

*Etude prospective et stratégique
n°2017-22 :
« Evolution du MCO (maintien
en condition opérationnelle)
aéronautique d'ici à 2030 ».*

Rapport final

25 Juillet 2018

Table des matières

1	Synthèse	3
2	Objectifs, contexte et périmètre de l'étude	6
2.1	Contexte	6
2.2	Objectifs	7
2.3	Approche et travaux réalisés	9
3	Le contexte du MCO air	11
3.1	Le périmètre du MCO air	11
3.2	Les enjeux d'améliorations	12
3.3	Les enjeux RH	19
4	L'évolution des compétences dans le MCO	25
4.1	L'évolution civile des compétences dans le MCO des objets complexes	25
4.2	Les benchmarks militaires	31
4.3	L'impact des technologies sur les compétences	33
5	L'évolution proposée des stratégies RH dans le cadre du MCO	49
5.1	Recrutement – attractivité de la marque employeur « militaire », « guerre des talents » sur les profils rares	49
5.2	Fidélisation	53
5.3	Refondre la formation	54
5.4	Ré-internalisation / Externalisation	55
5.5	Enjeux de l'évolution des compétences managériales	55
5.6	La transformation des processus	56
5.7	Quelles autres compétences étatiques mettre en place ?	59
6	Conclusions et recommandations	60
6.1	Recommandations principales : adapter le MCO au besoin	60
6.2	Recommandations principales : assurer la disponibilité des compétences	65
	Annexe A - Liste d'acronymes	69
	Annexe B – Impact des technologies sur les compétences	71
	Annexe C – Liste des documents pertinents	77
	Sites internet	77
	Autres documents et articles sur les technologies et le MCO	77
	Documents généraux	79
	Annexe D : Les métiers du Big Data	81
	Annexe E : Personnes interviewées	88
	Armée de l'air	88
	Industrie	88

1 Synthèse

L'analyse demandée est destinée à la direction des ressources humaines de l'Armée de l'air (DRHAA). Elle a intégré une réflexion sur l'évolution des métiers du MCO sur les 30 prochaines années, et propose des orientations vis-à-vis de la politique des Ressources Humaines et du recrutement.

La logique suivie est donc celle de l'employeur de l'aéronautique de défense qui souhaite réfléchir en amont sur l'adaptation des compétences et des processus du domaine de la maintenance aux évolutions de la technologie à l'horizon de 2030.

Partant de la planification et d'une vision prospective de l'emploi des nouvelles technologies, le travail effectué a permis de cerner les exigences imposées aux ressources humaines par le contexte, le périmètre et les fonctions du MCO aéronautique militaire.

Ce domaine, comme bien d'autres, s'apprête en effet à intégrer l'impact de la montée en compétences nécessaires à la transformation numérique du ministère des Armées, décliné au travers du **Plan de transformation** présenté le 19 avril dernier. L'enjeu est la maîtrise de nouvelles technologies dites « de rupture » (fabrication additive, jumeaux numériques, IA, réalité augmentée, Big Data, la numérisation de la chaîne de valeur, robotique & cobotique, ...), sans pour autant devoir abandonner les compétences sur les technologies en cours d'utilisation, parfois bien plus anciennes que celles utilisées par le monde civil.

De façon générale, l'utilisation de ces technologies de rupture, associée à la volonté de construire des partenariats avec les acteurs de la société civile (industries, PME et Startup) dans le cadre de « Cercle Défense Connect »¹, imposera des modes projets plus « agiles ».

Cette approche globale va modifier profondément nombre de processus, à commencer par les métiers et les formations à ces métiers. Elle apporte également de nouvelles vulnérabilités. Néanmoins, le constat quasiment unanime de gains conséquents attendus en termes de d'innovation et de productivité, renforcé par l'initiative « Action publique 2022 », rendra incontournable cette transformation.

Les ressources humaines sont au cœur des préoccupations du chef d'état-major des armées (CEMA). Lors de son audition devant la commission de la Défense, 21 février 2018, le général François Lecointre, a estimé qu'il « faudra veiller à ce que les mesures d'accompagnement pour garantir la fidélisation des compétences et la gestion des flux soient suffisantes et adaptées » car « disposer d'une jeunesse disponible, compétente et volontaire pour être formée, en vue de servir son pays, est un impératif incontournable pour nos armées. »

¹ Le Cercle Défense Connect est un cercle de réflexion, de partage des bonnes pratiques et de retour sur expérience qui regroupe des partenaires de l'écosystème français et de hauts responsables du ministère.

VENTURA

Pour l'Armée de l'air, comme pour la plupart des organisations engagées dans la transformation numérique, le panel des compétences et des processus du domaine du MCO aéronautique va nécessairement devoir être adapté afin de faire face aux évolutions de la technologie à l'horizon de 2030 tout en conservant la capacité à entretenir des technologies très anciennes. C'est tout le secteur des ressources humaines dédiées au MCO aéronautique, mais pas seulement, qui demande à être refondé.

De l'articulation entre les technologies et les compétences dépendra la réalisation des objectifs fixés par le contrat opérationnel des armées. Les évolutions possibles des interactions entre le monde civil et le monde militaire, la « guerre des talents », et les enjeux managériaux sont à regarder avec attention, en raison de leur conséquence notamment en matière d'attractivité de la fonction militaire, de la fidélisation du personnel et au final de la « marque employeur » des Armées.

Sur la base de l'ensemble des fonctions du MCO aéronautique, l'étude examine les pistes de travail susceptibles de faciliter leur optimisation, tout en prenant compte les spécificités inhérentes au milieu de l'action militaire. Plusieurs enjeux se présentent :

- Assurer la disponibilité nécessaire à la réalisation des missions, fortement malmenée, par exemple, par le vieillissement des flottes, l'obsolescence des technologies ou l'emploi de procédures aujourd'hui inadaptées,
- En maîtriser les coûts, impactés eux par les obsolescences qui frappent les certaines compétences mais aussi la rareté des compétences nouvelles adaptées aux nouvelles technologies.

Comme cité précédemment, ce sont bien les compétences qui sont l'objet de toute l'attention de l'étude, cet axe d'approche devenant la brique de base de l'analyse des métiers. Les armées sont confrontées à la problématique suivante : conserver les compétences nécessaires au soutien de flottes en service, en particulier en opération, tout en développant celles qui s'accommoderont aux nouveaux outils et technologies qui se présenteront, là encore en gardant une capacité à assurer le service pour les opérations.

Le problème majeur est que dans une phase tangible d'accélération des innovations technologiques, et de très forte concurrence du secteur privé, aéronautique civile ou industrie des technologies de l'information et de la communication, la logique de maintien de compétences et de transmission du savoir et du savoir-faire au sein des armées est mise à mal : le risque direct qui en ressort est un délitement des compétences qui débute de plus en plus tôt.

La montée des compétences de savoir être relative à la cybersécurité, aux aspects juridiques liés aux problématiques du numérique et à la capacité à se former ou s'autoformer sont également des facteurs clefs de cette évolution.

En parallèle, l'accélération des mises en service opérationnelles à la fin du développement met le système de montée en compétences des armées sous très forte pression, imposant de fait des focalisations en matière de formation et d'entraînement.

VENTURA

Enfin, la nécessité d'une gestion spécifique de certaines compétences rares s'est imposée avec une particulière acuité, dans les armées comme dans la fonction publique en général. C'est en particulier le cas des métiers de l'ingénierie MCO, aujourd'hui en très forte évolution.

Le recours à des services externalisés pose une autre problématique : il s'agira de trouver la bonne formule entre le « sous-traité » et le « fait maison » dans une logique favorisant à la fois les objectifs opérationnels, et les critères de compétitivité. Il est à noter que de façon générale, la tendance de la fonction publique est de rapatrier en interne.

La capacité de l'industrie à maintenir des matériels sur la durée subit également des contraintes, et peut l'amener à réduire la durée de ses prestations. Cette capacité est alors réduite, parfois volontairement.

La nouvelle politique RH se présente donc comme un défi pour les armées. Il revient d'entretenir et développer les compétences dans un contexte de contrainte persistante sur les effectifs, de refonte de l'ingénierie de formation dans un cadre plus individualisé, d'aménagement des parcours professionnels en adéquation avec les attentes des générations actuelles, tout en raisonnant selon une dynamique de flux et en assurant une forte attractivité.

Cela passe notamment par une politique de reconversion du ministère des Armées sans équivalent et très spécifique.

L'étude s'est focalisée sur l'évolution des compétences dans le MCO, en passant par l'évolution civile des compétences dans le MCO des objets complexes, puis les benchmarks militaires et se termina par l'analyse de l'impact des technologies sur les compétences.

Sont proposées des évolutions des stratégies RH, dans les domaines du recrutement : (attractivité de la marque employeur « militaire », « guerre des talents »), de la fidélisation, de la formation, des enjeux l'internalisation/ externalisation, de l'évolution du rôle du manager, et enfin de la transformation des process.

2 Objectifs, contexte et périmètre de l'étude

2.1 Contexte

La notion de MCO est assez récente et sous-entend depuis les années 90 dans les armées un périmètre de compréhension assez étendu : à ce titre, le champ couvert par le MCO diffère sensiblement de celui du MRO, employé en secteur civil.

Il convient ainsi de veiller à ne pas faire de complet amalgame entre ces deux champs d'activités : le MCO concerne l'ensemble des facteurs qui concourent à générer et régénérer une capacité opérationnelle, technique mais aussi humaine et organisationnelle. Il comprend donc l'activité de maintenance des matériels, la mise en configuration opérationnelle des systèmes de missions et des systèmes d'armes, la préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelles en vue d'un engagement initial et in fine l'appui des armées en manœuvre sur les théâtres. Il comprend enfin la logistique et la chaîne d'approvisionnement associée.

Une révolution industrielle fondée sur une numérisation accélérée des processus est en marche et chaque jour, nous en avons la démonstration au travers de l'introduction de nouvelles technologies dans le domaine du design, de l'industrialisation de la production ou du soutien en service. Il en résulte à la fois de nouveaux modes d'organisation autant dans l'industrie que dans les services, mais aussi de nouveaux besoins en termes de compétences et de métiers pour servir cette transformation. La transformation numérique est ainsi devenue un enjeu à la fois pour les entreprises mais aussi pour les administrations.

Les donneurs d'ordre, les industriels, les administrations et les usagers des générations actuelles sont donc confrontés à des ruptures majeures liées à l'évolution des technologies : les procédés de production et fabrications automatisés grâce aux objets connectés, la fabrication additive, les jumeaux numériques, la réalité augmentée, la numérisation de la chaîne de valeur, la robotisation de la logistique et des interventions sur le matériel constituent des avancées majeures. Cet apport a priori d'efficacité opérationnelle et de valeur est centré autour de la dimension critique de la génération et de l'accès aux données numériques et de leurs traitements, dans un contexte où il faut considérer la menace permanente des attaques cyber et l'obsolescence rapide des solutions civiles.

Par ailleurs, les systèmes les plus récents, et ceux à venir, ont été conçus de telle manière qu'ils produisent une masse considérable de données (Big Data) qui, moyennant un traitement par des technologies numériques adaptées (intelligence artificielle, mais aussi réalité augmentée), sont susceptibles de produire des données à forte valeur ajoutée (Smart data), notamment pour les activités de MCO. Ce domaine, encore en devenir, présente un très fort potentiel dès lors qu'il est couplé à des outils d'analyse efficaces.

Dans tous les secteurs industriels et des services, nous voyons ces technologies produire des effets d'accélération et de modification profonde de la conception, des pratiques qui prennent en compte de

VENTURA

nouveaux usages, des produits et des services. Il en résulte a priori des gains potentiels de productivité qu'il faut néanmoins confronter en permanence aux contraintes des opérations et aux temps de retour sur investissement (pris au sens du coût global de possession), à l'exigence de conformité aux normes et standard, de sûreté et de qualité des systèmes considérés et à la disponibilité des ressources humaines pour garantir que ces gains de productivité se propagent de manière systémique dans l'ensemble du MCO aéronautique. Il faut aussi pouvoir adapter la ressource humaine à ces technologies : l'opérateur, tout autant que son manager, doivent intégrer les outils qui leur sont fournis dans leur référentiel de travail, adapter leur métier et donc ajuster leurs compétences à ce nouvel environnement.

Pour le monde de la maintenance et de la réparation des aéronefs civils (MRO), ces transformations sont sources de productivité, d'innovation, d'objectifs clefs pour faire face aux enjeux des marchés de plus en plus ouverts, mondiaux et en constante mutation. Dans le monde des systèmes et de l'électronique, la numérisation et la connectivité permettent des logiques d'intervention dématérialisée - donc souvent à distance - qui sont susceptibles de se généraliser.

Enfin, il importe d'indiquer que la présente étude ayant débuté bien avant l'annonce de la réforme du MCO aéronautique, qui se traduit notamment par la création de la Direction de la Maintenance Aéronautique (DMAé), les développements qui suivent veillent, dans toute la mesure du possible, à rester cohérents avec les grandes orientations de cette réforme dont les dispositions particulières de mise en œuvre sont encore en cours de définition ou de déploiement. Elle a également été menée en parallèle des travaux gouvernementaux sur la numérisation de l'Etat et sur le développement de l'intelligence artificielle, eux aussi fortement générateurs d'orientations et de ruptures.

Face à ce « déluge » de nouveautés, il a été souvent difficile de trouver des interlocuteurs souhaitant donner leur vision de l'impact de cette révolution. Nous tenons donc à tout particulièrement remercier tous ceux qui ont accepté de se confronter à cet exercice au cours des entretiens.

2.2 Objectifs

Le domaine du MCO aéronautique se distingue quelque peu d'autres domaines équivalents (ferroviaire, naval, ...) par un environnement particulièrement exigeant en termes de sécurité et de sûreté, que traduit un corpus réglementaire très prégnant (navigabilité), cadrant de près son activité via des organismes de régulation et de contrôle très largement internationaux (DGAC, EASA, FAA, ...). Ce domaine se différencie aussi par une recherche et une mise en œuvre permanente de technologies de pointe, elles-mêmes en perpétuelle évolution et requérant alors un panel de compétences de haut niveau.

Cependant, mis à part la navigabilité, ces mêmes caractéristiques spécifiques de l'aéronautique tendent à s'effacer dans la mesure où les autres domaines adoptent de plus en plus les mêmes exigences, et aussi du fait de la montée en puissance de technologies dont le potentiel d'usage est fondamentalement transverse et « multi applicable ».

VENTURA

Parallèlement, et de façon presque paradoxale, de nouveaux acteurs, pionniers et géants de la révolution numérique, apparaissent plus tardivement dans le champ de l'aéronautique et du spatial dont ils ne sont pas issus et dont ils ne partagent pas la culture de réglementation. Cette culture de la réglementation est en fait remplacée par une course de vitesse pour imposer une standardisation des échanges et des réseaux. Ainsi, les compétences requises par les nouvelles technologies ne sont plus forcément exclusivement dédiées à l'aéronautique, ce qui constitue à la fois une chance pour leur montée en puissance, mais peut aussi générer une certaine complexité pour leur intégration dans l'aéronautique et une attitude prudente pour définir leur déploiement au juste besoin. Les contraintes du monde aéronautique (certification, niveau de sûreté, navigabilité, qualification des personnels, etc.) pourraient en effet représenter un frein à leur déploiement par comparaison à d'autres secteurs.²

L'analyse demandée est destinée à la Direction des ressources humaines de l'Armée de l'air (DRHAA). Elle a intégré une réflexion sur l'évolution des métiers du MCO sur les trente prochaines années, et propose des orientations vis-à-vis de la politique des Ressources Humaines et du recrutement. Elle doit permettre de définir les stratégies possibles sur le MCO considéré dans son ensemble (de bout en bout) dans le cadre des travaux prospectifs en cours.

La logique suivie est donc celle de l'employeur de l'aéronautique de défense qui souhaite réfléchir en amont sur l'adaptation des compétences et des processus du domaine de la maintenance aux évolutions de la technologie à l'horizon de 2030.

Le périmètre de l'étude est centré sur cette problématique des ressources humaines (RH) futures. Elle analyse de manière assez large mais sans les détailler les problématiques suivantes :

- Quels métiers seront nécessaires pour les différents domaines du MCO à un horizon de 2030 ?
- Quelles compétences demandent les technologies du MCO, les processus qui en découlent et les nouveaux matériels en cours de mise en service dans les forces ?
- Quelles compétences étatiques devront être développées en interne et sur quelles compétences industrielles faudrait-il s'appuyer pour les services externalisés ?
- Comment contractualiser le MCO à l'avenir ? Quel sera le socle de compétences internes pour spécifier les services attendus ?
- Comment assurer le maintien des compétences étatiques dans un monde où les salaires et la qualité de vie offerts par le monde civil seront plus attractifs que la condition militaire ?
- Comment, de manière plus générale, maintenir l'attractivité des métiers du MCO, dans cet environnement en évolution rapide ?

² On trouve déjà ce problème dans le spatial où les composants et les technologies utilisés sont d'une manière générale bien plus matures que dans d'autres secteurs du fait des contraintes de sécurité, réduisant de fait les performances atteignables par comparaison à des secteurs moins contraints comme les télécoms.

2.3 Approche et travaux réalisés

Le périmètre de l'étude porte sur les fonctions suivantes :

- La mise en configuration opérationnelle des systèmes de missions et des systèmes d'armes, y compris les aspects préparation de mission ;
- L'activité de maintenance des matériels, au sein de laquelle la régénération de potentiel ou de performance occupe une place déterminante, notamment pour situer le champ d'action du NSO (et donc les compétences qui lui sont nécessaires) ;
- La préparation technique des militaires, des structures technico-opérationnelles, et l'appui sur les théâtres, en élargissant à la problématique de la formation ;
- La logistique et la chaîne d'approvisionnement associée ;
- Les systèmes d'information et de commandement liés à l'activité MCO.

Le principal bénéficiaire de l'étude étant les ressources humaines, l'étude a travaillé sur des approches croisées processus/technologies. Par exemple :

- Comment intégrer l'intelligence artificielle (IA) dans un processus de certification et assurer ensuite sa navigabilité au fur et à mesure de son évolution ?
- Comment gérer la problématique des limites d'obsolescences induites par l'affaiblissement des compétences dans une technologie ancienne : faut-il maintenir les matériels / équipements au-delà d'un objectif de durée (30 ans ?) s'il n'y a plus de compétences pour les maintenir ?

Parce que plus mature que d'autres ruptures potentielles, la problématique des données (datas) a été tout particulièrement regardée dans les optiques métiers et pilotage du MCO. Elle génère en effet d'assez fortes évolutions en termes de compétences.

En revanche, la problématique de la maintenance des concepts futurs de furtivité, si elle va imposer de développer des compétences en matière de matériaux pour jauger de leur santé ou d'état de surface, n'amène pas de manière aussi visible de ruptures fondamentales en dehors peut-être de coûts et de probables outils de diagnostic dédiés. En conséquence, ce thème n'est pas traité dans l'étude.

Le MCO doit veiller à conserver un niveau équivalent de MCS (maintien en conditions de sécurité), y compris compte tenu des aspects associés à la cybersécurité. Ce point-là est donc traité en termes de compétences à développer.

Concernant les technologies à analyser, l'EMAA s'interroge sur les domaines particuliers suivants :

- L'évolution des bancs de tests vers une maintenance plus intégrée sur les plateformes, combinée à une redondance de certaines fonctions, pourraient conduire à une réduction des moyens externes de tests. Vu du côté RH, il s'agit avant tout d'un transfert de certaines

VENTURA

compétences vers le NSO, transfert dont l'impact sur les compétences est souvent atténué par les logiques de « hot line » avec l'industrie.

- L'utilisation de technologies innovantes qui pourraient conduire à la remise en cause des processus (par exemple : l'emploi de drones pour les inspections d'avions, etc.). Nous avons traité plusieurs de ces problématiques dans l'étude.
- Les compétences liées au Big Data où l'externalisation doit être décidée avec discernement, en fonction des services finaux attendus, par exemple des arbitrages nécessaires entre responsables de boucle complète (sociétés aéronautiques ou informatiques traditionnelles) et des startups (de périmètre d'intervention plus limitée).
- La question du MCO dans les Programmes en coopérations en cours et à venir qui va amener un axe de complexité supplémentaire dans la gestion des compétences, les industriels « sachant » pouvant être étrangers et de niveaux techniques très dispersés.

Malgré les difficultés à accéder aux données des programmes, nous avons centré nos problématiques préférentiellement sur des exemples qui s'appuient sur les flottes en service (A400M, Rafale, équipements senseur et propulsif, systèmes de drone, etc.) sans toutefois détailler la problématique de chaque flotte.

3 Le contexte du MCO air

3.1 Le périmètre du MCO air

3.1.1 Une définition du MCO air

La DIA4 (doctrine interarmées numéro 4) établit le MCO comme une sous-fonction de la fonction opérationnelle « Soutien logistique ». Ainsi, le MCO regroupe « les activités destinées à assurer, à l'aide de moyens, procédures et prestations, la disponibilité d'un produit ou d'un système d'armes de manière que celui-ci fournisse l'effet militaire attendu dans les conditions d'utilisation fixées, sur une durée déterminée ». S'agissant du MCO air, certaines de ses caractéristiques, notamment lors du début d'une opération (projection), sont à considérer avec attention :

- Faible « empreinte au sol » des moyens humains et matériels employés ;
- Taille réduite des flottes déployées, associée à une grande diversité de lieux de projection présentant par ailleurs de fortes élongations dans un contexte de réseaux plus ou moins disponibles ;
- Forte dépendance, en projection, aux flux logistiques et à leur réactivité (par exemple pour régénérer en base arrière des ressources dont la consommation est forte) ;
- Activité moyenne des flottes assez faible en comparaison avec des flottes civiles à vocation commerciale ;
- Utilisation intensive et à forts gradients de sollicitation des systèmes employés ;
- Nécessité d'assurer la cohérence entre capacité de projection et capacité à durer.

3.1.2 Les objectifs

Les principaux objectifs à atteindre sont les suivants :

- Assurer la disponibilité et la mise en œuvre des systèmes aéronautiques nécessaires pour assurer les missions opérationnelles demandées avec la réactivité requise ;
- Maîtriser les coûts liés au MCO ;
- Développer, adapter et maintenir les compétences requises pour assurer le MCO, en métropole comme en projection, à l'entraînement et en opérations.

3.1.3 Les acteurs étatiques et industriels

Les acteurs du MCO aéronautique sont :

- Les directions étatiques en charge de la politique de MCO, notamment désormais la DMAé ;
- Les unités des forces en charge du Niveau de soutien opérationnel (NSO) : pour l'Armée de l'air, essentiellement les escadrons de soutien techniques aéronautiques et, pour certaines flottes (écoles, avions gouvernementaux, ...) des industriels prestataires ;
- Les organismes étatiques en charge du Niveau de soutien industriel (NSI) ;
- Le Service industriel de l'aéronautique ;

VENTURA

- Le détachement Air de Bordeaux-Beauséjour, de l'élaboration des règles générales du MCO aéro, de la passation des marchés de rechanges et de prestations de MCO : la DMAé, la SIMMAD ou la DGA, chacun en ce qui la concerne ;
- Les industriels concepteurs, fabricants ou maintenanciers, en charge, en général, du NSI, voire, dans certains cas, du NSO et du NSI.

3.1.4 Les fonctions du MCO

Les fonctions du MCO que nous considérerons sont les suivantes :

- La préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelles et l'appui sur les théâtres ;
- La mise en configuration opérationnelle des systèmes de missions, des systèmes d'armes et des systèmes d'information et de communication aéronautiques (SIC Aéro) ;
- L'activité de maintenance des matériels, incluant la régénération de potentiel ou de performances ;
- La logistique et la chaîne d'approvisionnement associée ;
- La mise en œuvre et l'adaptation à la mission des systèmes d'information liés à l'activité MCO ;
- Maitrise d'ouvrage, planification, pilotage.

3.1.5 Les matériels et systèmes du périmètre du MCO aéronautique

Le périmètre du MCO air que nous regardons englobe :

- Les avions pilotés ou non pilotés et matériels d'environnement associés (dont système de pilotage déporté pour les drones),
- Les emports, les équipements de missions (pods, nacelles, ...),
- Les bancs de maintenance, les simulateurs, les moyens de tests,
- Les moyens de la défense sol-air,
- Les systèmes d'information et de communication aéronautiques et système d'information logistique aéronautique, les systèmes de préparation / restitution de mission,
- Les radars de détection ou de surveillance,
- Les moyens de lutte incendie aéroportuaires.

3.2 Les enjeux d'améliorations

3.2.1 Assurer la disponibilité nécessaire pour les missions

Malgré les efforts développés ces dernières années et des améliorations sensibles sur certaines flottes, la disponibilité (DTO) des matériels aériens militaires reste toujours faible au regard des besoins, eux-mêmes soumis à de fortes variations.

Les causes sont multiples :

- Maturation lente des flottes ;
- Faiblesse des crédits au regard des besoins ;

VENTURA

- Croissance de la complexité et de l'âge moyen des machines en parc ;
- Effets induits par la forte réduction d'effectifs dont le périmètre MCO, en termes de RH, a assumé une part significative ;
- Extrême variabilité des conditions d'emploi des flottes qui limite l'efficacité du retour d'expérience ;
- Emploi de procédures inadaptées à des opérations permanentes fortement consommatrices de « durée de vie » ;
- Logistique insuffisamment performante au regard des exigences de « juste à temps » des opérations et de l'éloignement des théâtres ;
- Réactivité de l'organisation réduite.

Si la situation s'améliore sur les flottes devenues matures³, elle risque de se dégrader fortement à chaque fois qu'une évolution technologique ou architecturale importante est introduite, en partie du fait de la nécessaire montée en compétence sur les technologies nouvelles des personnels en charge.

