'infrastructures militaires et de grands événements en environnement civil, opérés par les forces de sécurité et les militaires : ces systèmes comprennent une détection multi-senseurs (Radar/Électro-optique/Goniométrie) et mettent en œuvre une gamme de techniques de neutralisation également basées sur le brouillage, mais avec des puissances émises plus importantes. Ces systèmes nécessitent un déploiement en station fixe. Le système PARADE mis en œuvre par l'armée de l'air française entre dans cette catégorie ;
- Système de protection d'infrastructures en situation de crise ou de guerre : ces systèmes intégrés, encore en cours de développement, se caractérisent par une détection de plus grande portée multi-senseurs (radar/électro-optique/gonio/sonore), des techniques de neutralisation basées sur un brouillage de forte puissances à l'aide d'antenne directive sur tourelle associées à des solutions de neutralisation cinétique (canon, roquette, missile) ou novatrice (ex : laser, micro-ondes dirigées...) ;

- Système de protection des unités mobiles au contact : ces systèmes cherchent à réunir l'ensemble des senseurs et plusieurs effecteurs (missiles, canon, brouillage, laser ?), sur un seul véhicule protégé ou blindé.

Les systèmes mentionnés supra ne concernent que des systèmes spécifiquement conçus pour la LAD et plus particulièrement celle contre les drones de moins de 150kg. Pour faire face à des drones plus lourds, qui sont assimilables comme cibles à des aéronefs classiques, il est possible de recourir à des systèmes de défense sol air traditionnels. Toutefois, dans les deux cas, drones de plus ou de moins de 150kg, une dimension économique est à prendre en compte. En effet, on constate déjà aujourd'hui l'apparition de techniques de saturation pour épuiser les défenses sol-air/anti-drones adverses, et il faut donc que les solutions proposées soient économiquement « rentables » et surtout qu'elles permettent de faire face dans la durée à des attaques saturantes (i.e. ne pas se retrouver à court de munitions anti drones avant que l'adversaire ne le soit de drones/MTO).

C'est pour cela que les efforts portent aujourd'hui en matière de LAD sur la recherche d'effecteurs pertinents. Les réflexions les plus actives portent sur la recherche d'effecteurs dont le coût par tir soit en rapport avec le faible prix d'un drone, capable d'une cadence de tir relativement élevée pour pouvoir traiter les situations de saturation, et démontrant une bonne efficacité. Le laser est à cet égard une solution prometteuse mais continue de susciter des réticences relatives à la complexité du déploiement (recherche de forte puissance sous faible volume) et aux risques de dommages collatéraux associés à la possibilité de multiples réflexions non contrôlées. D'autres solutions comme les armes radiofréquences (RF) à énergie dirigée en sont encore au stade expérimental. Enfin, on assiste à de nombreux développements de drones intercepteurs.

Si à court terme les solutions basées sur le brouillage restent une base fondamentale compte tenu de leur faible coût par tir et de leur relativement bonne efficacité, on assiste par ailleurs au retour en grâce du canon de petit calibre (£ 30 mm), des roquettes ou des missiles pour l'interception des drones d'observation à plusieurs kilomètres de distance.

4.11.3. RETEX du conflit Russo-Ukrainien en matière de LAD

Les retours d'expérience de la guerre en Ukraine sont multiples, y compris en matière de LAD. L'utilisation des drones dans le conflit est en effet omni présente à bien des niveaux ; offensifs comme défensifs. Tout d'abord il convient de segmenter les drones utilisés en plusieurs types :

- Les mini drones civils, de type DJI par exemple, dont le prix est inférieur à 1000 euros accessibles sur internet très rapidement. Ils permettent d'avoir de la « quantité » dans un conflit avec de fortes attritions de part et d'autre Ces drones sont pilotés à distance et envoyés vers le front en utilisant le retour vidéo pour identifier les positions ennemies. Ces drones de petite taille présentant une surface équivalente radar (SER) faible pour les radars conventionnels, capables d'évoluer à très basse altitude (<100m), se déplaçant à très basse vitesse, sont très difficilement détectables par les solutions de détection conventionnelles. De plus, leur très forte mobilité en toute discrétion en fait un allié de choix sur le front surtout quand on compare le différentiel de cout avec un véhicule blindé. Ce constat montre qu'aujourd'hui les solutions LAD sur le front doivent être aussi mobiles que la menace elle-même tout en gardant à l'esprit l'aspect coût réduit des équipements de LAD. Les blindés totalement dépourvus de systèmes de détection et de neutralisation embarqués sont devenus des cibles faciles face à ces solutions à bas cout dont l'efficacité est redoutable. Au-delà des cages artisanales installées à la hâte par les soldats russes sur leurs blindés, il convient d'étudier rapidement l'installation d'équipements actifs et intégrés aux véhicules comme le sont déjà les fumigènes ou autres moyens d'alerte et d'auto protection.



A titre d'exemple de preuve de concept, photo d'un blindé Titus
équipé de solutions MC2 au salon EuroSatory 2022.

- Les drones militarisés « *low cost* » de fabrication Russe (Koub-BLA) ou Iranienne (Shahed 136) dont le prix est inférieur à 30 000 euros. Ces drones sont majoritairement utilisés comme « solutions » kamikazes en lieu et place de missiles bien plus onéreux et plus complexes à fabriquer. Les drones Shahed 136 sont autonomes en utilisant la géolocalisation par satellite pour se déplacer en ayant été préalablement programmés. Ces drones sont utilisés pour atteindre des cibles fixes préalablement identifiées à des distances dépassant 1 000 km selon les caractéristiques des drones iraniens. Les drones kamikazes russes sont de plus courte portée (<100km), ils peuvent être préprogrammés mais sont généralement pilotés en utilisant une liaison optronique qui renvoie la vidéo vers un centre de commandement. Les drones Shahed 136 peuvent être neutralisés par un dispositif de brouillage GNSS de forte puissance. Concernant le drone russe, une combinaison brouillage GNSS et brouillage du signal de retour vidéo s'avère nécessaire. Ces drones militarisés « *low cost* » sont plus imposants que les mini drones et volent à des altitudes plus élevées (de l'ordre de 500m). Ils restent néanmoins difficilement détectables par les radars longue portée et même moyenne distance.
- Les drones militarisés de type MALE sont équipés généralement de dispositifs de surveillance très sophistiqués mais également d'armements. En fonction du niveau de technicité le prix de ce type de drone peut s'approcher de la centaine de million de dollars. Ces drones sont majoritairement pilotés par liaisons satellites ce qui les rend actuellement difficilement « neutralisables » par des moyens de brouillage terrestres. Toutefois, la présence d'acteurs privés dans ce domaine des communications satellites comme les sociétés SPACE X avec STARLINK ou EUTELSAT avec ONEWEB vont, à terme, rendre l'espace accessible à des prix de plus en plus abordable et donc indirectement « démocratiser » l'utilisation des liaisons satellitaires dans les conflits.

Aussi, le lancement des programmes de recherche dans ce domaine est nécessaire pour anticiper l'avenir et développer des solutions d'écoute, d'interception et de neutralisation des signaux issus de liaisons satellitaires montantes et descendantes.

4.11.4. LAD mobile, évolutions technologiques et perspectives

Il y a une certaine asymétrie entre le coût de la menace drone terrestre ou basse altitude et les contremesures. Cependant, le rapport de coût doit être également fait entre le coût des contremesures et celui des dégâts potentiels combiné à l'impact stratégique que pourraient induire ces menaces à bas coût.

Initialement conçus comme des équipements concourant à la protection de sites statiques, il convient de plus en plus de prendre en compte la protection d'armements mobiles du champ de bataille qui doivent emporter leur autoprotection tout en maîtrisant les coûts. L'absence de solution LAD mobile constitue un important trou capacitaire, alors que les systèmes Parade ou Basalt paraissent parfaitement adaptés à la protection de cibles fixes pouvant être visées par des drones de type kamikaze comme les Koub-BLA ou Shahed 136.

Pour répondre correctement à une menace drone très évolutive, il faut absolument différencier les types de menace et les lieux/structures à protéger afin de proposer les solutions les plus appropriées. Croire qu'une seule solution permettra de contrecarrer la menace drone dans sa globalité est une utopie.

Pour les drones grand public, les évolutions majeures à venir à plus ou moins long terme concerneront leurs capacités à évoluer de manière autonome grâce à la vidéo, l'IA et la géolocalisation par satellite, qui demeurera un de leur point faible au niveau neutralisation. En terme de détection, cette autonomie les rendra plus transparents vis-à-vis des solutions d'écoute radiofréquence mais ils seront toujours détectés par des solutions radars ou les solutions optiques.

L'utilisation de moyens de communication comme la 4, 5 voire 6G va contribuer à complexifier la détection des drones par des moyens d'écoute RF mais l'utilisation de radar ou de solutions optiques viendront combler le déficit. Par conséquent, les moyens de LAD devront au même titre que la menace évoluer en permanence et donc être adaptables pour à terme être « upgradées » afin de répondre à la menace de demain.

Concernant les drones militarisés à moins de 30 000 euros évoluant à moins de 500m d'altitude, ceux-ci sont actuellement autonomes en utilisant la géolocalisation par satellite ce qui les rend vulnérables. A terme, ces dispositifs pourraient en effet devenir moins dépendants de la géolocalisation en utilisant l'IA pour atteindre leur cible ce qui les rendrait plus résilients au brouillage GNSS. Dans ce cas, des solutions de neutralisation dites « *hardkill* » (émetteur d'onde EM de forte puissance, ou laser forte puissance) seraient des réponses adéquates. Concernant la furtivité pour ce type de drone, le surcoût que cela pourrait engendrer les rendrait moins adaptés à l'utilisation comme solutions kamikazes.

La furtivité pour les drones légers ne parait pas accessible en termes de coût, mais elle n'est pas à écarter concernant les drones MALE, ces derniers étant déjà résistants au brouillage en raison des liaisons satellites utilisées ce qui implique de développer des moyens de détection et de neutralisation spatiaux.

4.11.5. Conclusion sur la LAD

Comme on le voit, les enjeux en matière de LAD sont tout aussi importants qu'en matière de drones/MTO. Il convient donc pour les armées et la BITD françaises de se mettre en ordre de bataille pour disposer de systèmes capables de faire face à cette menace des drones/MTO qui sera de plus en plus présente dans les conflits à l'avenir, qu'ils soient de haute ou basse intensité, symétriques ou asymétriques, terrestres ou maritimes.

Recommandation hors périmètre mandat GT n°1
Comme pour les drones, les armées et la BITD françaises doivent se mettre en ordre de bataille pour disposer de systèmes capables de faire face à cette menace des drones/MTO qui sera de plus en plus présente dans les conflits à l'avenir, quelle que soit leur forme.

4.12. Synergie MIOM (Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer)

En tant que Ministère régalien, les besoins du MIOM semblent présenter des similarités et des synergies importantes mais également quelques points de différence majeurs. Le GT n'a pas pu réaliser dans le temps imparti un travail en profondeur, seule une analyse simplifiée et préliminaire est proposée ci-dessous.

4.12.1. Le cadre réglementaire : récent et contraint

Bien que doté de moyens aériens d'observation et d'intervention depuis des décennies (notamment hélicoptères ou avions de la sécurité civile et hélicoptères de la gendarmerie, la police aux frontières ayant expérimenté un Ecureuil AS 350 B de 2006 à 2008), le cadre d'emploi réglementaire de drones ne s'est précisé que récemment.

Lors du confinement du printemps 2020, des drones équipés de caméras ont été utilisés par les forces de l'ordre afin de surveiller le respect des mesures de confinement. Après les décisions du Conseil d'État, des 18 mai et 22 décembre 2020, qui interdirent leur utilisation (décisions en référé, c'est-à-dire en procédure d'urgence), ce fût au tour de la CNIL (Commission Nationale Informatique et Libertés) de sanctionner le ministère de l'Intérieur sur l'usage de drones équipés de caméras dans sa délibération du 12 janvier 2021.

Dès le 7 mai 2020, la présidente de la CNIL avait décidé de procéder à des contrôles de l'usage de ces drones. Des questionnaires ont été adressés au ministère de l'intérieur, à la préfecture de police de Paris, à un groupement de gendarmerie et à un commissariat. Selon le ministère de l'intérieur, l'usage de drones équipés de caméras servait à :

- Vérifier le respect des **mesures de confinement** ;
- Surveiller des **manifestations** :
- Effectuer des **missions de police judiciaire** ;
- Surveiller des **rodéos urbains**.

En juillet 2020, la CNIL fit procéder à des vols de drones de la préfecture de police de Paris où elle a pu constater que **les personnes filmées par de tels dispositifs étaient aisément identifiables.** À l'issue de la procédure, la CNIL a conclu que le ministère de l'Intérieur a manqué à plusieurs obligations de la loi informatique et libertés. La sanction fût un rappel à l'ordre rendu public et la CNIL enjoignit au ministère de l'intérieur de **ne plus utiliser de drones jusqu'à ce qu'un cadre normatif autorise le traitement de données personnelles** par de tels dispositifs.
Le ministère de l'intérieur suspendit donc l'usage de drones jusqu'au vote de la loi sécurité globale prévoyant l'usage de ces équipements, présentée au Sénat en mars 2021.

Le code de la sécurité intérieure définit dorénavant les conditions dans lesquelles les services de sécurité de l'État (police, gendarmerie nationale, douanes, armée) peuvent procéder, au moyen de caméras aéroportées, à la captation, l'enregistrement et la transmission d'images. Le code de la sécurité intérieure a notamment intégré l'article 47 de la loi du 25 mai 2021 pour une sécurité globale préservant les libertés, modifié par l'article 15 de la loi du 24 janvier 2022 relative à la responsabilité pénale et à la sécurité intérieure.

Lors du débat sur la proposition de loi sur la sécurité globale, l'association la Quadrature du net avait également mis en avant les risques d'intrusion dans les libertés publiques : https://www.laquadrature.net/2021/03/05/la-police-en-helicoptere-ou-la-surveillance-militaire-des-citoyens/

Suite à la loi sécurité globale, le Conseil constitutionnel fût saisi par les parlementaires. Dans sa décision n° 2021-834 DC du 20 janvier 2022, le Conseil constitutionnel a alors censuré plusieurs articles de cette loi, au motif en particulier que certaines des dispositions prévues dans le cadre de l'usage des drones pouvaient porter atteinte au droit et respect de la vie privée.

Si l'usage de drones par la sécurité civile à des fins de sauvegarde des personnes fût autorisé, ont été censurées par le Conseil constitutionnel :

- La disposition autorisant les forces de l'ordre (police, gendarmerie) en cas d'urgence à recourir pendant quatre heures aux drones sans autorisation préalable du préfet ;
- La disposition autorisant la police municipale de recourir aux drones.

Le Conseil constitutionnel avait également émis certaines "*réserves d'interprétation*" :

- Le recours au drone ne peut être autorisé par le préfet que lorsqu'il s'est assuré que d'autres moyens moins intrusifs ne sont pas possibles car susceptibles d'entrainer des menaces graves pour l'intégrité physique des agents ;
- Le préfet ne peut renouveler une autorisation d'utilisation de drones que lorsqu'il est établi "*que le recours à ces dispositifs aéroportés demeure le seul moyen d'atteindre la finalité poursuivie*" ;
- La loi ne peut autoriser les services compétents à procéder à l'analyse des images au moyen d'autres systèmes automatisés de reconnaissance faciale qui ne seraient pas placés sur ces dispositifs aéroportés.

Plus récemment, le décret n° 2023-283 du 19 avril 2023sur l'utilisation des drones équipés de caméras par les forces de sécurité, notamment pour le maintien de l'ordre ou la surveillance des frontières a été publié au *Journal officiel*. Il redéfinit et étend le cadre administratif dans lequel il est possible d'utiliser des aéronefs équipés de caméras et de systèmes d'enregistrement.
https://www.vie-publique.fr/questions-reponses/289274-usage-de-drones-par-les-forces-de-lordre-quelles-sont-les-regles

Dans son communiqué sur la nouvelle réglementation sur la captation d'images de drones dans un cadre administratif, le ministère de l'Intérieur a précisé les circonstances dans lesquelles des drones peuvent être utilisés, "*pour assurer la sécurité des manifestations et sur la voie publique dans un objectif de maintenir ou de rétablir l'ordre public, pour la prévention d'actes de terrorisme, pour la régulation des flux de transport, pour la surveillance des frontières ou encore dans le cadre des secours aux personnes*".

Par ailleurs, la CNIL rappelle que, par son statut d'**acte réglementaire unique** (RU-72), le décret du 19 avril 2023 oblige les administrations souhaitant avoir recours à ce type de dispositif à respecter certaines conditions d'usage :

- **Sur les conditions de mise en œuvre des caméras aéroportées :** communiquer à la CNIL la "*doctrine d'emploi*" à l'usage des forces de l'ordre, en l'absence, dans le texte du décret, de critères exhaustifs sur les situations pouvant donner lieu à l'enregistrement ou à la transmission en temps réel des images au poste de commandement des forces de l'ordre ;
- **Sur l'information des personnes :** une information générale du public sur l'emploi des drones doit être délivrée par le ministère de l'intérieur. De plus, précise la CNIL, les personnes doivent être informées "*par tout moyen*" que le recours des drones a été autorisé dans le cadre d'une intervention particulière ("*sauf si l'urgence, les objectifs poursuivis ou les conditions de l'opération l'interdisent*").

La CNIL recommande également qu'une information soit donnée sur le lieu de l'opération au cours de laquelle les caméras aéroportées seront utilisées (par exemple *via* des dispositifs sonores), notamment lorsque les drones sont utilisés pour sécuriser une manifestation.

Depuis ces actes réglementaires et avis, de nombreux déploiements de drones par les forces de l'ordre ont été opérés, que ce soit dans le cadre de sécurisation de manifestations (exemple 1er mai) ou d'évènements festifs (14 juillet). Il est à noter que si de nombreux arrêtés préfectoraux ont fait l'objet de recours devant le tribunal administratif, l'usage de drones fut généralement autorisé in fine.

Toutefois, au moins deux cas de jurisprudence sont à souligner apportant des limites strictes à ce nouveau cadre légal :

- Usage de drones dans le cadre de manifestations le 5 juillet 2023 (préfecture Isère)
  Le manque d'arrêté préalable et donc d'information du public a été souligné par le tribunal administratif de Grenoble dans son ordonnance constatant une **« atteinte grave et manifestement illégale à une liberté fondamentale »**, une **« atteinte portée au droit au respect de la vie privée »** car **« les personnes participant à ce rassemblement n'ont pas été informées du recours à ces aéronefs »**. Sous 72 heures, le TA a exigé la transmission d'une copie des données des drones à la CNIL ainsi que la suppression de l'intégralité des enregistrements du 5 juillet, bien que la préfecture ait indiqué qu'il n'avait été procédé à aucun enregistrement des images captées.
- Usage de drones pour la surveillance frontière contre l'immigration clandestine (préfecture des Pyrénées atlantiques)
  Le recours intenté auprès du TA a conduit à la suspension de l'arrêté préfectoral :
  http://pau.tribunal-administratif.fr/Actualites/Communiques/Surveillance-de-la-frontiere-franco-espagnole-par-drone-le-juge-des-referes-suspend-l-arrete-du-prefet-des-Pyrenees-Atlantiques
  Le juge des référés a notamment considéré que le préfet n'établissait ni être dans l'impossibilité de recourir à des moyens moins intrusifs au regard du droit au respect de la vie privée et familiale des personnes, ni que l'usage de ce dispositif serait proportionné à la finalité de surveillance des frontières poursuivie, au regard notamment de la superficie de la zone géographique concernée, qui s'étend sur plus de 20 km² et recouvre une partie des territoires des communes d'Urrugne et Hendaye et de nombreuses maisons d'habitation.
  Relevant par ailleurs l'existence d'une situation d'urgence au regard du nombre de personnes susceptibles de faire l'objet des mesures de surveillance en litige, et de l'atteinte que celles-ci étaient susceptibles de porter au droit au respect de la vie privée et familiale de personnes, le juge des référés a suspendu l'exécution de la décision attaquée.
  Ensuite par une ordonnance du 25 juillet 2023, le juge des référés du Conseil d'État (CE) a confirmé la suspension de l'arrêté du préfet des Pyrénées-Atlantiques. Le CE a considéré notamment que « les données produites par l'administration [n'étaient] pas suffisamment circonstanci[ées] pour justifier, sur la base d'une appréciation précise et concrète de la nécessité de la proportionnalité de la mesure, que le service ne [pouvait] employer, pour l'exercice de cette mission [...] d'autres moyens moins intrusifs au regard du respect de la vie privée ».
  https://www.editions-legislatives.fr/actualite/suspension-de-larrete-autorisant-la-surveillance-de-la-frontiere-franco-espagnole-par-drone/

En conclusion, il apparaît que le cadre d'emploi de drones d'observation par les FSI s'avère contraint et que le peu de recul sur la jurisprudence ne permet pas de s'engager sur des cas d'usages et des développements industriels longs, complexes et coûteux donc à risques tant pour l'État que la filière industrielle, sauf à considérer qu'ils permettront d'adresser un marché civil (professionnel) beaucoup plus large.

