



Chaire
de **Economie
de Défense**

NEWSLETTER N°4

➔ AVRIL 2017

Article

- Le maintien en condition opérationnelle (MCO) des matériels de Défense :
quelles tendances ? par Josselin Droff.....page 2

Actualités

- Publications et événements de la Chaire et de son réseau.....page 15

RÉSUMÉ :

Le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) est aujourd'hui un enjeu central et incontournable dans les questions de défense et sa gestion dépend de dimensions opérationnelles, financières, industrielles et technologiques. Dans une approche économique, cette newsletter s'intéresse aux tendances lourdes, mais aussi aux évolutions possibles dans le MCO des matériels de défense. Elle offre ainsi un panorama complet et synthétique des enjeux actuels et futurs du MCO, fonction désormais hautement stratégique et prioritaire dans la Défense.

Josselin Droff a rejoint la Chaire en octobre dernier. Durant sa thèse, il a reçu un financement de la DGA et le prix d'économie de la défense du ministère de la Défense en 2015. Ses travaux portent principalement sur l'organisation géographique de la défense (notamment le maintien en condition opérationnelle des matériels) et se situent à l'intersection de l'économie géographique, de l'organisation industrielle et de l'économie publique.



©Jean-François D'ARCANGUE/IECPAD/DEFENSE



Contact :
chaire.ecodef@fdd-ihedn.fr
Tél. : 01 44 42 57 03

CHAIRE ÉCONOMIE DE DÉFENSE - NEWSLETTER N°4



Le maintien en condition opérationnelle (MCO) des matériels de Défense : quelles tendances ?

Le Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) est aujourd'hui un enjeu central et incontournable dans les questions de défense et sa gestion dépend de dimensions opérationnelles, financières, industrielles et technologiques. Dans une approche économique, cette newsletter s'intéresse aux tendances lourdes, mais aussi aux évolutions possibles dans le MCO des matériels de défense. Elle offre ainsi **un panorama complet et synthétique** des enjeux actuels et futurs dans la gestion du MCO.


La maintenance, le soutien des matériels ou le MCO sont des termes recouvrant un même ensemble d'activités : les opérations de révision, réparation, contrôle permettant de garder les matériels en bon état opérationnel, c'est-à-dire aptes à remplir des missions en réponse à diverses sollicitations politico-militaires (Droff, 2013). En articulant **les impératifs techniques, opérationnels et économiques**, la finalité du MCO est d'assurer **la disponibilité des systèmes de défense** dans un rapport efficacité / coût de soutien le plus élevé possible en corrigeant les effets de son emploi (pannes et remplacement des éléments consommables), les effets du vieillissement (corrosion et les obsolescences) et les défauts constatés (fiabilité insuffisante, nouvelles prescriptions réglementaires).

Pleinement inscrit dans la doctrine officielle (cf. Livres blancs (2008, 2013)), le MCO

va aujourd'hui bien au-delà du « simple entretien du matériel » pour définir les contours **d'une fonction industrielle stratégique** pour la Nation dont l'objectif est bien de créer et recréer de façon cyclique du potentiel et des capacités militaires.

Si le MCO est une activité complexe, la problématique à laquelle doivent faire face l'ensemble des acteurs de la défense – acteurs civils représentant l'Etat, militaires et industriels – n'en est pas moins relativement simple à exposer : les contraintes budgétaires sont fortes, les coûts tendent à augmenter suivant les évolutions technologiques et/ou le vieillissement des flottes dans un contexte où les sollicitations opérationnelles sont - et resteront probablement - fortes. Tout l'enjeu consiste alors à trouver des solutions afin de contenir ou réduire les coûts compte tenu de l'importance de ces contraintes budgétaires et opérationnelles.

Nous présentons d'abord les tendances concernant l'évolution de la disponibilité des matériels et des coûts du MCO ces 15 dernières années et rappelons les principaux facteurs expliquant l'évolution des coûts. Puis, nous détaillons les grandes tendances et enjeux dans la gestion de cette fonction désormais hautement stratégique et prioritaire dans la Défense.



MCO (définition) : Ensemble des opérations de révision, réparation, contrôle permettant de garder les matériels en bon état opérationnel, c'est-à-dire aptes à remplir des missions en réponse à diverses sollicitations politico-militaires



Fonction stratégique inscrite dans la doctrine : articule impératifs techniques, opérationnels et économiques



Finalité = assurer la disponibilité des systèmes de défense dans un rapport efficacité/coût de soutien le plus élevé possible

1. Évolution des coûts et facteurs influençant l'évolution des coûts

A la fin de la décennie 1990 – début des années 2000, **une forte crise de la disponibilité des matériels** militaires français a été observée (Droff, 2013). Cette crise concernait les matériels utilisés en métropole et non ceux en opérations extérieures (Opex), pour lesquels la disponibilité dépasse bien souvent les 95%. Néanmoins, les « deux disponibilités » (en métropole et en Opex) sont très liées et un taux de disponibilité élevé en Opex génère une contrainte forte sur le système de soutien dans son ensemble, ce qui peut affecter la formation des armées et in fine les futures capacités d'intervention¹.

Résultat d'un processus de baisse des crédits de maintenance en volume remontant aux années 1980, **la réduction significative du taux de disponibilité des matériels** au cours de la loi de programmation militaire (LPM) 1997-2002 a déclenché une prise de conscience des conséquences potentielles liées à une moindre disponibilité de l'ensemble des matériels (terrestres, aériens et navals) et **un véritable révélateur** des enjeux liés aux MCO. La restauration du niveau de disponibilité a alors constitué un enjeu prioritaire de la LPM 2003-2008. La disponibilité s'est améliorée pour ensuite se dégrader à nouveau, en particulier depuis



©Sébastien LAFARGUE/ECPAD/DEFENSE

2010, sous l'effet conjugué des engagements croissants des armées en opérations extérieures et d'une hausse des coûts du MCO sous contrainte budgétaire forte.