Cela impose désormais de repenser le système globalement autour de cette problématique majeure en refondant le pilotage de la disponibilité par les besoins opérationnels et non plus par une vision fonctionnelle pure. Il faut pouvoir gérer de fortes irrégularités d'emploi par des méthodes plus agiles que par le passé.

La nouvelle ingénierie de formation contribuera à cet objectif d'amélioration de la disponibilité.

3.2.2 *Maîtriser les coûts*

Les rapports faits sur l'aéronautique civile montrent que l'évolution des coûts reste dans ce domaine un souci constant.

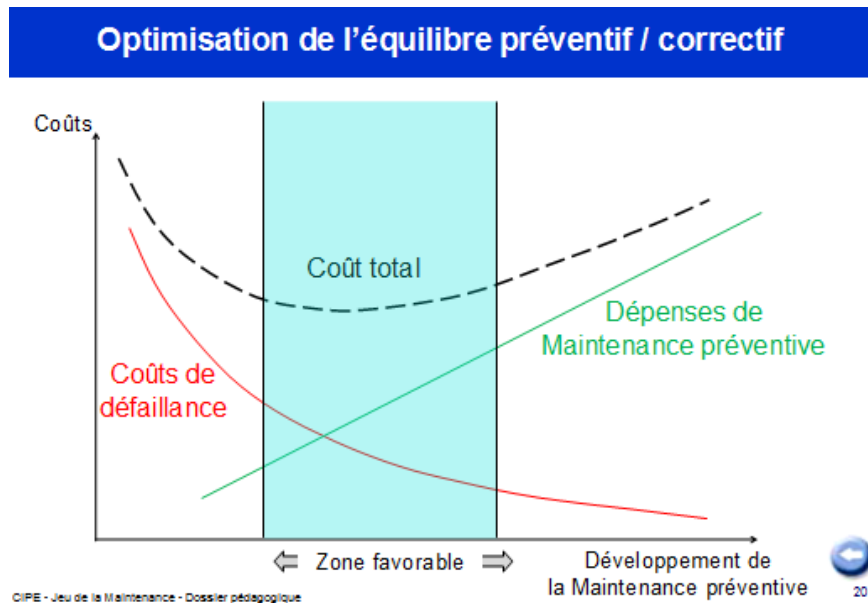
Dans tous les domaines, les décisions d'emploi des nouvelles technologies pour le soutien sont d'ailleurs souvent liées à une volonté de réduction des coûts par augmentation de la productivité des investissements.

La difficulté est que les temps de retour sur investissement et les réductions effectives de coûts du monde civil incorporent généralement des coûts d'indisponibilité qui n'existent pas dans les armées. A titre d'exemple, la perte d'exploitation, dans l'aéronautique civile, liée à une indisponibilité de matériel relève d'un concept qui n'est pas transposable tel quel dans le monde militaire. Les logiques de réduction de coût par réorganisation ou investissements doivent donc s'appuyer sur d'autres critères de coûts directs souvent moins affectés par ces changements que les coûts indirects.

Parmi les causes d'augmentation des coûts figurent l'arrivée de certaines flottes au début de la croissance des coûts de soutien unitaire du fait de l'obsolescence des investissements, des compétences

³ Le CEMAA cite le Rafale dans les auditions parlementaires

et des technologies. Toutes ces obsolescences accroissent les coûts, y compris en matière de ressources humaines (formation dédiée, expertise basculant du monde industriel vers le monde du compagnonnage, etc.)



Compte tenu de l'accélération des technologies et des logiques de durée de vie réduites du monde civil, il est clair que l'arrivée à ce changement de pente va s'accélérer : il faudra donc bien anticiper ces phénomènes et les intégrer dans les budgets et la gestion de ressources humaines. En particulier, les temps de retour sur investissement vont devoir s'accélérer pour prendre en compte cette situation.

La pluralité de parcs pour un même modèle ne fait qu'accélérer la tendance là encore à la fois en termes d'équipements, mais aussi en termes de compétences à conserver.

La maintenance des nouveaux matériels s'avère également plus importante que prévue initialement, en grande partie du fait d'un manque d'anticipation dans les phases programme. Néanmoins, l'arrivée de nouvelles technologies accroît naturellement les coûts de maintenance du fait de l'augmentation nécessaire des compétences à couvrir et des infrastructures spécifiques plus coûteuses que celles des générations précédentes, souvent plus rustiques.⁴

3.2.3 Ingénierie du MCO

L'ingénierie du MCO impose de s'intéresser de près à certaines problématiques critiques régulièrement mentionnées dans les analyses : il est d'ailleurs apparu clairement, tout au long de l'étude, que le besoin de monter en puissance dans diverses dimensions de ce domaine de l'ingénierie du MCO constitue un axe d'effort majeur.

⁴ Le coût d'EPM à l'heure de vol du Rafale est estimé 3 fois supérieur à celui d'un avion de combat d'une génération antérieure, tel que le Super-étendard modernisé ou le Mirage 2000. Le même écart existe entre le coût d'entretien annuel d'un hélicoptère ancien et un hélicoptère moderne. On notera que ce sujet est également une préoccupation forte coté F-35 aux Etats-Unis et au Royaume Uni.

✓ **Disposer des compétences dans la durée**

Les compétences dans le domaine du MCO couvrent de nombreux métiers à la fois dans la partie étatique et dans la partie industrielle afin de permettre dans ces deux secteurs de maintenir des capacités opérationnelles.

L'apport de nouvelles technologies ou de nouveaux processus va augmenter le champ de ces compétences sans que les anciennes ne disparaissent vraiment. Le problème des armées est :

- De pouvoir conserver, aussi longtemps qu'un type d'équipement est utilisable par les forces, les compétences nécessaires au soutien de cet équipement, en interne sur les processus critiques, mais aussi dans l'ensemble de la *supply chain* pour garantir que les flottes anciennes pourront continuer à être opérées.
- De progressivement développer les compétences étatiques et industrielles liées aux nouveaux outils et aux nouvelles technologies arrivant soit avec les programmes nouveaux soit par les investissements de productivité dans le MCO.
- De s'inscrire dans le Plan « Ambition Numérique » du ministère des Armées, plan qui présente la transformation numérique globale des métiers et des processus tel que voulu par le programme Cap 2022. En effet la démarche est globale en associant un socle technologique, les évolutions des métiers, l'évolution des processus qui doivent s'adapter au nouvel environnement, tout cela en miroir de l'évolution des menaces à combattre.

Le problème majeur est que l'accélération des technologies, la faiblesse de l'attractivité de l'Etat en général, et la forte concurrence des emplois de l'aéronautique civile, mais aussi d'autres secteurs en pleine mutation, mettent à mal la logique de maintien de compétences et de transmission du savoir et du savoir-faire au sein des armées : les problèmes de délitement des compétences commencent de plus en plus tôt et la capacité de l'industrie à maintenir des matériels sur la durée se réduit. En parallèle, les mises en service opérationnelles de nouveaux systèmes et matériels mettent le système de montée en compétences sous très forte pression, imposant de fait des focalisations en matière de formation et d'entraînement. Enfin, comme un des résultats du contexte des évolutions d'organisation récentes, la nécessité d'une gestion spécifique de certaines compétences devenues rares s'est imposée avec une particulière acuité.

✓ **S'adapter aux nouvelles technologies**

L'arrivée des nouvelles technologies est souvent associée à des livraisons programme, mais cette tendance se réduit au profit d'un flux plus continu du fait soit des obsolescences à traiter, soit des investissements faits progressivement dans les outils du MCO pour améliorer la productivité et l'efficacité du système MCO.

Parmi ces nouvelles technologies, les technologies de recueil et de traitement de la donnée, les technologies de diagnostic, les technologies d'aides à l'intervention ou de simulation vont nécessairement croître avec des logiques propres du fait des différences de volume de données MCO à traiter. Les armées vont devoir développer ou adapter des outils pour des petites flottes, et donc générer des compétences pour le faire. La confidentialité des données, la nécessité de pouvoir projeter une partie

VENTURA

des compétences, la possibilité de mettre en *back office* de nombreuses fonctionnalités, doivent dès le départ être prises en compte pour générer le nouveau modèle de compétences et des organisations plus efficaces qu'avant.

✓ **Les avantages et limites des comparaisons avec l'aéronautique civile**

Les contextes d'emploi civil et militaire des aéronefs sont assez fondamentalement différents, alors que les technologies utilisées ont beaucoup de caractéristiques communes du simple fait que les aéronefs ont été conçus pour évoluer dans ce même milieu qu'est la troisième dimension.

S'agissant du MCO aéronautique, il convient alors de ne pas perdre de vue que les enrichissements mutuels qui peuvent provenir des technologies, pratiques et process civils et militaires restent pertinents tant qu'ils n'ignorent pas ces différences d'emploi.

Ce rappel d'évidence ne vise qu'à inviter à une certaine prudence sur les suggestions un peu rapides qui peuvent être faites quant aux possibilités de transfert du civil vers le militaire (et inversement) d'activités de maintenance, de méthodes, moyens ou modes d'organisation.

Les exemples suivants donnent une illustration de cette nécessaire différenciation :

- **Volumes des flottes** : les différences de volumes de flottes militaires et civiles, qui se sont accentuées ces dernières décennies, limitent certaines comparaisons et idées de benchmarking pouvant être faites entre les contextes civil et militaire, par exemple dans l'organisation industrielle du MCO ou la *supply chain*. Néanmoins, l'industrie travaille à réduire ce différentiel par l'élaboration d'outils adaptés tel que le Big Data des petites flottes ou le Big Data de technologies⁵.
- **Environnements et lieux d'exploitation sensiblement différenciés** : il y a peu de points communs en effet entre l'exploitation d'une aviation de combat ou de transport tactique à la fois en métropole et, par très petites flottes, sur des terrains lointains sommairement aménagés et celle d'une compagnie aérienne d'importance sur des grandes plateformes aéroportuaires. A ce titre, l'exemple des compagnies pétrolières mettant en œuvre de petites flottes entre leurs bases à terre et leurs plateformes en mer est sans doute plus pertinent que celui d'un opérateur de liaisons à grande distance. Ces différences invitent alors à décliner spécifiquement le potentiel de développement en « reach back » des process de MCO que permettent de plus en plus les nouvelles technologies, notamment numériques.

Sur le plan technologique :

- **Moteurs** :

⁵ Ce Big Data porte sur des éléments similaires technologiquement même s'ils ne sont pas intégrés dans des produits identiques. On utilise alors la similitude des technologies pour compenser la faiblesse des données. La précision prédictive reste cependant moindre.

VENTURA

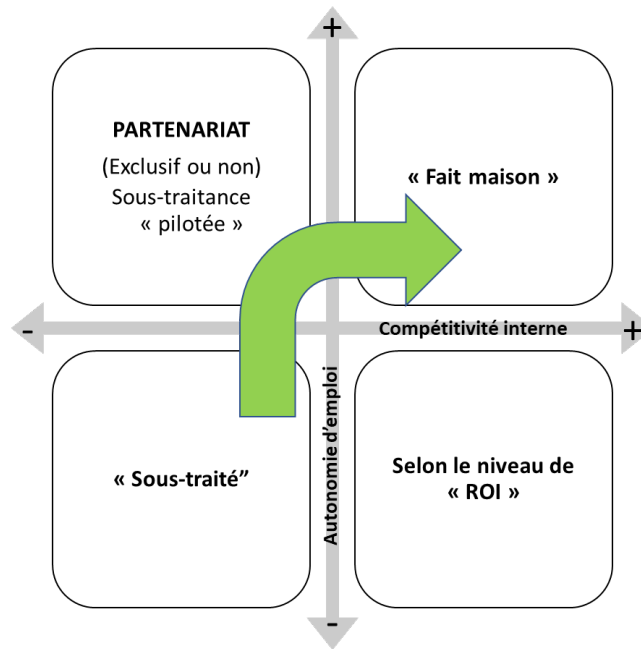
- Turboréacteurs d'avions de chasse (cas du Rafale) dont la conception a conduit à atteindre des températures de chambre de combustion inégalées dans l'aviation civile, et donc à des modes de surveillance et d'entretien spécifiques.
- Turboréacteurs d'avions gros porteurs : le cas du CFM 56 adapté au C135 est intéressant dans la mesure où ce moteur, globalement bien adapté à un aéronef de ce type, a néanmoins nécessité quelques importants aménagements de procédures de suivi et d'entretien du fait d'une caractéristique d'utilisation spécifiquement militaire, à savoir la mise en route sur alerte dans un délai très court, pour lequel il n'avait pas été conçu.
- **Commandes de vol électriques** : cette technologie, désormais ancienne, initialement développée pour les avions de combat, a été ensuite adaptée et transposée aux aéronefs commerciaux ; les bénéfices attendus en conception n'obéissaient pas aux mêmes priorités (essentiellement l'agilité, et la manœuvrabilité pour les avions de combat, l'allègement de l'aéronef en aviation commerciale) et n'ont pas eu la même conséquence sur le comportement en service des aéronefs, et donc sur leur maintenance.
- **Méthodes de diagnostic et d'investigation** : CND, inspection drones, réalité virtuelle.
- **Exploitation** quasi H24 des aéronefs civils selon des profils de vols stable et récurrents versus des profils de vols militaires très variés et parfois extrêmes, générant des sollicitations très sévères des structures et systèmes.

✓ **Trouver l'équilibre entre le « fait-maison » et le « sous-traité »**

Face à la multiplicité des compétences à développer, les forces doivent en permanence ausculter les tâches et processus du soutien pour décider entre les alternatives de faire « soi-même », ou de « faire faire ». Ces décisions seront prises flotte par flotte, niveaux par niveaux, en fonction d'un ensemble de paramètres dont le coût et la capacité à développer et maintenir des compétences sont l'un des facteurs essentiels.

En fonction de la flotte et du contexte, les changements d'une catégorie à l'autre peuvent intervenir. Il faut pouvoir se placer dans une grille de décision qui regarde l'activité concernée au filtre de :

VENTURA



- L'autonomie d'emploi d'une part : cette notion recouvre le Cœur de Métier et les Know-how sur les Process. Elle permet de quantifier les éléments critiques à maîtriser pour avoir le Contrôle réactif des opérations dans la dimension Produit / Service sur l'ensemble du cycle de vie du produit ;
- La compétitivité interne d'autre part : quelles expertises et quelle taille critique pour chacune d'elles, quels coûts par rapport à l'offre industrielle, quel retour sur investissement (ROI) sur la base de critères propres aux armées ?

Sur ce schéma, le chemin classique est d'aller plus ou moins rapidement de « Sous-traité » vers « Fait maison » en passant par la case partenariat.

✓ La maintenance prédictive

Florence Parly, Ministre des Armées, a souvent souligné depuis sa prise de fonction la nécessité de l'innovation pour améliorer l'efficacité du MCO aéronautique, avec un recours accru aux « technologies intelligentes », comme la robotisation, l'impression 3D, le Big Data et la fusion de données, ce qui permettra de développer la maintenance prédictive. « *La maintenance et la logistique vont donc être révolutionnées à très brève échéance, tout comme le métier de maintenancier. Les PME et les ETI, au cœur de la démarche d'innovation, doivent être à nos côtés et aux côtés des grands groupes, pour nous maintenir à la pointe de l'innovation et de l'excellence* », a estimé Florence Parly⁶.

⁶ Discours de Mme Parly sur la base aérienne d'Evreux le 11/12/2017

Cette forte orientation, à laquelle invitaient déjà depuis plusieurs années les technologies implantées dans les avions (capteurs de maintenance intégrée, compteurs de cycles, ...) ainsi que la quasi impossibilité de disposer de configurations homogènes des flottes d'avions, conduira très certainement aussi à revoir complètement les pratiques de planification de la maintenance. Pour faire simple, il s'agira, sur la base d'un plan d'entretien initial fourni par le constructeur, d'individualiser complètement le plan d'entretien de chacun des avions.

3.3 Les enjeux RH

Fin 2014, lors de son audition devant la Commission Sénatoriale des Affaires Etrangères, de la Défense et des Forces Armées, le Général Mercier, Chef d'Etat-Major de l'Armée de l'air, déclarait que *« la gestion des ressources humaines peut constituer notre vulnérabilité »*. Il faisait référence principalement à la réduction d'effectifs dont l'Armée de l'air a souffert, entre 2008 et 2014. En effet, celle-ci, avec les réformes associées à la RGPP, *« a diminué ses effectifs de 16 000 personnes »*, et *« ces 2 dernières années (2012-2014), c'est près de 5 000 postes qui ont été supprimés »*. *« Ceci est un défi car cette réduction se fait parfois au détriment du maintien de certaines compétences et de la préparation de l'avenir »*.

Finalement, ces 10 dernières années, plus de 18 000 postes ont été supprimés.

Par ailleurs, le Général Mercier soulignait en 2014⁷ : *« pour la première fois, 30 % de l'effectif d'une promotion de l'Ecole de l'Air ne passera jamais le grade de lieutenant-colonel. »*. *« La baisse de moral est forte chez les officiers. Pour nous adapter, au lieu d'avoir une progression de la carrière des officiers en forme de pyramide inversée, nous tendons vers une progression en forme de « Y » : nous maintenons un recrutement de qualité relativement important et nous préparons les jeunes recrues à l'idée que certains effectueront leur deuxième partie de carrière dans la défense et d'autres à l'extérieur. »*

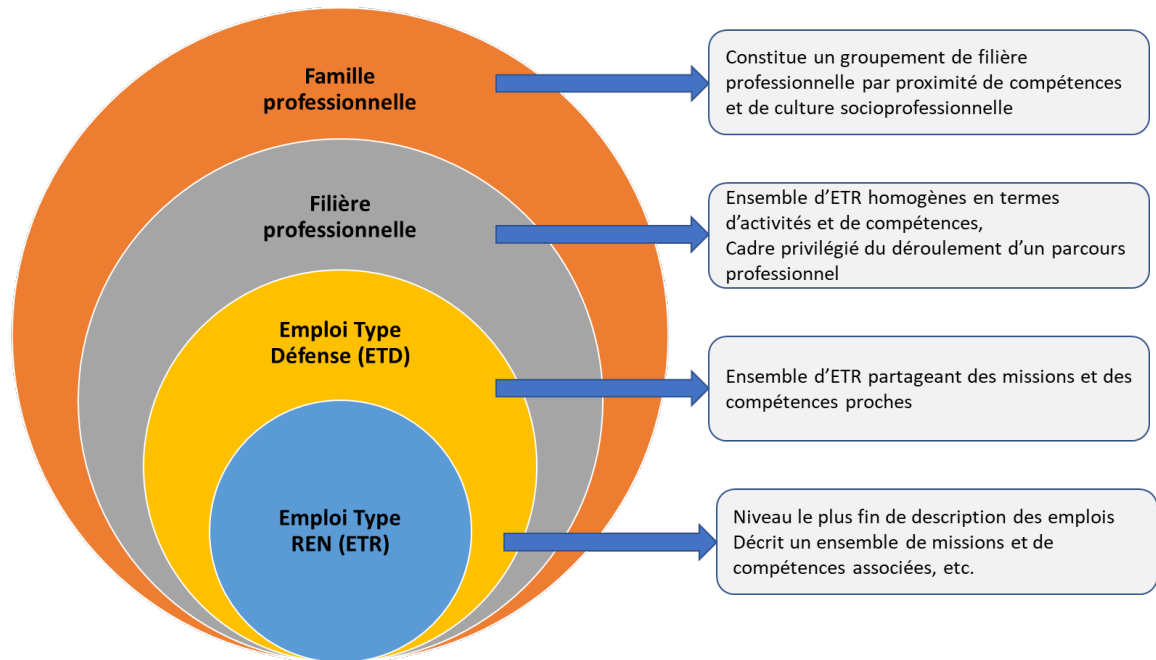
Il y a quelques semaines, le Général Rony Lobjoit, Directeur des Ressources Humaines de l'Armée de l'air et adjoint RH du Major Général de l'Armée de l'air, faisait part de son objectif de *« faire face au défi RH »*, et considérait cette situation comme une *« opportunité pour l'Armée de l'air de demain »*.

Mais par ailleurs, avec les nouvelles problématiques, cristallisées autour, entre autres, des « Big Data, robotisation, intelligence artificielle... », l'aéronautique sort de sa zone de confort du fait des ruptures techniques et processus engendrées. Etant donné que ces domaines présentent de belles perspectives de développement, cela n'est pas sans poser des défis majeurs en matière de ressources humaines. L'objectif pour les services RH est donc de savoir identifier et développer les métiers et les compétences dont les entreprises, et les armées bien sûr, auront besoin demain, et d'autre part de fidéliser les jeunes.

⁷ Compte rendu de la session du Mardi 4 novembre 2014 – Loi de finances 2015

3.3.1 La nouvelle politique RH

Depuis 2013, l'ouverture vers l'extérieur est plus formalisée. Elle repose sur la gestion individualisée des compétences. L'objectif est que chaque aviateur ait un passeport numérique des compétences acquises à l'intérieur et à l'extérieur de l'institution, mis à jour au fil de son parcours professionnel (projet Epervier).



Les piliers constitutifs de la nouvelle politique RH sont :

- Pister, entretenir, développer les compétences. Les effectifs ayant diminué, chaque compétence est essentielle.
- La notion traditionnelle de filière d'emplois et de spécialité doit être adaptée. Les 50 métiers identifiés traditionnellement sont progressivement intégrés par un référentiel Emplois Type Défense (REM), commun aux 3 Armées avec des spécificités Milieux.
- Chaque compétence est essentielle, et une seule personne peut appartenir à plusieurs viviers de compétences. Ce qui conduit à une individualisation renforcée. Il faut alors parler d'ingénierie de formation, basée sur la modularisation et la différenciation.
- Aménager un parcours professionnel correspondant aux aspirations des générations actuelles, et ouvert sur l'extérieur. L'individualisation des profils devra permettre à chacun d'être acteur de son cursus et de sa mobilité. Ce sera à lui de prendre conscience de son portefeuille de compétences, et de les valoriser, sachant qu'elles sont transposables dans le monde civil.
- Raisonner selon une logique dynamique de flux.
- Entretenir la cohésion sociale.

3.3.2 La problématique spécifique aux Armées

- ✓ La politique de reconversion du ministère des Armées est sans équivalent.

A l'exception de deux directions du ministère de l'Intérieur, la Direction Générale de la Gendarmerie Nationale, pour gendarmes adjoints volontaires et de la Direction des Ressources et des Compétences de la Police Nationale, pour ce qui concerne les seuls adjoints de sécurité, la politique de reconversion du ministère des Armées est sans équivalent.

- La reconversion est prévue par la loi, c'est une contrepartie de la précarité du statut militaire (« L'état militaire... offre à ceux qui quittent l'état militaire les moyens d'un retour à une activité professionnelle dans la vie civile »)
- La part des contractuels est importante dans nos armées françaises : 100 % des militaires du rang sont des contractuels, de même que 50 % des sous-officiers et 25 % des officiers (données 2016). Entre 18000 et 20000 militaires quittent annuellement les armées.
- S'agissant des civils, le ministère recrute un grand nombre de contractuels pour faire face à des besoins évolutifs d'expertise (experts cyber, SSI, linguistes...).
- L'ouverture de l'offre de service de l'agence de reconversion de la défense à l'ensemble du personnel civil (et non plus uniquement aux civils « restructurés ») s'est donc imposée, en réponse à trois impératifs.
 - Un impératif d'équité dans la communauté de Défense.
 - Un impératif d'attractivité. Le dispositif désormais proposé aux agents sous contrat est un gage d'attractivité pour le ministère : un personnel civil contractuel sait dès son entrée dans le ministère qu'il sera accompagné le moment venu pour retrouver un emploi hors des fonctions publiques.
 - Un impératif économique (le coût du chômage)

- ✓ Les effets parfois ambigus de la politique de recrutement

- Le nombre de recrutements a fortement chuté au cours des dernières années : ainsi, l'Armée de l'air recrutait près de 4 000 aviateurs par an en 2008, contre 1 200 en 2014⁸.
- La fidélisation :
 - Le taux d'attrition avant 6 mois est passé à 39 % en 2016
 - La difficulté de fidélisation est à nouveau perceptible au renouvellement du premier contrat, chez tous les militaires, « entraînant une perte de savoir-faire et de savoir-être d'autant plus préjudiciable que ce phénomène concerne souvent des militaires que les armées souhaitent conserver »⁹.
 - 70 % des fusiliers commandos militaires du rang ne renouvellent pas leur premier contrat et quittent l'institution¹⁰
 - Les sous-officiers et militaires du rang servant au titre de spécialités critiques, dont la formation a nécessité un investissement important, partent souvent, embauchés par

⁸ Avis sur le projet de loi de finances 2018, Assemblée Nationale, Monsieur le Député JJ Ferrara

⁹ Général Hervé Wattecamp – Directeur des Ressources Humaines de l'Armée de Terre depuis 2015

¹⁰ Avis sur la LPM 2018, Assemblée Nationale, Monsieur le Député JJ Ferrara

VENTURA

le secteur privé et attirés par des conditions de rémunération supérieures ou des contraintes moindres.

- Conserver les talents :

La problématique globale est le résultat de 2 phénomènes :

- La pression exercée sur les militaires ces dernières années, du fait de la conjugaison des réductions d'effectifs et de l'accroissement de l'intensité opérationnelle,
- La concurrence croissante des acteurs industriels
 - L'aviation civile : Lors de son audition, le général Rony Lobjoit a ainsi indiqué « *qu'une compagnie comme Air France recruterait 200 pilotes par an pendant cinq ans, et que 15 % de cet effectif pourrait être constitué de pilotes actuellement engagés au sein des forces aériennes* »¹¹)
- L'exportation, et la mise en place d'activités de soutien à l'export qui l'accompagne, offrent par ailleurs de nombreuses opportunités professionnelles pour les pilotes et mécaniciens¹².