Les cas d'usages de drones par la Sécurité civile, moins susceptibles d'être contraints, car au service de la sécurité et du sauvetage des personnes et des biens (secours en montagne, en mer, inondations) semble un premier axe de développement à privilégier.

Nota : le cadre juridique développé supra est celui relatif à la police administrative. Les cas d'usage liés aux missions de police judiciaire ou de renseignement ne sont pas explicités dans ce texte.

4.12.2. Besoins

Sur les spécificités techniques :
La majorité des besoins techniques exprimés par les différents corps du MIOM : sécurité civile, pompiers, garde-côtes, police, gendarmerie correspondent au segment drone de moins de 150Kg du GT.

Vis-à-vis des besoins militaires, on peut noter quelques différences techniques clefs :

- Une exigence de performance de navigabilité qui peut être très élevée pour les missions police-gendarmerie qui doivent intervenir en ville, près des foules ;
- La recherche d'une très grande simplicité et facilité d'utilisation, exigeant peu de formation ;
- Le respect d'un cadre légal contraignant pouvant avoir un impact sur l'architecture des drones et plus encore des charges utiles (ROIM, SIGNINT…) : droit à l'image, sauvegarde des données personnelles, voire anonymisation dès la captation des données ;
- Des fréquences de communication spécifiques dans le cadre des nouvelles normes qui ont été élaborées par l'UE, sous l'égide de l'ETSI (TS 103636-2), et de l'ECC, publiées mi-2022 et mi-2023 ; qui prévoient une normalisation au moins européenne, des fréquences pour l'utilisation des drones par les services de sécurité des pays concernés, à compter du 01/01/24. Les spécifications sont tirées des rapports de la CEPT (Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications) :
    - *https://docdb.cept.org/download/3697*
    - *https://docdb.cept.org/document/28595*
    - A partir du 01/01/2024 : Bande 1900 – 1920 MHz autorisée
    - A partir du 01/01/2025 : bande 1880 – 1920 MHz autorisée

Sur les cibles en volume, l'appel d'offre du Ministère de l'intérieur intitulé "Drones" publié le 12 avril 2020, sur le site du BOAMP indiquait une cible de 650 drones pour 4 millions d'euros dans le cadre d'un contrat cadre 2021-2025. Il se décomposait en trois lots :

- Plus de 500 "micro-drones du quotidien" pour un montant de 1,8 million d'euros ;
- 66 drones dits "de capacité nationale", pouvant peser jusqu'à 8 kilos et pour un montant estimé de 1,58 M€ ;
- Enfin, une vingtaine de "nano-drones spécialisés" pesant moins de 50 grammes et pour un prix de 175 k€.

S'agissant de drones utilisés dans le cadre de besoins de sauvetage de personnes ou de sauvegarde des biens, on peut envisager les cas d'usages distincts et drones spécifiques suivants :

- Surveillance des feux de forêts et départs d'incendie, où les SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) seront les détenteurs finaux ainsi que quelques services des moyens nationaux de la DGSCGC (Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises) ;
- Sauvetage de personnes dans l'eau (plages, lacs…), drone de type lanceur de bouées où les CRS (Compagnie Républicaine de Sécurité), sauveteurs SNSM (Société Nationale de Sauvetage en Mer) ou autres surveillants de baignade pourraient être les bénéficiaires sur une grande partie des lieux de baignade estivaux. Le critère de facilité d'emploi sans formation lourde sera déterminant ;
- Surveillance et appui au sauvetage en montagne, ou zones inondées (cf. inondations Nord / Pas de Calais hiver 2023/2024) ; détenteurs : unités de sécurité civile, SDIS, unités spécialisées de secours en montagne, PAF (Police Aux Frontières) … ;
- Surveillance en mer/forêt : à la fois des missions de lutte contre l'immigration et d'appui au sauvetage (cf. naufrages en Mer du Nord, Mayotte, Guyane). Les portées et autonomie sont alors des critères importants.

Si l'usage de drones par quelques spécialistes des FSI (Forces de Sécurité Intérieures) (Police, gendarmerie, pompiers, sécurité civile) oblige actuellement à disposer de formations spécialisantes, un usage plus généralisé par exemple sauvetage en mer (SNSM) devra supposer une réflexion sur l'accès à ces outils sans requérir de formations lourdes. Cela ouvrira également l'extension des usages civils vers des professionnels non opérateurs spécialisés de drones. Sinon, le risque serait de rester cantonné à des drones grand public et de facto ceux du marché international.

Tous ces points seront à travailler plus en détail si un GT spécifique est créé.

4.12.3. L'offre mondiale

Il faut noter qu'il n'existe pas d'industriel spécialisé et quasi pas de drone spécifique pour des ministères de l'intérieur (MININT).

Le leader reste DJI avec ses drones issus du civil et très performants en usage dual. Le fabricant américain Skydio est aussi un acteur majeur.

4.12.4. L'offre française

En reprenant le tableau du paragraphe 2.4.5 supra relatif aux drones pour l'armée de terre, l'offre française simplifiée pourrait être la suivante pour les drones adaptés MININT.

	~1 unité	~10 unités	~100 unités	~1000 unités	~10000+ unités
G1S	/	/	Novadem NX70 (X)	Delair UX11 (T) Squadrone (X)	Parrot Anafi
G1L	Aerix (X)	Aeromapper Noctua (T) Azur Drone (X) Atechsys (X) Hexadrone Tundra (X) Diodon (X)	Elistair (X) Squadrone (X)		
G2	Skydrone Versatyl (X)	Boréal (T) EOS (T) Exail (X) Pilgrim (X) Delair DT46 (X)	UAS 100 (T)		
G3	/	/	/	/	/

4.12.5. Briques critiques

De la même façon, en reprenant la liste des thèmes critiques du paragraphe 4.1.4, des synergies entre besoins MINARM et MIOM pourraient exister sur les briques suivantes :

- Thème 2 : Briques technologique de Navigation en zone brouillée (par exemple : navigation vidéo slam, corrélation cartographique, calculs d'amers, assistance IA, GNSS militaires, antennes CRPA de petites tailles…) ;
- Thème 3 : Briques de fonctions et algorithmie de pilotage à haute performance notamment évitement d'obstacles (naturels ou artificiels, ouvrages d'arts, ponts…) ;
- Thème 4 : Cœur d'avionique sûr et sécurisé *low cost* pour niveaux de risques de vol élevés (SAIL) et en vue des opérations en zone peuplées, en insertion dans le trafic ou en vue de certification ;
- Thème 5 : IA (fonctions d'autonomie, d'analyse et de classification, aide au pilotage, gestion d'imprévus) ;
- Thème 6 : Équipements de communication longue distance résilients (via drone relais, SATCOM *low cost* , Internet Of Thing (IOT)...) de petite taille et légers (cas d'usage de surveillance maritime ou frontière en zone éloignée (Guyane par ex) ;
- Thème 7 : solution ou briques de simulations de réalité virtuelle et augmentée.

Quelques briques seraient spécifiques à l'usage sur le territoire national (par extension, ces briques peuvent bénéficier aux drones AdT lors de déploiement sur le territoire national) :

- Permettant d'atteindre des niveaux de certifications plus élevés (probablement le seul point différenciant conséquent en termes de coût de développement) ;

- Répondant aux droits à l'image et sauvegarde des données ;
- Des aides à l'analyse des images.

4.12.6. Organisation des achats

Le MININT ne dispose pas de support intégré de type DGA : les services opérationnels ou techniques spécifient des besoins souvent associés à leur direction métier d'origine (sécurité civile, police, gendarmerie, préfecture de police…), puis le service achat du Secrétaire général (Direction de l'Evaluation de la Performance, de l'Achat, des Finances et de l'Immobilier/ Service de l'Achat, de l'Innovation et de la Logistique du Ministère de l'Intérieur ou DEPAFI/SAILMI) conduit la procédure administrative d'achat. Par conséquent, le MIOM achète la grande majorité des équipements sur étagère avec peu d'anticipation, ni de critères liés à la souveraineté.

Aussi, les industriels ont beaucoup de mal à connaître les nombreux interlocuteurs, anticiper les besoins afin de mieux préparer des offres adaptées. Une solution serait une concertation plus formalisée MININT Industrie avec des perspectives de besoins à moyen et plus long terme.

4.12.7. Drone de confiance

Contrairement aux USA et à certains autres grands pays, il n'y a pas de restriction à l'usage de drone étrangers par le MIOM en France qui est équipé en majorité de drone DJI chinois jugés peu surs sur le plan de la sécurité des données. Les industriels recommandent l'application du futur label drone de confiance tel que prévu dans la LPM et dont le dispositif d'application est proposé au paragraphe 4.8.

Recommandation hors périmètre mandat GT n°2

La synergie entre les solutions répondant aux besoins MIOM ET MINARM est importante même si des besoins MIOM en particulier sur la sécurité d'usage et la proximité, voire le survol de foules et les règles de type droit à l'image vont imposer dans certains cas des compléments techniques assez ou très spécifiques.

Il n'y a pas d'acteurs industriels spécialisé MININT au niveau mondial, DJI et Skydio en sont le meilleur exemple.

Les quantités répondant aux besoins MININT peuvent s'avérer importantes et entrent dans l'équation de compétitivité globale et de développement de la filière Française

Il est donc recommandé :

- **de mettre en place une concertation MIOM-MINARM avec les industriels, de compléter la feuille de route R&D militaire avec les éléments nécessaires pour répondre au besoin MIOM et de considérer la mise en place d'un label drone de confiance comme aux USA et qui serait une condition nécessaire pour l'achat de drones par le MIOM ;**
- **de créer également un organe de concertation MIOM- Industrie avec deux axes principaux : les drones pour sécurité civile et les drones pour un usage de police administrative.**

Il est proposé que ces points fassent l'objet d'une analyse approfondie dans la suite 2024 du GT drone.

4.13. Conclusion

Le GT estime que la France fait aujourd'hui face à un choix stratégique dans le domaine des drones/MTO tactiques de moins de 150kg. Même si elle a des capacités limitées dans ce domaine par rapport à d'autres nations, elle dispose d'atouts certains grâce à une BITD dynamique et a la possibilité de prendre l'ascendant moyennant des efforts somme toute raisonnables. Si elle ne le fait pas et continue sur ses errements antérieurs, alors elle fera l'impasse sur un segment de technologie de défense dont l'importance ne va faire que croître à l'avenir. Non seulement elle sacrifiera une BITD pleine de potentiel au profit d'une dépendance subie auprès de fournisseurs étrangers, mais elle mettra nos armées dans une position d'infériorité technico-capacitaire sur un champ de bataille, qu'il s'agisse d'un conflit de haute intensité ou non. Pour relever ce défi, le plus important n'est pas tant la problématique financière que la volonté de le faire.

Ce GT a abouti à la formulation de 40 recommandations, concrètes, pragmatiques et réalistes. Certaines d'entre elles sont étroitement liées et permettent de dégager un certain nombre d'idées forces et de priorités :

- Mettre en place des instances de concertation comme un COmité de concertation Drone Militaire France pour la R&D, une réunion annuelle navigabilité), mais surtout un « pacte drones défense », entre MINARM et la filière représentée par le GICAT et l'ADIF, associations professionnelles représentatives, pour qu'un vrai pilotage de celle-ci s'instaure au travers d'un dialogue régulier entre acteurs étatiques et industriels ;
- Consolider et soutenir la BITD :
    - Par une politique active mais sélective de commande de produits en priorité sur étagère et en mettant en place de nouveaux processus d'acquisition et de conduite de programme dynamiques et réactifs, intégrant les contraintes de l'économie de guerre et encourageant les industriels à faire des développements sur fonds propres ;
    - En laissant jouer la loi du marché pour faire émerger des champions nationaux de manière « naturelle » sans que l'Etat veuille jouer au mécano industriel mais en déclarant drones et MTO comme systèmes de souveraineté afin que la France puisse maintenir son autonomie stratégique dans ce domaine ;
    - En contribuant, en concertation avec la DGAC, à la consolidation en cours des moyens et zones d'essais drones/MTO et en permettant de classer aéronefs d'État des drones industriels lorsque les besoins d'essais le nécessitent ;
    - En mettant en place le dispositif de drones de confiance voté dans la LPM ;
- Accélérer la prise en compte des drones dans l'armée de Terre en équipant rapidement certaines unités d'une dotation en drones complète et en faisant appel à des télépilotes réservistes ;
- Adapter la LPM actuelle en matière de drones et MTO de moins de 150kg en prévoyant une feuille de route pluriannuelle avec par segment des flux financiers et des cibles d'acquisition, avec un « jalonnement » de celle-ci par des opérations d'acquisition majeures tous les ans. Un montant cible annuel de 250M€ serait à atteindre en fin de LPM, montant se répartissant comme suit :
    - 170M€ pour les acquisitions ;
    - 60M€ pour la R&D ;
    - 20M€ pour la souveraineté industrielle.

Le GICAT et l'ADIF sont à la disposition du MINARM pour approfondir les propositions faites.

Dans tous cas, la formule de ce GT ayant rencontré une large adhésion auprès des adhérents GICAT et ADIF, il va poursuivre ses travaux sur l'année 2024, en approfondissant certains sujets qui n'ont pu être complètement traités comme les interfaces ou l'intégration des drones sur véhicules.

ANNEXES

Annexe 1 : Mandat du Groupe de travail

Mandat GT Drones GICAT-ADIF

Le conflit en Ukraine a d'ores et déjà apporté un certain nombre d'enseignements en matière d'emploi de drones tactiques sur le champ de bataille :

- caractère indispensable de ce type de systèmes pour un large spectre de missions ;
- nécessité de disposer de systèmes bas coûts consommables ;
- nécessité d'entrainer dès le temps de paix les forces à l'usage de ces systèmes dans des conditions réalistes ;
- besoin de réactivité pour déployer de nouveaux systèmes ou modifier ceux existants pour faire face aux évolutions des menaces dans les délais les plus brefs.

Côté étatique, ces systèmes sont pris en compte depuis plusieurs années dans différentes démarches[41] visant à accompagner leur montée en puissance et leur utilisation grandissante dans les armées. Côté industriel, le GICAT a déjà mené des réflexions[42] sur l'émergence de capacités industrielles nationales dans le domaine des drones. Au vu du retour d'expérience ukrainien, il apparaît indispensable d'accélérer les travaux visant à délivrer plus rapidement aux Forces des capacités adaptées à ces nouveaux usages en s'appuyant sur les atouts de la BITD nationale.

Un GT commun GICAT/ADIF se propose donc de mener une étude visant à faire des propositions à l'État français en vue de constituer à terme un programme d'ensemble « système de drones tactiques aéroportés français ». Les réflexions seront orientées sur les drones aériens (avec les charges utiles associées) d'une masse de moins de 150kg destinés à l'armée de Terre.

L'objectif est de proposer une démarche de structuration de la filière drone française qui permettra de continuer à tirer parti du caractère agile et foisonnant du domaine tout en apportant un cadre à même de répondre aux exigences d'un programme d'armement. Le GT produira ainsi une feuille de route qui visera à permettre aux Forces de disposer à court, moyen et long terme des systèmes dont elles ont besoin, en prenant en compte les aspects opérationnels, capacitaires, contractuels, financiers et industriels.

Le groupe devra :

1. identifier les besoins opérationnels pour lesquels les drones pourraient apporter des solutions :
   a. types de missions offensives et défensives (Combat de contact, Acquisition et frappe dans la profondeur, Combat collaboratif, LAD, etc.) ;
   b. capacités opérationnelles nécessaires, en prenant en compte les aspects relatifs à la préparation au combat ;
   c. contraintes organiques, technico-opérationnelles et d'environnement (RH, intégration/interfaçage avec d'autres systèmes) ;
2. définir selon les différents cas d'emploi, les architectures répondant aux besoins capacitaires en prenant en compte en priorité la dimension économique des drones (aspect consommable, conception à coût objectif) ;
3. identifier et présenter les technologies nécessaires (Briques Technos) à cette feuille de route en tenant compte des objectifs étatiques de souveraineté ;
4. identifier et présenter les contraintes et les possibilités offertes par l'intégration avec les systèmes tiers et définir des interfaces (au bon niveau de granularité) entre les différents modules ;
5. identifier et présenter de manière synthétique et structurée l'offre française actuelle et les programmes en cours ==> cartographier cette offre par rapport au besoin : capacités, architectures,

[41] Études technico-opérationnelle, cluster de réflexion, etc.

[42] GT DRAGON

produits et briques technos. Le groupe pourra aussi établir une matrice SWOT de l'écosystème drone français ;

6. proposer un planning et une démarche industrielle permettant de répondre au besoin :
   a. calendrier ;
   b. comment consolider l'écosystème drone français avec des produits qui doivent être prêts sur des horizons courts dans un environnement qui évolue rapidement ;
7. identifier des outils contractuels innovants permettant de concilier les différents contraintes et besoins :
   a. respect des règles de la commande publique, au premier rang desquelles l'ouverture à la concurrence ;
   b. agilité pour répondre à de nouveaux besoins ;
   c. lisibilité à donner aux industriels leur permettant de lancer les investissements nécessaires et donc d'apporter les innovations susceptibles d'apporter un avantage opérationnel à nos Forces.

Le GT devra produire :

- Pour fin juin 2023, un rapport intermédiaire qui si possible proposera un « quick win » concret qui pourrait être mis en œuvre rapidement et qui pourrait être valorisé à l'occasion du prochain salon Eurosatory ;
- Pour la fin de l'année 2023, un rapport complet qui couvrira l'ensemble des points mentionnés précédemment, mais aussi qui proposera des recommandations avec des mesures concrètes qui pourraient mises en œuvre dès le premier semestre de l'année 2024.

Annexe 2 : Annexes industrielles

Annexe 2.1 : ADIF

1.L'Association des Drones de l 'Industrie Française (ADIF) : contexte et positionnement

Les drones deviennent omniprésents, dans le champ civil et militaire. Ce sont de formidables outils pour la transition numérique des entreprises, capables de générer des jumeaux numériques à grande échelle. Ils permettent de sécuriser les infrastructures industrielles et leur environnement contre les accidents et les malveillances, et de lutter plus efficacement contre les conséquences des catastrophes naturelles. Les drones participent aussi à la transition environnementale en aidant à réduire drastiquement les quantités de pesticides employés en agriculture. Ce sont des outils indispensables pour les forces publiques chargées d'assurer la sécurité de nos concitoyens ainsi que le contrôle des flux migratoires et dans le cadre des conflits armés, comme le démontre chaque jour l'actualité.

Toutes les études de marché, quelle que soit la segmentation choisie, prévoient que l'industrie du drone représentera au moins plusieurs dizaines de milliards à horizon 2030. Il ne fait pas de doute qu'à terme, de nombreux moyens aériens seront sans pilote : outre le risque évité pour lui-même, le pilote représente une masse qu'il n'est technologiquement plus nécessaire d'embarquer, ce qui permet de rendre les aéronefs plus légers, plus silencieux, plus frugaux. La maîtrise technologique des moyens autonomes qui sillonneront le ciel dans le futur (puisque cela arrivera, en France et dans le monde, quoi qu'on décide pour notre propre industrie) nous paraît stratégique en termes d'indépendance et de souveraineté, et alors que la France cherche à se réindustrialiser, la mission de l'ADIF est validée par le contexte actuel.