3.3.3 La formation doit plutôt être légère et digitale

Avec les outils digitaux, la formation évolue de l'apprentissage du savoir (même si cette dimension doit demeurer) vers la capacité d'apprendre à apprendre. La formation initiale tout autant que la formation collective évolue vers des enseignements par projet rapidement orientés vers les métiers à pourvoir. La formation est, du coup, plus fréquente, ce qui peut amener des logiques d'individualisation des parcours en lien avec le parcours des compétences. Les outils modernes de formation (MOOC, etc.) le permettent aujourd'hui.

La formation évolue en bénéficiant des techniques les plus modernes, grâce à des partenariats, comme par exemple entre l'École des sous-officiers et des militaires du rang de Rochefort ou celle des apprentis techniciens de Saintes avec Aérocampus ou encore avec DCI en matière de MCO. Elle pourrait largement bénéficier du développement de l'apprentissage pour mieux faire connaître les métiers et éviter les désillusions trop brusques.

La formation et ses outils modernes sont clairement un moyen d'assurer la capitalisation du savoir-faire sur les technologies en voie de vieillissement.

3.3.4 Labéliser et valoriser les compétences

L'Armée de l'air et ENEDIS (ex RTE) ont signé une convention en décembre 2015, pour des échanges dans le domaine des drones, des hélicoptères, du cyber et de la gestion des crises.

Il est intéressant également de prendre en compte l'exemple du partenariat avec RTE qui mettent en œuvre des programmes de formation sur mini-drones ouverts vers l'extérieur.

¹¹ Avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2018 (n° 235) - tome VI - Défense préparation et emploi des forces : air - Jean-Jacques Ferrara- député

¹² Ibidem.

VENTURA

La « diplomation » est un axe constitutif de la valorisation des compétences. Une valorisation directe à l'extérieur, avec l'Education Nationale, par contrôle continu des connaissances, est déjà mise en place dans un certain nombre de secteurs : L'École de Rochefort est ainsi maintenant reconnue comme étant capable de délivrer un BTS de maintenance aéronautique pour les jeunes sous-officiers.

L'aboutissement du dossier sur le BTS aéronautique va permettre à environ deux cent cinquante mécaniciens aéronautiques d'être diplômés chaque année.

Par ailleurs, le partenariat entre l'Armée de l'air et l'université de Bordeaux, signé en novembre 2017, permet l'intégration de sous-officiers sélectionnés pour un parcours visant à l'obtention d'une licence professionnelle « Métiers de l'industrie : maintenance aéronautique avionique, structure ». Ceux dont la candidature aura été retenue pourront profiter de la plateforme de formation aéronautique de l'université de Bordeaux, dotée de laboratoires de recherche de pointe dans le domaine de l'informatique, de la microélectronique, l'Institut de maintenance aéronautique.

3.3.5 Gérer des ressources versatiles

Les gestionnaires des ressources humaines du ministère des Armées doivent aussi composer avec les nouvelles attentes et les nouveaux comportements des jeunes militaires.

Les nouvelles recrues semblent plus versatiles car elles envisagent l'avenir sous le cadre d'un projet de vie plus que sous l'angle d'un projet professionnel.

Quatre ans constituent un horizon parfois lointain pour un jeune de 18 ans. Mais c'est bien peu au regard des besoins des armées. Il faudrait trouver un équilibre, à travers la mise en place d'une politique de fidélisation qui ne repose pas sur la contrainte mais sur la possibilité de parvenir à une forme acceptable d'épanouissement personnel comme un des éléments à mettre en place.

Par ailleurs, la génération « Z », réclame une marge de libre arbitre dans son parcours professionnel.

Lors de son audition le 4 octobre par la commission de la Défense de l'Assemblée nationale¹³, le secrétaire général pour l'Administration, Jean-Paul Bodin, a reconnu que le ministère rencontrait des difficultés de fidélisation dans certains métiers, comme ceux des sous-officiers mécaniciens : ceux-ci ont en général reçu au cours de leur carrière une formation spécialisée et certifiée très avancée. Après avoir travaillé un nombre d'années permettant d'obtenir une pension, ils trouvent un emploi dans l'industrie avec un salaire nettement plus important.

L'exemple du traitement de la situation des atomiciens de la Marine semble intéressant à cet égard : ces quelques dizaines d'emplois sont absolument indispensables pour le fonctionnement du porte-avions et des sous-marins, mais correspondent également à des compétences très demandées par l'industrie. Il a donc été étudié une nouvelle rémunération de ce personnel militaire qui prend en compte

¹³ Audition de M. Jean-Paul Bodin, secrétaire général pour l'administration, sur le projet de loi de finances pour 2018 le 4 octobre 2017 – Commission de la défense nationale des forces armées.

VENTURA

tant le plan indiciaire qu'indemnitaire. Au niveau indemnitaire, il a été procédé ainsi à une révision de leur régime dans le but de compenser la capacité d'attraction du secteur privé. La marine a aussi conclu des conventions avec un certain nombre d'industriels pour organiser des parcours et garantir une reconversion au-delà d'un certain nombre d'années de services.

Enfin, une approche de type des maîtrises des risques doit être approfondie s'agissant des flux de départ des RH dédiées au MCO aéronautique (exemple des mécaniciens moteur sur Rafale, ou des personnels tout juste formés à la navigabilité). Le risque majeur est non seulement une simple perte de ressources pour assurer les missions, mais peut conduire à une incapacité à les assurer et à régénérer les ressources manquantes.

4 L'évolution des compétences dans le MCO

4.1 L'évolution civile des compétences dans le MCO des objets complexes

Le benchmark industriel doit regarder des domaines proches de la défense en termes de durée des projets, de criticité et de maintien de compétences. Nous avons choisi de nous intéresser aux domaines de l' « Oil & gas », du transport ferroviaire et de la production d'énergie : tous ces domaines sont en effet des domaines où l'on trouve des grands projets d'infrastructures de longue durée, parfois dans des territoires difficiles en termes de maintenance, et qui font face eux aussi à la nécessité de basculer aux nouvelles technologies en gardant des compétences sur les anciennes, avec des cadres réglementaires souvent très contraints.

Il convient cependant de rester prudent quant à la transposition des idées de ces secteurs au monde de la Défense dont les spécificités ne peuvent être ignorées. L'analyse menée s'est donc uniquement concentrée sur les idées les plus pertinentes.

4.1.1 Aéronautique civile

L'aéronautique civile obéit à des exigences de rentabilité et de coût axée sur le problème de la disponibilité d'appareils fortement utilisés. La logique d'exploitation est régulière, définie précisément et acceptant peu voire aucune divergence de mission. Les comparaisons effectuées doivent prendre en compte ces caractéristiques.

Ce secteur est néanmoins en forte évolution dans le domaine de la maintenance avec la volonté de numériser les processus de maintenance et de soutien aux opérations. Les conséquences en termes de compétences commencent à être identifiées et peuvent constituer d'excellentes pistes de réflexion pour l'Armée de l'air, à la fois dans les métiers à considérer, mais aussi en permettant d'anticiper les tensions prévisibles sur les compétences de la *supply chain*.

- ✓ **L'aéronautique civile va développer des logiques « petites flottes / exploitation non standard »**

L'importance des flottes ou des emplois amènent inévitablement à regarder les niches particulières de ce domaine, à savoir des opérateurs comme Dassault Falcon Service (DFS) ou bien des réparateurs spécialisés dans les petites flottes.

Si l'emploi d'avions anciens n'est pas réellement dans la logique de ces opérateurs économiques¹⁴, l'analogie permet probablement d'anticiper certaines tendances dans l'emploi des nouvelles technologies, du moins celles qui présentent un réel intérêt économique ou un avantage compétitif notable. Ces sociétés peuvent sans doute permettre d'anticiper les tendances en matière d'organisation des compétences.

¹⁴ La logique est en effet plutôt de rénover les éléments les plus « obsolètes », en particulier toute l'électronique, plutôt que de laisser vieillir. « Modifications Market For Older Aircraft Is Hot » - Alex Derber (MRO Network) – 27 octobre 2017

La digitalisation des métiers de maintenance passe par la numérisation des ateliers de maintenance en prenant en compte les produits en cours de maturation dans l'industrie 4.0. Parmi eux, le mécanicien connecté est un élément clef : il s'agit d'apporter au plus près du travail à réaliser les informations nécessaires à l'exécution de ce travail que cela porte sur les tâches à exécuter ou les outils à employer (disponibilité, localisation, travail avec les robots, etc.). Les jumeaux numériques ou la mise en réseau généralisée de la documentation, des outillages, des machines (y/c robots) et des pièces (IoT) viennent compléter le paysage.

✓ **Des solutions innovantes pour transformer les métiers**

Air France Industries a développé un MRO LAB dans lequel il déploie son programme d'innovation dans les domaines du MRO¹⁵. Disposant d'une envergure mondiale, il rassemble plusieurs acteurs, dont les salariés de la *supply chain* ou des startups qui sont stimulés et invités à proposer des innovations¹⁶. Le tout fonctionne en réseau sur le mode du « quick fail » : aller au plus vite de l'idée au prototype de validation du concept. Cela permet de maintenir la motivation et de rapidement répondre aux sollicitations de l'innovation interne, donc d'accroître la motivation. Air France Industries a utilisé ce cadre pour se doter d'un outil baptisé « Prognos » d'aide à la décision en atelier ou sur piste sur la base du Big Data, ou son application en ligne permettant une gestion optimisée des stocks de pièces détachées à partir d'analyses statistiques fondées sur l'utilisation massive de données développée par la PME française Lokad¹⁷.

La société Lufthansa Technik a également mis en place un laboratoire afin de tester de nouvelles technologies qui pourraient améliorer les processus de maintenance¹⁸. Les technologies expérimentées avec succès sont ensuite rapidement mises en œuvre sur le réseau du MRO. Parmi ces succès, on peut noter des technologies :

- d'inspection visuelle de la peau de l'avion basées sur des drones ;
- des scanners 3D mobiles (évaluation de dommages structurels) ;
- des exosquelettes pour des tâches physiquement pénibles ou non ergonomiques pour les employés.
- d'inspections automatisées à l'aide de robot conçu pour effectuer des inspections de fissures sur les composants du moteur à l'aide de capteurs haut de gamme. Cette dernière technologie devrait être combinée à un processus de réparation automatisé fin 2018 pour assurer l'inspection et la réparation des composants des chambres de combustion.¹⁹

¹⁵ « La maintenance est dans une mutation totale » - Interview de Géry Mortreux, Air France Industrie (Air & Cosmos N°2566) – 20 octobre 2017

¹⁶ 5000 idées sont ainsi proposées chaque année, dont 80% sont mises en œuvre. Au total, l'innovation participative a généré 200000 évolutions positives en 20 ans.

¹⁷ « Air France Industries s'appuie sur Lokad pour gérer ses stocks » - Léo Barnier (Le Journal de l'Aviation) – 26 octobre 2017

<https://www.journal-aviation.com/actualites/38509-air-france-industries-s-appuie-sur-lokad-pour-gerer-ses-stocks>

¹⁸ « Testing Technologies To Improve Base Maintenance » - Lee Ann Shay (MRO Network) – 26 avril 2018

<http://www.mro-network.com/technology/testing-technologies-improve-base-maintenance>

¹⁹ « Man And Machine » - Alex Derber (MRO Network) – 15 mars 2018

<http://www.mro-network.com/technology/man-and-machine>

VENTURA

L'objectif n'est pas de réduire la masse salariale mais d'assister l'homme dans les procédures pénibles et chronophages : les employés sont impliqués directement dans la prise de décision.

Les constructeurs ne sont pas en reste et Airbus a monté l'Airbus BizLab qui offre une plateforme d'accélération aux startups sur ses trois sites de Toulouse, Hambourg et Bangalore. Parmi les innovations les plus récentes, on retrouve l'analyse par le son des anomalies de la machine, l'utilisation de la réalité augmentée (AR) pour un contrôle plus rapide et plus efficace des avions, le chargement de drones innovante et rapide pour les compagnies aériennes et le MRO mettant en œuvre des inspections d'avions-drones.²⁰ Là encore, les laboratoires d'innovation ont pour vocation de mettre en relation la technologie et les hommes.

✓ **Les besoins en compétences**

L'utilisation des technologies de la transformation digitale permettent d'atteindre six objectifs majeurs pour le secteur de l'aéronautique : une plus grande efficacité, une précision améliorée, l'adoption du travail collaboratif, un retour d'informations en temps réel, une limitation des coûts et l'amélioration de l'expérience client. Tous ces enjeux peuvent être faits siens par l'Armée de l'air, même si les critères de succès ne sont pas les mêmes que ceux de l'aéronautique civile.

Derrière ses performances et ses importantes perspectives de croissance, le secteur aéronautique fait face à plusieurs défis RH : transformation des métiers, changement de l'organisation du secteur et place croissante de l'innovation et des PME. Big Data, robotisation, intelligence artificielle et marketing sont les principaux domaines où l'industrie aéronautique s'attend à des évolutions fortes, et donc à des défis majeurs en matière de compétences, de recrutement et de formation : de l'aveu des recruteurs, il y a un véritable trou générationnel²¹. L'objectif pour les services RH sera de savoir identifier et développer les métiers et les compétences dont les entreprises auront besoin demain²².

Une enquête menée dans l'industrie américaine du MRO montre qu'il existe désormais une pénurie de main-d'œuvre dans le milieu de la maintenance aéronautique qui entraîne notamment des délais plus longs. Le cabinet Cavok Group a estimé que, d'ici 2022, la demande de techniciens de maintenance dépassera l'offre.²³ Du coup, les entreprises réfléchissent à appliquer de nouvelles techniques de formation, bien plus modernes et basées sur les technologies de rupture, et dès le stade du lycée. L'effort

²⁰ « Airbus BizLab Innovation Projects Making Waves » - Lindsay Bjerregaard (Aviation Week) – 27 avril 2018

<http://www.mro-network.com/emerging-technology/airbus-bizlab-innovation-projects-making-waves/gallery?slide=1>

²¹ « MRO, les défis d'un monde florissant » - Léo Barnier (Journal de l'Aviation) – 17 avril 2018

<https://www.journal-aviation.com/actualites/40233-mro-les-defis-d-un-monde-florissant>

²² « Transformation de l'aéronautique : entre digitalisation et évolution des métiers » - Manpower Group – 8 juin 2015 - <http://www.manpowergroup.fr/aeronautique-recrutement-digitalisation-metiers/>

²³ « Workforce Shortage, Maintenance-Information Access Lead MRO Concerns » - Lee Ann Shay (MRO Network) – 25 avril 2018

<http://www.mro-network.com/workforce/workforce-shortage-maintenance-information-access-lead-mro-concerns>

VENTURA

est réellement porté sur les étudiants. De plus, les partenariats avec des associations d'anciens combattants sont également très prometteurs et permettent à d'anciens militaires de s'inscrire à des programmes d'études techniques de reconversion dans la maintenance.²⁴

Ces difficultés sont désormais ressenties en France où l'accélération de la hausse des salaires est un indicateur fort de la tension RH.²⁵ L'exemple de l'ENAC est assez parlant de ce point de vue : possesseur d'une flotte d'une centaine d'avions qu'elle maintient elle-même, l'école rencontre de très grandes difficultés à recruter dans le domaine de la maintenance aéronautique.²⁶

Un nouveau modèle de gestion des compétences tente de répondre à cet enjeu. Des sociétés comme Altran ou Alten, qui se prévalent d'une connaissance précise des besoins industriels, sont en train de passer du statut de fournisseurs de compétences temporaires à la demande à celui de fournisseur de solutions intégrées en jouant sur leur capacité à recruter les compétences en sortie d'école.

Ces tendances anticipent en grande partie ce qui est en train ou va arriver dans l'Armée de l'air.

4.1.2 Parapétrolier (Oil & gas) et énergie

Ce secteur est assez représentatif. Y cohabitent en effet à la fois des acteurs pétroliers engagés dans des capacités à opérer très loin dans des zones hostiles, des acteurs comme Total, EDF / ENEDIS qui gèrent des moyens souvent très anciens avec des exigences de maintien d'un haut niveau de sûreté et de sécurité (raffineries, centrales nucléaires, grands barrages hydrauliques) ou celui d'un haut niveau de disponibilité de réseaux.

✓ **Mise à disposition des compétences en « Reachback »**

Depuis longtemps, les conditions d'exploitation des plateformes pétrolières ou gazières à risques ont conduit à mettre en place une politique de maintenance fondée sur le juste niveau de compétences en zone de production et le déport dans des centres techniques lointains (en général proches des bureaux d'études) de compétences critiques ou simplement mutualisables d'une installation à l'autre. Au-delà des raisons financière et humaines (Long Beach et Houston sont des sites plus accueillant que le grand Nord canadien ou les forêts équatoriales), ce mode de fonctionnement autorise une capitalisation d'expérience plus importante, donc une meilleure montée en expertise dans les compétences. Ces

²⁴ « MROs Attempt To Remedy Labor Challenges » - James Pozzi (MRO Network) – 11 avril 2018

<http://www.mro-network.com/maintenance-repair-overhaul/mros-attempt-remedy-labor-challenges>

²⁵ « Dans l'aéronautique, les tensions sur l'emploi dopent les salaires » - Bruno Trevidic (Les Echos) – 3 avril 2018

<https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/0301516492317-dans-laeronautique-les-tensions-sur-lemploi-dopent-les-salaires-2166144.php>

²⁶ « L'École nationale de l'aviation civile recrute pour la maintenance de sa propre flotte » - Chloé Goudenhooff (Aerocontact) – 15 mars 2018

<https://www.aerocontact.com/actualite-aeronautique-spatiale/53684-l-ecole-nationale-de-l-aviation-civile-recrute-pour-la-maintenance-de-sa-propre-flotte>

tendances s'observent également dans les domaines de la production d'électricité (hydroélectrique ou énergies nouvelles).

✓ **Attractivité des vieilles technologies chez les jeunes générations**

La crise du secteur pétrolier a mis en lumière les difficultés du maintien et surtout de la remontée en compétence lorsque la reprise a lieu. Le constat est pourtant préoccupant car la crise a fini par générer une perte d'attractivité de la filière et les candidats ne se pressent plus pour être embauchés dans ce secteur dont la croissance va finir par être limitée par le manque de ressources humaines.

Aux Etats-Unis, un sondage réalisé sur la perception de l'industrie pétrolière montre une désaffection croissante des jeunes de la Génération Z (nés entre 1995 et le début des années 2000) et des « Millennials » (qui arrivent actuellement sur le marché du travail) pour des emplois dans des technologies anciennes, peu qualifiés, dangereux, et physiquement difficiles avec un fort attrait pour les énergies nouvelles²⁷.

EDF rencontre des difficultés similaires dans la maintenance des grands barrages jusque-là confiée à des équipes de personnels locaux motivés par l'outil, donc de fait œuvrant dans une logique de sauvegarde du patrimoine.

✓ **Compétences clefs à détenir**

Selon le cabinet américain Bain & Company, la question des compétences à détenir est l'une des trois questions clefs du Big Data après les deux questions qui concernent le secteur où il peut apporter la valeur maximale et les modalités d'intégration et d'organisation.

Leur analyse démontre que les sociétés qui utilisent le mieux le Big Data concentrent leurs efforts sur trois domaines : l'architecture technologique, l'interaction entre les technologies de l'information et le marché, et enfin l'embauche et surtout la rétention des talents à fortes compétences analytiques.²⁸

4.1.3 Transport ferroviaire

Le transport ferroviaire est confronté comme d'autres secteurs à fort investissement, à la problématique de l'évolution de sa politique de maintenance pour gérer à la fois des technologies proches de l'obsolescence et des technologies numériques les plus modernes. Ce secteur est en outre confronté à

²⁷ Article Les Echos du 28/6/2017 - https://www.lesechos.fr/28/06/2017/LesEchos/22475-086-ECH_hemorragie-de-competences-dans-le-parapetrolier.htm#62tpL9kH7P0DwHgm.99

²⁸ Big Data Analytics in Oil and Gas Big - March 26, 2014 Bain Brief - By Riccardo Bertocco and Vishy Padmanabhan

VENTURA

un impératif de rentabilité dans un contexte de forte concurrence qui lui impose de revoir assez profondément ses processus d'exploitation et de maintenance.

✓ **L'innovation au service de l'amélioration du processus**

La SNCF s'est lancée en France dans une politique d'innovation notamment pour traiter la problématique de la maintenance. Plusieurs voies sont explorées.²⁹

La première est celle des données et du big data avec une réflexion forte sur l'exploitation des données mais aussi sur la définition des données pertinentes à acquérir pour améliorer des problématiques critiques en matière de pannes ou d'exploitation. Dans ce domaine et à l'instar de l'armée de l'Air, elle rencontre la même difficulté sur les données accessibles sur certaines de ses lignes secondaires. Elle a développé néanmoins un programme assez ambitieux pour améliorer ses capacités de maintenance prédictive.³⁰

Elle a également beaucoup investi dans l'évaluation de l'utilisation de l'impression 3D pour accélérer les cycles de réparation.

L'analyse des offres d'emploi de la SNCF met en évidence l'émergence de nouveaux métiers mais également le maintien d'une recherche de profils de métiers classiques : compétences pour maintenir les voies et les rails, les gares et les matériels. Le schéma se révèle ainsi proche de celui des armées, avec aussi un niveau important de sous-traitance vers l'industrie ferroviaire, en particulier dans les anciens métiers.

✓ **La simulation comme outil de formation / entraînement**

La SNCF utilise de plus en plus des techniques de recrutement et de formation par mise en situation, à la fois pour mieux faire connaître ses métiers et donc ses offres, mais aussi pour tester les candidats « en situation »³¹.

²⁹ Voir l'excellent blog fait par la SNCF sur ces sujets : <http://www.innovationrecherche.sncf.com/> La plupart des recherches de la SNCF en matière d'innovation applicables à ces problématiques sont traitées dont évidemment la maintenance. A noter que sur certains sujets, la SNCF innove puis travaille avec les acteurs de l'aéronautique défense pour mieux avancer.

³⁰ « [Big Data Paris 2018] SNCF : un train d'avance sur la maintenance prédictive » - ITW de Cyril Verdun (Emarketing.fr) – 1er mars 2018
<http://www.e-marketing.fr/Thematique/data-1091/Breves/Big-Data-Paris-2018-SnCF-train-avance-maintenance-predictive-328400.htm#dOdC3vmMrQYatAiV.97>

³¹ Serious game : la SNCF entre en jeu - Entreprise & Carrières, N° 1123 du 18/12/2012 - José Garcia Lopez

4.2 *Les benchmarks militaires*

Au travers de la « Third Offset Strategy », les Etats-Unis ont lancé un certain nombre de programmes et de démarches de recherche sur les technologies leur permettant en particulier d'améliorer une situation du MCO jugée assez préoccupante.

4.2.1 *Un effort particulier mené sur l'impression 3D*

Les Américains ont travaillé sur le développement de la fabrication 3D en regardant de près les conséquences en termes d'évolution des compétences des opérateurs de base : l'une des applications les plus avancées résulte de la dotation de tout soldat de l'Army et du Marine Corps de drones individuels. Une expérimentation DARPA / ARMY sur des drones réalisés en fabrication 3D avance rapidement et montre une adaptabilité assez forte des utilisateurs comme de la *supply chain* qui vise à déplacer en OPEX les moyens de fabrication en minimisant les besoins en compétences. On retrouve désormais sur de nombreux équipements individuels cette logique de réparation par l'opérateur à partir de fabrication *in situ* qui est associée également à une promotion de l'innovation interne.³²

Amorcée sur des petits équipements, cette capacité d'impression 3D tend à s'appliquer désormais sur la fabrication de pièces sur le chasseur F-35 : ce programme bénéficie en effet de l'effort conjoint des recherches militaires et civiles en la matière. Compte tenu des contraintes réglementaires, il s'agit surtout de dépanner provisoirement un avion dans l'attente de la solution définitive.³³ La faisabilité du processus pour l'aviation embarquée est en cours d'évaluation sur un porte-avions. L'armée américaine note quand même la très grande sensibilité de cette technologie aux attaques cyber, la moindre évolution de conditions de fabrication pouvant conduire à des problèmes sur la pièce. Il faut donc des compétences pointues pour juguler les attaques, mais aussi les détecter.³⁴ Ces compétences sont précisément répertoriées et identifiées pour éviter toute mauvaise utilisation de la machine.

4.2.2 *Une formation dynamisée par la réalité augmentée*

Les technologies de réalité mixte, notamment la réalité augmentée ou la réalité virtuelle, modifient actuellement la manière dont les forces armées des États-Unis assurent la formation, les opérations, la maintenance et le prototypage des systèmes.

³² « Impression 3D dans l'armée américaine » - Les Imprimeurs 3D – 3 mai 2018 - <https://www.lesimprimantes3d.fr/semaine-impression-3d-121-20180503/>

³³ « Un avion F-35B des Marines a volé avec une pièce de rechange fabriquée par impression 3D » - Laurent Lagneau (OPEX360) – 1er mai 2018 - <http://www.opex360.com/2018/05/01/avion-f-35b-marines-a-vole-piece-de-fabriquee-impression-3d/>

³⁴ « Why the military needs to take 3-D printer cybersecurity seriously » - Meredith Rutland Bauer (C4ISRNET) – 21 mars 2018 - <https://www.c4isrnet.com/dod/2018/03/20/why-the-military-needs-to-take-3-d-printer-cybersecurity-seriously/>

Avec l'aide du laboratoire « Battlespace Exploitation of Mixed Reality » de l'« Office of Naval Research » de la marine américaine à San Diego, les services se penchent sur les deux types d'applications de réalité mixte utilisant des technologies commerciales à faible coût dans les applications de maintenance pour ses équipements³⁵. Par ailleurs, Lockheed Martin et plusieurs sous-traitants comme Cubic Global Defense, PULAU Corp, ainsi que plusieurs grandes et petites entreprises spécialisées dans la maintenance et la formation ont obtenu un contrat important pour améliorer par ses techniques la maintenance de l'armée de Terre américaine³⁶.