L'ADIF rassemble aujourd'hui 33 constructeurs et équipementiers de la filière industrielle drone française, soit la quasi-totalité de ses membres, représentant environ 1000 emplois et 100 millions d'euros de chiffre d'affaires, en grande majorité à l'export avec des perspectives de croissance x10 à l'horizon 2030.

L'ADIF est l'interlocutrice légitime et privilégiée de l'Administration Française pour tout ce qui a trait à la politique des drones en France, et enfin l'ADIF a contribué au débat public en publiant des rapports, feuilles de route et analyses, sur les enjeux de la filière drone en France, la décarbonatation apportée par les drones aux usages aériens ainsi qu'un retour d'expérience sur la guerre en Ukraine.

2. Position de l 'ADIF vis à vis du rapport GICAT

L'idée de la constitution d'un GT drone au sein du GICAT est née d'un dialogue entre le Groupement et l 'ADIF. De nombreux membres de l 'Association ont apporté leurs contributions aux travaux du GT et à la rédaction de son premier rapport. Au moment de la publication de ce rapport l'ADIF souhaite marquer son soutien à ce travail ainsi que son souhait de voir les travaux du GT se poursuivre pour une année supplémentaire.

- L'ADIF endosse le rapport y compris les recommandations qui y sont formulées
- L'ADIF se déclare prête à travailler en coopération avec l'État sur tous les sujets relatifs à l'usage des drones dans les domaines de la Défense et de la Sécurité Civile. Elle propose sa contribution pour édifier le « Pacte Drone » proposé dans le rapport et se tient prête, avec ses membres à contribuer activement à la vie de ce pacte. Elle pense ainsi pouvoir servir de relai entre l'administration et la BITD drone.

Pour développer une offre de produits correspondant aux besoins spécifiques des forces de Défense et de Sécurité Civile en France et à l'export, la BITD drone devra mobiliser des financements. Si une partie de ces besoins pourront être couvert par l'autofinancement, le concours public sera néanmoins indispensable. La commande de produits, plutôt que tout autre outil (subventions, etc...), devrait être le principal vecteur d'un tel financement public.

Annexe 2.2 : ELISTAIR

Créée en 2014, **ELISTAIR** est une entreprise française spécialisée dans la conception et la fabrication de drones filaires à destination des acteurs de la défense et de la sécurité intérieure. La société commercialise ses produits dans plus de 65 pays et s'est rapidement développée et structurée pour devenir un des principaux acteurs du drone filaire au niveau international.

UAS Orion 2.2 Tactical Edition

Le drone filaire ORION 2 a été conçu spécialement pour endurer des vols de 50 heures dans le cadre de mission de renseignement sur le champ de bataille. Il répond aux besoins de surveillance aérienne et de télécommunications persistantes pour les applications militaires : protection de périmètre, télécommunications tactiques, surveillance de frontières.



DroneBox Khronos

KHRONOS est un système de drone captif entièrement automatisé conçu pour les missions de renseignement, de surveillance et de reconnaissance (ISR) dans des environnements difficiles, dépourvus de GPS/GNSS et de radiofréquences (Dark RF). KHRONOS peut fonctionner à partir de plates-formes fixes et mobiles avec un minimum d'intervention humaine, ce qui permet aux opérateurs en déplacement de disposer d'une vue aérienne sans besoin de formation.



<u>Sujet non traité dans le rapport Drones du GICAT</u> :
L'automatisation des drones est un sujet sur lequel Elistair travaille activement afin de libérer au maximum les opérationnels de l'action de télépilotage.
Nous souhaiterions pouvoir engager des discussions avec la DGAC et la DGA pour faire homologuer des scénarios d'utilisation de drones sans pour autant avoir besoin de formation de télépilote.

www.elistair.com

Annexe 2.3 : SCALIAN

SCALIAN

Intégrateur et éditeur de **plateforme de pilotage d'essaims, nuées, meutes de drones pour des missions non prévisibles et complexes**



Figure 1 EZ_chains déployée sur 6 UAV en flotille

Au cœur de plusieurs écosystèmes (ADIF, Aerospace Valley, Pole Safe, etc..), SCALIAN contribue à la construction de la filière drone française. Cette, entreprise française de 5 500 collaborateurs a contribué à ce rapport sur les sujets : industrialisation et la standardisation.

Depuis 2015, grâce à des financements R&D sur fonds propres, ou provenant de guichets Bpifrance ou UE, SCALIAN a développé une **plateforme logicielle** (appelé EZ_CHAINS) pour drones dans le secteur civil dans le but de réaliser des missions complexes tout en réduisant le nombre de tâches par télésurveillant. Ces essaims de drones peuvent être hétérogènes et équipés de différentes charges utiles (des dronistes utilisent déjà notre logiciel). Les trois piliers majeurs - sécurité - réduction de la charge cognitive - communication inter-drones sont intégrés.

La plateforme composée de briques matures et éprouvées apporte une **solution industrielle duale** civile/défense **et donc économique**. Ses points forts sont :

- **Résilience** : fonctionnement en mode nominal/dégradé face aux pannes, aux perturbations inattendues dans l'environnement
- **Modularité** : le logiciel s'installe sur des drones aériens, terrestres ou flottants, s'adapte à différents scénarios (surveillance périmétrique-zonale, combinaison d'actions, saturation, permanence de service) et permet une organisation des drones sous forme de groupes et rôles. Grâce à la réallocation dynamique des tâches, le système garantit une atteinte d'objectifs sans surcharge cognitive.
- **Distribuée** : l'algorithme peut être exécuté à bord ou au sol. Seules des commandes de très haut niveau sont nécessaires à partir de la commande centrale. L'humain peut à tout moment reprendre la main et modifier la mission.
- **Frugalité :** le système est optimisé pour une consommation d'énergie réduite dans le drone, un faible flux de communication entre les drones et un coût réduit à l'achat/à l'usage
- **Description du logiciel** : un logiciel embarqué dans chaque drone et un logiciel de Command and Control en 3D pour la préparation (simulation), le suivi et la modification de la mission.
-

2021 : logiciel EZ_Chains - élu meilleur logiciel embarqué aux Assises de l'Embarquée.
2023 : Challenge COHOMA2 (BattleLabTerre), le logiciel EZ_Chains a été le plus performant en taux de détection de cibles de manière automatique

Annexe 2.4 : SQUADRONE SYSTEM



Essaim de drones
projet RAPID TAMOS
©Squadrone System

Squadrone System est une société d'ingénierie en aéronautique créée en février 2014. Elle est spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation de solutions drones autonomes et intelligentes pour des usages industriels dans les environnements complexes. La société est basée à Grenoble où elle effectue sur le même site ses activités de R&D et de production (petites séries).

Squadrone System a développé des compétences fortes sur la conception de drones, l'intégration de charges utiles spécifiques, la fusion de données multi-capteurs pour la localisation et la navigation de robots, et le savoir-faire sur les processus de validation et qualité. La société a aussi développé une compétence forte sur l'industrialisation, la certification (marquage CE et homologation) et la production de produits drones. Son premier produit HEXO+ a été produit à plus de 3500 exemplaires avec une capacité de production sous-traitée en France de 600 drones / semaine.

Les trois marchés ciblés par la société sont les suivant :
– L'inventaire en entrepôt logistique avec la solution d'inventaire automatisée **EYESEE**
– L'inspection automatisée avec la solution **CROW**
– Et la Défense

SQUADRONE SYSTEM collabore dans le domaine de la Défense depuis plusieurs années avec des grands industriels, mais aussi sur des projets financés par la DGA (comme le **PST FURIOUS** concernant la robotisation de l'Armée de Terre), ou par l'AID au travers des projets **RAPID TAMOS et DRONEDGE-R** qui sont liés à la gestion d'essaims de drones, ou l'appel à projet concernant la lutte anti-drone avec le projet **RAPID-EAGLE** menée avec THALES. Récemment la société a remporté en 2021 le 1er prix du challenge **CoHoMa** organisé par le Battle Lab Terre en mettant en œuvre deux drones aériens coordonnés avec robot terrestre.

La société est aussi active sur le marché de la **logistique** avec sa solution d'inventaire automatisée en entrepôts logistique **EYESEE**[43] et sur le marché de l'inspection automatisée avec sa solution **CROW**. Ces solutions sont d'ailleurs utilisées dans la défense : le drone inventaire EYESEE a été déployé dans l'entrepôt SCA de Marseille, et la solution d'inspection est utilisée par Airbus D&S en Espagne sur des gros porteurs.

Fort de son expérience, et membre de l'ADIF, la société a contribué principalement dans le présent rapport sur les sujets du panorama du marché, des innovations liées aux essaims de drones, et sur l'industrialisation et la production.

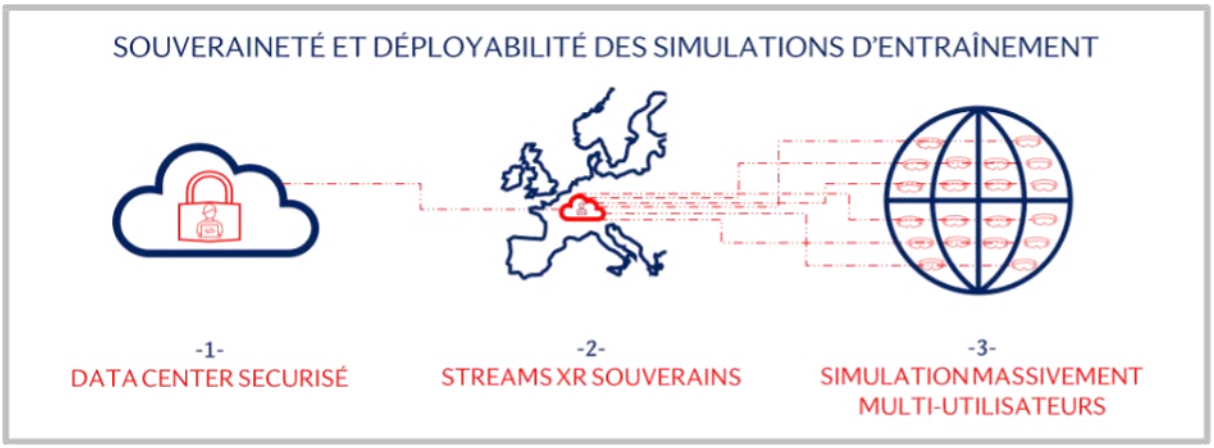
[43] https://www.eyesee-drone.com/fr/

Annexe 2.5 : LRD Simulation

LRD | CLOUD DE SIMULATION

LRD Simulation[44] (anciennement LINGUANOMICS RD) est une société de cloud-computing qui développe des systèmes permettant d'accéder à des simulations 2D, 3D et XR (VR/AR) intensives en calcul, sans que les utilisateurs ne détiennent localement de PC ni de GPU.





Ainsi des simulations d'entraînement et de pilotage peuvent être simultanément déployées rapidement auprès d'un grand nombre d'opérateurs de manière souveraine, tout en réduisant le coût d'équipement local.

Cette technologie de rupture permettrait de mettre en place une capacité de projection pour l'entraînement et le combat à très large échelle, tel que cela est décrit dans l'annexe n°7 du rapport intitulée « Guerre dronique info-tactique massive ».

[44] https://www.linguanomics.com

Annexe 2.6 : DELAIR

Depuis 2011 Delair conçoit, fabrique et commercialise dans le monde entier, une gamme complète de drones pour l'industrie et la Défense. Présent dans plus de 70 pays, Delair compte plusieurs milliers de drones en opération dans le monde, une centaine de salariés, réalise plus de 10M€ de CA et est bénéficiaire sur les 3 derniers exercices.



Delair est présent sur le marché de la Sécurité/défense (surveillance de frontières, support opérations de police et militaires, lutte contre les incendies….) avec des dizaines de références en France (Direction Générale de l'Armement, Agence Innovation Défense, SDIS, etc…) et dans le monde (environ 20 forces de police et de Défense en Europe de l'Est, Afrique et Asie du Sud Est).

Depuis 2016 les drones Delair ont effectué des dizaines de milliers de vols en Ukraine pour l'OSCE, et en 2023, les forces Ukrainiennes ont sélectionné ces drones pour leur fiabilité et leur résistance à la guerre électronique (notamment brouillage GNSS), ce qui a conduit à la livraison en 6 mois de 150 drones opérés avec succès sur la ligne de front par l'armée ukrainienne.

Les drones sont entièrement conçus et fabriqués au sein de l'usine de Toulouse de 3000m2, et l'entreprise est certifiée ISO 9001



Annexe 2.7 : SURVEY COPTER

La réactivité d'une PME française, associée à la fiabilité du grand groupe aéronautique international AIRBUS, cumulant des synergies de savoir-faire drone et défense inégalées.

Basée dans la Drôme, Survey Copter est un systémier drone complet qui conçoit, produit et maintient en conditions opérationnelles des solutions de drones tactiques légers depuis 1996. La société est spécialisée dans les mini drones typés « voilure fixe » à vocations militaires comme civiles : elle a ainsi vendu plus de 300 systèmes de drones. Survey Copter est devenue une référence d'expertise dans le domaine du drone militaire au travers de nombreux contrats nationaux tels que DRAC (Armée de terre) ou SMDM (Marine nationale) et internationaux, offrant une expérience opérationnelle conséquente, forte de plus de 20 ans de déploiements sur divers théâtres d'opérations. Qualifiés et certifiés par la Direction Générale de l'Armement, les systèmes produits par Survey Copter satisfont leurs utilisateurs avec un haut niveau de sécurité, de fiabilité, de performance et de régularité en vol.





De gauche à droite : décollage d'un DRAC ; décollage d'un SMDM ; atterrissage d'un SMDM

Systémier et intégrateur, Survey Copter s'appuie sur un réseau de fournisseurs en très grande majorité nationaux et européens, et répond aux contraintes de souverainetés. Grâce à sa maîtrise technologique, Survey Copter conçoit l'intégralité de ses systèmes (vecteur aérien, station sol, etc.), et intègre dans ses drones des calculateurs de vol sécurisés bénéficiant des algorithmes de vol les plus avancés conçus par sa filiale weControl, à des niveaux de qualité reconnus et certifiés ISO9001 et EN9100. Nous proposons à nos clients un service complet associant fourniture des systèmes, de leurs pièces de rechanges, formation des opérateurs, des techniciens de maintenance, et documentations associées. Survey Copter accompagne ses clients dans le cycle de vie complet des systèmes de drones.

Survey Copter œuvre avec d'autres autorités telles que l'EASA et la DGAC, pour faire évoluer ses drones en cohérence avec les futures réglementations du trafic aérien. L'entreprise entend ainsi être parmi les pionniers en matière de sécurité pour des applications tout autant civiles que militaires

Par ailleurs Survey Copter étend sa gamme avec le CAPA-X : un nouveau système dévoilé au dernier SOFINS, disponible dès 2025, axé sur une triple modularité de payload, performances, et de certificabilité incrémentale, afin de pouvoir standardiser les pièces (optimisation des coûts) tout en permettant d'ajuster la solution à vos besoins de manière native et évolutive via de simple reconfigurations.



CAPA-X configuré en VTOL ailes longues et bi-payload

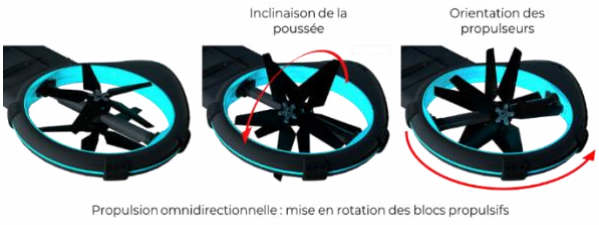
Annexe 2.8 : AERIX

AERIX



Drones
ultra rapides ultra-manœuvrants

Le futur du drone de combat



La technologie Aerix de propulsion omnidirectionnelle inspirée d'un gyroscope permet l'inclinaison et l'orientation de la poussée sans limite d'angle
Elle rend faisable la réalisation de drones ultra-manœuvrants, ultra-rapides ayant des performances bien au-delà de ce qui existe ou même de ce qui était considéré comme possible .

Aerix propose des drones civils et militaires de 3 à 50Kg (et en étude jusqu'à 150Kg) dont une gamme militaires de drones FPV de combat MTO ou surveillance.

Exemples de performances bien au-delà de tous les mini drones existants :

- Accélération 0 à >200K/h en 2.5 s. Vitesse max 240 km/h, 300 km/h en piqué
- Rayon de virage 2 mètres à V max
- Rotation jusqu'à 1tr/s
- Décollage, atterrissage ou vol toute orientation, sur la tranche comme sur le dos (capacité de décollage ou largage depuis n'importe quel véhicule)
- Trajectoire erratique à haute vitesse (quasi impossibilité d'interception)
- Suivi de terrain avec évitement d'obstacles à basse altitude à haute vitesse ou à très basse vitesse (furtivité)
- Emport de charge légère ou lourde (rapport poids poussée de 1/6 à terme, 1/5 actuel)
- Attaque finale sur point précis (précision décimétrique permises par les performances de manœuvrabilité basse / haute vitesse)
- FPV assisté IA, en immersif ou non, accessible à un pilote non expert

Permettant des applications opérationnelles plus efficaces ou nouvelles :

- Utilisable comme MTO ou en surveillance classique, à très courte portée: 200m, ou à grande distance avec ou sans relais de communication: 40 km (avec l'ajout de plan porteur)
- Réellement tous temps, insensible au vent (jusqu'à 100km/h)
- Tous types de stratégie d'approche ou d'attaque, basse ou haute altitude, suivi de terrain, attaque sur point faible, choix de l'angle final, précision au degré près
- Furtivité : Quasiment ni détectable, ni interceptable avec les technologies anti-drones actuelles
- Navigation en zone brouillée en autonomie et sans GNSS
- Vol en solitaire petit groupe ou en essaim
- Mise en œuvre ultra rapide avec stockage et décollage toute position, facilité d'utilisation et sûreté de vol (redondance et mode de défaillance assurées)
- PFV assisté IA permettant le pilotage de non experts
- Utilisable à très courte portée : 200m, ou à très longue avec ou sans relais: 40 km (avec l'ajout de plan porteur)
- Grande efficacité en interception drone anti drone,
- Interception d' hélicoptère possible

Permettant d'être en mode combat bien plus que des munitions rôdeuses mais de véritables micro ou mini missiles croisière.

Aerix Systems poursuit son programme de développement depuis 2021, avec les premiers démonstrateurs opérationnels prévus pour 2024 , les premières ventes en 2025 et un montée progressive en fonctionnalités
Aerix Systems a finalisé sa première levée de fonds auprès d'associations business Angels grandes écoles et défense renommés et prépare sa seconde levée pour 2025.

Annexe 2.9 : SIMPULSE

SIMPULSE
TRUST YOUR RADIO LINK

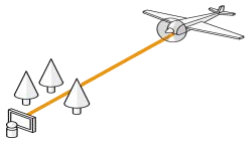
Simpulse a été fondée en 2011 à Palaiseau, les premières années ont été consacrées au développement d'une plateforme propriétaire de radio logicielle (SDR) 'Pulsar' utilisée notamment pour élaborer de nouvelles formes d'onde et de puissants algorithmes de traitement du signal.



Le produit phare de Simpulse, le modem **SL200**, intègre le résultat d'années d'expérience de cette technologie SDR souveraine. Cette solution est déployée aujourd'hui dans de nombreuses applications de transmission radio de données et de vidéo à longue portée hautement mobiles, ainsi que dans une grande variété de liaisons radio en milieux difficiles.

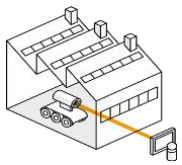
Applications :

Longue élongation :



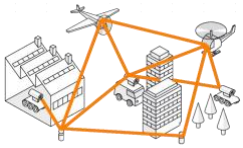
Le lien radio Simpulse SL200 permet aujourd'hui d'atteindre des portées supérieures à 100km pour transmettre des données telles qu'une vidéo HD (4Mbps) en utilisant une puissance RF de 0,6W seulement.

Milieux perturbés



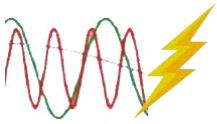
Le lien radio SL200 présente aussi une remarquable robustesse aux perturbations environnantes (interférences, obstacles…) et constitue ainsi une solution performante pour des applications robotiques en milieux hostiles, urbains, ou nucléaires.

Réseau maillé (Mesh) :



Dans le courant de l'année 2024, une nouvelle solution SL300 sera proposée avec une fonctionnalité de réseau 'Mesh' compatible avec les propriétés de longue élongation qui caractérisent les solutions Simpulse

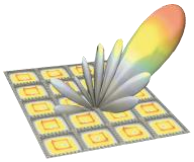
Antibrouillage :



Simpulse propose de développer dans le nouveau SL300 une solution de communication multifréquence particulièrement résistante aux brouillages et compatible avec la fonctionnalité 'Mesh', ce qui représente une réelle innovation par rapport aux solutions existantes.

Afin d'accompagner ce développement, Simpulse a déposé à l'AID en Avril 2023 un projet RAPID nommé 'CARABA', à ce jour toujours en examen à la DGA.

Études avancées



Élaboration d'antennes intelligentes (réseau d'antenne à décalage de phase) piloté directement par le modem SL300 pour améliorer la transmission par un suivi de l'émetteur sans organe mécanique.

Annexe 2.10 : PARROT

Parrot est un acteur majeur de l'industrie mondiale des microdrones et le premier groupe européen en termes de conception, développement et commercialisation d'une gamme de microdrones et de logiciels dédiés aux professionnels.

Fondée en 1994 par Henri Seydoux, Parrot a toujours été un groupe international à la pointe de l'innovation, ayant adopté très tôt un modèle économique proche de celui de la Silicon Valley (forte capacité de R&D, attention portée au design, externalisation de la fabrication, distribution internationale). Parrot conçoit et développe ses produits en Europe, principalement à Paris, où se situe son siège social, avec une production aux États-Unis et en Corée du Sud.

Parrot se concentre sur les microdrones légers et performants, conçus pour la sécurité civile (incendie, accident, catastrophe naturelle) et la défense (reconnaissance, surveillance), ainsi que pour l'inspection et la cartographie (infrastructures, ouvrages d'art, chantiers, etc…). Pionnier des drones civils, Parrot a largement contribué à la démocratisation des drones hautement performants en proposant une variété de microdrones innovants, offrant bon nombre de caractéristiques que l'on ne trouve normalement que sur des drones plus imposants.

La gamme de micro drones ANAFI de Parrot, reconnue pour ses performances, sa robustesse et sa simplicité d'utilisation, dispose d'une architecture open source et répond aux plus hauts standards en matière de cybersécurité et de transparence. Fruit de plus de 15 ans d'investissements continus, de recherche et développement à la pointe de son domaine, avec plus de 5 millions de drones vendus dans le monde, Parrot commercialise aujourd'hui l'ANAFI USA pour les services de sécurité et de protection et pour les forces armées, et l'ANAFI Ai pour les professionnels, les entreprises et les grands groupes.

ANAFI USA a été choisi par la DGA (Direction Générale de l'Armement) pour assurer les missions d'observation et de reconnaissance des forces armées françaises. Il est également approuvé par le programme Blue sUAS, une initiative du Département de la Défense (DOD) des États-Unis, qui sélectionne les technologies de systèmes aériens sans pilote (UAS) pour des utilisations stratégiques et permet sa commercialisation sur la plateforme d'approvisionnement gouvernementale « GSA Schedule3 ». Il est également conforme aux lois NDAA et TAA des États-Unis d'Amérique, ce qui vaut à ANAFI USA d'être utilisé par la plupart des agences fédérales américaines.

Parrot continue à remporter de nombreux appels d'offres avec ANAFI USA pour équiper les forces de sécurité de nombreux pays en drones civils, en particulier les pays de l'OTAN et ceux qui portent une attention particulière à la cybersécurité. Déployé dans plus de 50 pays, ANAFI USA est fiable et reconnu dans le monde entier par la défense, les agences fédérales, les gouvernements et les forces de l'ordre. Pour les missions de surveillance et de reconnaissance, ANAFI USA est également utilisé dans le cadre du conflit en Ukraine.

Annexe 2.11 : EXAGONE - RESEAU TERIA

- RESEAU TERIA

Le réseau TERIA a été initié en France en 2005 par l'Ordre des Géomètres- Experts, avec l'ambition de doter la profession d'un outil de géolocalisation temps réel de précision centimétrique pour unifier la production des données topographiques et foncières. Ce haut niveau de performance, certifié ISO 9001 et 14001, a suscité l'intérêt de tous les acteurs de la géolocalisation. Le service TERIA s'est ainsi naturellement étendu aux domaines des transports, de l'aéronautique, la défense, la santé, le suivi de personnes, le sport et les loisirs, l'agriculture de précision, la robotique industrielle, la smart city et ou encore la recherche environnementale. Aujourd'hui, il constitue déjà un outil à forte plus-value pour les besoins de la réalité augmentée ou de l'intelligence artificielle. Pour avoir toujours prôné l'excellence, TERIA s'engage désormais dans des partenariats à long terme ouverts et participatifs, créant ainsi un lien fort au cœur de l'innovation. Son ambition est de proposer à l'échelle mondiale, un Service Expert à très haut niveau de performance et d'intégrité. Elle s'inscrit totalement dans une démarche de société à mission avec la volonté d'associer la recherche de la performance économique et la contribution à l'intérêt général.



Annexe 2.12 : PILGRIM TECHNOLOGY

Fondée à Nantes (44) en 2012, Pilgrim Technology est une entreprise Française spécialisée dans le développement de solutions robotiques dédiée à l'inspection et la sûreté.
Depuis 2012, cette entreprise à développé des solutions de robotique terrestre et aquatiques mais également plusieurs solutions de drones multirotors. Actuellement fournisseur de Thales et Naval Group pour des solutions de largage de précision de payload allant jusqu'à 33kg. Ces drones sont robustes et marinisés pour intervenir dans des milieux difficiles.
Les drones et robots de Pilgrim Technology sont entièrement conçus, développés et fabriqués à Nantes, l'entreprise est ISO 9001 et MASE.
Reconnues dans le domaine des énergies, particulièrement le pétrole et le nucléaire, toutes ses solutions robotiques ou drones sont adaptées pour une prise en main extrêmement rapide (IHM très simplifiée et haut niveau d'autonomie avec de la cartographie temps réel et de l'évitement robuste), une forte robustesse (travail en offshore), des capacités particulières terrain (appontage), être payload agnostique jusqu'à 33kg. Toutes les solutions de Pilgrim Technology intègrent un PC compagnon qui permet d'embarquer de l'intelligence en plus du payload.



Figure 2 DRAGON P30 + SONOFLASH



Figure 1 HYPERION NAVAL GROUP



Figure 3 - FURIA R23



Figure 4 - AMPHIBOT



Figure 5 -

Annexe 2.13 : DIODON DRONE TECHNOLOGY

DIODON DRONE TECHNOLOGY conçoit, fabrique et commercialise une gamme de drones aériens maritimes de reconnaissance, de surveillance et d'inspection en mer. Fabriqués à Toulouse et 100% étanches, les systèmes sont nativement conçus pour les exigences extrêmes des activités en mer de toutes natures :

- Actions de l'Etat en mer,
- Actions aéromaritimes,
- Industries offshores et Énergies Marines Renouvelables.





Créée en 2017 pour répondre à un besoin de solutions robustes pour équiper les navires et embarcations de petites tailles, DIODON opère sur l'ensemble de la chaîne de valeur des systèmes : de la conception, à l'intégration sur navires, au soutien logistique pour la maintenance en condition opérationnelle des drones. DIODON DRONE TECHNOLOGY est certifiée ISO9001:2015.

DIODON HP30 : Drone semi-rigide étanche de reconnaissance



Le DIODON HP30 est un drone aérien maritime – inférieur à 2kg – 100% étanche fabriqué en France pour la reconnaissance jour/nuit en mer.

Jumelles déportées des embarcations de 3 mètres à 35 mètres (du semi-rigide – RHIB aux vedettes côtières), le DIODON HP30 permet d'effectuer les meilleurs choix tactiques lors de missions de surveillance des frontières maritimes, de sauvetage en mer, d'assistance lors de catastrophes naturelles côtières.

Le système équipe des forces spéciales marines, des marines et des garde-côtes en Europe, Afrique de l'Ouest et Asie du Sud-Est.

Annexe 2.14 : HIONOS

Hionos a été créée en 2016, autour de compétences dans le développement de logiciels critiques pour l'aéronautique habitée et de compétences en développement logiciel pour drones. La vocation de Hionos est de permettre aux constructeurs d'atteindre des niveaux de fiabilité équivalents à ce qui existe dans l'aéronautique habitée, en particulier grâce au respect de normes internationales telles que la DO-178C

Pour cela, nous développons, maintenons et commercialisons un autopilote logiciel pour drone, ayant la particularité d'être conforme à la DO-178C, une norme logicielle internationalement reconnue et nécessaire pour les drones réalisant des opérations critiques.

Les solutions de Hionos :

Pulsar

Cet autopilote sur étagère est dédié aux drones dotés d'architectures simples, tels que les multicoptères et les drones à voilure fixe.



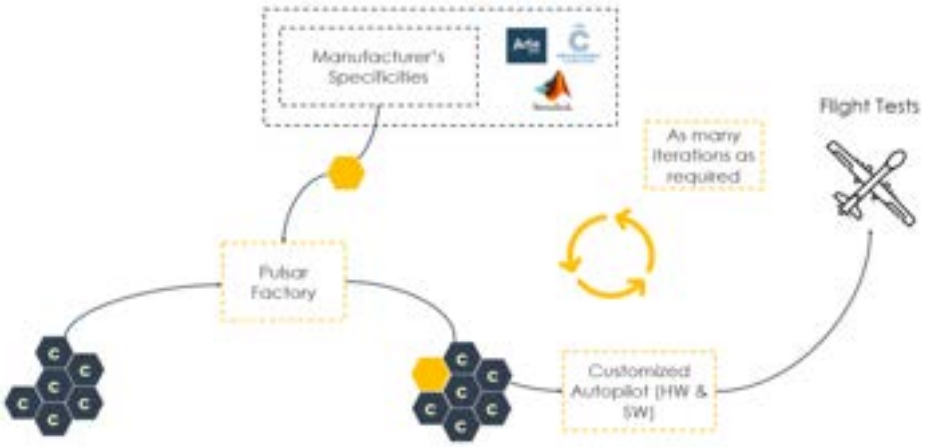
L'autopilote Pulsar est équipé de fonctionnalités telles que :

- La gestion des pannes ;
- Le pilotage manuel ;
- La navigation autonome.

Pulsar dispose de toutes les preuves nécessaires pour démontrer la conformité du logiciel à la norme DO-178C.

Pulsar Factory

Pour les drones disposant d'une architecture complexe, nous recommandons l'utilisation de Pulsar Factory, un environnement permettant au constructeur d'apporter lui-même des modifications à l'autopilote en utilisant des composants existants. Pulsar Factory propose également des outils pour le Software in the Loop et le Hardware in the Loop, permettant d'accélérer le développement.



L'utilisation de Pulsar Factory réduit la durée de développement d'un autopilote certifiable, ainsi que les coûts associés.

Annexe 2.15 : M3 Systems – Drone BOREAL

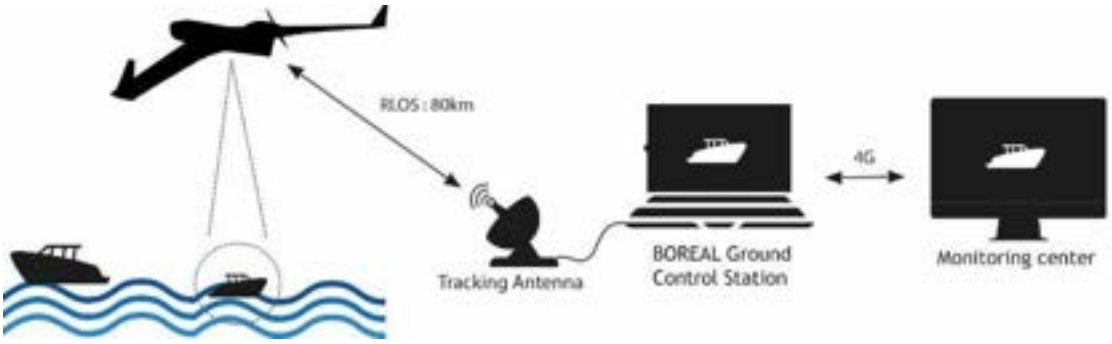
Créée en 2011, le constructeur **drone BOREAL** et son produit ont ensuite été intégrés à M3 Systems en 2015. Ce regroupement à permis de créer une synergie entre les solutions de **Test & Mesures GNSS** et l'expertise en **gestion du trafic aérien**, développée par M3 Systems.

Avec une position de leader dans le domaine des drones civils en France, l'entreprise vise à établir le système BOREAL comme une référence mondiale pour l'expérimentation scientifique et les missions ISR à grande distance.

Le BOREAL est un drone à voilure fixe capable d'emporter jusqu'à 7 kg de charge utile pour réaliser des missions de plus de 8 heures. Avec une envergure de 4,20 mètres et une masse au décollage inférieure à 25 kg, le BOREAL dispose d'une endurance qui lui permet de parcourir jusqu'à 800 km au cours d'un vol, dans des conditions de stabilité remarquables pour un aéronef de sa catégorie.



Le système drone BOREAL est un système téléopéré depuis une station sol qui peut être mobile de type fourgon, ou fixe type shelter et bâtiment. Le vecteur a été conçu pour être opéré grâce à un lancement par catapulte et une récupération à basse vitesse (50km/h) par posé sur le sol et sur une courte distance, compatible avec les terrains non préparés de type plage, champ de terre ou herbe.



Système BOREAL ISR (cas d'usage surveillance maritime)

Ce système drone permet d'adresser plusieurs cas d'usage :

- le cas d'usage ISR qui avec l'utilisation d'une tourelle optronique gyrostabilisée adresse le sujet de la surveillance temps réel HD dans le visible et l'infrarouge. Une campagne d'envergure a été conduire pour le compte de la préfecture de Guyane.
- bénéficiant d'une forte culture scientifique, le vecteur BOREAL se positionne comme un laboratoire volant permettant de répondre à de fortes contraintes opérationnelles et expérimentales imposées par le monde scientifique.

Plus de 15 payloads d'observation dans le visible et l'infrarouge ont été qualifiées sur ce vecteur notamment dans le cadre du projet Terriscope avec l'ONERA mais aussi en partenariat avec Avion Jaune et les Lidars de notre partenaire Yellowscan. Les prochains challenges du groupe sont d'adresser l'observation à l'échelle radio fréquence. Le système répond aux standards Européens, il est entièrement équipé pour réaliser des vols hors vue, de jour comme de nuit.

Annexe 2.16 : CLOUDSKYES

Cloudskeyes (CKS) est une start-up toulousaine fondée en 2022 et spécialisée dans les nano-drones autonomes capables de voler en essaim. Ils peuvent être utilisés pour des missions duales de surveillance (civile/tactique), d'inspection et de reconnaissance en temps réel, de détection d'incendies de forêt, de recherche et de sauvetage, de sécurité/sûreté et d'inspections industrielles et de MTO.
Ses membres rassemblent des expertises en hardware, informatique/cyber et avionique (solutions propriétaires) avec près de 25 ans d'expérience dans l'industrie aérospatiale en charges utiles et missions. Également télépilotes longue distance, ils ont accumulé de nombreuses heures d'expérience de vol dans diverses opérations.

Cloudskeyes s'appuie également sur son expertise réglementaire. Regroupés dans les programmes aéronautiques et drones, ils ont mis directement en pratique leur expérience et leur savoir-faire en électronique, pilotage automatique, trajectoires complexes, communications, intégration et pour construire une solution industrielle unique et propriétaire.

Cette solution est en développement continu depuis 2 ans auprès des opérateurs et experts en surveillance, et nécessite un haut niveau d'intégration et de développement tant en avionique qu'en informatique.



Elle nécessite une large gamme d'expertises mises en œuvre de manière totalement autonome :

- Intégration charge utile/capteur (optique, thermique)
- Capture et imagerie aéroportées
- Compression des données
- Chaîne de transmission C2 (vidéo/détection) via différentes infrastructures de communication : système d'antennes RLOS
- Plateforme de commandement, de contrôle et de supervision accessible en SaaS ou déployable localement
- Intelligence artificielle

Hautement transportable et adaptable, notre concept est conçu et pensé pour faire face à un engagement de haute intensité.

Annexe 2.17 : HEXADRONE

Fondée en 2014, Hexadrone est une entreprise française opérant dans le secteur des drones professionnels. Passant de la vente en ligne de composants à la fabrication de drones, Hexadrone a introduit sur le marché le concept du TUNDRA, un drone modulable et résistant, récompensé par un Red Dot Award en 2018.

En investissant dans une usine à Saint Ferréol d'Auroure, en Haute-Loire, Hexadrone a augmenté sa capacité de production à 1000 drones par an, passant ainsi d'une conception artisanale à industrielle. L'entreprise met en avant son engagement envers l'innovation, la qualité et le service clientèle, tout en favorisant le Made In France.

Avec son bureau d'études, Hexadrone s'implique dans une démarche d'amélioration continue, permettant le développement et l'intégration de nouveaux produits et solutions adaptés aux besoins de ses clients. Hexadrone dispose également d'un laboratoire équipé de machines d'essai pour tester la résistance et les performances de ses drones et des accessoires et charges utiles qu'elle intègre.

La société réalise 50% de son chiffre d'affaires dans le secteur de la Défense.

Parmi les clients de l'entreprise, de grands groupes internationaux ou des services d'État : Ministère des Armées (EM COS, BATTLE-LAB TERRE, CEAM, 17GA, CPA30), THALES, NAVAL GROUP, CEA DAM, AIRBUS HELICOPTERS, AIRBUS DEFENSE, TOTALENERGIE... HEXADRONE travaille également avec des centres de recherche, laboratoires, universités (CNRS / CNES / CERN / CEA DAM / CEA / INRAE / IRISA / ONERA…).

Quelques chiffres clés :

2014 : Création d'Hexadrone
2018 : 1re levée de fonds
2021 : Commercialisation du drone TUNDRA
2021 : Hexadrone est lauréat du plan France Relance
2022 : Inauguration des locaux de St Ferréol d'Auroure
2023 : Commercialisation du drone TUNDRA 2

Effectif : 20 personnes
CA 2022 : 2,3 M€

Son produit phare, le TUNDRA 2, se caractérise par sa modularité. Conçu et fabriqué en France, il est équipé de bras interchangeables et d'interfaces multiples, assurant une adaptabilité à une multitude de missions, de la sécurité à l'agriculture en passant par l'audiovisuel.

De plus, ses trois standards universels - [TR-COMM], [TR-MODULE], et [TR-LOCK] - simplifient son utilisation en offrant des fonctionnalités spécifiques : le [TR-COMM] pour choisir la liaison de données, les [TR-MODULE]s pour intégrer des accessoires supplémentaires, et les [TR-LOCK]s pour une connexion rapide avec une centaine de charges utiles compatibles en mode plug and play. Ces standards assurent une expérience utilisateur simplifiée et une adaptabilité maximale aux besoins spécifiques.





Annexe 3 : Briques technologiques

Annexe 3.1 : Cartographie ADIF

Dans le cadre de ses activités, et pour créer une vision partagée de l'écosystème drone, l'ADIF a construit une cartographie de l'écosystème, en listant l'ensemble des éléments nécessaire au vol d'un drone. Ainsi, un système drone peut être divisé en 4 éléments majeurs :

- Le Drone ;
- Le Système Sol ;
- Les Fonctions Support ;
- Les Simulateurs.