4.2.3 *Big Data*

Le Big Data et l'intelligence artificielle constituent également des outils analysés au sein des forces américaines.

L'utilisation du Big Data a été développée en particulier sur certaines flottes comme l'hélicoptère CH-53, mais est mise en œuvre par l'industrie (Sikorsky). Lockheed commence également à utiliser les mêmes algorithmes de calcul et d'analyse des données pour optimiser la maintenance et l'état du F-35³⁷ : là encore, le choix est effectué de laisser ces compétences dans les mains de l'industrie.

4.2.4 *Compétences NSO*

La problématique des compétences à garder au NSO est un axe de débats et de réflexion fort dans l'ensemble de l'armée américaine.

L'US Army note que les opérations récentes ont durement touchées ses capacités de soutien et de logistique. Elles sont largement atrophiées en termes de ressources et de compétences : s'agissant des contractants privés, leur présence sur le terrain a été jugée a posteriori trop importante alors que les personnels militaires auraient du pouvoir effectuer les tâches principales d'eux-mêmes. L'évolution d'une logique de Base Opérationnelle Avancée (concept anglais « Forward Operating Base ») à une logique de manœuvre impose désormais de retrouver des savoir-faire perdus depuis la fin de la Guerre Froide.³⁸

L'analyse des taux de crash d'hélicoptères Apache dans l'US Army aux USA a mis en évidence les facteurs humains suivants :

³⁵ « When Mixed Reality and Military Collide » - Kimberly Underwood (SIGNAL) – 1er mai 2018 - <https://www.afcea.org/content/when-mixed-reality-and-military-collide>

³⁶ « U.S. Army taps businesses to enhance training and maintenance program » - Mariana Iriarte (Military Embedded Systems) – 21 mars 2018 - <http://mil-embedded.com/news/u-s-army-taps-businesses-to-enhance-training-and-maintenance-program/>

³⁷ « Big data aids Sikorsky in improving helicopter maintenance » - Andrea Shalal (Reuters) – 26 avril 2018 - <https://www.reuters.com/article/us-germany-airshow-lockheed-sikorsky/big-data-aids-sikorsky-in-improving-helicopter-maintenance-idUSKBN1HW32E>

³⁸ « Army working to remain competitive against future enemy peer competitors » - Jason Douglas (The Fort Hood Herald) – 18 avril 2018 - http://kdhnews.com/fort_hood_herald/across_the_fort/army-working-to-remain-competitive-against-future-enemy-peer-competitors/article_da302132-4284-11e8-96bf-0b80440f5319.html

VENTURA

- En Afghanistan et en Irak, les maintenanciers de l'US Army étaient concentrés à 100% sur leur mission, et bénéficiaient du support de contractants privés. De retour aux Etats-Unis, leurs tâches sont multiples et leur emploi du temps s'est traduit par une réduction importante du d'heures de travail sur les machines (parfois 12h par semaine seulement). Le maintien des compétences dans ces conditions n'est plus suffisamment assuré.
- La faible disponibilité des avions entraîne moins d'heures d'entraînement pour les équipages, et des statistiques de formation médiocres (le parallèle est fait avec les F-18 de l'US Navy). En fait, c'est un cercle vicieux puisque *de facto*, les maintenanciers réalisent également moins d'heures d'intervention sur les machines.
- La troisième raison est la restructuration des flottes. Les personnels expérimentés passent du temps à se former sur de nouvelles machines, temps qu'ils passaient auparavant à la formation des nouveaux personnels.

L'US Army a en conséquence décidé de faire appel, au moins temporairement, à des renforts du monde civil pour limiter les effets de cette situation.³⁹

Ces renforts pourraient aussi venir des réservistes : un programme particulier a été mis en place par l'Air Force pour améliorer la disponibilité de flottes de F-15 en affectant des membres de la réserve et de la Garde Nationale sur des missions particulières.⁴⁰

4.3 *L'impact des technologies sur les compétences*

L'analyse réalisée nous conduit à considérer trois grands ensembles de technologies pour traiter de la problématique des compétences :

- Celles nécessaires à l'entretien des vieilles flottes (« sauvegarde du patrimoine ») et que l'industrie ne veut plus ou ne peut plus soutenir ;
- Les technologies émergentes qui seront établies ou en devenir en 2030 (« nouvelles compétences ») pour lesquelles l'Armée de l'air sera en phase d'apprentissage et de montée en puissance ;
- Les autres technologies dans lesquelles les armées ont acquis les compétences et les outils sur la base d'un partage établi lors de la mise en service du programme et pour lesquelles elles rencontrent des difficultés dans le maintien d'un niveau adapté en regard des contraintes de flux.

4.3.1 *La sauvegarde du patrimoine*

³⁹ « A US Army aviator explains the 3 biggest problems facing military aviation » - Crispin Burke (Business Insider) – 11 avril 2018 - <http://www.businessinsider.fr/us/us-army-biggest-problems-military-aviation-2018-4>

⁴⁰ « Reservists fill temporary crucial gap in maintenance manpower » - Sgt Ast Class Scotten (Air Force Reserve Command) – 1er mars 2018 - <http://www.afrc.af.mil/News/Article-Display/Article/1454476/reservists-fill-temporary-crucial-gap-in-maintenance-manpower/>

VENTURA

La capacité à entretenir les compétences nécessaires au maintien de navigabilité et au fonctionnement des matériels les plus anciens est une difficulté majeure dans le traitement global des obsolescences de ses systèmes.

A titre d'exemples, les systèmes suivants sont ou seront affectés par ce type de problématique : ATL2, moteurs Tyne (C160 ou ATL2), Alpha jet, Hawkeye, certains vieux radars de défense aérienne, etc.

Les enjeux les plus courants sont liés à des problématiques de compréhension et d'évolution des outillages ou des bancs d'essai. Ainsi en va-t-il souvent des calculateurs dont les logiciels ont été créés avec des outils et des langages inutilisables aujourd'hui, imposant de fait des refontes logicielles lourdes. On peut par exemple citer la régulation hydromécanique du moteur M53 qui équipe le Mirage 2000 pour lequel le maintien des compétences est critique depuis des dizaines d'années, cette technologie n'étant plus embarquée sur les nouveaux moteurs depuis les années 1990.

Dans ce domaine, les compétences ne sont plus valorisables au même niveau que sur des technologies récentes : les perspectives d'évolution d'un jeune professionnel sont limitées et le secteur apparaît faiblement attractif. C'est pour les mêmes raisons un domaine où l'industrie a du mal à se positionner : elle est en général moins compétitive, très peu motivée et le nombre d'entreprises candidates se réduit.

Les durées de vie restantes de la plupart des systèmes concernés sont en outre trop courtes pour permettre d'augmenter l'attractivité par l'apport partiel de technologies nouvelles (réalité augmentée dans les processus de maintenance ou d'apprentissage par exemple, mais aussi big data ou autre technologie)⁴¹. Dans tous les cas, la difficulté essentielle est celle de la reprise des données sous des formats hors normes et donc difficiles à exploiter.

C'est d'ailleurs ce retour sur investissement vu de l'industriel qui risque de déterminer les « vieux soldats ».

L'obsolescence des compétences industrielles doit être abordée à travers les clauses particulières des contrats de maintenance industriels ou dans les contrats d'évolution des configurations. Cette mission fait partie intégrante du suivi par l'Etat et les maîtres d'œuvre du tissu industriel concerné. Il faut intégrer à cette réflexion les flottes exports pour élargir les solutions pour les flottes françaises. Dans tous les cas, l'obsolescence doit impérativement s'intéresser aux compétences de l'ensemble de la *supply chain* et à sa capacité à gérer et maintenir les équipements et les systèmes les plus critiques.

Ce domaine est néanmoins le champ privilégié de l'utilisation d'outils modernes de formation (emploi des simulations, réalité augmentée, etc.). Ce sont en effet souvent de remarquables outils de capitalisation, capable de transmettre plus précisément que des cours théoriques les savoir-faire.

⁴¹ Dans l'exemple des régulations hydromécanique du M53, le passage à une régulation numérique moderne a été envisagée de nombreuses fois et repoussée systématiquement du fait d'un ROI a priori faible au regard de la durée de vie des moteurs.

L'emploi de photothèques étant plus facile que la création de modèles numériques, le problème des données de base est moins critique.

4.3.2 Les nouvelles technologies

Il semble qu'à l'horizon de l'étude peu de nouvelles technologies apportent de véritables ruptures de fond sur les compétences à acquérir.

Le tableau en annexe B propose de classer selon leur impact : rupture, forte adaptation ou continuité les impacts de ces nouvelles technologies. Il fait ressortir les éléments suivants :

- Le big data au sens gestion et traitement des données au profit du MCO est un élément de rupture en termes de compétences car il impose aux armées de se doter de compétences et de métiers réellement nouveaux.
- Le continuum de modélisation entre les modèles fonctionnels initiaux et les outils de réalité virtuelle ou augmentée pourrait également déboucher sur une forte rupture de compétences : il s'agit en effet d'utiliser efficacement ce type d'outils et de pouvoir également manager leur évolution. Il faut finalement pouvoir intervenir dans les « scénarios ».
- L'évolution des techniques de diagnostic peut influencer sur les compétences à acquérir ou à développer à tous les niveaux. Certaines d'entre elles, la surveillance des câblages par exemple, font appel à de nouveaux modes d'investigation, de détection et de visualisation de la panne pour lesquels devront être formés les mécaniciens de l'Armée de l'air.
- La cyberdéfense, finalement, est également une compétence transverse de rupture car elle s'impose de plus en plus comme une compétence duale entre savoir-faire et savoir être : elle est sous-jacente à toutes les évolutions technologiques et à tous les processus de numérisation.

✓ **Le Big Data**

Le Big Data aura un impact fort sur les processus de maintenance avec de nombreux produits et services mis sur le marché civil : il faudra évidemment les adapter aux spécificités de l'Armée de l'air.

Ce sujet est aujourd'hui fortement travaillé à la fois par les industriels et par des armées comme l'USAF dans le domaine militaire comme l'illustre la dernière offre effectuée par Airbus baptisée « SmartForce » et dévoilée lors du salon de Farnborough de juillet 2018. Cet outil reprend le concept de plateforme de services numériques basés sur l'utilisation des données développé dans Skywise pour le secteur civil et l'adapte aux besoins spécifiques des clients étatiques.

Les industriels travaillent en particulier sur l'emploi du big data pour des petites flottes en jouant notamment sur la comparaison entre technologies identiques : cette voie permettrait en effet de compenser le manque de données sur le matériel par une vision plus large, certes moins précise mais dotée d'une capacité prédictive raisonnable.

VENTURA

Les processus impactés pour arriver à une meilleure maintenance « on condition » vont nécessiter avant tout de maîtriser les données fournies : il faudra en effet pouvoir garantir l'accès des données nécessaires à tout industriel en charge de l'analyse, si cette dernière n'est pas menée au sein des forces.

Ceci plaide pour la mise en place rapide d'une ingénierie de soutien au sein de l'Armée de l'air pour établir les règles, les adapter et les ordonnancer. Cette ingénierie devra impérativement jouer le rôle de gardien et d'arbitre sur l'emploi des données. Et même si une partie est sous-traitée, l'Armée de l'air devra de toute façon développer et conserver une capacité à spécifier ses besoins, les acquisitions se faisant dans un contexte public.

Le Big Data représente des enjeux pour les réseaux de transfert et de stockages de données. La sécurisation des données implique probablement une urbanisation au sein du ministère des Armées ou dans un lieu dédié. Même si ce point relève plutôt de la DIRISI, l'Armée de l'air, devra se doter des compétences nécessaires à l'emploi sécurisé de ces nouveaux outils. Elle devra notamment être capable de « certifier » les données sur la base de son expérience opérationnelle.

Partant de ce constat, il apparaît indispensable de développer de métiers nouveaux et donc des compétences nouvelles au sein de l'Armée de l'air (voir annexe C). Parmi celles-ci, les plus pertinentes sont celles portées par :

- **Le Chief data officer** (le patron des données) : responsable de la collecte, de la fiabilité et de la cohérence des données, il organise leur partage avec les directions métiers mais aussi avec les partenaires, fournisseurs et clients de l'entreprise et veille à la bonne gouvernance de l'information. C'est le gardien de l'éthique.
- **L'Architecte Big Data** : il élabore des schémas pour des systèmes de gestion de données afin d'agréger les données internes et externes, pour ensuite concevoir un moyen de les regrouper et de les organiser. Il surveille et raffine en permanence les systèmes de gestion de données.
- **Le Data analytics officer** (gestionnaires des données) : il doit architecturer les données et organiser leur accès.
- **Le Data security officer** (sécurisation des données et barrières éthiques) : il assure la sécurisation et instaure la confiance dans les données à tout moment.
- **Le Data scientist** (analyste de données et interpréteur) : il contribue à l'interprétation des données. C'est peut-être le métier qui sera le plus sous-traité, car finalement plus proche du produit, donc du processus industriel. Néanmoins, il faut garder une capacité à comprendre et à spécifier au sein du ministère.

D'autres métiers, donc d'autres compétences sont à adapter :

- Les compétences de chef de projet. Il faudra de toute façon une équipe interne Armée de l'air pour organiser l'emploi du Big Data et faire en sorte que les spécifications des matériels nouveaux soient compatibles des attentes et progrès dans ce domaine),

VENTURA

- La qualité pour garantir le respect des procédures de recueil et de traitement des données.
- Etc.

« Data visualisation »

Face au foisonnement et à la complexité croissantes des données, la « data visualisation » est une technique, en perpétuelle évolution, permettant d'explorer les données numériques, de les analyser, et *in fine* de les représenter de façon graphique. Cette technique permet de visualiser l'enseignement tiré de cette analyse des données et d'en expliquer le sens.

Elle se situe en quelque sorte comme intermédiaire entre une représentation purement technique, dédiée aux spécialistes, et une représentation plus spécifiquement « esthétique » utilisée à des fins de communication ou de marketing.

La finalité de cette technique est de permettre à tous les acteurs concernés par un même sujet de lire et comprendre sans ambiguïté le sens de la représentation graphique proposée. Il est aisé de comprendre tout son intérêt, par exemple, pour les différents forums où sont exposés diverses problématiques et, plus encore, ceux où se prennent les décisions.

Pour sa mise en œuvre, elle requiert d'acquérir des compétences particulières à la fois en traitement des données (voir les différents métiers du Big Data en annexe) mais aussi une bonne compréhension du domaine dont sont issues ces données. Elle nécessite également d'avoir recours aux sciences dites de la cognition pour aider à bien cibler le moyen le plus adapté pour communiquer l'information. C'est ainsi que se développe de plus en plus le métier de data designer.

Elle concerne donc, à des niveaux de connaissance ou d'expertise différenciés, à la fois les spécialistes du Big Data, mais aussi les spécialistes de domaine (comme le MCO aéronautique), et les différents niveaux de management incluant les comités exécutifs.

Enfin, technique en pleine évolution, dont il ne faut pas sous-estimer la complexité, la data visualisation fait l'objet de nombreuses recherches, de formations et forums proposés par les grands cabinets de conseil, les écoles, les industriels ...

✓ **L'intelligence artificielle**

L'intelligence artificielle (IA) est aujourd'hui principalement centrée autour du « Machine Learning », avec des problèmes de stabilité de fonctionnement des algorithmes qui demeurent⁴². Même si des efforts pour mieux contextualiser les raisonnements menés sont entrepris, à l'échéance de l'étude il est probable que ce domaine restera en grande partie sous la responsabilité des industriels pour sa partie technique. Cependant, l'arrivée de diagnostic à base d'IA amènera probablement des évolutions de savoir être au sein de l'Armée de l'air. Il faudra acquérir la capacité à jauger ce que propose le système à l'aune des exigences des missions de l'Armée de l'air : la contextualisation de la décision finale restera évidemment aux mains des opérationnels qui devront donc apprendre à utiliser cet outil. D'une certaine manière, l'outil va les forcer à prendre du recul, à contrôler l'efficacité des propositions de la machine.

Nul ne sait véritablement toutefois quelles seront les conséquences sur le travail des opérateurs. « *L'humain ne sera pas remplacé, mais il sera sorti de la routine* », indique Sylvain Duranton, consultant du cabinet Boston Consulting Group⁴³. Si certains emplois vont effectivement disparaître (comme dans le suivi administratif et comptable), la majorité des professionnels devraient être concernés par deux autres logiques : la logique « rationalisante », où le salarié sera orienté par l'IA, et la logique « capacitante », où il sera assisté par l'IA.

La logique « rationalisante »

Dans une logique « rationalisante », l'opérateur pourra par exemple réparer une machine en suivant des instructions affichées par des lunettes à réalité augmentée. Auparavant, la connaissance des engins était la valeur ajoutée du travailleur. Maintenant, quelqu'un d'autre pourra plus facilement le remplacer. Cela déspecialise les lignes et permet un accès plus rapide à l'emploi pour des gens moins qualifiés, mais il peut y avoir un ressenti de perte de qualité du travail et surtout il faudra prendre en compte les logiques de qualifications rendues nécessaires par la réglementation.

On pourrait sans doute arriver dans certains domaines à une « ubérisation » des postes de travail. L'enjeu est donc d'anticiper des requalifications pour que le salarié apporte une nouvelle valeur ajoutée.

La logique « capacitante »

Dans une logique « capacitante », on peut citer l'exemple de médecins des services de mutuelles chargés de déceler des fraudes ou arrêts de travail excessifs. Autrefois, l'étude était faite à la main, cela prenait du temps, et sur cent dossiers, cinq retenaient leur attention. Maintenant, le processus est plus rapide, et l'IA fait ressortir vingt dossiers sur cent⁴⁴. Le parallèle dans le monde de la maintenance est la compréhension des pannes et l'analyse fine du diagnostic.

⁴² Beaucoup de systèmes de Deep Learning et donc les IA qui en sont issues souffrent d'instabilités : c'est le cas en imagerie où une même image légèrement retouchée peut perdre la machine. Ce phénomène chaotique reste mal cerné et amène à travailler sur la contextualisation de l'IA, mais on est encore qu'au stade des premières recherches. Du coup, l'homme dans la boucle capable de détecter la dérive est un impératif.

⁴³ Intelligence artificielle et capital humain : quels défis pour les entreprises ? – Rapport conjoint BCG / Malakoff Mederic mars 2018

⁴⁴ Idem

VENTURA

L'expertise humaine demeure ici indispensable, l'idée étant donc pour les employés de se concentrer sur des aspects à forte valeur ajoutée. Mais, dans un premier temps, il faut lever le scepticisme avant de constater l'efficacité, ce qui impose aux managers d'accompagner ces changements.

Conséquences pour les managers

Les relations hiérarchiques vont aussi être bouleversées : l'IA permettant de prendre plus de décisions, c'est aussi plus de pouvoir pour les salariés et des rapports plus horizontaux. Le manager ne sera plus l'expert, mais celui qui anime et coordonne. Même s'il continuera à déléguer, ce sera une caractéristique moins importante de son rôle ; son travail se concentrera sur la planification. Le risque pour les managers serait alors de ressentir une perte de légitimité.

L'éthique est certainement un des enjeux les plus importants pour la transformation profonde qui s'annonce : de son respect dépend aussi l'adhésion des salariés.

Maintenir la compréhension physique des résultats obtenus

Il convient ici d'attirer l'attention sur une erreur potentielle à ne pas commettre en matière de Big Data et d'intelligence artificielle, qui consisterait à négliger la démarche technique et scientifique dans ce qu'elle cherche à comprendre et expliquer les phénomènes.

Dit autrement, il serait hasardeux de substituer pleinement à cette démarche qui traite « du pourquoi et comment » - la causalité et la fonctionnalité - une démarche uniquement statisticienne et mathématique – le « combien et le quand ».

En effet, Big Data et intelligence artificielle reposent, pour une large part, sur l'observation et le traitement des données que des algorithmes essaient de corréliser, ce qui permet, le cas échéant, sur une base statistique, de prévoir l'apparition de nouveaux événements et de prendre toute mesure d'anticipation si on ne souhaite pas leur apparition (cas qui intéresse spécifiquement la maintenance prédictive). Il s'agit ici de technologies encore en plein développement et porteuses de grandes potentialités ; les compétences nouvelles qu'elles requièrent sont ainsi très recherchées.

Néanmoins, ces développements ne doivent pas conduire à renoncer à comprendre les causes des événements : dans le MCO aéronautique, il est par exemple très utile de parvenir à prévoir l'apparition de défaillances avant qu'elles ne surviennent, mais ceci ne doit pas pour autant escamoter voire éliminer la recherche des causes d'apparition de ces défaillances.

Ainsi, le besoin de se doter des nouvelles compétences dans les nouvelles technologies du numérique ne supprime pas le besoin de conserver celles nécessaires à la compréhension des phénomènes observés.

Au-delà, si les opportunités offertes par la numérisation des données, des outils et des processus sont extrêmement prometteuses, il convient de ne pas négliger que, à l'horizon considéré par l'étude, elles ne se substitueront pas systématiquement aux outils et processus actuels. Pour illustrer cela, les apports des technologies du diagnostic ne supprimeront pas le besoin de connaître et analyser les défauts et défaillances observés. Cette observation a de fortes implications en termes de compétences et de formation associée et est confirmée par de nombreux acteurs du MRO qui s'inquiètent quelque peu, par exemple, de ce que l'engouement pour les technologies du numérique sont telles que des formations d'ingénieurs les à ce point intégrées qu'elles font à présent l'impasse sur la formation au monde de l'industrie : un cas souvent cité est celui de la fabrication additive qui, certes, nécessite des compétences très particulières et nouvelles, mais ne doivent pas s'affranchir des exigences de la production industrielle de pièces.

✓ **Le continuum de simulation et la réalité augmentée**

Les outils de réalité augmentée en cours de développement rapide sont considérés comme très utiles dans la maintenance des aéronefs de deux façons fondamentales : premièrement, la réalité augmentée pourrait être utilisée pour former des mécaniciens. Deuxièmement, les mécaniciens évoluant sur des terrains éloignés pourraient bénéficier d'une aide visuelle fournie par des experts demeurés sur la base d'opérations. Des solutions sont en cours d'élaboration tant au niveau des interfaces hommes machines (lunettes notamment) que logiciels adaptés aux applications de maintenance des aéronefs.

Les techniques devraient arriver d'ici 5 à 10 ans à maturité dans les MRO civils⁴⁵.

A ces techniques de réalité augmentée viennent s'ajouter des techniques et des solutions favorisant la prise d'expertise (formation), mais aussi son exercice (entraînement).

L'emploi de « Serious Game », fortement encouragée désormais dans de nombreuses structures permet d'enrichir sérieusement les formations en mettant les personnels en situation soit très tôt en formation, soit lors d'entraînements un peu poussés. Il est impératif pour l'Armée de l'air de maintenir des compétences pour élaborer et faire évoluer les scénarios associés.

L'entraînement et la formation à la gestion des crises doit également recourir plus systématiquement à des simulations globales. De nombreuses positions sur les besoins en propre des armées seraient plus simples à justifier si des scénarios de crise de type « forte mobilisation sociale nationale » étaient périodiquement joués comme c'est le cas aux Etats-Unis.

Enfin, les données, même en nombre réduit au regard des critères de « Deep Learning », peuvent être rassemblées dans des « jumeaux numériques » mêlant à la fois données et simulation pour permettre un

⁴⁵ « Global MRO Planning To Use Augmented Reality Technology » - Henry Canaday (MRO-Network) – 27 novembre 2017

suivi des équipements et une compréhension plus rapide des problématiques rencontrées. Le jumeau numérique permet en effet par la modélisation et la globalisation de pallier la faiblesse des données sur de petites flottes.

✓ **Les techniques de diagnostic**

L'évolution des technologies dans le domaine du diagnostic et du dépannage offre un potentiel considérable d'amélioration et de maîtrise du MCO. A ce titre, dans ce domaine du diagnostic comme dans d'autres, la démarche doit considérer que les technologies actuelles et à venir génèrent un flux de données qui ne cessera de se développer et qu'il faut donc pouvoir exploiter, à la fois dans leur configuration initiale (les données « brutes ») mais aussi en les « contextualisant », de façon à en tirer le meilleur bénéfice.

La qualité des diagnostics opérés à partir des remontées d'information de la maintenance intégrée (MI) des systèmes actuels, si elle a créé à ses débuts presque autant de confusion que de gains dans son utilisation, a ainsi atteint un niveau de maturité important, grâce à la montée en compétences des opérateurs du MCO et au soutien actif des industriels. Le potentiel d'évolution repose à présent non seulement sur la poursuite de cette montée en compétences et la maîtrise de la technologie correspondante, mais aussi sur l'exploitation des données issues de cette MI que devrait permettre les technologies du Big Data.

De même, l'intelligence artificielle, appliquée aux process de diagnostics et aux dépannages, est porteuse de beaucoup de promesses, même s'il reste à en évaluer les impacts, par exemple en termes de navigabilité, ainsi que la pertinence selon que cette IA est implémentée dans les équipements eux-mêmes (URL, équipements de mission, ...) ou dans les cœurs systèmes des aéronefs.

Si les applications du Big Data sont envisageables à l'horizon de cette étude, celui de l'IA semble plus incertain compte tenu de la conception des équipements et systèmes en service à cet horizon.

En ce sens, les compétences à développer doivent être envisagées à la fois de manière incrémentale et globale. Elles doivent ainsi impliquer l'ensemble des acteurs, depuis les opérateurs en ligne ou en base jusqu'aux responsables du niveau de gouvernance. Plusieurs domaines présentent un potentiel certain.