Chaque élément a été divisé en sous-éléments sur différents niveaux, pour permettre une vision à la fois claire et complète des différents éléments formant l'écosystème. Les schémas suivants présentent les différents éléments identifiés :

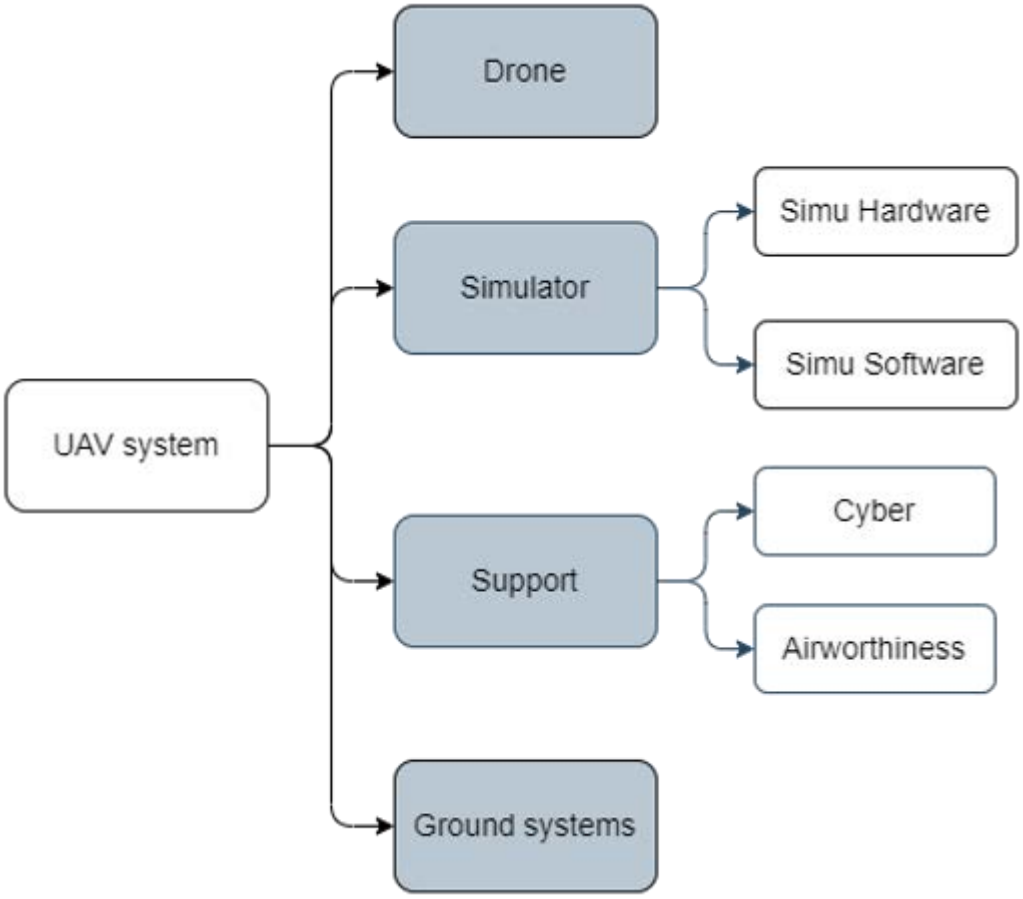


Figure 1: Décomposition de l'Ecosystème Drone

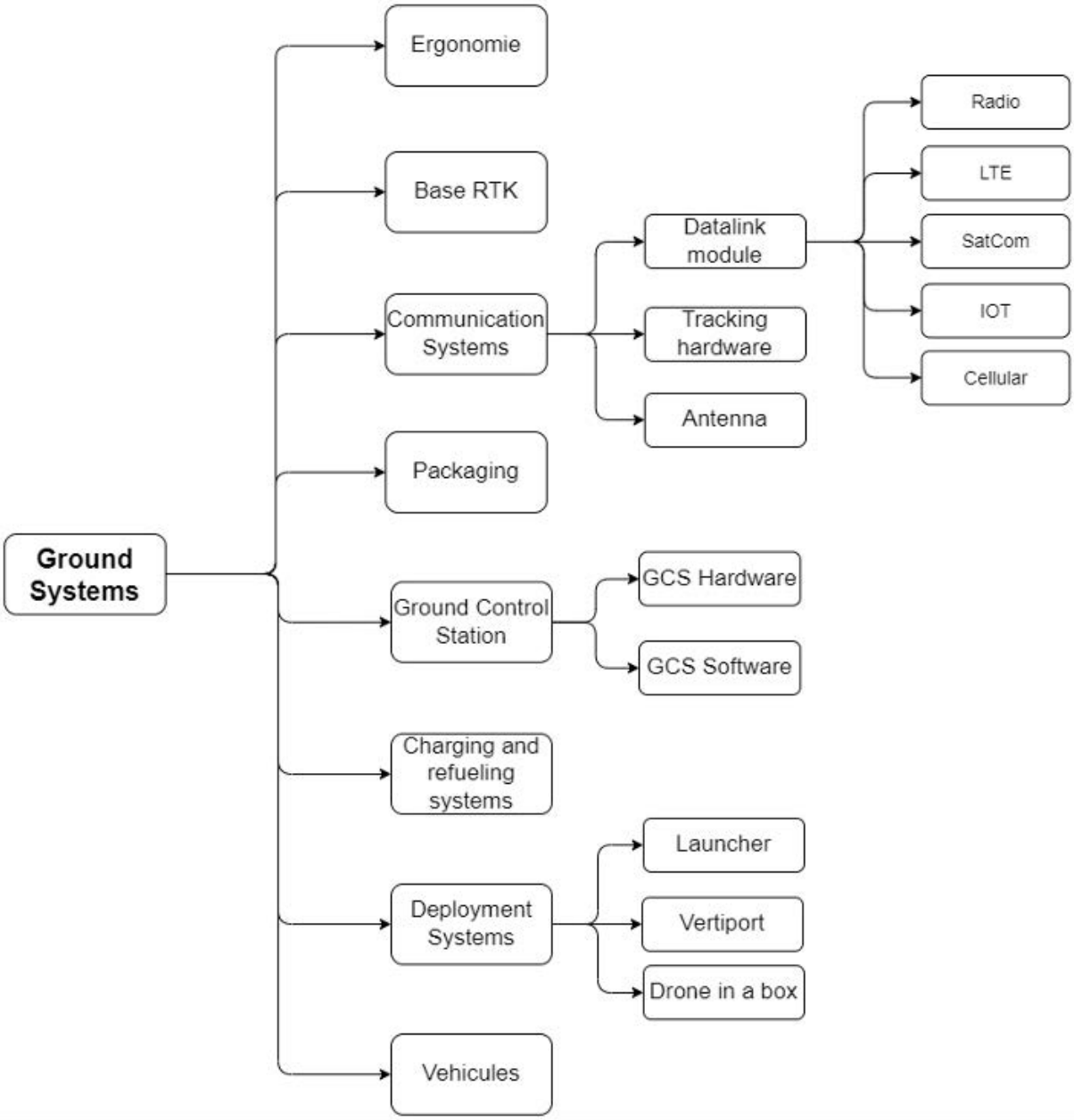


Figure 2: Décomposition de l'élément Ground Systems

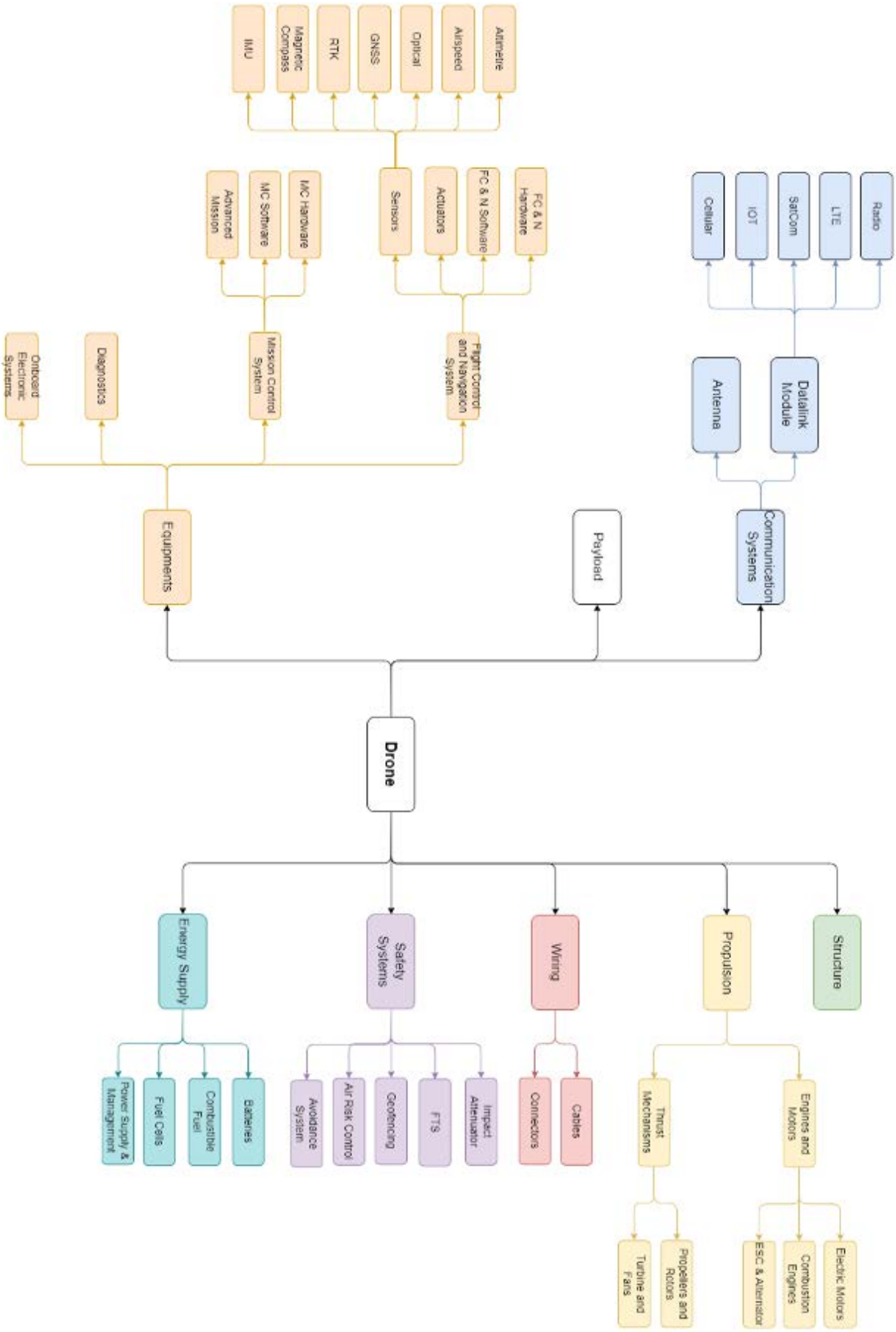


Figure 3: Décomposition de l'élément Drone

Annexe 3.2 : Proposition de Projets

Annexe 3.2.1 : Intelligence Artificielle

Intelligence Artificielle

L'excellence française en matière d'intelligence artificielle est reconnue. Son écosystème de recherche particulièrement fécond dans la *deeptech* bénéficie de l'appui public et se maintient dans la course mondiale. Cependant, à une sous-capitalisation structurelle, s'ajoute le fait que ses startups ont de grandes difficultés à obtenir des contrats significatifs auprès d'un écosystème Défense & Sécurité culturellement peu enclin à la prise de risques.

Il est proposé la création d'un GIE regroupant plusieurs startups matures françaises aux technologies complémentaires dans le domaine de l'IA.
Pensé comme un « Commandement des Opérations de l'IA » pour répondre aux cas d'usage et aux marchés industriels, Teutatès a pour mission de structurer et d'animer une filière souveraine de l'IA de Défense & Sécurité. Son premier cas d'application sera la filière drone par la nécessaire urgence d'y développer rapidement des briques opérationnelles sur toute sa chaîne de valeur : MTO, renseignement, soutien…

Exemple Application 1 - l'embarquabilité de l'IA sur drones.

Le rapprochement des algorithmes d'IA avec les capteurs embarqués sur vecteurs drones répond à un besoin d'autonomie de navigation (en solo comme en essaims), découlant directement de l'omniprésence du brouillage des signaux de contrôle et de navigation (environnement *GNSS denied*) sur les théâtres d'opérations modernes. De plus, l'explosion du nombre de capteurs et donc de données produites, à stocker, à traiter et à valoriser alourdit la charge cognitive de l'opérateur au sol et menace sa capacité d'exécution. Dans ces deux cas, l'optimisation, le filtrage et la limitation des données transférées répondent à des contraintes de frugalité et de furtivité des communications.

Aujourd'hui, l'adaptation d'algorithmes serveurs en embarqué ne nécessite pas une refonte complète de l'architecture technologique. Les outils de conversion et d'optimisation type ONNX, TensorRT, ou les solutions d'entreprises comme Agenium permettent une transférabilité forte des compétences entre les univers serveurs et embarqués. L'existence d'algorithmes performants sur serveurs permet donc d'envisager de manière réaliste l'emport de ces modèles au plus près du drone.

Toutefois, il est nécessaire de tenir compte des besoins de frugalité, qui nécessitent à la fois du temps d'adaptation et des financements : l'enjeu de l'embarquabilité réside aussi dans l'adaptation des modèles d'intelligence artificielle aux cas d'usages et à l'industrialisation de la production. Malgré les outils facilitant le développement et la transférabilité des compétences, les limites physiques des modèles et des puissances de calculs ne permettent pas d'envisager d'embarquer n'importe quelle technologie sur n'importe quel vecteur (contraintes Size, Weight, and Power - SWaP). La capacité à comprendre le besoin client, à disposer de données sensibles dans un contexte de production d'algorithmes souverains et industrialisés est indispensable pour réussir l'embarquement de l'IA. Cette industrialisation ne pourra se faire qu'en rapprochant les fournisseurs de plateforme des fournisseurs d'IA dès le début des programmes et en considérant l'IA comme un système à part entière.

Ainsi, la mise à disposition de financements et de données souveraines en environnement sécurisé ainsi qu'une intégration de l'IA au plus prêt des programmes, permettra de passer à l'échelle sur l'embarquabilité d'algorithmes d'intelligence artificielle sur vecteurs drones.

Exemple d'application 2 : la corrélation cartographie / navigation basée vision en *GNSS denied*.

La guerre en Ukraine montre l'omniprésence des systèmes de brouillage et de guerre électronique, rendus essentiels pour contrer la menace exercée par les drones et obligeant les forces à évoluer dans un environnement électroniquement contesté voire dénié. Cette réalité a motivé l'émergence de nouveaux modules technologiques de navigation basés vision du drone, permettant en outre de fournir des données cartographiques plus détaillées. Cette technologie est cruciale pour des cas d'usage de surveillance /

reconnaissance en environnement dénié, ainsi que pour toutes les opérations pour lesquelles des cartes détaillées sont inaccessibles (*search & rescue*).

La navigation basée vision du drone repose sur le traitement par des algorithmes d'intelligence artificielle d'une grande variété d'images, captées par un certain nombre de caméras (thermiques, RVB, infrarouges…). En détectant automatiquement certains points ou caractéristiques des images, le drone estime sa position et est capable de déterminer sa trajectoire sans dépendre de son GPS ou d'autres sources de navigation externes. Certaines de ces approches offrent la capacité à localiser le drone tout en cartographiant l'environnement en 2D ou en 3D. Ces algorithmes, intégrant l'intelligence artificielle, permettent non seulement de guider le drone avec une précision accrue en environnement dénié, mais aussi de créer des produits géospatiaux détaillés pouvant être exploités après le vol à des fins de renseignement ou de planification de missions futures.

Toutefois, si les algorithmes de cartographie déployés sur serveurs sont embarquables post-compression, la capacité à générer une grande quantité d'images est un des facteurs les plus contraignants : l'accès à des images télémétriques drones, et de trajectoire est une condition nécessaire au développement et à l'entraînement des algorithmes de localisation. Ce besoin en image s'ajoute logiquement à des dépenses R&D élevées, nécessitant des financements adaptés.

Annexe 3.2.2 : Essaims de drones

Essaims de drones

Le vol de drones en essaims peut permettre d'obtenir plusieurs avantages sur le terrain : collecte d'information plus rapide grâce à un essaim, effet de massification et de saturation, réallocation des missions en fonction de l'évolution (exemple DRI), … On peut noter dans le monde, en Europe et en France de nombreuses initiatives sur les essaims de drones – des spectacles avec des centaines ou des milliers de drones[45], à des meutes décentralisées pouvant se coordonner dans des environnements complexes[46].

En France, plusieurs projets ont été initiés dont certains financés par l'AID : TAMOS (Squadrone System / SAFRAN Electronics & Defense), DRONEDGE-R (Nexedi / MBDA), ASSYDUS (Thales / LaBRI), METIS (Scalian / Entreprises du secteur de l'énergie)… En parallèle les cas d'usage pour lesquels les essaims de drones peuvent apporter de la valeur se multiplient et les challenges techniques et verrous technologiques sont identifiés (e.g. débit et instabilité des communications, furtivité, impasse logistique (transport, rechargement), puissance de calculs, complexité de la supervision sur une interface unique…).

Il apparaît important de coordonner les différentes initiatives et d'établir une feuille de route sur les essaims de drones pouvant servir les besoins opérationnels à court et moyen terme. En effet, adopter une démarche purement incrémentale à partir des drones actuels téléopérés aboutira à une impasse. Il faut une démarche incrémentale dans une vision long terme. **Pour cela, les propositions suivantes sont formulées :**

1- **Recenser au sein des acteurs drones français (à travers l'ADIF) tous les projets d'essaims de drones développées ou en cours** et les classifier en fonction des thématiques sur lesquels ces projets se concentrent (e.g. gestion décentralisée, coordination sur la perception, leurre, etc…) ;
2- **l'ADIF organise un séminaire sur les essaims de drones** où la filière drone française synthétisera les avancées et discutera des évolutions à venir de manière à établir une feuille de route – un tel séminaire pourra être l'occasion d'organiser des démonstrations et d'échanger sur les limites / verrous identifiées ;
3- **Établir une feuille de route entre la filière et le ministère** sur les thématiques prioritaires pour insérer de manière opérationnelle des essaims de drones dans les forces dès 2025 et formuler des projets associés.

[45] Exemple de Dronisos en France

[46] https://www.youtube.com/watch?v=SELZwkV13IM

Annexe 3.3 : Démarche d'industrialisation

Extrait du rapport de synthèse réalisé par Aerospace Valley - 2 - Nicolas BONNET- Décembre 2022

L'objet de ce rapport était de synthétiser les résultats du chantier ADIFIndus qui a été confié par l'ADIF au pôle Aerospace Valley. Le chantier s'est déroulé de Mai à Novembre 2022. Il a donné lieu à des interviews avec chacun des membres de l'ADIF, à un recueil des approvisionnements et des compétences et moyens, à un questionnaire sur l'utilisation des terrains d'essais et à des réunions de suivi bimensuelles pour se terminer par la présentation d'une synthèse.

Le chantier a été conduit en respectant la confidentialité des informations transmises par chaque membre. Cela limite le détail des informations présentes dans ce document.

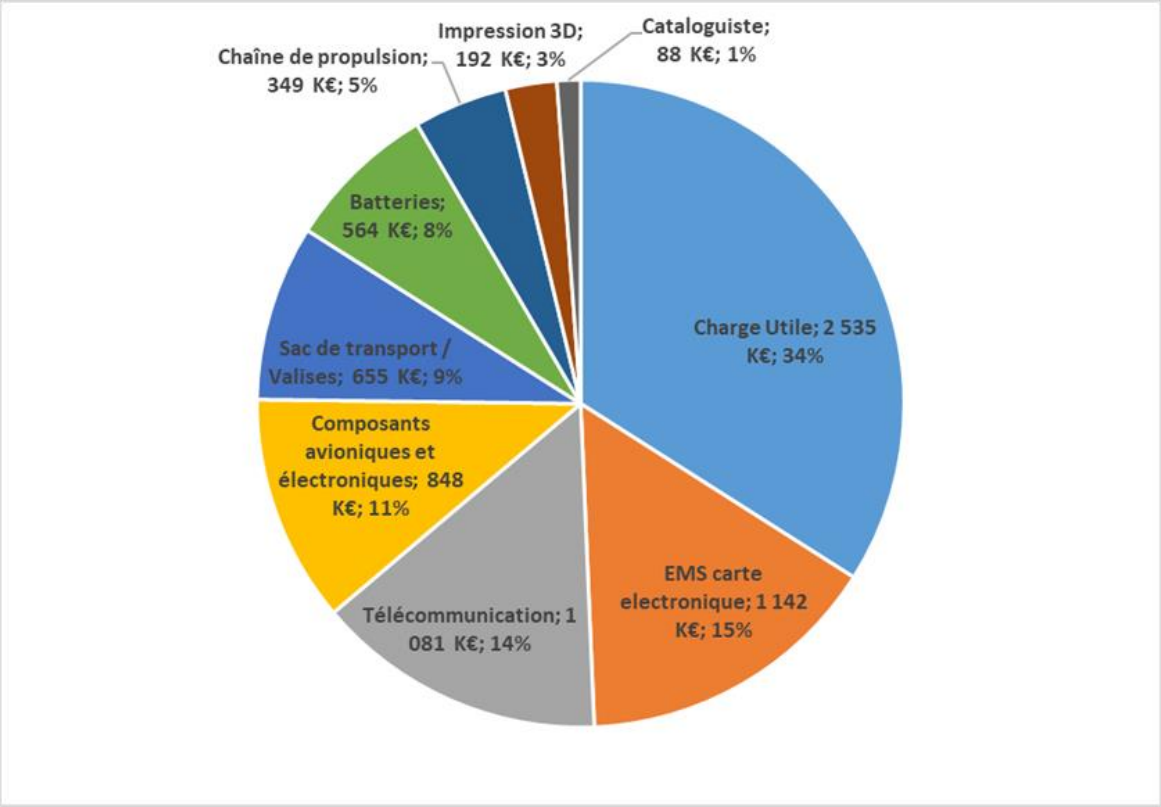
Cet extrait de synthèse liste les pistes et les opportunités d'amélioration de l'industrialisation de la filière des drones sur la base des information mises à disposition.

Synthèse des approvisionnements

Le recueil des achats des membres qui représente un montant total de 7,5 M€ a permis d'établir une synthèse des approvisionnements par type d'équipement qui sont regroupés selon les éléments suivants :

- **Charge Utile** : moyens d'observation et capteurs de toute nature, Caméras optiques, caméras thermiques, LED, lecteur de code barre, …
- **Télécommunications** : Modem, radio, antenne, amplificateur, …
- **EMS Carte électroniques** : sous-traitance de la fabrication des circuits imprimés et de l'assemblage des composants électroniques sur les cartes
- **Composants avioniques et électroniques :** baromètre, magnétomètre, GNSS, ADS-B, microcontrôleur, mémoires, …
- **Batteries** : alimentation électrique incluant généralement une BMS (Battery Management System)
- **Chaîne de propulsion** : propulseurs électriques, complétés par les ESC et les hélices
- **Impression 3D** : sous-traitance de la fabrication additive de pièces diverses
- **Cataloguistes** : achat auprès de fournisseurs de composants divers (exemple Hexadrone)
- **Sacs de transport et valises** : pour le transport des drones, des stations sols et des batteries

Le pourcentage du total des achats recensés par les membres montre que trois groupes représentent 60% : **les charges utiles, les cartes électroniques, et les télécommunications**.



Cette répartition est complétée par le constat suivant : **90% des équipements approvisionnés sont spécifiques** à 1 seul drone quels que soient les membres constructeurs.

Ce qui est commun par contre à tous les constructeurs est le montage, avec des process spécifiques, qui n'est pas représenté dans le graphique ci-dessus.

Gestion des achats

La phase d'interview des membres a montré que seul 3 membres disposent d'un service achats, qu'une société a externalisé ses achats et que les autres sociétés réalisent leurs achats par le responsable de la production ou par le responsable de la société.

Le recueil des approvisionnements a montré que le nombre de références communes entre les modèles de drone est inférieur à 5%.

La mise en place d'une centrale d'achat commune aux constructeurs permettrait d'assurer une rationalisation progressive des approvisionnements.

Sur le court terme :

- D'atteindre une taille critique d'un service achat pour améliorer son efficacité,
- De dédier un acheteur à l'approvisionnement des composants électroniques en vue de gérer les fluctuations de prix et les pénuries de stock (cela oblige à augmenter les volumes en stock en mobilisant des capacités financières importantes),
- D'augmenter le volume des achats annuels ce qui devrait améliorer le coût et la réactivité des approvisionnements,
- De mettre en place une évaluation de la qualité des fournisseurs.

Sur le moyen terme :

- De réduire progressivement le nombre de références et de fournisseurs. Cela présuppose la mise en place de process industriels en amont lors des phases de conception et en aval lors des phases d'industrialisation en lien avec le service achats.
- De donner la visibilité aux fournisseurs des besoins des dronistes sur un volume plus important en vue de stimuler et d'améliorer leur offre.

Freins à lever **:**

- La mutualisation des achats nécessite un partage des compétences et savoir-faire liés à la connaissance des équipements. Il faudrait convaincre les dronistes que l'avantage concurrentiel à l'échelle mondiale ne réside pas dans l'approvisionnement des équipements unitaires.
- La mutualisation peut aussi amener à faire un « redesign » de certains produits pour trouver ces mutualisations qui devront être financés.

Moyens de productions

Il fait sens de mutualiser les ressources et expertises sur la mise en place d'une industrialisation produit – c'est-à-dire pouvoir mutualiser les ressources et expertises sur les phases de EVT, DVT, PVT, et bien sûr MP. Chaque produit de chaque société aura des spécificités, et il faut pouvoir garantir la confidentialité et la capacité à intégrer les briques spécifiques de chaque société. Mais certains sujets sont pour la plupart communs aux constructeurs : la batterie (BMS, cellules, certification), les contrôleurs moteurs (ESC) ou moteurs, …

Une telle mutualisation pourrait faire gagner :
- **En efficacité** : exécuter plus rapidement une industrialisation, réutiliser des « briques » déjà bien connues,
- **En qualité** : capitaliser sur l'expertise de l'industrialisation d'autres produits pour éviter des « erreurs » classiques ou réutiliser des process stables et éprouvés,
- **En coûts** : mutualiser un volume consolidé sur des sous-ensemble pour gagner sur les coûts de fabrication.

Production matérielle

Les éléments suivants font l'objet d'une production de sous-systèmes avant l'assemblage avec des produits sur étagère :

Les structures
Les deux types principaux de structure correspondent aux deux types de drone : à voilure fixe et tournante.
Les structures sont fabriquées selon des procédés différents :
- Par moulage de composite
- Par fabrication additive (ou impression 3D)

Certains drones reçoivent un réservoir pour contenir du liquide.
La structure est la partie principale de la fabrication du drone. La fabrication par moulage par injection requiert un savoir-faire peu diffusé.
Opportunités :
- Pour le moulage de composite : la mutualisation de la fabrication permet de d'obtenir un volume critique de production
- Pour la fabrication additive : l'investissement dans des machines-outils performantes mutualisées permet d'améliorer la réactivité de la production et d'améliorer les phases de développement des prototypes

Cartes électroniques
Les cartes électroniques sont généralement développées spécifiquement. Elles font l'objet d'un développement de PCB et du choix de composants électroniques (cette sélection devant tenir compte des risques d'obsolescence). La fabrication des cartes est sous-traitée en France et en Asie.
La mise au point d'un développement d'une carte demande des échanges importants avec les EMS. Ce processus d'allers/retours est généralement la motivation pour faire appel à un EMS localisé en proximité géographique des constructeurs.
Frein à lever : la phase de mise au point d'une carte électronique peut être longue et nécessite une phase de partage de travail entre le droniste et l'EMS. Le changement de fournisseur nécessiterait de relancer cette phase d'apprentissage réciproque (qui est redoutée).
Opportunités :

- La mutualisation des EMS permettrait d'augmenter le volume de sous-traitance d'un nombre limité de fournisseurs. Cela permettrait d'augmenter la maturité des fournisseurs dans le domaine des drones et de rationaliser la production.
- La sélection d'un ou deux EMS ayant des compétences dans le domaine de l'aéronautique aurait pour avantage de faire bénéficier de compétences dans le domaine de la certification et dans le domaine de l'obsolescence des composants électroniques

Pièces en Fabrication additive

La légèreté étant prioritairement recherchée dans les aéronefs, la fabrication additive est largement utilisée pour produire des pièces de support à l'assemblage en complément de la structure.
Opportunité : identique à celle pour la fabrication des structures.
Les batteries sont soit approvisionnées directement de l'étagère, soit elles sont assemblées à partir de composants unitaires provenant d'Asie (par un fournisseur ou par le droniste lui-même). C'est la raison pour laquelle la majorité des batteries proviennent de l'étranger.
Les deux technologies les plus fréquemment utilisées sont le Lithium-Polymère (généralement pour les voilures tournantes) et le lithium-ion.
Frein à lever **:**Un nombre réduit de fournisseurs français assemblent des batteries li-Po
Opportunité : Le développement de batteries et du BMS associé permettrait d'améliorer la souveraineté sur un composant technologique stratégique et complexe dans le cadre de la filière drones.

Assurance qualité

L'assurance qualité de la production est mise en œuvre à des niveaux de différents selon les membres en fonction des volumes de production et de la maturité de chacun des membres.
L'industrialisation de la filière nécessite la mise en place de plans et de processus d'assurance qualité et d'entreprendre une démarche d'amélioration continue.
Les processus qualité doivent intervenir à chaque étape :

- Audit qualité des fournisseurs (si nécessaire en fonction de leur maturité)
- Contrôle qualité des approvisionnements reçus en usine : essais unitaires
- Contrôle qualité de l'assemblage de sous-systèmes élémentaire : essais sous-systèmes avec des bancs d'intégration
- Contrôle qualité du système final : essais systèmes en usine et en vol.
- Contrôle qualité de l'emballage pour la livraison
- Contrôle qualité des opérations de maintenance des drones

Freins à lever :

- Réduire le nombre de références approvisionnées pour rationaliser les processus de contrôle
- Faire converger les architectures avioniques par famille de drone pour simplifier les moyens de test

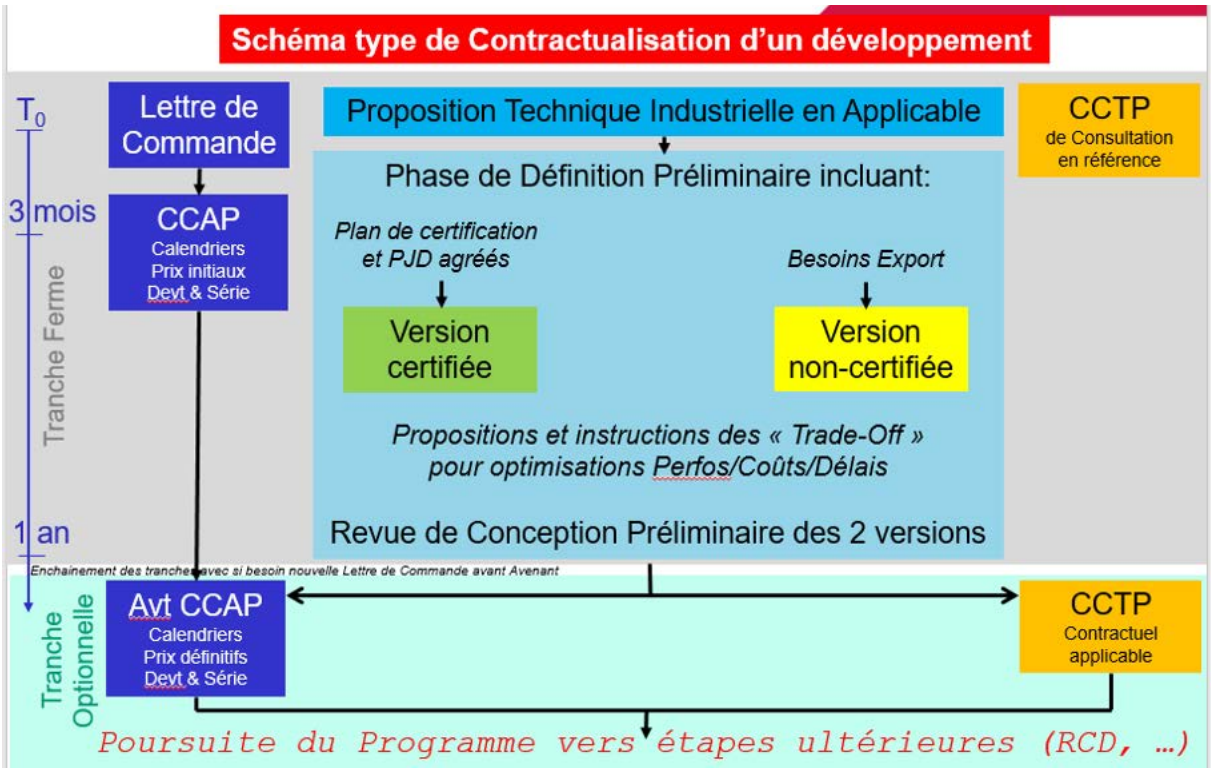
Opportunités :

- Mutualiser les moyens de tests mis en œuvre à toutes les étapes de la production,
- Mutualiser les processus de conception et de production des produits par regroupement en familles de drones : voilures tournantes, voilures fixes, stations sols, …
- Mettre en place une démarche d'amélioration continue des étapes de production et du développement des produits.

Annexe 4 : Déroulement possible d'un marché drones/MTO avec développement

-

Dans un schéma combinant les recommandations formulées au paragraphe 4.3, on pourrait aboutir à un fonctionnement du type schématisé ci-dessous :



La transition vers la série pourra s'effectuer suivant 2 schémas proposés ci-dessous combinant encore les aspects Certifications et Export :

Le Schéma n°1 (figurant à droite ci-dessous) pousse la version « Certifiée » comme devant majoritairement voire exclusivement équiper les Forces à terme :

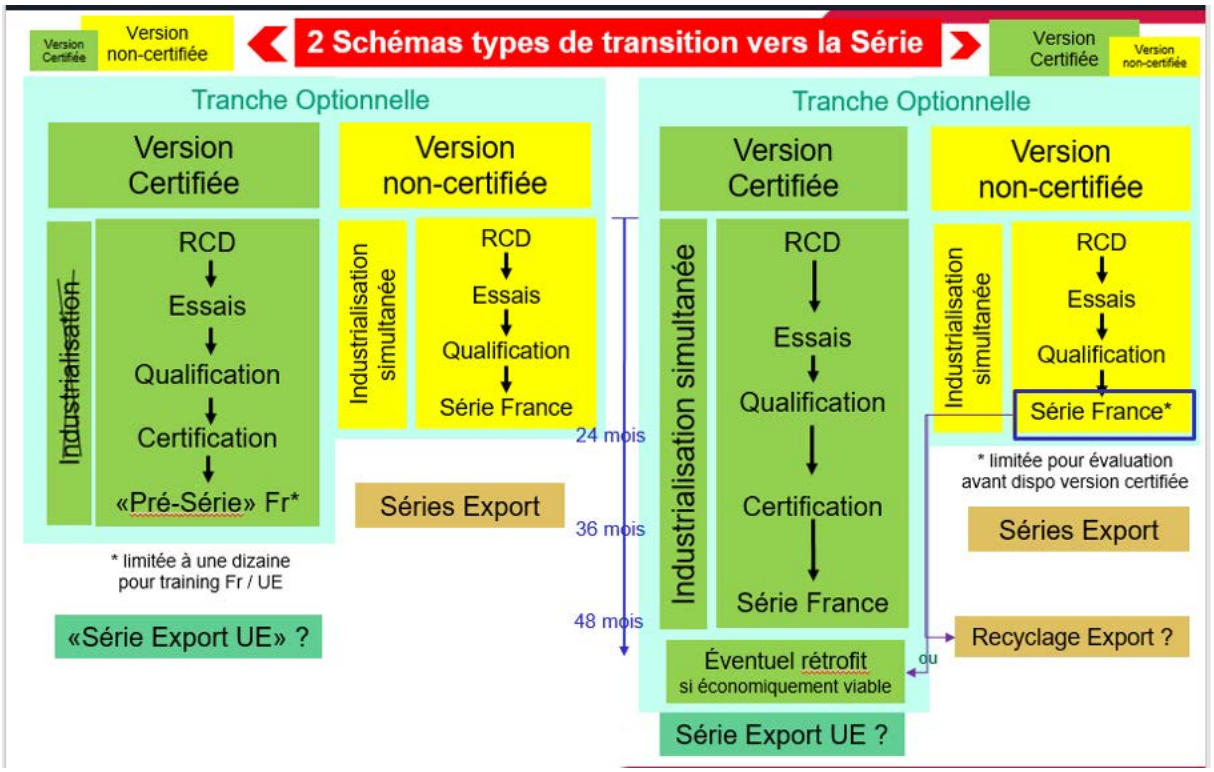
- La version « Non-Certifié » constituerait une IOC avec des limitations à caractériser pour une première capacité qui pourrait être « *certification pending*» ;
- Proposable rapidement à la plupart des clients export (hors UE) n'exigeant pas de certification ;
- Les forces pouvant commencer à utiliser cette IOC dans un contexte restreint et compatible, mais permettant à toutes les parties (Armée Terre, DGA et titulaire) de monter en maturité sur le produit visé ;
- Le RETEX de l'utilisation de cette IOC ne pouvant être que bénéfique à la certification de la version finale visée ;
- La version « Certifiée » FOC, serait développée et industrialisée en parallèle dans un délai plus important ;
- A l'issue le batch IOC en dotation dans les Forces françaises pourra soit être conservé tel quel, soit revendu à l'exportation, soit éventuellement rétrofité si pertinent économiquement ;
- Pour la version finale la Certification restera un différenciant uniquement pour les clients qui l'exigent (UE).

Le Schéma n°2 (figurant à gauche ci-dessous) pousse la version « Non-Certifiée » comme devant majoritairement équiper les Forces :

- La version « Non-Certifié » serait alors :

- Développée rapidement ;
- Avec des performances accrues ;
- Produite en quantité importante ;
- Pour une utilisation en OPEX et Temps de Guerre ;
- Destinée aussi à l'export dans des pays ne requérant pas de Certification (hors EU).

- La Version « Certifiée » serait alors :
  - Développée moins rapidement ;
  - Produite en quantité limitée (un dizaine max) sous forme d'une présérie donc en s'économisant les coûts d'une industrialisation ;
  - Pour une utilisation en entrainement en France ou dans l'UE ;
  - Pouvant être proposée aussi à l'export EU.