Tout d'abord, le domaine classique du diagnostic par méthodes de contrôles non destructifs (radiographie, courants de Foucault, endoscopie, ressuage, infrarouge, ...) demeure pertinent et son évolution technologique est à observer et à analyser de façon à en tirer les meilleures possibilités d'exploitation pour le MCO aéronautique. Le cas des robots équipés de divers capteurs ou palpeurs est à ce titre à examiner avec intérêt. En particulier, notamment en raison des investissements à consentir en formation et en équipements, il conviendra d'en déterminer la répartition entre les différents niveaux

d'intervention. Ici encore, ces technologies impliqueront de plus en plus une génération de données, notamment d'images, qui seront alors à intégrer dans une logique de Big Data.⁴⁶

Ensuite, les technologies de diagnostic des circuits électriques (câblages, connecteurs, bus, ...) constituent également un domaine intéressant. Dans les systèmes modernes, embarqués ou au sol, ces circuits prennent une importance particulièrement accrue (cf. les quelques 530 kilomètres de câbles d'un Airbus A380 !). Ces technologies permettent, notamment, non seulement de déceler un défaut électrique mais de le localiser avec une bonne précision. Cet exemple est très pédagogique quant à son apport non seulement purement technique mais aussi sur les logiques de dépannage et les processus, qu'il peut remettre en cause utilement (test a priori des circuits avant intervention sur URL, par exemple). Basées sur des outils capables d'enregistrer des mesures, des opportunités de capitalisation des enregistrements et d'exploitation à temps dans une logique de Big Data apparaissent. Elles permettent par exemple, une surveillance individualisée des systèmes, une anticipation des défaillances par l'observation des défauts naissants et des gains de temps substantiels.

Ces deux domaines sollicitent donc des nouvelles compétences et de nouveaux savoir-faire - dont certains ont un caractère transverse, essentiellement dans le domaine des données. Leur potentiel apparaît également fédérateur puisqu'elles permettent d'impliquer – dans des tempos et modes bien sûr différenciés - l'ensemble des acteurs du MCO, NSO ou NSI, étatiques ou privés.

Exploiter les résultats

Le développement des technologies d'imagerie pose un double défi, encore difficile à relever, quelles que soient leurs finalités (renseignement, observation terrestre ou spatiale, médecine, climatologie, agriculture, géologie, infrastructures, ...). En effet, à la question délicate des outils et compétences associées pour leur mise en œuvre, s'ajoute celle, tout aussi complexe, du traitement et de l'exploitation des images obtenues.

En se limitant au domaine des techniques de contrôles non destructifs (CND) utilisées dans le MCO aéronautique, il convient d'examiner le panel de nouvelles compétences utiles pour certaines opérations d'inspection et de diagnostic. Ainsi, soit lors de l'utilisation d'endoscopes, boroscopes ou vidéoscopes pour des inspections internes (moteurs, compartiments de cellule), ou de drones pour l'inspection externe de cellules, il convient de développer les savoir-faire correspondants au fur et à mesure de l'évolution de ces technologies : il s'agit ici non seulement de savoir mettre en œuvre les outils, mais aussi de savoir en exploiter les données d'imagerie, par exemple en disposant de compétences en

⁴⁶ Il est intéressant de regarder dans ce domaine les offres d'emploi pour la maintenance prédictive : chez Drone Data Analyst le profil souhaité est celui d'un ingénieur, qui doit cadrer la demande de l'entreprise cliente avant de déployer les drones avec efficacité. Des connaissances en paramétrage et pilotage des drones, et connaissances des législations sont indispensables. Une fois la mission terrain effectuée, l'ingénieur doit transformer les données photos en données valorisables pour l'entreprise cliente. Des compétences en photogrammétrie, télédétection et topographie ainsi qu'en développement pour faire de la datavisualisation sont nécessaires.

« Nouveaux métiers : les fiches de poste du futur » - Lucas Mediavilla (Start Les Echos) – 14 mai 2018 - <https://start.lesechos.fr/rejoindre-une-entreprise/actu-recrutement/nouveaux-metiers-les-fiches-de-poste-du-futur-11847.php?0dMflUZx23K24kpk.99>

photogrammétrie pour dimensionner les observations recueillies. Schématiquement, l'analyse de données que cela implique, peut être réalisée soit par l'opérateur sur l'objet observé lui-même, soit à distance par un autre spécialiste plus à même de réaliser une analyse et un diagnostic à temps.

Dans cet exemple, ces technologies très évolutives conduisent, selon le cas d'application et selon la répartition des tâches entre différents acteurs du MCO, à développer a minima des savoir-faire adaptés pour l'utilisation « basique » des outils, et aussi de nouvelles compétences d'analyse et diagnostics d'un ensemble de données, notamment d'images. A ce titre, selon le cas d'application et l'intérêt opérationnel et économique de ces technologies, le processus pourra être différencié.

Au-delà, ce même exemple conduit à considérer la génération de données qu'il implique. Celles-ci étant de plus en plus nativement numériques, leur utilisation dans une logique de production de smart data alimentera les bases sur laquelle des initiatives – notamment de maintenance prédictive - pourront être prises pour améliorer le MCO.

✓ **La fabrication additive**

La fabrication additive est un nouveau procédé de production des pièces qui offre de nouvelles perspectives en matière de fabrication et de juste à temps. Cependant, s'agissant d'un moyen industriel qui s'insère dans un processus global de fabrication et de certification, son impact à 15 ans restera limité.

Les avancées sont rapides dans ce domaine, mais la rentabilité de l'investissement ne vaut à ce stade que pour les petites pièces et des logiques fablab. La logique multi pièces industrielles est en train d'émerger et de montrer qu'elle peut être économiquement viable. L'élargissement de la gamme des matériaux employés devrait favoriser son essor.

Elle pourrait donc intéresser rapidement le SIAé. Son emploi serait alors un ajustement des compétences de concepteurs / producteurs existantes, l'impression 3D n'étant qu'un complément à l'existant en matière de machine de production⁴⁷. Les premiers retours sur l'emploi industriel de ces machines fait apparaître quand même une montée en puissance des métiers de la programmation et de la cyberdéfense. Si l'on se place d'ailleurs à l'échelle de l'usine, ils prennent une place prépondérante.⁴⁸

L'impact serait plus grand si ce dispositif permettait la réalisation déportée de pièces de rechange à la demande : ce sera sans doute possible un jour pour des appareils nativement conçus autour de cette

⁴⁷ Un F/A-18 doté d'une pièce imprimée en 3D a été testé en vol avec succès en Finlande le 5 janvier 2018. La pièce moteur a été réalisée par Patria, fournisseur finlandais de chars, d'équipements aéronautiques et de systèmes d'artillerie. En 2014, BAE Systems annonçait qu'un avion de combat Tornado avait été équipé de plusieurs composants métalliques imprimés en 3D. rien ne permet de dire aujourd'hui que le processus s'est industrialisé. « Vol réussi pour un chasseur F/A-18 Super Hornet équipé d'une pièce de moteur imprimée en 3D » - Alexandre Moussion (Primante3d.com) – 22 janvier 2018 - <http://www.primante3d.com/avion-combat-22012018/>

⁴⁸ « L'impact de la digitalisation chez Safran » - Justine Boquet (Air&Cosmos) – 5 juin 2017 - <http://www.air-cosmos.com/l-impact-de-la-digitalisation-chez-safran-95815>

VENTURA

exigence, mais pour le moment la pièce fabriquée par imprimante 3D sur commande est souvent impossible à réaliser. Néanmoins, il existe un très fort intérêt des forces armées américaines et de la DARPA pour ces technologies dans le contexte d'utilisation en déploiement.

L'impact sur les compétences est difficile à évaluer à ce stade. Les expériences effectuées semblent révéler néanmoins un accroissement du niveau de compétences industrielles des opérateurs déployés, en particulier au niveau du contrôle et de la programmation des machines.

Il est à noter par ailleurs la quasi absence actuelle de cursus de formation des ingénieurs et de techniciens pour ces technologies de l'impression 3D en particulier en France alors même que la demande apparaît forte. Le constat est surprenant : les jeunes générations nées avec le numérique pensent numérique, mais pas industrie et considère souvent que l'impression 3D est réservée au prototypage.

✓ **Drones et robots**

Drones et robots constituent la nouvelle tendance de fond pour les inspections de maintenance des avions ou la gestion des flux logistiques sur base. De nombreuses solutions sont en cours de développement et d'expérimentation pour automatiser ses inspections cellules (SR Technics avec Invert Robotics))⁴⁹.

Ces inspections sont automatisées et peuvent réduire le temps d'inspection tout en permettant d'utiliser un ensemble plus complet de capteurs que le seul œil humain (tests ultrasonores et thermographiques). Normalement, on facilite le travail des opérateurs, en particulier en lui enlevant la partie fastidieuse ou exposée, mais ceci se traduit clairement par un besoin de compétences reportées sur la programmation du robot (il faudra des compétences en opération !) et surtout sur la partie interprétation (voir ci-dessus).

Parmi ces robots, les exosquelettes s'inscrivent tout à fait dans la logique des robots collaboratifs qui transforment réellement le métier de l'opérateur en lui facilitant les transferts de charges notamment.

✓ **Les plateformes collaboratives et les Labs**

L'essor des plateformes collaboratives est directement lié à l'apparition d'outils de partage de l'information ou de partage de données. Dassault Aviation a ainsi monté à partir du programme NEURON ce type de plateforme autour de la modélisation « Catia » du système avion en faisant désormais un standard de gestion du programme avec maquette numérique appliquée au programme

⁴⁹ « SR Technics robotise aussi ses inspections avion » - Romain Guillot (Journal de l'Aviation) – 22 février - <https://www.journal-aviation.com/actualites/39756-sr-technics-robotise-aussi-ses-inspections-avion>

VENTURA

RAFALE notamment. Par la mise en place de l'ingénierie système au début des années 2010, la DGA a pu généraliser le partage des données d'ingénierie industrielle au niveau du prescripteur, permettant de se faire une plus grande efficacité et une plus grande réactivité du suivi du programme. La problématique du support est intégrée dans cette démarche de partage qui permet un dialogue sur la base d'une référence commune entre utilisateurs, prescripteurs et industriels de tous niveaux. La généralisation de ces outils au fur et à mesure des rénovations ou des programmes nouveaux impose néanmoins de développer dans l'armée de l'air des compétences techniques pour rentrer dans ce type d'outil et des compétences de management pour déterminer quel est le bon niveau d'intervention dans ces outils.

Au-delà des outils techniques de partage d'informations structurées, le domaine civil montre que les plateformes collaboratives entre l'utilisateur final, le prescripteur et le fournisseur (y compris sa *supply chain*) peuvent de manière notoire améliorer la capacité de dialogue et d'anticipation et résolution de problèmes grâce à l'instauration d'une plus grande fluidité dans les informations et surtout d'un plus grand niveau de confiance entre tous les acteurs. L'Armée de l'air en a d'ailleurs fait l'expérience avec quelques plateaux techniques montés à Bordeaux avec le CFA et à la SIMMAD.

Dans l'industrie civile, Airbus, sur la base des outils de gestion de production (ERP), a ainsi en 2013/2014 réussi à gérer la crise de la montée en cadence des avions de sa gamme commerciale en utilisant des méthodes de travail en « grappes » : cette méthode permet de rassembler autour de problématiques identifiées des plateaux virtuels d'acteurs travaillant ensemble dans l'ensemble de la *supply chain* sur le problème. La méthode est depuis régulièrement préconisée par la DIRECCTE⁵⁰. Airbus a utilisé bien sûr cette méthode collaborative pour traiter les problématiques industrielles en priorité, mais très vite ce sont les problèmes de compétences, de formation et d'adaptation à l'innovation qui sont apparues comme les facteurs clefs de la réussite globale.

Ces plateformes, à périmètre variable, peuvent être temporaires (plateau pour régler un problème donné) ou permanentes. Ces plateformes sont un élément important du dialogue sur les compétences dans les évolutions à venir, à la fois pour vérifier que les compétences « historiques » demeurent et restent à bon niveau, mais aussi pour anticiper et intégrer de manière optimisée au sein de la *supply chain* l'arrivée des nouvelles compétences nécessaires à la réussite de l'implantation des nouvelles technologies.

Les labs d'innovation sont des plateformes collaboratives plus centrées sur l'innovation en phase amont des programmes. Elles rassemblent les utilisateurs, les prescripteurs, les intégrateurs et les innovateurs. Centrés autour des innovations, ces Labs permettent de mettre en contact des produits à faible maturité dans des contextes systémiques reproduisant l'environnement défense souhaité afin de pouvoir l'expérimenter, faire mûrir le besoin et les concepts. Souvent limité à la seule technique, il tend de plus en plus à s'étendre aux processus et permet d'identifier les compétences nouvelles à mettre dans la

⁵⁰ « Supply chain aéronautique : les relations s'améliorent » - Sophie Arutunian 03/03/2015
<https://toulouse.latribune.fr/entreprises/business/2015-03-03/supply-chain-aeronautique-les-relations-s-ameliorent.html>

supply chain. Ces plateformes collaboratives sont des lieux faits principalement pour drainer l'innovation, mais aussi décider très vite de son avenir (logique « Rapid to fail »).

✓ **La cyberdéfense**

La cyberdéfense constitue un enjeu clé des capacités futures du MCO aéronautique. Ses besoins déjà en forte croissance, vont connaître une nouvelle croissance avec l'arrivée des nouvelles technologies qui multiplient les connexions, sont construits sur le partage de données communes et structurées et développent des automatismes de moins en moins contrôlés par l'opérateur humain. Ce sujet dépassant largement la problématique du MCO, le rapport n'a pas vocation à détailler les besoins spécifiques de compétences dans ce domaine. La sécurisation des données, la culture de cybersécurité et les expertises requises concernent cependant directement les acteurs des forces aériennes.

Dans le secteur du MCO aéronautique, il est important de développer une culture de la cybersécurité compatibles de l'emploi des nouvelles technologies et en particulier celui de l'échange de la donnée pertinente et validée. Comme dans le domaine des contre-mesures électroniques (CME), l'emploi de ces nouvelles technologies nécessitent des experts en particulier pour identifier les données sensibles du MCO, les protéger et veiller à la sécurisation des flux échangés. On peut d'ailleurs imaginer que l'expertise acquise pourrait être utilisée en mode offensif à l'instar du domaine des CME. L'opérateur de cybersécurité du MCO aéronautique a vocation à devenir un contrôleur permanent et avisé de ses données et de ses échanges.

La création de centres dédiés à la supervision et à la sécurité des systèmes (« Secure Operation Center ») au sein du ministère nécessitera, pour le MCO aéronautique comme pour d'autres domaines, de disposer d'un niveau de compétences optimisé : cela implique non seulement les acteurs en charge de la constitution et de la gestion courante de ces centres mais aussi les échelons de gouvernance, à l'instar des COMEX d'entreprises qui assurent cette supervision.

Le concept de maintien en condition de sécurité (MCS) des systèmes est désormais bien pris en compte dans les programmes des systèmes nouveaux et anciens lorsqu'ils sont rénovés. Ce concept doit être systématiquement réfléchi sur les systèmes en service. En outre, sa montée en puissance doit s'accompagner par la constitution des compétences adaptées au sein des armées. A ce titre, il convient de veiller à ne pas « externaliser » la spécification de ce type de besoins. Ceci s'applique tout particulièrement au MCO aéronautique, notamment dans la constitution de ses futurs systèmes d'information : l'Armée de l'air en particulier doit ainsi doter, au juste niveau, ses ressources en ingénierie du MCO de vraies compétences pour être capable de définir et spécifier ses exigences de MCS.

Enfin, au-delà des compétences de savoir-faire, la cyberdéfense devient aussi de plus en plus une compétence de savoir être.

4.3.2.1 La planification de la maintenance

De nombreux acteurs du MRO mettent actuellement en évidence les limites du concept de maintenance selon état sans toutefois remettre en cause son principe. Ce concept impose en effet des contraintes importantes en exploitation du fait des difficultés de mise en œuvre qui résultent de la très grande variété et diversité des butées et cycles à respecter dans les divers systèmes et URL des avions. L'expérience acquise sur le Rafale dans ses premières années d'exploitation a souligné cet écueil alors même que ce système avait été totalement conçu pour décliner les modalités d'un concept d'entretien selon état.

S'opère actuellement ainsi un changement d'orientation qui vise à optimiser l'ordonnement et la réalisation des interventions reposant auparavant sur une très large proportion de visites programmées identiquement pour l'ensemble d'une flotte. Il s'agit à présent de développer les compétences et les outils nécessaires pour optimiser la programmation des opérations de maintenance et des indisponibilités que celles-ci imposent. Ceci conduit notamment à une plus grande individualisation de ces interventions. L'impact de ce phénomène se renforcera avec la prise en compte croissante des « données de sortie » de la maintenance prédictive.

Au-delà de ces évolutions, il s'agira en fait de s'interroger sur le besoin de mener une évolution majeure qui consisterait à déterminer un plan d'entretien totalement individualisé, c'est-à-dire pour chaque avion : en effet, même si la variété des flottes de même type se réduit considérablement, la diversité des configurations matérielles et fonctionnelles, leur emploi très différencié – et donc leur vieillissement inégal – devrait conduire à revoir, en lien avec les constructeurs, le canevas du plan d'entretien et d'en déduire le PRE adapté à chacun des avions, en le faisant évoluer au fur et à mesure des évolutions de standards ou d'emploi. Il s'agirait alors de disposer des outils et des compétences pour assurer la gestion de cette nouvelle approche de la maintenance.

4.3.3 Maintien et transmission des compétences déjà à maturité

L'ensemble des technologies évoquées ci-dessus peuvent être employées sur les systèmes et les équipements en service. L'Etat doit retenir une véritable logique du retour sur investissement (ROI) pour décider et prioriser les investissements à effectuer. Cette logique de ROI impose de prendre en compte le coût d'adaptation et de maintien des capacités dans l'ensemble de la *supply chain* concernée.

Cet aspect ne sera pas négligeable dans un monde en rapide évolution où la pérennité d'un tissu industriel est désormais plus aléatoire qu'avant, essentiellement du fait des virages stratégiques brutaux d'acteurs essentiels mais pas nécessairement correctement maîtrisés. C'est en particulier vrai pour les nombreuses technologies numériques (et donc les compétences associées) issues notamment de startups à la merci des exigences stratégiques imposées par leurs investisseurs ou leur clients principaux. Il ne faut pas croire pour autant que les structures de taille plus importante échapperont à cette logique :

VENTURA

les GAFAs sont en train de montrer aux Etats-Unis qu'une mauvaise gestion de l'image des forces armées peut conduire à fermer le robinet technologique et donc celui des compétences dans des délais finalement assez rapides au regard de la mise en place des capacités.

5 *L'évolution proposée des stratégies RH dans le cadre du MCO*

Au-delà des enjeux déjà abordés dans la partie précédente, les nouvelles technologies suscitent un certain nombre de réflexions transverses en termes de politique de ressources humaines :

- Politique du recrutement : l'enjeu est de développer une politique attractive pour les talents et les jeunes.
- Politique de fidélisation : l'enjeu est d'une part de protéger une population moins habituée aux nouvelles technologies notamment par un accompagnement adapté, tout en restant attractif pour les nouvelles générations et répondre aux attentes des nouveaux personnels recrutés.
- Politique de formation : l'enjeu est d'adapter en permanence une capacité à former au travers d'outils individualisés ou collectifs permettant à la fois d'acquérir de nouvelles compétences, de former au métier, mais aussi de transmettre le savoir-faire.
- Processus de ressources humaines : l'enjeu est d'accélérer, de moderniser en profondeur et d'individualiser les processus.

Les ressources humaines des grands groupes traditionnels tout autant que celles de l'administration publique sont toutes confrontées à ce même type d'enjeux. Leurs réflexions dans le cadre des plans de transformation numériques sont totalement applicables à l'Armée de l'air et au domaine MCO aéronautique. C'est d'ailleurs l'objectif du Plan de Transformation Numérique des Armées qui intègre cette dimension sur les trois axes stratégiques, technologies, compétences et process.

5.1 *Recrutement – attractivité de la marque employeur « militaire », « guerre des talents » sur les profils rares*

5.1.1 *Attractivité de la marque employeur*

- ✓ **Des difficultés sur lesquelles tous les recruteurs « traditionnels » se penchent : « la guerre des talents »**

La Cour des Comptes française dans son dernier rapport annuel⁵¹ souligne les enjeux généraux de l'administration qui est littéralement confrontée à une « guerre des talents ».

Selon le vice-président de la Commission européenne, Andrus Ansip, il manquerait en Europe 800000 compétences dans ce domaine d'activité en 2020⁵².

⁵¹ Rapport public annuel 2018 – Février 2018 - Cour des comptes - www.ccomptes.fr - @Courdescomptes – p160.

⁵² Ibidem.

« L'Etat se retrouve confronté aux mêmes problèmes que tous les autres employeurs...mais l'enjeu majeur sera pour l'Etat de donner plus d'agilité et de flexibilité au système » analyse Antoine Petit, président du CNRS.

Les difficultés de recrutement qui touchent l'Armée de l'air sont donc générales. Comme le note le rapport de la cour des comptes¹, la fédération Syntec (qui représente plus de 80 000 entreprises, 120 milliards d'euros de chiffre d'affaires et près de 910 000 collaborateurs français spécialisés dans les professions de l'ingénierie, des services informatiques et des études) constate que « *Les besoins de recrutements augmentent mais sont freinés par la difficulté à trouver les compétences adaptées* ». Alors que 61% des entreprises du secteur indiquaient mi-2017 éprouver des difficultés à recruter, ce taux est grimpé à 81% début 2018. « *Le principal enjeu du recrutement est la capacité à fidéliser les collaborateurs* », a lancé Benoît Darde, administrateur du Collège des Entreprises de Services du Numérique du Syntec. « *Le taux d'attrition reste à maîtriser* ».

✓ « La marque employeur Armée de l'air / MCO »

Depuis quelques années, le recrutement des ressources humaines de l'Armée de l'air y compris des pilotes s'avère difficile. La génération du film « Top Gun » est passée et le phénomène n'est pas limité à la France : en 2013, il manquait 200 pilotes de combat dans l'US Air Force. En 2016, il en manquait probablement environ 500. Le déficit ne fait que croître pour une spécialité considérée comme la plus attractive et qui de plus a toujours été professionnalisée.

Pour séduire les talents, les armées sont attentives à leur stratégie de communication en relayant la marque employeur de l'Etat mais également en faisant appel à l'esprit de « Défense », qui donne du sens à l'engagement au sein des armées.

L'Armée de l'air y ajoute le sens et la passion pour l'aéronautique. La campagne de recrutement Armée de l'air 2018 cible par exemple les valeurs de "Confiance réciproque, fraternité, solidarité, esprit d'équipe" et cohésion : « *Si on vous confie rapidement des responsabilités, c'est parce que vous êtes formé, encadré et accompagné, dans un environnement sécurisant où la transmission de savoir est permanente.* »

La rigueur est également valorisée : « *Une valeur clé du milieu aéronautique. Rigueur technique et professionnelle dans chaque mission. Rigueur dans le comportement pour respecter les règles élémentaires qui protègent toute une équipe.* »

Une telle campagne de communication nous paraît insuffisante. Des méthodes relevant du marketing de marque (« branding ») devraient être employées. Elles nécessitent cependant de définir l'image que

¹ Ibidem, p 161.

VENTURA

L'Armée de l'air et les métiers du MCO souhaitent donner d'eux-mêmes, en rebouclant sur les populations cibles. Il faut ensuite déployer les stratégies de « vente » de la « marque employeur ».

Deux exemples sont intéressants à considérer à cet égard. Le premier est celui de la DGSE, particulièrement recherchée par les amateurs des technologies du numérique, (Big Data, et data processing) dont la communication est renforcée par une empreinte d'exotisme empruntée aux séries de la télévision (« Le bureau des légendes »). A l'autre bout du spectre, la campagne de la Poste, qui essaie de se donner une image « technologique » avec les robots et de lien de proximité (campagne de soutien aux personnes âgées) apparaît assez convaincante.

✓ **Les vecteurs**

L'Armée de l'air utilise aujourd'hui plus facilement les réseaux sociaux que les médias télévision : il convient sans doute aujourd'hui renforcer la tendance et de davantage cibler des populations via ces réseaux plus que via les schémas classiques de recrutement et ceci nécessairement avec une part de réalisme. Cette politique nécessite de disposer en interne des bonnes compétences pour animer les réseaux, une animation externe pouvant rapidement devenir contreproductive en termes d'images.

Le recours aux comparaisons nous semble également pertinent car le mélange de l'ancien et du neuf est une caractéristique commune à beaucoup de secteurs. Il s'agit de montrer que l'Armée de l'air offre à chacun a sa chance dans un meilleur cadre et contexte. Il est enfin nécessaire de porter des messages mettant en avant les métiers du MCO de l'Armée de l'air et de bien définir les vecteurs de ces messages.

5.1.2 Un processus de recrutement à revoir

✓ **Les méthodes de recrutement**

De nouvelles méthodes pourraient être mises à profit pour changer le processus des embauches. Ainsi peut-on noter le « hackathon » e-recrutement organisé le 6 mars 2018 pour les personnels civils. Cet événement avait pour objectif la modernisation du recrutement du personnel civil dans toutes ses dimensions. Il a ciblé plus particulièrement le recrutement d'agents sous contrat avec pour ambition de définir des solutions innovantes.

L'objectif était d'une part de mieux faire connaître les métiers offerts au personnel civil relevant du ministère et, d'autre part, de rechercher plus efficacement les compétences spécifiques et rares dont le ministère a besoin.