L'industriel dans son offre devra exposer la méthodologie qu'il compte employer s'il est retenu pour, pendant la phase de définition préliminaire, organiser et mobiliser ses équipes de développement et de production ainsi que sa « Supply-chain » dans cette démarche d'optimisation

Annexe 5 : Interfaces internes

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Actuators	ESC with Manticore OS (Azur Drones)	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	UAVCAN, CYPHAL	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Mavlink	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	PWM	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Custom/propriétaire,	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	DSHOT,	NON	
	OneSHOT	NON	
	MavLink	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CYPHAL (evolution of UAVCAN/DroneCAN)	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	IP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	BUS/CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	I2C	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	SPI	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	UART	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	ETHERNET	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	PWM	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Flight Sensors	GPS with Manticore OS (Azur Drones)	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	NMEA	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	Custom/propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	MavLink	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CYPHAL (evolution of UAVCAN/DroneCAN)	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	BUS/CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	IP TCP/UDP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	I2C	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	SPI	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	UART/TTL	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CAN	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	Ethernet	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
AP/Onboard Computer	PIX4	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Ardupilot	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Paparazzi	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Parrot	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	DJI	OUI	d. Proposée par le GT comme devant être exclue à l'avenir
	Mavick (DJI Pro)	OUI	d. Proposée par le GT comme devant être exclue à l'avenir
	DELAIR	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	wcControl/SurveyCOPTER	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	AIRBUS EasyEvolution	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	HIONOS/pulsar	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Embention/Veronte	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	THALES Spy'Pilot	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Custom/propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	MavLink	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CYPHAL (evolution of UAVCAN/DroneCAN)	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	BUS/CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	IP TCP/UDP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	ethernet	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	UART	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Payload Data Aquisition	H264/H265	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	4609	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	4545	NON	e. Sans Avis
	Propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	ROS	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Video : RTP/RTSP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Video : SRT ou RTMP	NON	
	Video : UDP-TS	NON	
	C&C : MavLink	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	C&C : Proprietaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	C&C : CYPHAL	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	TCP/UDP IP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	IP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	AFDX ou TSN	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	WebRTC ou HLS	NON	
	ZMQ	NON	
	Protobuf	NON	
	I2C	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	SPI	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	UART	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	TCP/UDP ethernet	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
	USB	NON	d. Proposée par le GT comme devant être exclue à l'avenir
	MIPI-CSI2	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	GLSM2 voir GLSM3	NON	
	TR-LOCK (HEXADRONE)	OUI	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Onboard Computer / Modem	4609	NON	
	4586	NON	
	H264	NON	
	HTTPS	NON	
	REST	NON	
	Json	NON	
	over	NON	
	Websocket	NON	
	WSS	NON	
	Protobuf	NON	
	over	NON	
	Websocket	NON	
	WSS	NON	
	AMQP	NON	
	MQTT	NON	
	AES	NON	
	TCP/UDP	NON	
	Ethernet/UART	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	PCIE/miniPCIe	NON	

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Modem Air/Modem Sol	4586	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	AMQP	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	MQTT	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	THALES µTMA	OUI	
	PWM	NON	
	uart/TTL	NON	
	PCM	NON	
	DSM	NON	
	MSP	NON	
	TCP IP	NON	
	UDP IP	NON	
	THALES µTMA	OUI	
	Radio analogique	NON	
	Wifi	NON	
	4G	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	5G	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	SATCOM Geo	NON	
	SATCOM LEO/MEO	NON	
	802.11s	NON	
	SDR	NON	
	Propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Batteries	Chimie	NON	
		NON	
	Courant/tension	NON	
	BMS	NON	
		NON	
	Pile CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	IP TCP/UDP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	propriétaire	GENERIC	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	UN38.3 : Normes pour le transport, c'est l'incontournable.	NON	
	BUS/CAN	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Ethernet	NON	
	Connectiques	NON	

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Station de Contrôle	QGroundControl	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Mission Planner	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	AIRBUS EasyEvolution	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	THALES Spy'C	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	DSM	GENERIC	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	DELAIR DFD	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	IP TCP/UDP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	USB	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	TCP/UDP	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	HDMI	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Port COM	NON	

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Antenne sol	4586	NON	
	TCP/UDP	NON	
	AES	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Ethernet	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
C4i	4609	NON	
	4545	NON	
	4586	NON	
	AES	NON	
	Web interface	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	HTTPS REST API	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Websockets (WSS with Json)	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Atak	NON	
	SICS	NON	
	Ethernet	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
C2 Système Supervision local	4609	NON	
	4545	NON	
	4586	NON	
	AES	NON	
	Web interface	NON	
	HTTPS REST API	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	Websockets (WSS with Json)	NON	b. Proposée par le GT comme interface recommandée en général
	AIRBUS EasyEvolution	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	THALES Spy'C	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	DELAIR DFD	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Scalian EZ Chains	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Atak	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	SICS - Delta suite	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	Ethernet	NON	a. Proposée par le GT comme un standard. Pour qu'une interface termine dans cette catégorie, il faudra obtenir l'unanimité absolu des membres du GT
	USB	NON	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
Système de communic	THALES µTMA	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
		NON	
		NON	

	Solution	Propriétaire	Avis GICAT ADIF
Opérateur	Normes/standards d'IHM,	NON	
	AIRBUS EasyEvolution	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	IHM THALES Spy'C	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	DELAIR DFD	OUI	c. Proposée par le GT comme interface recommandée dans certaines situations particulières (Expérimentations, etc...)
	Normes ergonomiques, sécurité	NON	

Annexe 6 : Une réglementation civile désormais inadaptée

Au début des années 2010, la France a pris une certaine avance sur la réglementation civile pour les drones en publiant 2 arrêtés le 11 avril 2012 : un arrêté « Navigabilité » (qui gérait les exigences sur les véhicules et les opérateurs, piloté par DSAC/NO/NAV) et un arrêté « Espace » (qui gérait le partage de l'espace aérien, piloté par DSNA).

Avant cela, il était certes possible de faire voler des drones en France, mais seulement sous dérogation. A force de délivrer des « exemptions » et de faire des autorisations spécifiques, la DGAC a (intelligemment) décidé de « factoriser » les demandes les plus fréquentes selon 4 scénarios standards :

- S1 – 100m du télépilote en zone rurale
- S2 – 1km du télépilote en zone rurale
- S3 – 100m du télépilote en zone urbaine
- S4 – distance quelconque du télépilote (« hors vue » ou BVLOS en anglais) en zone rurale

Nota : alors que dans le cadre Européen, on débat depuis des années (et sans conclure) de la taille de la maille nécessaire pour calculer des densités de population (1m ? 10m ? 100m ? 1km ?...), la notion de « zone rurale » ou « zone urbaine » dans le règlement français était simplement définie via les cartes OACI au 1/500 000ème utilisées dans l'aviation de manière habituelle.

Pour chaque scénario, des exigences étaient définies : sur la conception de l'aéronef, la manière de le produire, et sur l'opérateur. Pour illustrer, par exemple pour le scénario S4, il fallait entre autres que l'aéronef pèse moins de 2kg, dispose d'un baromètre, d'un report de sa position vers le télépilote, d'un système d'enregistrement des 20 dernières minutes, d'un dispositif limitant l'énergie à l'impact en cas de crash, et d'un système de vidéo vers l'avant. Le télépilote quant à lui devait disposer d'une licence de pilote avec au moins 100h d'expérience en tant que commandant de bord, et l'opérateur (employeur du télépilote) devait tenir à jour un Manuel d'Activités Particulières, recensant son organisation, ses opérateurs, ses machines, et décrivant les moyens mis en œuvre pour maintenir l'aptitude de ses opérateurs et de ses machines.

Les conditions d'opération étaient définies : par exemple pour réaliser un vol S4, il fallait fournir à la DGAC une analyse de risque (faite une fois pour une mission donnée, celle-ci pouvait ensuite être réutilisée), qui tenait compte du risque air (et éventuellement préconisait de prendre contact avec les gestionnaires spécifiques de l'espace aérien considéré – par exemple à proximité d'un aérodrome ou d'un espace aérien contrôlé) et du risque sol. Une fois cette analyse validée, un simple email de préavis, envoyé sur une boîte générique de la DGAC 24h avant l'opération permettait de réaliser la mission.

Pour tous les cas qui n'étaient pas « standards » (S1 à S4), des autorisations spécifiques étaient toujours possibles, moyennant des études spécifiques. Ainsi (et à nouveau pour illustrer), la DGAC a fourni en 2015 des « conditions spécifiques » qu'il a fallu vérifier (et qui étaient complexes, avec l'utilisation de standards aéronautiques type ARP-4761 et des calculs de risque quantifiés), pour permettre à la SNCF de faire voler des drones de 15kg en conditions hors vue au-dessus de leurs lignes de chemin de fer.

Lorsque ces arrêtés sont sortis, on a observé une période de 2 à 3 ans, durant lesquels les choses ont dû se mettre en place, des habitudes se prendre (les services régionaux de la DGAC ne savaient pas comment traiter ces demandes au-début et s'en plaignaient), puis petit à petit une industrie, des opérateurs, bref un début d'activité a commencé à se mettre en place. Des entreprises se sont créées, et la France, en 2015-2016 était sans doute le pays qui permettait le plus au monde de faire voler des drones dans des conditions hors vue. Des industriels comme Aeromapper, Delair, Air Marine, Rectimo, Enedis, RTE, Altametris, SNCF, Azur Drones, etc… se sont développés autour de ces activités civiles.

C'est le travail courageux et précurseur de la DGAC qui a permis le développement de ces nouveaux acteurs (sous la forte impulsion de Patrick Gandil, qui déclarait publiquement vouloir sortir rapidement une réglementation en l'état, quitte à l'améliorer avec le temps, afin de permettre le développement des drones en France – on raconte que c'est le blocage du trafic aérien à cause de l'éruption de

Eyjafjallajökull et l'impossibilité de faire voler des drones pour mesurer les particules dans l'air qui déclencha le mouvement), qui ont pu, grâce à cela, touver des financements privés.

On peut regretter qu'en parallèle, les financements publics aéronautiques dédiés aux drones (et fléchés par le CORAC) ne soient principalement allés sur cette période que vers les grands industriels français historiques de l'aéronautique (hormis des sommes anecdotiques pour quelques start-ups), pour des montants de l'ordre de plus de 50M€, sans qu'il en sorte de résultats qui se soient avérés très utiles à ce stade pour l'industrie française du drone, et alors même que de nombreux acteurs faisaient affluer des fonds privés dans ce secteur.

Toujours est-il qu'une industrie en France se mettait en place et que les grands donneurs d'ordre, bien qu'espérant toujours plus et mieux, commençaient à créer des usages autour des drones, notamment pour les drones hors vue, qui, à l'horizon 2016-2017 devenaient routiniers et commençaient à rendre réellement service sur les métiers opérés (inspection de lignes électriques, de voies ferrées, de pipelines…), spécificité française alors que les autres pays empêchaient purement et simplement ce genre d'activités.

Toutefois, en 2019 l'Europe décida de reprendre en main les drones de moins de 150kg, en publiant les règlements 2019/945 et 2019/947, qui prévoyaient que l'ensemble du corpus réglementaire Européen serait défini d'ici 2024, avec un arrêt progressif des réglementations nationales.

La philosophie réglementaire Européenne était, dès le début, entachée d'un biais qui devait s'avérer très néfaste pour l'Industrie Européenne des constructeurs de drones. Alors que la réglementation française définissait très clairement des responsabilités, d'une part pour le constructeur de la machine, d'autre part pour l'opérateur, le système Européen faisait reposer toute la responsabilité de la sécurité des vols sur l'opérateur. Même si celui-ci ne peut connaître le détail de la conception des machines qu'il emploie.

Par ailleurs, les opérateurs de drones (le plus souvent chinois) sont des dizaines de milliers. Les constructeurs européens de drones (en volumes industriels) sont au plus quelques dizaines. Leur voix est donc difficile à faire entendre. Et la préoccupation légitime des organismes de sécurité aérienne est avant tout de s'assurer que les dizaines de milliers d'utilisateurs de drones *low cost* ne vont pas mettre en danger les aéronefs habités ni les tiers survolés.

Enfin les constructeurs de drones *low cost* (qui volent souvent à basse altitude et à faible distance) sont essentiellement de très grandes entreprises (chinoises, américaines) qui réalisent plusieurs centaines de millions d'euros de chiffre d'affaires et ont donc les moyens de payer des lobbyistes à Bruxelles.

Bref, quelles qu'en soient les raisons, la France a décidé de prolonger les scénarios S1, S2, S3 jusqu'à la sortie des scénarios équivalents européens, mais a mis fin au scénario S4 en décembre 2021, empêchant tout vol hors vue « de routine » sur son territoire à compte de cette date.

Parmi les motifs invoqués, le fait que l'activité croissait justement, et que donc les risques augmentaient. Il nous aurait paru possible de limiter l'activité à son volume du moment, mais la décision fut prise de purement et simplement interdire cette activité. Ce qui a eu pour effet de tuer toute l'industrie qui y était liée, les utilisateurs finaux, les opérateurs et les constructeurs ne sachant plus comment se projeter dans le futur. Concevoir un drone prend 3 ans. Comment un utilisateur peut-il se projeter dans l'achat d'une machine dont il ne sait même pas s'il pourra l'utiliser à horizon 1 an ? Comment un industriel peut-il investir les millions d'euros nécessaires au développement de la machine s'il ne connaît pas les conditions qui permettront son emploi légal ? Des acteurs de la réglementation ont pu dire lors de réunions officielles à des opérateurs : « je vous conseille de reporter votre achat de drone, jusqu'à ce qu'on en sache plus ».

Aujourd'hui, le seul scénario « hors vue » civil Européen permet de voler à 1km du télépilote (ou d'observateurs au sol). Ce qui ne permet pas du tout de développer une activité industrielle.

Il est regrettable que le souci principal dans l'application de la réglementation Européenne en France semble être simplement de se « couvrir du moindre risque », au point d'arriver à des recommandations

absolument saugrenues d'un point de vue technique (on recommande de faire faire une trajectoire biscornue au drone pour éviter de survoler une maison isolée, alors qu'il est certainement beaucoup moins risqué de le faire passer un dixième de seconde au-dessus de ladite maison…). Ce n'était pas le cas il y a 10 ans, où lors de la mise en place la réglementation, le souci semblait être de comprendre les problématiques et de réellement gérer les risques (c'est-à-dire à leur juste niveau).

Aujourd'hui, le système Européen est fortement influencé par le DLR (ONERA Allemand) qui cherche plutôt à définir des choses très complexes (sans doute par un intérêt scientifique légitime, mais qui est plutôt adverse du pragmatisme et de la gestion de risque au juste niveau). De ce fait, des méthodes complexes (pour soi-disant faire simple) sont créées, voire réinventées, évaluées, débattues… alors qu'il serait certainement préférable de simplement réutiliser les méthodes connues et approuvées de l'aéronautique habitée, en adaptant le niveau de risque (chercher à faire du 10-5 ou du 10-6 par exemple plutôt que du 10-9).

Une inflexion de ces politiques au niveau européens et français est nécessaire, sauf à accepter de condamner définitivement le développement d'une filière stratégique pour l'industrie du drone globalement pour des raisons purement réglementaires auto-imposées. En effet, il est clair qu'au niveau mondial, les activités civiles à base de drone sont amenées à se développer, notamment pour toutes celles au-delà la portée visuelle de l'opérateur et que les autres nations (USA, Chine notamment) n'ont pas la frilosité que els autorités européennes. La réglementation des drones d'Etat pourrait être un exemple, à suivre, avec un système de dérogations accordées au cas par cas sur dossier.

Annexe 7 : Les fonctions de sécurité attendues du « drone de confiance »

COMM01 : un **mécanisme d'authentification à distance et de chiffrement doit protéger les communications entre le drone et les moyens de contrôle** en reposant sur des algorithmes reconnus et répondant à l'état de l'art. La mise en œuvre doit soit reposer sur des implémentations standardisées, soit avoir un fonctionnement détaillé par le constructeur.

COMM02 : les **méthodes d'authentification et de chiffrement doivent être vérifiables** par l'utilisateur final ou une tierce partie.

COMM03 : la **durée de vie des secrets utilisés pour le chiffrement et l'authentification** doit être cohérente avec l'état de l'art en matière de cryptographie et les moyens de protection mis en œuvre pour protéger ces secrets.

COMM04 : **le constructeur doit expliquer simplement à l'utilisateur final** comment et à quelle fréquence renouveler les secrets utilisés pour l'authentification et le chiffrement et le cas échéant les critères de complexité.

COMM05 : les **services permettant de contrôler le drone, le configurer ou accéder aux informations captées** par lui doivent tous être protégés par les mécanismes d'authentification et de chiffrement.

COMM06 : **aucun mot de passe ou clé de chiffrement ne doit être utilisé avec une valeur par défaut**, qui serait partagées entre plusieurs drones ou plusieurs clients.

HRDN01 : le drone doit disposer d'un **mécanisme de mise à jour**.

HRDN02 : **les mises à jour doivent être signées numériquement** en utilisant un mécanisme de signature répondant à l'état de l'art en matière de cryptographie. Le constructeur doit expliquer de manière transparente comment l'intégrité du logiciel du drone est assurée.

HRDN03 : **l'accès au système embarqué du drone et à ses fonctions d'administration** lorsqu'il en dispose doivent être protégés.

HRDN04 : **les services réseau installés sur le drone ou sa télécommande** doivent être limités au strict nécessaire, ainsi que ses interfaces matérielles de debug. De manière générale, la surface d'attaque doit être minimisée.

HRDN05 : **les paramètres de sécurité du drone doivent être stockés de manière protégée**.

HRDN06 : **le drone doit permettre de chiffrer le stockage des données qu'il capte**. Ce chiffrement doit reposer sur un algorithme reconnu et répondant à l'état de l'art.

HRDN07 : **la documentation utilisateur** doit décrire comment se configurent les mécanismes de sécurité. Elle doit indiquer les préconisations du constructeur à l'utilisateur final pour assurer un niveau de cybersécurité optimal.

DATA01 : **le drone doit pouvoir fonctionner hors ligne et sans que l'utilisateur n'ait l'obligation de s'enregistrer auprès du constructeur**.

DATA02 : **le constructeur doit détailler quelles données à caractère personnel ou confidentielles (dont les données captées par le drone) il est susceptible de collecter et les conditions suivant lesquelles cette collecte s'effectue**, que ce soit en mode normal d'utilisation ou en phase de

maintenance. Ces traitements doivent être transparents et les données collectées minimisées au regard de la finalité du traitement. Les mécanismes de traitement ne doivent pas être cachés (« obfuscation logicielle »). Le constructeur doit décrire comment ces données sont protégées et où sont localisées les données collectées.

DATA03 : le constructeur doit proposer à l'utilisateur final un **processus automatique lui permettant de demander l'effacement des données à caractère personnel ou confidentielles collectées par le passé**.

DATA04 : le constructeur doit préciser **par quelles modalités l'utilisateur peut s'assurer qu'aucune donnée n'est contenue dans le produit avant d'envoyer le drone et/ou sa station de commande en maintenance ou le céder à un tiers**.

DATA05 : le constructeur **ne doit pas forcer un utilisateur final à passer par lui pour débloquer l'accès à une « No Fly Zone »**. Si un mécanisme de blocage existe, le déblocage doit être géré par les autorités du pays ou l'entité désignée par elles.

DATA06 : le constructeur doit **rendre publiques les fuites de données ou les données collectées de manière indue par le passé** sur une période de 5 années, en détaillant les données concernées, le volume de données et d'utilisateurs finaux et les périodes concernés et la manière dont a été corrigée la fuite de données.

VULN01 : le constructeur doit proposer un **processus permettant à un utilisateur final ou une tierce partie de rapporter une vulnérabilité sur le produit**. Le constructeur doit répondre de manière réactive aux vulnérabilités qui lui sont remontées.

VULN02 : le constructeur doit **rendre accessible aux utilisateurs des avis ou alertes de sécurité décrivant les vulnérabilités identifiées dans le produit**, une description des impacts potentiels et une description des conditions et scénarios d'exploitation de ces failles.

VULN03 : le constructeur doit proposer un **processus de veille et de correction des vulnérabilités** susceptibles d'affecter les logiciels (open source ou commerciaux) intégrés dans ses produits. Les vulnérabilités identifiées doivent être corrigées de manière réactive, en tenant compte des scénarios d'exploitation et de l'impact potentiel pour l'utilisateur final.

Annexe 8 : Guerre dronique info-tactique massive

Simulation et entraînement à la guerre dronique massive

Notre contexte stratégique est celui du retour des conflits majeurs impliquant les populations civiles, de l'intensification des guerres asymétriques du fort au faible, le tout adossé à une montée en puissance de la violence et de la compétition entre nations.

Inventer des simulations d'entraînement et de pilotage de drones qui soient capables d'anticiper ce que seront les conditions d'opérations des futurs théâtres de combat impliquant massivement des robots légers de moins de 150kg est donc un exercice qui repose fortement sur des éléments de spéculation, de fétichisme technologique ou d'hypothèses doctrinaires, car de tels champs de bataille n'existent tout simplement pas encore.

La dronique légère utilisée dans les conflits actuels remplit deux rôles : le renseignement et la destruction. Il s'agit d'un usage double, informationnel et tactique. Cette dualité préfigure une fusion à venir de la guerre informationnelle avec la guerre de terrain, une fusion qui impliquera toujours davantage de pilotes combattants civils et militaires.

Dans ce document il sera présenté de manière synthétique une vision en rupture avec certaines anticipations actuelles, une vision « out of the box » de l'entraînement simulé et du pilotage multi-utilisateur pour la future guerre robotisée : celle d'une guerre dronique massivement collaborative. Cet aspect collaboratif de la guerre dronique apparaît comme l'aboutissement le plus logique et le plus nécessaire à cette nouvelle forme de conflit info-tactique robotisé.

Le focus portera donc sur les aspects participatifs de l'usage de drones d'info-combat, liés à l'agrégation à terme des corps de pilotes réservistes et d'active, ainsi que sur les aspects techniques, liés aux architectures informatiques de cette nouvelle forme de guerre qui permettront l'orchestration de ces interventions droniques de grande ampleur.

Déconcentration, robotisation et pilotes « e-réservistes » massifs

L'entraînement et le pilotage de drones sont corrélés à une déconcentration humaine du champ de bataille. Ce phénomène peut facilement amener à penser que le champ de bataille deviendra nécessairement, et peut-être avant toute chose, automatisé. Or il n'y a pas de garantie qu'une automatisation complète soit possible d'une part, et que celle-ci apporte, d'autre part, un avantage tactique majeur ou une meilleure efficacité.

La robotisation massive par drones peut permettre certes une forte concentration de l'action tout en éloignant du feu des combattants, mais ces derniers ne seront pas nécessairement amenés à être moins nombreux et moins nécessaires. Au contraire, on peut penser que ces derniers seront de plus en plus appelés à piloter des cohortes de drones de plus en plus massives, ce qui n'empêchera pas le ratio pilote / nombre de robot de varier.

Cette augmentation des opérateurs sera sans doute nécessaire même en cas de pilotage multidrones synchronisés par un système unifié. En effet il y aura un effet de concurrence à gérer entre le nombre de robots pilotés par opérateur et la capacité de synchronisation d'un même système entre de multiples opérateurs. Cette situation surnuméraire classique en informatique fait qu'on ne pourra pas évacuer le pilote du cœur du dispositif de simulation et de pilotage massif.

On demandera à davantage de pilotes de piloter davantage de drones, même dans un système automatisé très abouti. Un tel système automatisé d'analyse de terrain est bien entendu nécessaire à réaliser et détenir, mais il ne fera qu'offrir une assistance, comme tout outil, à une cohorte d'opérateurs humains doués de réflexion et de volonté de décision. Cette disponibilité à l'interprétation et à la décision demeure placée au cœur de tout dispositif dronique pour des raisons de supériorité et de finesse tactique.

La robotisation envisagée ne devrait donc pas susciter l'espoir de pouvoir mener une action massive totalement automatisée sur champ de bataille, à l'image par exemple des projectiles guidés capables de discrimination. Cette robotisation devrait être considérée comme un moyen technologique de qualifier, de répartir et de synchroniser une volonté d'action dont le pilotage multi-utilisateurs massifs synchronisés sera la clé de la voûte.

Il restera indispensable que l'humain intervienne pour des raisons de qualité de discrimination des cibles ou d'actions fines, pour sa capacité d'adaptation et de décision que l'algorithme ne pourra pas égaler en toute circonstance. Un bon exemple est celui de la zone urbaine qui implique une efficacité d'action sur de multiples petits combats localisés et donc individualisés, à l'opposé de grandes batailles mécanisées périphériques.

L'entraînement de pilotes par simulation de haute performance doit donc reposer sur une architecture informatique permettant de déployer de manière distribuée (et donc nulle part en particulier), l'outil d'entraînement et de combat auprès de très nombreux individus distants et éparpillés, le tout sous le contrôle des corps d'armées.

Car il s'agira d'engager ensemble des combattants professionnels et des pilotes volontaires civils (par exemple parmi un corps de réservistes numériques). Les pilotes engagés opéreront nécessairement dans les mêmes conditions qu'ils s'entraîneront : combat et entraînement « fusionneront » comme fusionneront les publics engagés au combat.

La guerre dronique massive : une fusion de la guerre de terrain et de la guerre informationnelle

Les conflits majeurs impliquent une contribution importante des populations civiles. Ces populations constituant la force morale de l'effort de guerre, il en sera de même pour la guerre dronique non seulement pour le pilotage mais aussi pour la dimension informationnelle.

Si une hiérarchie militaire programmera et validera l'action, l'outil de simulation et de projection aura une plasticité d'emploi qui permettra un appui massif d'« e-réservistes » qui contribuera de manière simultanée à la dimension tactique et informationnelle du conflit.

Car la guerre informationnelle ne consiste pas seulement à dire ou reporter ce qu'on perçoit mais à participer directement à ce qui se passe et à le partager. C'est la dimension expérientielle de l'information, qu'on retrouve par exemple très clairement dans les réseaux sociaux.

Si penser la guerre ne peut être que penser la guerre totale (dans le sens de l'engagement d'une nation dans sa totalité), la guerre dronique atteindra une nouvelle dimension avec la participation de civils volontaires. Les « e-réservistes » massifs partageront leur expérience de combattants et généreront ainsi eux-mêmes l'information de guerre.

Par conséquent la guerre dronique massive ne peut être pensée que comme un continuum entre pilotes réservistes et d'armée d'active dans le cadre d'un nouveau type de guerre info-tactique massivement participatif.

Plus encore que lors des derniers grands conflits qui ont engagé plusieurs nations, la déconcentration humaine du théâtre d'opération robotisé s'accompagnera d'une massification d'opérateurs pilotes, mais qui se trouveront très éloignés du champ d'action, très dispersés et individualisés bien que synchronisés, en une forme de constellation combattante.

La vue d'ensemble du champ de bataille robotisé doit donc prendre le contre-pied d'une vision actuellement déshumanisée et artificialisée du combat futur : la guerre dronique sera certes une guerre de robots mais la force principale du combat sera bien la force morale d'un grand nombre de pilotes qui constitueront un régiment de pilotes «e-réservistes » dont le statut sera peut-être nouveau, entre conscription et active.

L'avantage technique à détenir pour les futurs conflits droniques participatifs : l'architecture infonuagique distribuée

Les adversaires ne disposent pas à l'heure actuelle d'une architecture de cyber-guerre dronique collaborative, et il leur sera très difficile de l'acquérir et de la déployer, tant les barrières techniques sont élevées. Cela nous donne une fenêtre d'avancement possible.

D'un point de vue technique, la dispersion géographique et la mixité militaire et civile des pilotes de robots nécessiteront une infrastructure de computation déconcentrée et distribuée, dont le calcul graphique haute performance pourra être réalisé intégralement sur serveur distant.

Cela permettra non seulement de déployer le service de simulation et de pilotage à distance sur un très grand périmètre, sur plusieurs typologies de réseaux télécoms, et de mettre en place autant de redondances systèmes que nécessaires pour obtenir une grande persistance (« durcissement ou « résilience ») du système.

Cette persistance par distribution et dilution fait que seule une architecture infonuagique peut offrir une solution pertinente. En effet, les ressources informatiques nécessaires pour réaliser une simulation avec rendu 3D temps réel et mixage de flux A/V pour un pilotage à vision augmentée sont telles qu'un très fort bond en ingénierie de virtualisation (au sens informatique du terme) sera nécessaire.

Cet effort très important apportera ensuite l'agrément d'une très forte capacité de déploiement à coût réduit car le coût le plus important de la simulation, notamment graphique, est celui de l'équipement de calcul qui lui est nécessaire : celui sera déporté et mutualisé, et donc non supporté par l'utilisateur final. Il est tout à fait possible de réaliser de telles architectures de rupture aujourd'hui. Mais des obstacles s'y opposent encore, moins du côté de la dépendance extérieure en matériels de computation, même si un sujet de souveraineté réel est ici posé, que dans un conformisme encore très courant dans le monde de la défense qui consiste à ne s'appuyer que sur des systèmes complets de computation sur sites (« on premise ») qui n'offrent que très peu de flexibilité, de scalabilité, de performance et qui proposent un niveau de sécurité bien moindre qu'affirmé communément tant par les corps que par les industriels.

Seule une solution architecturale infonuagique complète permettant un pilotage multidrones massivement multi-utilisateurs, en combinant un très grand nombre de pilotes professionnels et volontaires civils (avec des précautions de hiérarchies de de commandement et de contrôle d'accès au service) paraît apporter une nouvelle réponse crédible aux théâtres robotisés confrontant des acteurs démographiquement asymétriques.

C'est une vue à contre-courant de la croyance actuelle du « tout automatisation » mais les systèmes automatisés aussi perfectionnés et nécessaires à la décision soient-ils ne feront probablement pas la différence face à l'intelligence tactique et à la volonté humaine d'exister et de remporter un conflit.

Les technologies de l'information que nous connaissons aujourd'hui depuis une vingtaine d'années ont toutes en commun d'avoir donné la parole publique et donc la capacité d'action publique (même anonymisée) à tout-à-chacun dans une forme de forum numérique participatif permanent.

Il en sera de même pour les conflits majeurs futurs et c'est pourquoi il est important d'envisager une contribution massive d'« e-pilotes réservistes » aux conflits impliquant des drones, dans la lignée du mouvement technologique dans lequel nous sommes : une constellation de combattants prenant part à un « combat participatif » dont seules quelques puissances pourront se doter et éventuellement y faire participer ses alliés.

C'est une perspective qui ne s'imposera sans doute pas immédiatement, même si l'évolution actuelle de l'aspect démographique et matériel de la guerre en Ukraine démontre toute la pertinence d'une telle solution. Cette approche du combat numérique participatif s'imposera dans tous les conflits majeurs futurs.

Ces conflits info-tactiques ne peuvent qu'être menés, à l'instar des grands conflits passés, qu'avec l'appui actif et moral de la population civile. Il faut donc construire et se doter aujourd'hui d'architectures computationnelles infonuagiques nécessaires à l'avènement d'une simulation et d'un pilotage multi-utilisateurs synchronisés entre « e-réservistes » et les armées d'active pour préparer ces conflits droniques massifs.

Annexe 9 : Comparatif économico-opérationnel

Cette annexe donne quelques éléments de comparaison en termes de prix pour systèmes connus en distinguant les systèmes offensifs, et les cibles (qui peuvent être Sol ou Air). Les chiffres sont à prendre avec précaution, car outre une forte part d'incertitude sur certains (sans oublier les incertitudes sur les taux d'efficacité réelle), les niveaux de performance très différents (précision, charge militaire), certains systèmes peuvent avoir des capacités multiples, rendant toute comparaison délicate. Mais ils montrent que les drones et MTO semblent constituer des armes avec un bon rapport coût efficacité.

Systèmes offensifs

- Air-Sol
  - A2SM : 250kg, 60kg d'explosif. Portée 70km en version guidage ~200k€
  - Roquette antichar pour Tigre guidée Laser. Portée 4km ~50k€
- Sol-Air
  - Aster ou S400 ~ 1.4M€ (permet d'intercepter des avions de chasse)
- Sol-Sol
  - MMP : Portée 4km ~200k€ (le NLAW autour de 20k€)
  - Caesar : Portée 40km ~5k€ l'obus

Les MTO sont un élément spécifique de la catégorie sol-sol. (et sol-air, sol-mer , mer-mer dans le futur) Elles ont fait leur apparition plus récemment, et on observe les prix/performances suivants :

- Shaheed
  - 100k€ au total
  - 40kg explosif
  - 1000km portée
  - Détectable radar
- Colibri (objectif appel d'offres AID France)
  - 5km
  - Blindé léger
  - 20k€
  - Non détectable radar
- Larinae (objectif appel d'offres AID France)
  - 50km
  - Blindé
  - 200k€
  - Non détectable radar
- Switchblade 300
  - 10km
  - 60k€
  - Non détectable radar
- Switchblade 600
  - 40km
  - 200k€ ?
  - Non détectable radar
  - Efficacité inférieure à celle du Lancet
- Lancet
  - 70km
  - 3kg explosif
  - 20-35k€
  - Non détectable radar
  - Efficacité 30%

Cibles

- Sol
  - Blindé (type VAB, Serval, Griffon) ~1M€
  - Char (Leclerc ou autre) ~10M€
- Air
  - Hélicoptère attaque (Tigre) ~30M€
  - Avion de chasse (Rafale ou autre) ~80M€

Pour mémoire, on a défini par ailleurs dans ce rapport les catégories de drones :

- G1S < 10k€
- G1L < 100k€
- G2 < 300k€
- G3 < 1500k€

Par ailleurs, et bien que cela ne soit pas l'objet du présent rapport les drones plus gros (de type Bayraktar TB2, Patroller, Watchkeeper, Schiebel S100) coûtent plutôt de l'ordre de 5 à 10M€/pièce.

A priori, seuls les drones de la catégorie G3 (et les plus gros) sont détectables par radar, ce qui est important en termes de vulnérabilité.

Mais ce qui coûte le plus cher, ce ne sont pas les drones, ce sont les « *trained people* ». Plus le système est complexe à employer, plus les « *trained people* » ont de la valeur

Annexe 10 : Glossaire

Sigle	Signification
A2PM	Ajustement Annuel de la Programmation Militaire
ADIF	Association du Drone de l'Industrie Française
AE	Autorité d'emploi
AFU	Armed Forces of Ukraine/Forces armées ukrainiennes
AID	Agence d'Innovation de Défense
ANSSI	Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information
ASDA	American Security Drone Act
AT	Autorité Technique
ATP	Autorisation To Proceed
BIA	Brigade Inter-Armes
BITD	Base Industrielle et Technologique de Défense
C2	Command and Control
CAI	Command, Control, Communications, Computers (C4) Intelligence
C4ISR	Command, Control, Communications, Computers (C4) Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR). En résumé, Système de commandement et de conduite des opération
CA	Chiffre d'Affaires
CC	Certification critères communs
CCP	Code de la Commande Publique
CCAP	Cahier des Clauses Administratives Particulières
CCER	Contrôle et Circulation Essais Réception
CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
CDAOA	Commandement de la Défense Aérienne et des Opérations Aériennes
CE	Conseil d'État
CENZUB	Centre d'Entrainement en Zone UrBaine
CIDEF	Conseil des Industries de **Défense** Françaises
CMI	Comité Ministériel d'Investissement
CMP	Code des Marchés Public
CMS	Composant Monté en Surface
CNIL	Commission Nationale Informatique et Libertés
COMINT	COMunnication INTelligence
COTS	Commercial On The Shelf
CRS	Compagnie Républicaine de Sécurité
CSPN	Certification de Sécurité de Premier Niveau
CU	Charge Utile
DAL	Design Assurance Level
DEPAFI/SAILMI	Direction de l'Evaluation de la Performance, de l'Achat, des Finances et de l'Immobilier/ Service de l'Achat, de l'Innovation et de la Logistique du Ministère de l'Intérieur
DGA	Direction Générale de l'Armement
DGE	Direction Générale des Entreprises
DGSCGC	**Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises**
DIU	Defense Innovation Unit
DLR	Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique, en allemand Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMAé	Direction de la Maintenance Aéronautique
DOA	Design Organisation Approval
DoD	Departement of Defense
DORESE	Doctrine, Organisation, Ressources humaines, Entraînement, Soutien, Equipement
DROID	Document de Référence de l'Orientation de l'Innovation de Défense

DSAé	Direction de la sécurité aéronautique d'État
DSAC	Direction de la Sécurité de l'aviation Civile
DUB	Document Unique de Besoin
EASA	European Aviation Safety Agency
EFP	Explosively Formed Penetrator / Projectile
ELINT	ELectronic INTelligence
EMA	Etat Major des Armées
EMAT	Etat Major de l'armée de Terre
EMS	Electronics Manufacturing Services
EPP	Expanded Polypropylene ou Polypropylène expansé
EVTA	ÉValuation TActique
EVTO	EValuation Technico Opérationnelle
FIA	Force InterArmées
FIRI	Force Interarmées de Réaction Immédiate
FORAD	FORce ADverse
FPV	First Person View
FS	Forces Spéciales
FSI	Forces de Sécurité Intérieures
FTS	Flight Termination System
GCS	Ground Control Station
GE	Guerre Electronique
GICAN	Groupement des Industries de Construction et Activités Navales
GICAT	Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres
GIFAS	Groupement des Industries Françaises Aéronautiques et Spatiales
GIE	Groupement d'Intérêt Economique
GME	Groupement Momentané d'Entreprises
GNSS	Global Navigation Satellite System
GT	Groupe de Travail
GTIA	Groupe Tactique Inter-Armes
HEAT	High Explosive Anti-Tank
IA	Intelligence Artificielle
IHM	Interface Homme Machine
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IOC	Initial Operationnal Capability
IoT	Internet of Things
ITP	Intention To Proceed
ISO	International Standardisation Organisation
JO	Jeux Olympiques
LAD	Lutte Anti Drones
LPM	Loi de programmation militaire
MCO	Maintien en Conditions Opérationnelles
MDS	Marché de Défense ou de Sécurité
MINARM	Ministère des armées
MININT	Ministère de l'Intérieur
MIOM	Ministère de l'Intérieur et des Outre-Mer
MOTS	Military On The Shelf
MTO	Munition téléopérée ou drone kamikaze
MTO CP	Munition Télépérées Courte Portée (MTO CP)
MTO MP	Munition Télépérées Courte Portée (MTO M26zzzzP)
NRBC	Nucléaire, Radiologique, Biologique ou Chimique
OER	Opération d'Expérimentation Réactive
ONERA	Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales
ONG	Organisation non gouvernementale
OSI	Open Systems Interconnection

PAF	Police Aux Frontières
PI	Propriété Intellectuelle
PJD	Plan de Justification de la Définition
POA	Production Organisation Approval
R&D	Recherche et Développement
RCP	Revue de Conception Préliminaire
RETEX	RETour d'EXpérience
ROEM	Renseignement d'Origine ElectroMagnétique
ROIM	Renseignement d'Origine IMage
RORAD	Renseignement d'Origine RADar
RSE	Responsabilité Sociétale des Entreprises
SAIL	Specific Assurance and. Integrity Level
SAIM	Système d'Aide à l'Interprétation Multicapteurs
SATCOM	Communications par Satellite
SDT	Système de Drone Tactique
SDTL	Système de Drone Tactique Léger
SI	Système d'information
SICS	Système d'information du combat de SCORPION
SMDM	Système de Mini-Drones aériens embarqués pour la Marine
SMDR	Système de Mini Drone de Renseignement
SDIS	Service Départemental d'Incendie et de Secours
SDTL	Système de Drone Tactique Léger
SEEAD	Service des Essais et Expérimentations Aéronautiques de la Défense
SGTIA	Sous-Groupe Tactique Inter-Armes
SNSM	Société Nationale de Sauvetage en Mer
SORA	Specific Operations Risk Assessment
STAT	Section Technique de l'armée de Terre)
SWaP	Size, Weight, and Power
TN	Théatre National
UAS	Unmanned Aerial System
UGAP	Union des Groupements d'Achats Publics
UTM	Unmanned Traffic Management
VTOL	Vertical Take Off and Landing
V/UHF	Very/Ultra High Frequency
ZIP	Zone Industrialo-Portuaire

Annexe 11 : Organismes et industriels ayant participé aux travaux

Société our organisme privé		Administration ou EPIC
AERIX		AID
AEROMAPPER		CREC
AIRBUS Helicopters		DGA/ S2IE
ALM-Méca		DGA/DO
ATEM		DGA/DT/ST
ATOS		DGA/IP
AZUR DRONE		DGA/SASD
BOREAL		DGA/DGA TT
CARMENTA		DMAé
CERBAIR		EMA/COCA
CETRAC		EMAT
CILAS		ISL
CLOUDSKEYES		MIOM/DPSIS
COGES		ONERA
DELAIR		STAT
DESAUTEL		
DIODON		
DRONE VOLT		
ELISTAIR		
EMITECH		
EOS TECHNOLOGIES		
EXAIL		
GICAT		
GIE DEFENSE NRBC		
HEXADRONE		
HIONOS		
ICARUS SWARM		
INEO/EQUANS		
KNDS		
LINGUANOMICS		
LN INNOV		
M3 SYSTEMS BOREAL		
MBDA		
MEETRUCKS		
MILTON		
NOVADEM		
NSE GROUP		
ORANGE		
PARROT		
PILGRIM TECHNOLOGY		
PRELIGENS		
RESEAU TERIA		
SAFRAN		
SAFT		
SCALIAN		
SECURESALLY CONSULTING		
SKYDRONE		
SOFEMA		
SQUADRONESYSTEM		
SURVEY COPTER		
THALES		
TOUTENKAMION GROUP		
TURGIS&GAILLARD		
VISTORY		