VENTURA

Ce type d'exercice impose de retrouver de la visibilité auprès des cibles à recruter afin qu'il puisse se positionner de manière attractive sur le marché de l'emploi dans les métiers recherchés et ce, dans un contexte de forte croissance des recrutements et donc de concurrence.

✓ **La lourdeur des processus de recrutement**

La lourdeur administrative des démarches de recrutement est souvent soulignée et représente aujourd'hui une vraie difficulté. Même si les exigences associées à l'organisation des formations rendent difficile une intégration immédiate opérationnelle, une durée d'attente de 6 mois pour obtenir un contrat apparaît rétrograde.

Confrontés à l'évolution et la modernisation croissante des outils de recrutement (Big data et intelligence artificielle), les processus et outils existants sont devenus un maillon faible de la politique de recrutement. Rappelons que la DGA rencontre des difficultés de cette nature pour recruter de l'expertise civile en étant incapable de retenir les bons candidats compte tenu de la durée de 6 mois prise pour les décisions d'embauche. Dans un contexte similaire et pour un profil semblable, une société privée peut décider et proposer un contrat en moins d'un mois voire quelques jours pour une société de type PME, ETI ou startup.

Nous recommandons donc de revenir à un niveau de délégation qui réalise le bon compromis entre la rapidité de décision et la projection d'un potentiel parcours professionnel (local ou non) au-delà du poste à pourvoir immédiatement.

Cette exigence de réactivité semble s'appliquer également de plus en plus souvent aux changements de postes et au suivi des carrières des personnels de l'Armée de l'air. Quel que soit leur niveau, la plupart de ces personnels sont ou seront de plus en plus sollicités pour occuper un poste à l'extérieur de l'institution. L'éventail des ressources numériques et l'agilité des réseaux sociaux constituent un facteur d'accélération de ces démarches de départ et doivent être clairement analysées par les directions des ressources humaines.

5.1.3 Repenser les fonctions de soutien - Le choc de la bureaucratie

Au-delà de la politique de recrutement, il paraît nécessaire de repenser toutes les fonctions d'accompagnement et de soutien liées à la vie militaire pour qu'elles ne soient pas perçues comme un frein.

VENTURA

La lourdeur de la bureaucratie et la lenteur des prises de décisions contrastent avec les attentes des jeunes générations souvent sensibles aux espaces de liberté et de construction par exemple présentés par les GAFAM et cela, indépendamment du salaire.

Le choc entre le rêve (la haute technologie du Rafale) et la réalité des fonctions administratives est souvent brutal et probablement largement diffusé sur les réseaux sociaux. Pour le domaine du MCO aéronautique, la situation est encore plus critique. Il apparaît d'ailleurs nécessaire d'accompagner auprès des populations concernées les réformes actuelles qui sont susceptibles de générer inévitablement des frustrations avec des répercussions sur les réseaux sociaux.

5.2 *Fidélisation*

L'enjeu de la fidélisation des ressources humaines doit prendre en compte en particulier l'arrivée des nouvelles générations sur le marché de l'emploi. Cet enjeu n'est pas spécifique aux armées, même s'il se pose sous une forme parfois différente dans l'industrie ou les services.

La martingale permettant de résoudre cette véritable quadrature du cercle n'existe pas et c'est donc la conjonction de différentes mesures - organisationnelles, technologiques, salariales, communications, ... - qui permet, malgré un environnement très changeant, de pallier les difficultés d'une certaine « volatilité » des ressources.

L'Armée de l'air a déjà pris de nombreuses mesures en la matière qui vont de la valorisation de compétences à des mesures plus contraignantes appliquées pour limiter le départ de ressources de plus en plus critiques.

Au-delà, il apparaît possible de suggérer quelques pistes. L'idée principale est d'impliquer davantage les acteurs du MCO aéronautique dans l'évolution des activités de leur domaine en leur donnant une vraie marge d'initiative :

- Renforcer les dispositifs de formation continue pour tenir compte des besoins d'adaptation aux évolutions technologiques. Mettre en place en particulier dans des écoles de formation initiale un modèle *d'e-learning* signe de modernité et de capacité à être compétitive ;
- Faire intervenir, sur des périodes limitées les acteurs de terrain porteurs d'idées nouvelles, dans des forums ou structures de type Lab pour évaluer et éventuellement accompagner leurs propositions ;
- Réfléchir à la mise en place d'un concept de start-up « militaire », appliqué au domaine du MCO aéronautique, dans le but de favoriser la recherche de solutions innovantes aux problèmes

VENTURA

rencontrés : travailler en mode *spin off* sera un moyen de sortir du quotidien mais surtout de traiter les difficultés ⁵³ ;

- Accompagner de manière continue la transformation des métiers vers la digitalisation des activités ;
- Communiquer sur les avancées effectuées, valoriser les métiers de l'Armée de l'air, notamment dans le domaine de la maintenance sans hésiter à utiliser des procédés de comparaison.

Les expériences « start-up d'Etat » ⁵⁴ et les programmes d'entrepreneurs d'intérêt général contribuent à porter cette nouvelle culture de ressources humaines. Centrées sur une mission précise, ces structures permettent de transformer et de faire évoluer les pratiques de l'administration et de la fonction publique. Citons par exemple la mise en ligne du portail national data.gouv.fr, qui donne accès gratuitement aux données publiques, le lancement du site « La Bonne Boîte », qui permet à des demandeurs d'emploi d'identifier les entreprises qui recrutent à proximité. Chacun de ces services dit 2.0 a été conçu en six mois par de petites équipes, avec un budget réduit et selon une méthode éminemment numérique, fondée sur la confiance, par défaut, et le pouvoir rendu aux agents publics.

L'enjeu est de donner plus de flexibilité et d'agilité en offrant la possibilité de raisonner en mode « projets », de grande autonomie, ce qui déplace les efforts RH sur le plan des compétences et de la formation et non plus des métiers ou des diplômes.

5.3 Refondre la formation

Avec l'arrivée de l'intelligence artificielle et du Big Data, certains métiers évolueront de manière importante. Selon des estimations, 10% des métiers vont disparaître totalement, 50% vont devoir majoritairement se réinventer et 40% évoluer. A titre d'exemple, l'évolution des technologies d'imagerie va sans doute condamner à plus ou moins court terme le métier de radiologue ou le contraindre à acquérir un très haut niveau d'expertise.

Afin de faire face à cette révolution des métiers, il est indispensable de raisonner sur les compétences et en particulier sur les compétences numériques. La démarche doit envisager des outils et la mise en place d'un parcours individualisé de formation renforcé avec par exemple la mise en place d'un passeport numérique individuel.

L'Armée de l'air travaille en ce sens actuellement à la fois dans le cadre des formations initiales et de base (écoles de l'Air et de Rochefort), mais aussi dans le cadre des formations continues qui accompagnent les opérateurs tout au long de leur carrière. Il s'agit de proposer un cursus moderne reposant sur des formations de base, suivies de formations « d'entretien » plus individuelles, complétées

⁵³ Il faut néanmoins être conscient que les deux propositions imposent pour l'Armée de l'air de reconnaître et d'accepter l'échec comme le pratique les forces américaines.

⁵⁴ Des "start-up d'État" pour transformer en souplesse l'Administration - Pierre Pezziardi et -Henri Verdier – SGMAP dans séminaire de transformation numérique Cap Digital – Les amis de l'École de Paris de Management – 15 février 2016

par des formations en groupes sur le matériel en complément. L'emploi des outils numériques de formation, notamment la réalité virtuelle, mais aussi des réseaux sociaux internes, est en cours d'implantation au sein de l'Armée de l'air.

La formation est un secteur précurseur en matière de transformation numérique parce que les exigences des armées peuvent s'appuyer sur des outils (blended learning, MOOC, SPOC, etc.) ainsi que sur des offres de service adaptées.

5.4 Ré-internalisation / Externalisation

La mise en service ou l'emploi de nouvelles technologies requiert en général un recours à l'externalisation des services. Les compétences liées à cette technologie ne sont pas en effet sauf exception maîtrisées par les armées. Si l'on peut estimer que l'Armée de l'air décidera après analyse de ne pas acquérir des compétences internes sur un grand nombre de ces technologies, elle pourra choisir également d'internaliser tout ou partie de ces compétences, en particulier, lorsque les technologies considérées concernent des actions des opérateurs de maintenance opérationnelle. Le niveau de compétences internes dépendra in fine largement de la profondeur d'intervention et d'action de l'Armée de l'air dans ces technologies. Il devra également prendre en compte l'évolutivité et la complexité de la technologie à gérer.

Pour les secteurs externalisés, la difficulté est de conserver de manière pérenne les compétences permettant de piloter des projets.

L'exemple des systèmes d'information dans la fonction publique est intéressant. Après une phase d'externalisation massive des fonctions dites « support » dans les années 2000, la tendance actuelle du secteur public est résumée par le Directeur Interministériel du Numérique et du Système d'Information et de Communication (DINSIC), Henri Verdier : « *l'Etat doit réinternaliser certaines fonctions critiques, faute de quoi il se retrouvera en grand danger* »⁵⁵.

Parmi ces fonctions critiques se trouvent la capacité à maîtriser les expressions de besoins, les spécifications et le management des projets numériques, comme le montre les aléas connus par le logiciel de paie « Louvois », piloté par un organisme dépourvu de cette compétence à l'inverse de ceux en charge des systèmes d'information opérationnels, mieux pourvus.

5.5 Enjeux de l'évolution des compétences managériales

⁵⁵ Interview par « Acteurs Publics » du 19 février 2018 de Henri Verdier.

VENTURA

L'Armée de l'air partage dans ce secteur l'ensemble des enjeux communs publics et privés d'une évolution forte des compétences pour manager et faire face aux démarches de transformation numérique et savoir répondre aux attentes des générations montantes.

Le phénomène international « glassdoor » exige une transparence d'organisation, et permet aux salariés de juger leur entreprise. Les nouvelles générations veulent comprendre comment sont prises les décisions qui impactent leur vie quotidienne. Au final, elles acceptent difficilement que la hiérarchie soit source de "difficultés" ou de freins et n'agisse pas comme un facilitateur.

Les managers actuels vont vivre une période de crise et de remise en cause permanente, nécessitant des choix drastiques dans des environnements très incertains, qui va nécessiter de faire changer les mentalités et les cultures d'entreprises selon les axes suivants :

- Renforcement de l'entraînement, en particulier aux situations de crises et acquisition des compétences nécessaires pour y faire face en mode agile et réactif.
- Modification de la vision de l'échec. Dans le monde numérique anglo-saxon, l'échec est avant tout une expérience managériale. A tel point que des recruteurs peuvent se désintéresser de profils lisses sans échec car finalement considérés comme à risque du fait de la méconnaissance de ce type de situation. Il faut valoriser l'échec dès lors que l'on apprend quelque chose de son échec. C'est la méthode Google, l'entreprise qui a les échecs les plus retentissants, mais qui domine son marché parce qu'elle apprend de chaque échec.
- Apprentissage du travail en mode projet faiblement organisé : le mode agile n'impose pas de hiérarchie, on laisse faire et on analyse finalement qui devient le chef de la meute. Il faut promouvoir le travail en projet sur les idées et les innovations, mais dans un mode très léger qui respecte cependant les fondamentaux des projets. Ces projets doivent clairement sortir des structures opérationnelles pour leur laisser une forte autonomie : ce sont de formidables outils de motivation et d'adhésion.

5.6 La transformation des processus

Les nouvelles technologies et le maintien des technologies indispensables au MCO induisent de manière incontestable des transformations sur les compétences, les projets, les processus ainsi que l'évolution des fonctions achats et juridiques.

5.6.1 Faire évoluer les modes de contractualisation

Les méthodes agiles sont aujourd'hui principalement présentes dans les phases de croissance de la transformation numérique, voire à certaines de ses phases de réalisation (surtout lorsque les technologies sont fournies en mode service). Ces méthodes, couplées à la difficulté d'exprimer clairement un besoin,

imposent une révision des contrats et un mode plus important de la compétition par challenge ou par expérimentation.

Les règles générales de l'achat public demeurent mais leurs processus d'application doivent évoluer. Le rapport Villani le rappelle en rappelant également l'importance de disposer d'une ingénierie contractuelle forte : « *Les administrations et leurs opérateurs ne disposent pas tous de la même force d'ingénierie contractuelle. Il est donc essentiel de pouvoir capitaliser sur l'expérience déjà acquise par ceux qui ont pratiqué ces procédures, notamment du côté de la direction des achats de l'État et de la direction général de l'armement. Cette diffusion des retours d'expérience pourrait se faire au travers de référentiels documentaires, d'un échange de bonnes pratiques ainsi qu'une communication plus importante sur les réalisations concrètes.* »

Le rapport poursuit en rappelant que le nouveau code des marchés publics favorise l'innovation, notamment grâce à la procédure du partenariat d'innovation⁵⁶, outil nouveau mis à la disposition des acheteurs. L'autre procédure plus classique mais finalement trop peu employée est le dialogue compétitif⁵⁷ : son emploi récent dans les « défis » du ministère démontre qu'il faut pouvoir aménager des règles et des équipes entre les tours. Il montre aussi que l'outil est parfois trop lent au regard des besoins de mise en service de capacités.

5.6.2 Mise en place de mesures de protection de l'acheteur public pour l'inciter à l'ingénierie contractuelle.

Le rapport Villani insiste sur cet aspect : « *Afin de limiter ce risque et inciter à l'ingénierie contractuelle innovante, il pourrait être mis en place une protection de certains acheteurs. Ce dispositif pourrait prendre la double forme d'une identification spécifique de type acheteur innovant officialisant la prise de risque demandée afin qu'un échec ne soit pas pénalisant. Ceci doit être assorti d'une responsabilité en cascade, où la responsabilité de l'État pourrait être recherchée en priorité, sauf à prouver une malveillance ou un abus délibéré. L'objectif : créer un terrain favorable à de l'expérimentation contractuelle, qui comprend structurellement une part de risque qu'il s'agit d'accepter et protéger efficacement les porteurs de ces expérimentations.* »

⁵⁶ Le partenariat d'innovation permet, dans une procédure de marchés, de couvrir le besoin de la phase de recherche amont et d'expérimentation jusqu'à la phase d'achat du produit opérationnel, sans avoir à remettre les acteurs en concurrence entre ces différentes phases. Cela limite la nécessité de procéder à une remise en concurrence alors même que les expérimentations auraient été satisfaisantes et prometteuses. L'expérience actuelle montre en effet qu'il n'est pas rare qu'à l'issue de cette remise en concurrence, la solution déjà expérimentée n'emporte pas le marché de réalisation de la solution finale, souvent pour des raisons financières.

⁵⁷ Le dialogue compétitif est une solution adaptée à la conclusion de marchés complexes, pour lesquels l'acheteur public ne peut définir seul et à l'avance les moyens techniques qui vont répondre à son besoin, ou encore pour lesquels il n'est pas en mesure d'établir un montage juridique ou financier adapté. Cette procédure offre aux acheteurs publics des possibilités bien plus larges de dialoguer avec les candidats au marché, afin d'améliorer la qualité et le caractère innovant des propositions qui leur sont faites. Il ne s'agit donc pas d'un facteur d'accélération.

5.6.3 Organiser des fonctionnements matriciels pour créer et pérenniser des viviers de compétences rares

L'orientation se dessine clairement dans l'ensemble des administrations de l'Etat. La rareté des ressources informatique doit conduire, comme le recommande le rapport annuel 2018 de la cour des comptes, à créer et organiser « une filière de recrutement d'experts en numérique, informatique, cybersécurité pouvant être mise à profit par l'ensemble des administrations et bénéficiant de mesures de fidélisation et de développement des compétences et de gestion de carrières communes »⁵⁸.

Cette stratégie doit également s'étendre à possibilité de mise à disposition des compétences "rares" (exemple du *data-scientist*).

Ce mode de fonctionnement existe d'ailleurs depuis longtemps dans des sociétés aéronautiques françaises : des possibilités de progression de carrière dans un axe métier « spécialistes », sollicités, voire détachés fonctionnellement dans les projets. L'Armée de l'air devra trouver un équilibre entre les applications opérationnelles qui nécessitent l'appartenance de spécialistes à la hiérarchie opérationnelle, et préserver des possibilités d'échanges et de développement de « creusets » de talents qui devront rester dans une hiérarchie interministérielle.

5.6.4 Besoin de compétences juridiques nouvelles

Les débats sur la propriété des données et leur utilisation est toujours ouvert. Après l'importante étape franchie au sein de l'Union européenne avec l'entrée en vigueur du RGPD (règlement général sur la protection des données), il reste de nombreuses questions à régler car le RGPD ne couvre que les données qualifiées comme « données personnelles ». Les données non personnelles ne sont donc pas dans le champ du RGPD. Elles ne sont pas non plus encore tout à fait dans le champ de la propriété intellectuelle, ce qui pose de nombreuses difficultés juridiques notamment avec l'emploi de systèmes auto-apprenants.

Alors que l'intérêt pour les données (Big Data, IA, ...) ne cesse d'augmenter compte tenu de leur potentiel d'exploitation, et que de nombreux acteurs, notamment du MRO et chez les opérateurs de flottes, entrevoient tout le bénéfice qu'ils peuvent tirer de leur partage ou leur mise en commun, la question des modalités et de la profondeur de ce partage continue à faire débat.

Cette question est essentiellement abordée sous l'angle juridique, notamment de la protection. Cet aspect n'est certes pas suffisant mais constitue de fait un obstacle.

⁵⁸ Rapport public annuel 2018 – Février 2018 - Cour des comptes - www.ccomptes.fr - @Courdescomptes - page 162.

Cependant, avant même d'envisager des solutions, il semble qu'il y ait besoin de clarifier l'objet des débats lui-même : s'agit-il de protéger les données elles-mêmes ou les bases de données. Or, en l'état actuel, seules les bases de données bénéficient de dispositions en vue de leur protection, et non les données elles-mêmes. Par ailleurs, aussi bien au sein du Parlement européen que du point de vue du Conseil national du Numérique la création d'un droit de propriété des données non personnelles n'est pas envisagée, voire fait l'objet d'un refus très net⁵⁹.

Il n'est pas question ici de proposer des solutions à cette difficulté mais simplement d'inviter la gouvernance du MCO à se doter de compétences juridiques en la matière, compte tenu notamment de l'importance de la question dans la préparation des contrats, ou de la conception et de la mise en œuvre de solutions de maintenance prédictive.

La question des compétences requises en la matière peut même être élargie au domaine encore plus vaste des implications d'une numérisation plus large des activités, au-delà des seules données.

5.7 Quelles autres compétences étatiques mettre en place ?

Les compétences de « savoir être » vont devoir évoluer en regard des évolutions mentionnées ci-dessus.

Les compétences requises pour le MCO actuel font appel aux compétences de savoir, de savoir-faire, mais aussi de savoir être. Le périmètre des compétences de savoirs nécessaires au MCO aéronautique est en très forte croissance concernant la réalité virtuelle, l'intelligence artificielle, le Big Data ou la cybersécurité.

Les processus de formation doivent donc s'adapter pour faire face à cette situation et notamment intégrer ces nouveaux savoirs, dans la formation initiale des acteurs du MCO aéronautique.

Au-delà des savoirs fondamentaux, il faut ainsi renforcer les savoirs nécessaires au futur poste de travail tout en ouvrant en parallèle vers la capacité à apprendre d'autres technologies : le développement d'une ingénierie de formation dans ce domaine est stratégique car il permettra de traiter la problématique du transfert de savoir-faire sur des technologies en voie d'obsolescence métier.

Il faut enfin assurer la diffusion d'une culture numérique dans le savoir être et donc développer les grilles d'analyse de ces compétences très tôt dans les parcours individualisés, en particulier en matière de cyber (sensibilité et compréhension de la problématique de sécurité), mais aussi en termes de capacité à se former et à former. Il faut y ajouter des sensibilisations à tous les niveaux aux problèmes éthiques que posent l'emploi de ces technologies.

⁵⁹ cf article du cabinet. LPLG Avocats : « Le Big Data pour la MRO à l'épreuve du débat sur la propriété des données non personnelles »

6 Conclusions et recommandations

Même si l'évolution industrielle et technologique de l'environnement du MCO ouvre de très larges perspectives, les contraintes opérationnelles associées à l'âge des matériels réduisent les marges de manœuvre en particulier dès lors qu'il faut respecter des contrats opérationnels ambitieux. La mise en place d'un partenariat renforcé avec l'industrie tel que voulu par la ministre, mais aussi la nouvelle politique d'innovation du ministère, font évoluer également les relations entre l'industrie et les forces aériennes : il y aura nécessairement un impact sur la gestion des compétences.

Les compétences du MCO aéronautique sont à la croisée de ces opportunités et de ces contraintes. Elles subissent à la fois les évolutions engendrées par l'évolution technologique et industrielle, l'émergence de la numérisation, ainsi que l'évolution culturelle de la société au sein de laquelle les armées recrutent leurs effectifs.

Partant des grands enjeux du MCO et en intégrant les orientations portées par le chantier numérique du ministère des Armées, notre analyse des deux axes évolutions technologiques et industrielles et stratégie RH amène à proposer la liste des recommandations qui suivent. Ces recommandations sont centrées sur le MCO aéronautique et les problématiques RH de l'Armée de l'air, mais la majeure partie d'entre elles peuvent être étendues aux problématiques RH des autres armées. Certaines d'entre elles, relatives notamment à l'emploi des technologies nouvelles sont applicables à un plus vaste domaine que celui du MCO aéronautique.

6.1 Recommandations principales : adapter le MCO au besoin

6.1.1 Garantir le maintien des flottes anciennes

Certains matériels et systèmes vont arriver en fin de vie avant 2030. Malgré les rénovations à mi-vie qui concernent souvent les systèmes d'armes, les cellules, les moteurs et certains sous-systèmes ont vocation à durer encore longtemps. Au-delà des difficultés technologiques d'obsolescence industrielle et de la criticité de la *supply chain*, il existe un véritable défi de maintien des compétences humaines souvent rares et expérimentées.

R1	<i>Dans une optique de traitement des obsolescences, identifier, avec les industriels concernés et les écoles de formation, les compétences nécessaires pour maintenir en service les systèmes les plus anciens en prenant en compte les problématiques industrielles.</i>
R2	<i>Intégrer dans les marchés de MCO aéronautique des clauses sur le maintien et l'évolution des compétences.</i>

VENTURA

6.1.2 Adapter le MCO aéronautique au juste besoin, réactivité, anticipation

L'évolution du MCO aéronautique souffre aujourd'hui d'une absence de modélisation globale tant pour les aspects technico-opérationnels que RH. Il ne s'agit pas évidemment de tout modéliser finement, mais de disposer rapidement d'un outil évolutif capable d'aider à la prise de décision en permettant notamment de traiter les scénarios de crise. Cet outil aurait vocation à la fois de mieux préparer la planification capacitaire, mais aussi d'entraîner aux situations de crise sur les deux axes technico-opérationnel et RH.

D'une manière générale, il faut renforcer la capacité d'ingénierie de niveau prescripteur du MCO aéronautique au sein du ministère des armées.

R3	<i>Construire une capacité à construire des scénarios de MCO aéronautique par flotte, en intégrant une démarche de gestion de risques (ruptures de la supply chain, dépendance aux SIC, menaces cyber, montée de la data, ...).</i>
R4	<i>Développer la capacité d'ingénierie de MCO au sein des armées et de la DGA.</i>

6.1.3 Garantir la compréhension des événements et l'aide à la prise de décision

Le Big Data est un tout nouveau champ d'expertise qui amène en particulier une problématique de compréhension et d'interprétation des résultats. Au-delà des experts, il faut développer les capacités à expliquer les résultats aux décideurs et déterminer avec eux les champs d'emploi de ces nouveaux outils.

D'une certaine manière, le numérique impose de développer dans les cursus managériaux de haut niveaux (école de guerre, CHEM, IHEDN, etc.) des interventions sur ces sujets pour développer les savoir être managériaux dans ces domaines.

Le problème des compétences numériques est global au sein de l'Etat : le gouvernement pousse à la mise en place de compétences interministérielles pour faire face à la « guerre des talents » et surtout permettre la diffusion des solutions en décroissant. Une telle démarche avait déjà été menée pour la cyberdéfense, mais les armées doivent réfléchir pour l'étendre au Big Data et à l'intelligence artificielle notamment.

R16	<i>Inclure dans le bagage de connaissances requis chez certains spécialistes du Big Data une maîtrise des outils de data visualisation, ou recruter ou former des data designer.</i>
R17	<i>Donner une instruction suffisante aux spécialistes du MCO pour contribuer à l'élaboration des représentations réalisées par cette technique.</i>

VENTURA

R18	<i>Développer une information, aux niveaux managériaux, sur cette technique et l'intérêt d'y avoir recours dans leurs champs de responsabilités respectifs.</i>
R39	<i>Pour toutes les technologies numériques transverses, s'appuyer sur un réservoir d'expertises étatiques interministérielles organiques ou fonctionnelles permettant de garantir l'accès rapide à une compétence étatique indépendante de l'industrie.</i>

6.1.4 Améliorer la qualité du MCO aéronautique par :

✓ **Les techniques d'investigation et de contrôle**

La révolution numérique, mais aussi la facilitation des transferts de technologie issue des recherches de laboratoire fait émerger de nouvelles technologies de diagnostic applicables au MCO aéronautique. Ces technologies sont à la fois numériques et physiques : beaucoup reposent sur la capacité à modéliser et à traiter les données faisant du Big Data un acteur central de l'amélioration de la productivité et de l'efficacité de la maintenance, en particulier prédictive.

R19	<i>Mettre à profit les technologies d'investigation du MCO générant des données numériques pour développer des bases de données facilitant la constitution de bases de « smart data » et le développement de la maintenance prédictive.</i>
R20	<i>Développer les compétences pour mettre en œuvre et faire évoluer de concert avec l'industrie ces technologies (diagnostics câblages, CND, ...).</i>
R21	<i>Développer les compétences d'exploitation de ces données à la fois du point de vue du big data et au profit des spécialistes métiers.</i>
R22	<i>Former les différents niveaux de management à l'intérêt de ces technologies.</i>

✓ **L'optimisation de la programmation des interventions techniques sur avion**

Le MCO aéronautique doit s'inscrire dans l'évolution des MCO/MRO qui visent à optimiser la disponibilité en adaptant les interventions aux opérations et en anticipant les pannes. Cette logique est impérative sur les matériels à venir. Elle est évidemment complexe sur des matériels anciens dont le MCO est structurellement basé sur des visites périodiques. L'absence, les restrictions d'accès ou la faiblesse du nombre de données sur ces flottes limitent sans doute l'efficacité des processus Big Data / IA en cours de déploiement dans le secteur aéronautique civil ou dans d'autres secteurs. Mais ces technologies paraissent cependant indispensables pour changer le paradigme des interventions techniques : il faut donc orienter la recherche du ministère vers la problématique des technologies de Big Data / IA adaptées aux bases de données de plus faible dimension.

VENTURA

R23	<i>Intégrer la logique existante de maintenance selon état dans une programmation globale de chantiers en cohérence avec l'activité aérienne.</i>
R24	<i>A l'aide de nouveaux logiciels déjà existants sur le marché, développer au sein des unités en charge de maintenance une compétence de programmation des interventions.</i>
R25	<i>Orienter la recherche du ministère des armées en matière de Dig Data vers les outils applicables aux petites banques de données.</i>

✓ Le déploiement de plans d'entretien individualisés

L'amélioration du MCO aéronautique passe aussi par une plus grande individualisation des plans d'entretien. Là encore les outils numériques de gestion le permettent et les forces aériennes peuvent tirer l'expérience de ce qui est fait dans les flottes civiles ou dans d'autres secteurs (énergie/transport), tout en prenant en compte la problématique de ses contraintes opérationnelles.

R26	<i>Réexaminer, en concertation avec les constructeurs, le plan recommandé d'entretien de chaque flotte dans la double optique d'y insérer les futures méthodes de maintenance prédictive et d'une individualisation des plans d'entretien.</i>
R27	<i>Définir à cette fin un premier concept, réaliser une phase de « proof of concept » sur une flotte limitée mais significative (A 400 M, Rafale, PC 21).</i>
R28	<i>Développer, au sein des équipes en charge de l'ingénierie du MCO aéronautique, une compétence spécifique pour y parvenir et solliciter pour ce faire des partenariats ad hoc avec l'industrie.</i>

6.1.5 Organiser l'adaptabilité, l'agilité et anticiper le décrochage technologique

Face à l'arrivée de ces nouvelles technologies, en particulier numériques, la tentation est grande de vouloir explorer un maximum de pistes. Rester en marge de la culture dominante provoquera un décrochage technologique majeur et affaiblira la capacité décisionnelle des décideurs.

A l'inverse, face à l'incapacité récurrente d'exprimer un besoin, il s'agit de développer une capacité à tester les technologies industrielles pour identifier la réalité du besoin du MCO aéronautique, corriger les solutions proposées en mode « agile » puis prendre des décisions très rapides sur l'intérêt ou non des approches évaluées. Le Defense Lab et ses antennes au sein des forces et de la DGA (notamment le Centre d'Expérimentation de Mont-de-Marsan ou sur la base aérienne 105 d'Evreux) ont un rôle important à jouer dans ce domaine en associant tout le tissu industriel sur des plateformes d'évaluation thématiques. Le problème de la contractualisation de ces phases est important car les entreprises postulantes sont en général à la fois très ouvertes et très anxieuses quant à la protection d'idées ou de produits difficilement brevetables. Il ne faut pas en outre perdre l'agilité de la démarche du fait des

VENTURA

processus d'achat, ce qui représente une véritable difficulté dans le cadre actuel du code des marchés publics.

C'est aussi au cours de ces phases d'expérimentation que les problématiques de compétences sont à analyser, à la fois dans les forces et dans la *supply chain* industrielle : la montée en cadence d'une startup, d'une PME voire d'une ETI ayant une brillante technologie n'est pas toujours évidente. Il en va de même d'ailleurs pour la montée des compétences au sein des forces aériennes.

Les problématiques juridiques, sont également à regarder dès ces phases, en particulier celles posées par l'accès aux données, la propriété intellectuelle et les impacts sur les réglementations et les responsabilités.

R11	<i>Construire au sein du Defense Lab un laboratoire du MCO aéronautique permettant de mener des expérimentations visant à évaluer très rapidement l'intérêt (opérationnel, technique, économique, impact RH, ...) du recours à certaines nouvelles technologies, à de nouveaux outils ou à de nouveaux processus dans les activités de MCO, et de définir des conditions d'acceptation de l'innovation. Ce Lab devra également accepter l'échec comme un mode normal de fonctionnement.</i>
R12	<i>Développer une capacité à contractualiser ces phases d'exploration technologique sans altérer l'agilité des processus, ni la propriété intellectuelle des entreprises candidates.</i>

6.1.6 Améliorer la réactivité, le soutien jusqu'en opération et créer un vrai niveau de reachback

La complexité des matériels envoyés en opération et la volonté de limiter l'exposition des hommes amènent les industriels à proposer des logiques de « hot line » en support des personnels en NSO. Pour être efficace et pour également mieux tirer parti de l'exploitation croisée des données, il va falloir probablement généraliser cette évolution, en tenant compte néanmoins de la fragilité, des limites (débit) ainsi que de la vulnérabilité de nos réseaux de communication en opérations.

R13	<i>Développer des plateaux techniques au plus près des forces, adaptés aux flottes traitées, en s'appuyant sur l'organisation Big Data et les SIL associés, pour assurer une mise en réseau en quasi temps réel des acteurs MCO aéro, étatiques et privés, pour traiter les cas de pannes ambigus, les diagnostics complexes, ...</i>
------------	---

6.1.7 Sécuriser l'activité du MCO aéronautique

L'apport du numérique se traduit également par un renforcement de la menace cybersécurité tant dans les processus internes que dans les échanges avec l'extérieur qui vont se multiplier. S'y ajoute la problématique de la fiabilité des données. Ce renforcement impose de développer les compétences à tous les niveaux sur le sujet.

R29	<i>Examiner et définir le besoin de création de « Secure Operation Center » appliqué au domaine du MCO aéronautique.</i>
R30	<i>Développer les compétences requises adaptées aux différents niveaux d'acteurs du MCO, jusqu'au niveau de la gouvernance.</i>

6.2 **Recommandations principales : assurer la disponibilité des compétences**

6.2.1 Repenser le recrutement et la fidélisation

La guerre des « talents » en cours sur les nouvelles technologies (mais aussi partiellement sur de plus anciennes moins enseignées désormais) nécessite de repenser la stratégie d'attractivité des postes MCO au sein de l'Armée de l'air pour le recrutement, mais aussi pour le grèvement des postes plus généralement.

Il devient nécessaire de repenser le marketing de la marque employeur « Armée de l'air » et au sein de cette marque de définir une approche particulière pour les métiers du MCO.

Dans cette logique, il devient également indispensable d'éviter de générer des désillusions trop rapides liées à une bureaucratie ressentie comme trop lourde ou trop pointilleuse en réduisant les difficultés procédurales.

R40	<i>Booster l'attractivité de la marque employeur « Armée de l'air » et MCO par une approche « marketing » et « vente » renouvelée.</i>
R41	<i>Faire exploser le « choc » de la bureaucratie ressenti par les nouveaux arrivants.</i>

6.2.2 Faire évoluer les formations et l'entraînement des acteurs du MCO aéronautique

Les compétences actuellement requises pour le MCO font appel aux compétences de savoirs, de savoir-faire, mais aussi de savoir être. Le périmètre des compétences de savoirs nécessaires au MCO aéronautique est en très forte croissance. La logique de formation doit donc s'adapter pour faire face à cette situation. Au-delà des savoirs fondamentaux, il faut ainsi renforcer les savoirs nécessaires au futur

VENTURA

poste de travail tout en ouvrant en parallèle vers la capacité à apprendre d'autres technologies. Le développement d'une ingénierie de formation dans ce domaine est stratégique car il permettra de traiter la problématique du transfert de savoir-faire sur des technologies en voie d'obsolescence métier.

Finalement, il faut assurer la diffusion d'une culture numérique dans le savoir être et donc développer les grilles d'analyse de ces compétences très tôt dans les parcours individualisés, en particulier en matière de cybersécurité (sensibilité et compréhension des enjeux de sécurité), mais aussi en termes de capacité à se former et à former.

R5	<i>Intégrer, dans la formation initiale des acteurs du MCO aéronautique, des savoirs concernant la réalité virtuelle, l'intelligence artificielle, le Big Data et la cyber sécurité.</i>
R6	<i>Adapter les cursus de formation pour développer les compétences nécessaires à la prise de poste en alternant théorie et pratique afin de renforcer le savoir-faire.</i>
R7	<i>Promouvoir les compétences de savoir être relatifs à la sécurité, à l'éthique et à la capacité d'apprentissage dans les grilles d'analyse de compétences des forces aériennes françaises</i>
R8	<i>Développer les outils numériques de formation ou d'aide à la réalisation des tâches pour aider à la capitalisation et à la transmission des savoir-faire.</i>

6.2.3 Adapter les compétences au juste besoin et au rythme d'évolution des technologies

Les technologies numériques évoluent beaucoup plus vite que la plupart des autres technologies. Il faut donc pouvoir adapter en permanence les compétences numériques que l'on souhaite conserver tout en restant capable de traiter des systèmes plus anciens. Même si, dans beaucoup de cas, des solutions seront apportées par l'industrie, le MCO aéronautique sera confronté de toute manière à l'évolution rapide des interfaces et des outils. Il faut donc introduire une culture de l'adaptation numérique au sein des équipes du MCO aéronautique.

R9	<i>Pour mieux prendre en compte les technologies nouvelles, adapter le système de formation pour d'avantage apprendre à apprendre que seulement apprendre une somme de connaissances.</i>
R10	<i>Concevoir une forme de partenariat avec certains organismes, industriels, start-up, ... permettant de faire acquérir avec réactivité certaines compétences pointues nécessaires aux acteurs du MCO.</i>

6.2.4 Entrer dans le « digital » : efficacité, adaptation, anticipation

Les technologies du Big Data sont apparues comme les plus matures pour une arrivée rapide dans les forces aériennes. Même si d'autres technologies comme certaines méthodes de diagnostic ou la fabrication 3D arrivent également à maturité dans divers secteurs, seul le big data représente une importante rupture en termes de compétences pour les forces aériennes car il va falloir créer des métiers

VENTURA

nouveaux et rester capables de spécifier des besoins dans ce domaine. La compétition sur ces technologies est importante tant à l'extérieur du ministère qu'à l'intérieur. Il faudra donc se partager les compétences.

Nous pensons néanmoins que le Big Data ne peut pas être simplement une analyse mathématique de haut niveau de problématique : il va falloir rester capable de comprendre les résultats et demeurer maître de « la physique ». Ceci impose d'avoir des compétences croisées entre technologies numériques et des technologies plus anciennes pour améliorer encore le diagnostic et les traitements du MCO aéronautique.

R14	<i>Construire les compétences nécessaires pour « entrer » utilement dans le monde du Big Data ; à ce titre, distinguer les compétences qui seront spécifiques au domaine du MCO aéro et celles, plus transverses, pouvant être appliquées à d'autres domaines (opérations, renseignement, entraînement, ...).</i>
R15	<i>Développer dans la supply chain aéro (mais également au sein du ministère des Armées) la compétence à comprendre les résultats issus du Big Data et de l'intelligence artificielle.</i>

6.2.5 Améliorer la fidélisation des acteurs du MCO aéronautique (valorisation des initiatives individuelles)

Les nouvelles technologies sont en phase de montée en puissance et l'adaptation des ressources aux besoins s'avère difficile. Les besoins des différents secteurs sont en effet très importants et les formations peinent à les couvrir : on arrive ainsi à une situation RH extrêmement tendue et ce pour une longue période. L'effet d'obsolescence de tel ou tel métier va également jouer à plein, en particulier chez les jeunes générations qui risquent de refuser la logique de cantonnement dans de vieilles technologies sans avenir.

La fidélisation, qui est déjà un problème important au sein des forces aériennes, va donc devenir un élément clef de la politique RH dans les années à venir sur l'ensemble des métiers du MCO aéronautique.

R31	<i>Renforcer les dispositifs de formation continue et d'adaptation à l'emploi pour tenir compte des évolutions technologiques.</i>
R32	<i>Faire intervenir, sur des périodes limitées, les acteurs de terrain porteurs d'idées nouvelles, dans des forums ou structures de type Lab pour tester leurs propositions.</i>
R33	<i>Réfléchir à la mise en place d'un concept de start-up « militaire », appliqué au domaine du MCO aéronautique, dans le but de favoriser la recherche de solutions innovantes aux problèmes rencontrés.</i>

VENTURA

R34	<i>Accompagner en continu la transformation des métiers vers la digitalisation des activités. Il faut pouvoir en particulier pouvoir faire appel à une expertise externe par des contrats de type « commissionnés ».</i>
R35	<i>Valoriser les expériences acquises au sein des forces dans le domaine numérique.</i>

6.2.6 Faire évoluer les compétences de l'ingénierie contractuelle

L'innovation dans les technologies à acquérir va nécessiter une adaptation des processus d'achat, ne serait-ce dans un premier temps que pour trouver les compétences. Cette innovation nécessitera une prise de risque contractuelle, la loi s'adaptant nécessairement avec un rythme plus lent.

Pour avancer il va falloir savoir prendre des risques, donc assurer en retour une protection des acteurs sous peine de bloquer le système. Ce point est un des éléments soulignés par le rapport Villani.

R42	<i>Faire évaluer l'ingénierie contractuelle en intégrant une protection des acheteurs.</i>
------------	--

6.2.7 Suivre, anticiper, mettre en œuvre les aspects juridiques liés à la propriété des données et à la digitalisation des activités

Le domaine des données (Big Data, maintenance prédictive) et plus largement de la digitalisation des activités suscite un besoin de nouvelles compétences juridiques pour en maîtriser l'exploitation dans les divers process, dont les contrats de MCO. Il convient alors de procéder progressivement, en cohérence avec les orientations du plan de numérisation engagé par le ministère.

R36	<i>Développer une capacité juridique autour des nouvelles technologies pour assurer un fonctionnement correct de la supply chain mais aussi protéger les droits de l'état en regard de possibles positions monopolistiques, en particulier dans le domaine des données.</i>
R37	<i>Mener une étude pour examiner les besoins de compétences juridiques en matière de données et de numérisation, en précisant les niveaux où doivent se situer ces compétences</i>
R38	<i>Planifier une montée en puissance des compétences, en incluant une veille sur les évolutions de réglementation</i>

Annexe A - Liste d'acronymes

ACCS	Air command and control system
AESA	Active Electronically Scanned Array
ATO	Air Tasking Order
AWACS	Airborne Warning and Control System
BDA	Battle damage assesment
BICES	Battlefield Information Collection and Exploitation System
C2IS	Command and Control Information systems
CAOC	Combined Air Operation Centre
CASPOA	Center for analysis and simulation for preparation of air operation
CATOD	Centre d'analyse technico opérationnel de défense
CDEVS	Centre de définition, d'expérimentation et de validation du SCCOA
CJEF	Combined Joint Expeditionary Force
CME	Contremesures électroniques (CCME – Contre contremesures électroniques)
CND	Contrôle non destructif
CODE	Collaborative Operations in Denied Environment
COS	Commandement des opérations spéciales
DAMB	Défense anti missile Balistique (BMD – Balistic Missile defence)
DARPA	Defense advanced research project agency
DCA	Defensive counter air
DGA	Direction générale de l'armement
DGAC	Direction générale d l'aviation civile
DIDP	Defence Industrial Development Programme
DIRRECTE	DIRections Régionales des Entreprises, de la Concurrence, de la consommation, du Travail et de l'Emploi
DMAé	Direction de la maintenance aéronautique
DRHAA	Direction des ressources humaines de l'armée de l'air
DSI	Directeur des Systèmes d'Informations
DTO	Disponibilité technico-opérationnelle
EAG	European air group
EASA	European aviation safety agency
ECCT	Enterprise Capability Collaboration Team
EMA	Etat-major des armées
EMAA	Etat-major de l'armée de l'air
ETI	Entreprise de taille intermédiaire
FAA	Federal aviation authority
FCAS	Future combat air system (UK) FCASDP (Fr/UK)
GBAD	Ground-based air defence
GEMP	Groupement d'étude de la menaces prospective
GTIA	Groupement interarmes
IA	Intelligence artificielle
IFDL	Intelligence, surveillance and reconnaissance
IOC	Initial operating capability
ISR	Intelligence, surveillance and reconnaissance
ISTAR	Intelligence, surveillance, target acquisition and reconnaissance

VENTURA

LAM	Liaison avion missile
LDT	Liaison de données tactiques
LPM	Loi de programmation militaire
LRIP	Low Rate Initial Production
MADL	Multifunction Advanced Data Link
MANPADS	Man Portable Air Defense Systems)
MCO	Maintien en Condition Opérationnelle
MCS	Maintien en Condition de Sécurité
MRO	Maintenance Repair Overhaul
MRTT	Multirole transport and tanker
NSI	Niveau de soutien industriel
NSO	Niveau de soutien opérationnel
OCO	Officier de cohérence opérationnelle
OSF	Optronique secteur frontal
OTAN / NATO	North Atlantic Treaty Organization
PME	Petite et moyenne entreprise
PPS	Posture permanente de sûreté
RAF	Royal Air Force
RGPP	Révision générale des politiques publiques
RH	Ressources humaines
ROE	Return of experience
ROI	Return on investment – Retour sur investissement.
SCAF	Système de Combat Aérien du Futur
SCCOA	Système de commandement et de conduite des opérations aériennes
SESAR	Single European Sky ATM Research
SIA	Système d'Information des Armées
SIAé	Service industriel de l'aéronautique
SIC	Système d'Information et de Communication
SIMMAD	Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la Défense
SoS	System of systems
SoSITE	System of Systems Integration Technology and Experimentation
SSI	Sécurité des systems d'information
TIC	Technologies de l'information et de la communication
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicle
UE (EU)	Union européenne (CUE : commission européenne)
UK	United Kingdom
URL	Unité Remplaçable en Ligne
US	United States
USAF	US Air Force

Annexe B – Impact des technologies sur les compétences

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
Les procédés de fabrication / fabrication additive	Impact à 15 ans limité. Des progrès rapides certes, mais la rentabilité de l'investissement ne vaut que pour les petites pièces et des logiques fablab. L'autre logique est une logique multi pièces industrielles en train d'émerger, mais pour le moment la pièce fabriquée sur commande est un non sens économique et industriel.	Sans impact	Oui mais impact principalement sur NT13 sauf cas très spécifiques (mini drones)	Déport d'un atelier couteux et pas forcément efficace. A l'horizon de l'étude nombre très limité de pièces ou de systèmes qualifiées pour ce procédé, Rentabilité économique probablement très faible. A plus long terme, probables possibilités sur des systèmes nativement conçus autour de la fabrication additive.	Impact potentiel car on transporte de la matière première et plus les pièces. Peut permettre sur les circuits NT11/NT12/NT13 un juste à temps plus efficace.	Les réseaux doivent être capables de transporter des données importantes (modèles numériques de pièces)	Impose une forte sécurisation des fichiers de fabrication (garantie de non dégradation).	Compétences requises probablement assez proches de celles de la production existant dans les AIA. Dans un premier temps, c'est là que se forgera le creuset des compétences de l'Armée de l'air avec une logique potentielle de déport sur base sur la base de ces compétences dès lors que cela améliorera l'efficacité opérationnelle (pas gagné ...)	Concentration probable au NT13 dans un premier temps avec une structure adaptée des AIAA. Possibilité d'externaliser chez des industriels spécialisés.	La rentabilité des machines (sur le critère disponibilité opérationnelle) reste à démontrer.

VENTURA

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
La mécatronique et robotique (équipements)	La robotique (drones, robots terrestres) n'amène pas nécessairement de modification profonde des cultures de maintenance	Les drones imposent des logiques d'avions civils en terme de disponibilité : temps court de remise ne œuvre pour temps long d'exploitation		Même problème que les autres moyens déployés.			Impact sur données émises (y/c données de maintenance)	Analyste de systèmes de drones (compétences coté systèmes). Les autres compétences seront les mêmes que celles d'un aéronef classique	Aucun	Progression des drones mais pas si sensible que cela
La robotique (outils de maintenance)	A surveiller, mais marginal et sera souvent le fait de société de service. Sur base aérienne nationale, robotisation probable des flux (mode Amazon).	Peu probable car marché de niche non prioritaire aujourd'hui pour les fabricants de robots. Suivre ce que fait le civil en la matière mais robotisation de la piste très faible.		Emploi encore plus tardif que sur les bases nationales (parce que moins utile en fait) sauf visite aéronef où l'apport des drones pourraient être particulièrement efficace	Automatisation probable des flux		Impact sur les réseaux car ce seront des standards industriels.	Manager et Coach de robot. Compétence en robotique industrielle.	Création d'une entité en charge de la robotique industrielle. Possibilité sur le territoire national de sous-traité des tâches et des services.	Progression probables des robots logistiques sur bases en France. Robotisation de certains systèmes de surveillance d'avions probable

VENTURA

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
Les câblages et la connectique associée	Renforcement des outils de test et de contrôle doté d'une capacité d'analyse de panne renforcée			Renforcement des outils de test et de contrôle doté d'une capacité d'analyse de panne renforcée	Standardisation à assurer			Compétences existantes à adapter selon les technologies choisies. A lier quelque part à l'emploi des modèles numériques d'avions.	Aucun	Les outils de diagnostic de câblage vont se généraliser.
Le Cloud	Lié aux applications	Lié aux applications	Lié aux applications	Dépendra du théâtre et des capacités réseaux disponibles sur ce théâtres (y/c dispos opérationnelle face eux cyber attaques)	Lié aux applications	Impact fort car nécessitera des structures fortes		Compétences principalement à la DIRISI	Forte implication de la DIRISI dans les réseaux à tous niveaux (moins de subsidiarité)	

VENTURA

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
Le « Big Data »	Impact fort avec de nombreux produits et services mis sur le marché civil avec une nécessaire adaptation aux spécificités de l'armée de l'air. Mais probable produit à venir côté US dans le domaine militaire.	Processus impacté par la maintenance on condition nécessitant plus de flexibilité et de nouveaux outils de travail. Besoin d'une ingénierie de soutien au sein de l'armée de l'air pour établir les règles, les adapter et les ordonnancer.	IBM propose des systèmes de management des compétences et de surveillance des compétences critiques.		Impact fort avec de nombreux produits et services mis sur le marché	Nécessité de renforcer les réseaux et les stockages de données. Sécurisation des données implique probablement une urbanisation au sein du Minarm, mais problème plutôt DIRISI qu'Armée de l'air		Métiers nouveaux : Data analytics officer (gestionnaires des données), Data scientist (analyste de données et interpréteur), Data security officer (sécurisation des données et barrières éthiques) Métiers à adapter : chef de projet, recueil de données non automatisées.	Impact fort sur les processus d'approvisionnement et les processus de maintenance on condition	Service de base sur tous les équipements livrés à partir de 2020, en amélioration constante,

VENTURA

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
L'intelligence artificielle	A l'horizon de l'étude principalement lié à l'exploitation automatique et auto apprennante des données	Aide à la planification des tâches et à l'optimisation des ressources	Aide à la formation et à l'apprentissage sur base	Peu probable à cet horizon en dehors des applications big data. Peut-être quelques outils d'autodiagnostic amélioré sur les équipements de nouvelle génération,	Arrivée probable d'outils de gestion optimisé et autoapprenant en lien avec le big data : probable premiers outils de contextualisation de l'IA.	Introduction d'une dimension nouvelle avec des logiques auto apprenantes et auto programmables. Nécessité de développer des compétences dans ce domaine pour maîtriser la configuration d'emploi.		L'IA est un outil au service de fonctions : les compétences en IA seront surtout des compétences de terrain d'analyse de problèmes afin de pouvoir dialoguer avec les concepteurs. Les compétences de concepteur seront chez les industriels, à la DIRISI ou à la DGA. La principale problématique à traiter est la montée en compétence de métier classique pour employer ces outils avec efficacité.	Impact difficile à prévoir car difficile d'imaginer l'arrêt de métiers du fait de l'IA. Tout au plus une moindre dépendance de l'humain dans certains processus d'analyse ou de planification.	

VENTURA

Technologie	Impact sur le MCO						Cybersécurité	Compétences requises	Impact sur les organisations Externalisation	Horizon 2030 Général
	Maintenance des matériels	Mise en configuration opérationnelle	Préparation technique des militaires et des structures technico-opérationnelle	Appui sur les théâtres	Logistique et chaîne d'approvisionnement	SIC MCO				
La réalité augmentée	Accélération probable de l'emploi de ces technologies en maintenance. Lié à la capacité à modéliser ou à utiliser des modèles.	Accélération probable de l'emploi de ces outils			Peu utiles	Réseaux locaux à mettre en place et à renforcer pour faciliter le travail en cloud local.	Sécurisation des réseaux locaux en particulier hertzien à assurer	Besoin de compétences en matière de spécification à la programmation de ces outils (ergonomes)	Peu d'impact car beaucoup d'externalisation de service à prévoir.	Outil très mur qui sera utilisé largement
Les objets connectés.	Accélération probable de l'emploi de ces technologies en maintenance en commençant par les niveaux NTI3, puis progressivement en remontant,	Utilisation sur les pistes en augmentation dès lors que les objets sont prévus pour cela		Devra être adapté aux théâtres, mais s'imposera aussi sur les théâtres d'opérations, au moins au niveau piste.	Forte croissance à prévoir, les technologies et les services associés sont matures.	Architecture des SiC et Sil à revoir pour prendre en compte ces nouveaux éléments.		Renforcement des compétences réseaux locaux (DIRISI principalement) mais aussi des compétences d'architecte système pur définir les besoins.	Peu d'impact car beaucoup d'externalisation de service à prévoir. Mais nécessité de disposer de ressources en propre pour les théâtres d'opérations.	Forte proportion d'objet dialoguant par connexion non filaire que ce soit sur avion ou dans les ateliers.
La blockchain					Utilisation possible pour gérer mieux les flux de pièces et de consommables,		Sécurisation et authentification des flux d'informations.	Compétences plutôt du côté de la DIRISI, mais nécessaires au sein du ministère.	Peu d'impact	Emploi très probable dans des flux à forte valeur. Ces flux sont destinés à

Annexe C – Liste des documents pertinents

Sites internet

- US Department Of Defense (DoD) : <https://www.defense.gov>
- UK Defense Equipment & Support : <https://www.gov.uk/government/organisations/defence-equipment-and-support>
- Ministère des Armées France : <http://www.defense.gouv.fr>
- Air et Cosmos : <http://www.air-cosmos.com/actualite/maintenance-aeronautique/>
- Aviation Week : <http://aviationweek.com>
- <http://www.mro-network.com>
- IATA : <https://www.iata.org>
- Rand corporation : <https://www.rand.org>
- Innovation SNCF : <http://www.innovationrecherche.sncf.com>

Autres documents et articles sur les technologies et le MCO

- Big data et MRO : quelle plus-value pour les forces armées ? DCI, 17 août 2016 - <https://blog.groupedci.fr/2016/08/17/big-data-et-mro-quelle-plus-value-pour-les-forces-armees/>
- The Three Trends Taking Off in Civil Aviation MRO in 2017 by Kevin Deal on april 20, 2017 - <http://www.mro-network.com>
- Objets connectés : <http://www.intelligent-aerospace.com/articles/2016/04/aerospace-and-defense-organizations-reap-rewards-from-internet-of-things.html>
- Numérisation : <http://www.intelligent-aerospace.com/articles/2016/09/digitization-and-data-analytics-are-transforming-aerospace-and-defense-organizations.html>
- Exploitation des données de masse : <http://www.intelligent-aerospace.com/articles/2016/09/u-s-air-force-harnesses-data-analytics-tools-to-streamline-enhance-management-of-90-000-vehicle-fleet.html>
- « Modifications Market For Older Aircraft Is Hot » - Alex Derber (MRO Network) – 27 octobre 2017
- « La maintenance est dans une mutation totale » - Interview de Géry Mortreux, Air France Industrie (Air & Cosmos N°2566) – 20 octobre 2017
- « Air France Industries s'appuie sur Lokad pour gérer ses stocks » - Léo Barnier (Le Journal de l'Aviation) – 26 octobre 2017 - <https://www.journal-aviation.com/actualites/38509-air-france-industries-s-appuie-sur-lokad-pour-gerer-ses-stocks>
- « Testing Technologies To Improve Base Maintenance » - Lee Ann Shay (MRO Network) – 26 avril 2018 - <http://www.mro-network.com/technology/testing-technologies-improve-base-maintenance>
- « Man And Machine » - Alex Derber (MRO Network) – 15 mars 2018 - <http://www.mro-network.com/technology/man-and-machine>

VENTURA

- « Airbus BizLab Innovation Projects Making Waves » - Lindsay Bjerregaard (Aviation Week) – 27 avril 2018 - <http://www.mro-network.com/emerging-technology/airbus-bizlab-innovation-projects-making-waves/gallery?slide=1>
- « MRO, les défis d'un monde florissant » - Léo Barnier (Journal de l'Aviation) – 17 avril 2018 - <https://www.journal-aviation.com/actualites/40233-mro-les-defis-d-un-monde-florissant>
- « Transformation de l'aéronautique : entre digitalisation et évolution des métiers » - Manpower Group – 8 juin 2015 - <http://www.manpowergroup.fr/aeronautique-recrutement-digitalisation-metiers/>
- « Workforce Shortage, Maintenance-Information Access Lead MRO Concerns » - Lee Ann Shay (MRO Network) – 25 avril 2018 - <http://www.mro-network.com/workforce/workforce-shortage-maintenance-information-access-lead-mro-concerns>
- « MROs Attempt To Remedy Labor Challenges » - James Pozzi (MRO Network) – 11 avril 2018 - <http://www.mro-network.com/maintenance-repair-overhaul/mros-attempt-remedy-labor-challenges>
- « Dans l'aéronautique, les tensions sur l'emploi dopent les salaires » - Bruno Trevidic (Les Echos) – 3 avril 2018 - <https://www.lesechos.fr/industrie-services/air-defense/0301516492317-dans-laeronautique-les-tensions-sur-lemploi-dopent-les-salaires-2166144.php>
- « L'École nationale de l'aviation civile recrute pour la maintenance de sa propre flotte » - Chloé Goudenhoofft (Aerocontact) – 15 mars 2018 - <https://www.aerocontact.com/actualite-aeronautique-spatiale/53684-l-ecole-nationale-de-l-aviation-civile-recrute-pour-la-maintenance-de-sa-propre-flotte>
- Article Les Echos du 28/6/2017 - https://www.lesechos.fr/28/06/2017/LesEchos/22475-086-ECH_hemorragie-de-competences-dans-le-parapetrolier.htm#62tpL9kH7P0DwHgm.99
- Big Data Analytics in Oil and Gas Big - March 26, 2014 Bain Brief - By Riccardo Bertocco and Vishy Padmanabhan
- « [Big Data Paris 2018] SNCF : un train d'avance sur la maintenance prédictive » - ITW de Cyril Verdun (Emarketing.fr) – 1er mars 2018 - <http://www.e-marketing.fr/Thematique/data-1091/Breves/Big-Data-Paris-2018-SnCF-train-avance-maintenance-predictive-328400.htm#dOdC3vmMrQYatAiV.97>
- Serious game : la SNCF entre en jeu - Entreprise & Carrières, N° 1123 du 18/12/2012 - José Garcia Lopez
- « Impression 3D dans l'armée américaine » - Les Imprimeurs 3D – 3 mai 2018 - <https://www.lesimprimantes3d.fr/semaine-impression-3d-121-20180503/>
- « Un avion F-35B des Marines a volé avec une pièce de rechange fabriquée par impression 3D » - Laurent Lagneau (OPEX360) – 1er mai 2018 - <http://www.opex360.com/2018/05/01/avion-f-35b-marines-a-vole-piece-de-fabriquee-impression-3d/>
- « Why the military needs to take 3-D printer cybersecurity seriously » - Meredith Rutland Bauer (C4ISRNET) – 21 mars 2018 - <https://www.c4isrnet.com/dod/2018/03/20/why-the-military-needs-to-take-3-d-printer-cybersecurity-seriously/>
- « When Mixed Reality and Military Collide » - Kimberly Underwood (SIGNAL) – 1er mai 2018 - <https://www.afcea.org/content/when-mixed-reality-and-military-collide>
- « U.S. Army taps businesses to enhance training and maintenance program » - Mariana Iriarte (Military Embedded Systems) – 21 mars 2018 - <http://mil-embedded.com/news/u-s-army-taps-businesses-to-enhance-training-and-maintenance-program/>

VENTURA

- « Big data aids Sikorsky in improving helicopter maintenance » - Andrea Shalal (Reuters) – 26 avril 2018 - <https://www.reuters.com/article/us-germany-airshow-lockheed-sikorsky/big-data-aids-sikorsky-in-improving-helicopter-maintenance-idUSKBN1HW32E>
- « Army working to remain competitive against future enemy peer competitors » - Jason Douglas (The Fort Hood Herald) – 18 avril 2018 - http://kdhnews.com/fort_hood_herald/across_the_fort/army-working-to-remain-competitive-against-future-enemy-peer-competitors/article_da302132-4284-11e8-96bf-0b80440f5319.html
- « A US Army aviator explains the 3 biggest problems facing military aviation » - Crispin Burke (Business Insider) – 11 avril 2018 - <http://www.businessinsider.fr/us/us-army-biggest-problems-military-aviation-2018-4>
- « Reservists fill temporary crucial gap in maintenance manpower » - Sgt Ast Class Scotten (Air Force Reserve Command) – 1er mars 2018 - <http://www.afrc.af.mil/News/Article-Display/Article/1454476/reservists-fill-temporary-crucial-gap-in-maintenance-manpower/>
- Intelligence artificielle et capital humain : quels défis pour les entreprises ? – Rapport conjoint BCG / Malakoff Mederic mars 2018
- « Global MRO Planning To Use Augmented Reality Technology » - Henry Canaday (MRO-Network) – 27 novembre 2017
- « Nouveaux métiers : les fiches de poste du futur » - Lucas Mediavilla (Start Les Echos) – 14 mai 2018 - <https://start.lesechos.fr/rejoindre-une-entreprise/actu-recrutement/nouveaux-metiers-les-fiches-de-poste-du-futur-11847.php?0dMflUZx23K24kkp.99>
- « Vol réussi pour un chasseur F/A-18 Super Hornet équipé d'une pièce de moteur imprimée en 3D » - Alexandre Moussion (Primante3d.com) – 22 janvier 2018 - <http://www.primante3d.com/avion-combat-22012018/>
- « L'impact de la digitalisation chez Safran » - Justine Boquet (Air&Cosmos) – 5 juin 2017 - <http://www.air-cosmos.com/l-impact-de-la-digitalisation-chez-safran-95815>
- « SR Technics robotise aussi ses inspections avion » - Romain Guillot (Journal de l'Aviation) – 22 février - <https://www.journal-aviation.com/actualites/39756-sr-technics-robotise-aussi-ses-inspections-avion>
- « Supply chain aéronautique : les relations s'améliorent » - Sophie Arutunian 03/03/2015 <https://toulouse.latribune.fr/entreprises/business/2015-03-03/supply-chain-aeronautique-les-relations-s-ameliorent.html>
-

Documents généraux

- The Global Military Aviation MRO Market 2015–2025 –Analyse du marché du MCO aéronautique militaire – Stratégic defense Intelligence
- Sondage annuel Oliver Wyman : global fleet & MRO market forecast summary- 2017-2027
- <http://www.intelligent-aerospace.com/military-aviation.html>
- « Force et industrie : deux visions complémentaires et convergentes du MCO aéro -GCA (2S° JM Laurent - article publié dans la revue « Opérationnel » N°30 – automne 2016.
- « Le financement des opérations extérieures : préserver les capacités opérationnelles durables de nos armées » - Rapport d'information n°5(2016-2017) de M. Dominique de Legge, fait au

VENTURA

nom de la commission des finances (Sénat), 26 octobre 2016 - http://www.senat.fr/rap/r16-085/r16-085_mono.html#toc55

- « Le MCO aéronautique : un enjeu pour la cohérence capacitaire des armées » - Etienne Daum, Vincent Paternoga et Luc Viellard, Société CEIS – Notes stratégiques, Juillet 2014 http://universite-defense.org/fr/system/files/note_strategique_mco.pdf
- « MCO Aéronautique : “La révolution est en marche” » - Opérationnels (OPS)Pinaud, directeur central de la SIMMAD – 11 mai 2014- <http://operationnels.com/2014/05/11/mco-aeronautique-la-revolution-est-en-marche/>
- « Projet de loi de finances pour 2016 : Défense : préparation et emploi des forces » - Sénat <http://www.senat.fr/rap/a15-166-6/a15-166-67.html>
- « Armement : les industriels demandent un budget équipement de 24 milliards d’euros » - Michel Cabirol (La tribune) – 9 juin 2016 - <http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/armement-les-industriels-demandent-un-budget-equipement-de-24-milliards-577538.html>
- « Maintien en condition opérationnelle : sortir des schémas anciens ? » Atelier de l’université de la défense 2014, Animé par Guillaume Belan, rédacteur en chef de Forces Opérations Blog. - <http://www.universite-defense.org/fr/2014/ateliers>
- Discours de Mme Parly sur la base aérienne d’Evreux le 11/12/2017.
- Rapport public annuel 2018 – Février 2018 - Cour des comptes - [@Courdescomptes](http://www.ccomptes.fr) – p160.
- Audition de M. Jean-Paul Bodin, secrétaire général pour l'administration, sur le projet de loi de finances pour 2018 le 4 octobre 2017 – Commission de la défense nationale des forces armées.
- Général Hervé Wattecamps –Directeur des Ressources Humaines de l’Armée de Terre depuis 2015
- Avis fait au nom de la commission de la défense nationale et des forces armées sur le projet de loi de finances pour 2018 (n° 235) - tome VI - Défense préparation et emploi des forces : air - Jean-Jacques Ferrara- député
- Des “start-up d’État” pour transformer en souplesse l’Administration - Pierre Pezziardi et -Henri Verdier – SGMAP dans séminaire de transformation numérique Cap Digital – Les amis de l’Ecole de Paris de Management -15 février 2016.

Annexe D : Les métiers du Big Data

(Diverses sources internet, dont : sparklane-group.com, linkedin, lebigdata.fr,...)

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaire</i>
<p><u>Data Scientist</u> « Le mouton à cinq pattes »</p>	<ul style="list-style-type: none"> - valorise les données structurées et non structurées afin de créer de la valeur pour l'entreprise. - en modélisant les comportements clients, il propose de nouvelles offres tout en optimisant les services existants. Ses algorithmes peuvent aussi favoriser la maintenance prédictive des matériels ou la détection de la fraude. - est chargé de développer les algorithmes nécessaires pour poser les bonnes questions et obtenir les bonnes réponses afin de tirer des informations pertinentes de vastes ensembles de données - responsable de la collecte, du traitement, de l'évaluation et de l'analyse des données massives, ou big data, afin d'optimiser la stratégie de l'entreprise - applique son expertise en analytiques, en analyses quantitatives, en techniques de Data Visualization et modélisation pour trouver des solutions pour les divers besoins techniques des entreprises - crée pour les métiers de l'entreprise des algorithmes qui produisent des informations utiles, notamment afin de proposer aux clients, les produits qu'ils recherchent 	<ul style="list-style-type: none"> - a de solides connaissances en statistiques, en mathématiques, en modèles prédictifs et en stratégie d'entreprise. - mélange des compétences en management, informatique et statistiques. - maîtrise les techniques du datamining, ainsi que les technologies et les outils informatiques des bases de données tels que Hadoop, Java, MapReduce, Bigtable, NoSQL... - diplôme issu d'écoles d'ingénieurs est de rigueur 	<ul style="list-style-type: none"> - sur un marché de l'emploi en situation de pénurie, rémunération peut atteindre jusqu'à 90 K€ par an pour un profil expert. - salaire du Data Scientist est compris entre 85K et 170K\$ - salaire annuel brut, avec 3 années d'expérience, est aux alentours de 60 K€.
<p><u>Ingénieur big data analytics</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - ce poste est l'évolution du métier de Data Scientist - superviser le flot de données de sa source à sa destination 	<ul style="list-style-type: none"> - aimer les mathématiques, les statistiques, et la programmation 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'info.

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaires</i>
<p><u>Chief Data Officer</u> « Le patron des données »</p>	<ul style="list-style-type: none"> - responsable de la collecte, de la fiabilité et de la cohérence des données, le Chief Data Officer (CDO) organise leur partage avec les directions métiers mais aussi avec les partenaires, fournisseurs et clients de l'entreprise. - veille à la bonne gouvernance de l'information. - comme tout métier émergent, les contours de sa fonction sont encore flous. Au-delà de la gestion des données, le CDO peut aussi porter les projets de transformation numérique en lieu et place d'un autre CDO, le Chief Digital Officer, ou du DSI - est le Directeur de la data, le gardien de l'éthique. Il est à la tête d'une équipe spécialisée dans l'acquisition, l'analyse et l'exploitation des données - gouvernance de son équipe pour l'approvisionnement des données les plus intéressantes et cohérentes pour l'intérêt de l'entreprise - organise le partage de leur analyse avec les directions métiers, et fait respecter l'éthique en matière d'usage de ces informations 	<ul style="list-style-type: none"> - s'appuie, avec son équipe, sur des connaissances pointues en statistiques, informatique et numérique pour donner des repères à chaque département : marketing, ressources humaines, ingénierie, service qualité, comptabilité et gestion. - diplôme issu d'écoles d'ingénieurs est de rigueur - compétences et solide expérience dans les domaines du management, de l'informatique et du marketing nécessaires 	<ul style="list-style-type: none"> - salaire annuel brut, avec 10-15 années d'expérience, aux alentours de 120 K€.

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaires</i>
<p style="text-align: center;"><u>Data Protection Officer</u></p> <p style="text-align: center;">« Le régulateur »</p>	<ul style="list-style-type: none"> - fonction transversale. - à la faveur du futur règlement européen sur la protection des données personnelles, le Data Protection Officer (DPO) est appelé à remplacer, en France, le Correspondant Informatique et Libertés (CIL), c'est-à-dire l'interlocuteur privilégié de la CNIL au sein de l'entreprise. Par rapport au CIL, ses prérogatives sont élargies. Au regard de la législation, il veille à la conformité de tout traitement de données, depuis sa conception (privacy by design) à l'exercice du droit de retrait que peut exiger une personne inscrite dans un fichier. - personne garante de la protection des données personnelles dans l'organisation pour laquelle elle travaille - Ce poste pourrait devenir obligatoire dans toutes les entreprises ayant plus de 250 salariés. - Le métier comprend donc un important volet de sensibilisation. Son challenge est d'être tenu au courant de tous les projets de traitement des données pour apporter ses préconisations en amont - doit aussi s'assurer que l'exploitation des données personnelles ne sorte pas du cadre éthique défini par l'entreprise. Big Data n'est pas Big Brother. - un nouveau métier du digital qui apparaît dans un contexte de forte concurrence où la protection des données est au cœur des problématiques entreprises et représente un enjeu majeur de l'économie. 	<ul style="list-style-type: none"> - doit réunir des compétences en informatique, en droit, mais aussi en communication. 	<ul style="list-style-type: none"> - salaire annuel brut, avec 1-3 années d'expérience, aux alentours de 35 K€

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaires</i>
<p><u>Data Miner</u> « L'explorateur des données », le « fouilleur de données », le « Sherlock Holmes de la data »</p>	<ul style="list-style-type: none"> - les mains dans le cambouis, le Data Miner paramètre les logiciels et les bases de données l'entreprise afin d'assurer la collecte et le traitement des données. - va chercher l'information au sein de sources souvent éparpillées, puis participe à la modélisation des données. Le Data Miner doit connaître les outils et les infrastructures du Big Data (Hadoop, MapReduce, NoSQL, BigTable...). - déniche les informations parmi de multiples données, afin de les rendre exploitables et utiles pour l'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> - doit disposer d'excellentes compétences en informatique, en statistiques et en business - est possible de devenir Data Miner à partir d'une licence en informatique ou en marketing - peut évoluer comme Data Analyst puis Data Scientist avec le temps 	<ul style="list-style-type: none"> - salaire annuel brut, avec 2-4 années d'expérience, aux alentours de 55 K€
<p><u>Master Data Manager</u> « chef d'orchestre du Big Data »</p>	<ul style="list-style-type: none"> - vision transverse lui permet de piloter des projets « data driven » dans le respect du cahier des charges des directions métiers. 	<ul style="list-style-type: none"> - connaît à la fois tous les métiers de l'entreprise et l'écosystème des fournisseurs de solutions 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'info

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaire</i>
<p><u>Architecte Big Data</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - tout comme les architectes créent des structures physiques, les architectes de données élaborent des schémas pour des systèmes de gestion de données. - rôle de l'architecte Big Data est d'agréger les données internes et externes, pour ensuite concevoir un moyen de les regrouper et de les organiser. - collabore avec les équipes informatiques et les managers pour déterminer une stratégie de données correspondants aux besoins de l'industrie. - développe un inventaire des données nécessaires pour implémenter l'architecture, et recherche de nouvelles opportunités d'acquisition de données. Les métiers du Big Data demandent de l'organisation. - est chargé d'identifier, d'évaluer les technologies de gestion actuelles des données, et de créer une vision fluide de la façon dont les données seront transmises au sein de l'entreprise. - développe ensuite des modèles de données pour les structures de bases de données, et va ensuite dessiner, documenter, construire et déployer des architectures et des applications de base de données. Les fonctionnalités techniques comme la scalabilité, la sécurité, la performance, la data recovery sont ensuite intégrées. - des mesures de précision et d'accessibilité des données sont implémentées. - rôle de l'architecte Big Data est enfin de surveiller, de raffiner en permanence les systèmes de gestion de données. 	<ul style="list-style-type: none"> - cf fonctions 	<ul style="list-style-type: none"> - géant du réseau Cisco recrute les meilleurs architectes Big Data pour fournir des solutions et des Plateformes en tant que service pour le Big Data, les analytics et l'internet des objets. Selon Indeed, le salaire d'un architecte Big Data à Cupertino, en Californie, oscille entre 170 K et 200 K\$ par an.

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaires</i>
<u>Ingénieur Big Data</u>	<ul style="list-style-type: none"> - collabore avec des entreprises pour développer, entretenir, tester et évaluer des solutions Big Data. - crée des systèmes de traitement de données à grande échelle. - construire un pont entre les branches commerciales et informatiques des entreprises. 	<ul style="list-style-type: none"> - la plupart du temps, ils utilisent leurs compétences en technologies Hadoop comme MapReduce, HiveMongo DB, ou Cassandra. - expert en solutions de Data Warehousing et en technologies de bases de données. 	<ul style="list-style-type: none"> - l'un des métiers du Big Data les mieux payés : un ingénieur Big Data junior gagne entre 119K et 170K\$ par an.
<u>Ingénieur Big Data architecte de données</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Verizon, le plus grand opérateur américain, cherche une personne capable de prendre en main son flux de données massif. - entreprise recherche un ingénieur architecte de données pour : <ul style="list-style-type: none"> ▪ gérer les solutions techniques, l'architecture de flux de données, ▪ et diriger l'équipe dans l'implémentation de multiples projets complexes supportant les opérations et initiatives stratégiques sans fil des entreprises. 	<ul style="list-style-type: none"> - compétences en design et en implémentation de systèmes de gestion de données 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'info
<u>Global Data Analytics</u>	<p><i>(selon profil recherché par la firme Alcoa !)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - doit être en mesure d'utiliser la Data Visualization pour proposer des solutions durables à la clientèle - travaillera de concert avec un ingénieur Big Data 	<ul style="list-style-type: none"> - capables de comprendre et d'expliquer le fonctionnement des données - capacité à raconter des histoires à l'aide des chiffres et de visuels attrayants 	<ul style="list-style-type: none"> - pas d'info

VENTURA

<i>Métiers</i>	<i>Fonctions</i>	<i>Compétences requises</i>	<i>Salaires</i>
<u>Business intelligence manager</u>	<ul style="list-style-type: none"> - faciliter les prises de décision du chief data officer (CDO). - utilise des nouvelles technologies pour mettre en place des tableaux de bords, des outils de reporting, afin de les intégrer au système informatique et de les rendre accessibles aux utilisateurs au sein de l'entreprise. 	<ul style="list-style-type: none"> - un diplôme issu d'écoles d'ingénieurs est de rigueur. - solides connaissances en anglais, en informatique et en gestion des données 	<ul style="list-style-type: none"> - salaire annuel brut moyen, avec 5-10 années d'expérience, s'élève à 75 K€
<u>Data analyst</u>	<ul style="list-style-type: none"> - utilise des techniques statistiques et des outils informatiques spécialisés afin d'organiser, de synthétiser et de traduire les informations dont les entreprises ont besoin pour faciliter les prises de décisions. - Les spécificités du poste se situent dans le volume des données traitées et la maîtrise des outils spécifiques au Big Data. - Son rôle est de faire parler les données et d'en sortir des indicateurs concrets au service de la direction générale pour les exploiter à des fins commerciales 	<ul style="list-style-type: none"> - Un diplôme issu d'écoles d'ingénieurs est de rigueur 	<ul style="list-style-type: none"> - salaire annuel brut, avec 2-3 années d'expérience, est aux alentours de 40 K€.
<u>Master data manager</u> également appelé Gestionnaire des Données	<ul style="list-style-type: none"> - acquiert et organise les informations de l'entreprise en vue de leur exploitation optimale - veiller à ce que ces données soient bien conformes et organisées selon les règles de gestion définies et correctement intégrées dans le système d'information exploité par les équipes métier 	<ul style="list-style-type: none"> - expert des données de base qui englobent, d'une part, les données référentielles (liées aux catalogues fournisseurs, clients, articles, etc...) et les métadonnées structurantes (liées aux normes et méthodes réglementaires). 	<ul style="list-style-type: none"> - le salaire annuel brut, avec 2-4 années d'expérience, est aux alentours de 45 K€.

Annexe E : Personnes interviewées

Armée de l'air

CFA Bordeaux	GCA Jean RONDEL, GDA Richard REBOUL, GBA Patrice BOISJOT, GBA Christophe VILCHENON
SIMMAD/DMAé	GCA Philippe ROOS Col Michel ROUAT
DRHAA SIAé	Col Olivier GOUDAL Col Jean-Noël BUFFEREAU

Industrie

THALES	M. Jean-Noël STOCK M. Gilles GAILLOT M. Eric AMGAR
SABENA Technics	M. Gérard FONTAINE M. François DORE M. Jean-François DORE
MBDA	M. Julien PORCHER M. Frédéric ANTONA
CGI	M. Serge DUVAL
ENSIBS	M. Charles PREAUX