Concernant les coûts, si l'obtention de données précises et fiables est difficile dans le domaine du MCO, la littérature empirique existante (notamment les travaux de la RAND Corporation aux Etats-Unis) ainsi que la presse spécialisée et de nombreux rapports publics (par exemple Assemblée Nationale, Sénat ou Cour des comptes en France mais aussi *Government Accountability Office*² aux Etats-Unis) montrent que **les coûts du MCO tendent à augmenter dans le Coût Global de Possession (CGP)** des matériels de défense.

Le CGP est la somme de l'ensemble des coûts supportés par l'utilisateur d'un matériel sur la durée de vie de ce dernier³. Le CGP comprend généralement : les coûts d'acquisition (coûts d'étude et de R&D, d'investissement, de mise en service, de pilotage du projet) et les coûts de possession

liés à l'exploitation des matériels (carburant, maintenance, soutien logistique, coûts des infrastructures et autres coûts indirects) et parfois les coûts de retrait de service et de démantèlement. Selon les matériels considérés, les coûts de MCO peuvent représenter de 35% à 70% du coût global de possession d'un matériel sur l'ensemble de son cycle de vie⁴. Dans le cas du F-35 américain, les coûts de soutien et de fonctionnement ont été évalués à environ 65%⁵.

¹ La disponibilité en Opex va notamment conditionner celle en métropole du fait de l'allocation privilégiée des crédits aux Opex, qui entraîne un rationnement des ressources en métropole. En métropole, cela va se traduire par des immobilisations de matériels liées aux reports de réparations ou de commandes de pièces détachées. Dans l'armée de l'air par exemple, à la fin des années 2000 on a constaté que pour maintenir un taux de disponibilité opérationnelle de 95 % pour six Mirage 2000D en Afghanistan, celui de la base mère à Nancy chutait sous la barre des 45 % (Bombeau, 2008, p. 52). Par effet de chaîne, cette situation peut avoir des répercussions sur l'entraînement des troupes et le potentiel opérationnel des armées. Allant dans ce sens, les heures d'entraînement des pilotes de chasse et d'hélicoptères français apparaissent comme étant en dessous des seuils considérés comme nécessaires à l'entretien optimal des compétences opérationnelles.

² Aux Etats-Unis, le *Government Accountability Office* (GAO) est l'organisme d'audit,

d'évaluation et d'investigation du Congrès chargé du contrôle des comptes publics du budget fédéral.

³ Le CGP est défini par le National Accounting Office comme étant "the total resource required to assemble, equip, sustain, operate, and dispose of a specified military capability at agreed levels of readiness, performance and safety" (NAO, 2005, p. 44).

⁴ Les estimations les plus récentes effectuées par le *Government Accountability Office* (GAO) estiment qu'en moyenne, pour un système de défense, les coûts de R&D représentent 10% du CGP, les coûts de production 20% et les coûts de MCO 70%.

⁵ Sur une base du coût total du programme estimée à 1100 milliards de dollars (dont 397 milliards de dollars en R&D et acquisition) et avec un retrait de service prévu en 2045.

L'épineuse question de la définition de la disponibilité

La disponibilité des matériels est une notion très importante mais délicate, pour laquelle il semble aujourd'hui difficile d'établir un consensus. La disponibilité est généralement présentée sous forme d'un taux, calculé par les armées et que l'on retrouve dans différents rapports publics (Assemblée nationale, Sénat, Cour des comptes etc.) ou dans la presse spécialisée. **Comment est défini et calculé ce taux ?**

La disponibilité technique (DT) est le ratio entre le nombre de matériels en état de fonctionnement par rapport au total des matériels en parc. Le taux dépend alors bien évidemment de ce que l'on qualifie de « en état de fonctionnement » et cela varie selon les armées. Par exemple l'armée de l'air considère disponible techniquement un matériel en mesure d'effectuer, dans un délai inférieur à six heures, une des missions correspondant à son emploi. Dans la marine, la disponibilité technique est appréhendée comme la capacité d'un bâtiment à naviguer.

La disponibilité technique opérationnelle (DTO) est un indicateur plus récent et sa définition apparaît plus ambiguë. Il « mesure le ratio entre le niveau du matériel effectivement disponible par rapport au besoin généré par les contrats opérationnels les plus dimensionnant et au besoin organique » (PAP 2011). Autrement dit, il s'agit du ratio entre les matériels en état d'accomplir leurs missions (c'est-à-dire en état de fonctionnement et disposant des armements nécessaires pour les missions) et le total des matériels dont on estime avoir besoin compte tenu du contexte. D'un côté, la notion de DTO fait passer l'activité des forces armées avant celle de disponibilité d'un matériel. Mais d'un autre côté, la définition de la DTO reste relativement imprécise dans la mesure où le numérateur et le dénominateur de l'indicateur peuvent évoluer en fonction du contexte stratégique et des besoins.

Le nouvel indicateur s'avère être davantage soumis à la subjectivité que l'indicateur traditionnel de disponibilité technique. C'est notamment pour cette raison que les taux de DTO présentés dans les Projets annuels de performances (PAP) et les Rapports annuels de performance (RAP) sont généralement bien supérieurs aux taux de disponibilité technique. Pour notre part, quand nous faisons référence à la crise de disponibilité, il s'agit de la disponibilité technique des matériels en métropole pour laquelle les rapports permettent de remonter, de façon plus ou moins fiable, jusqu'à 1997.



©Arnaud ROINE/ECPAD/DEFENSE



©Sébastien LAFARGUE/ECPAD/DEFENSE

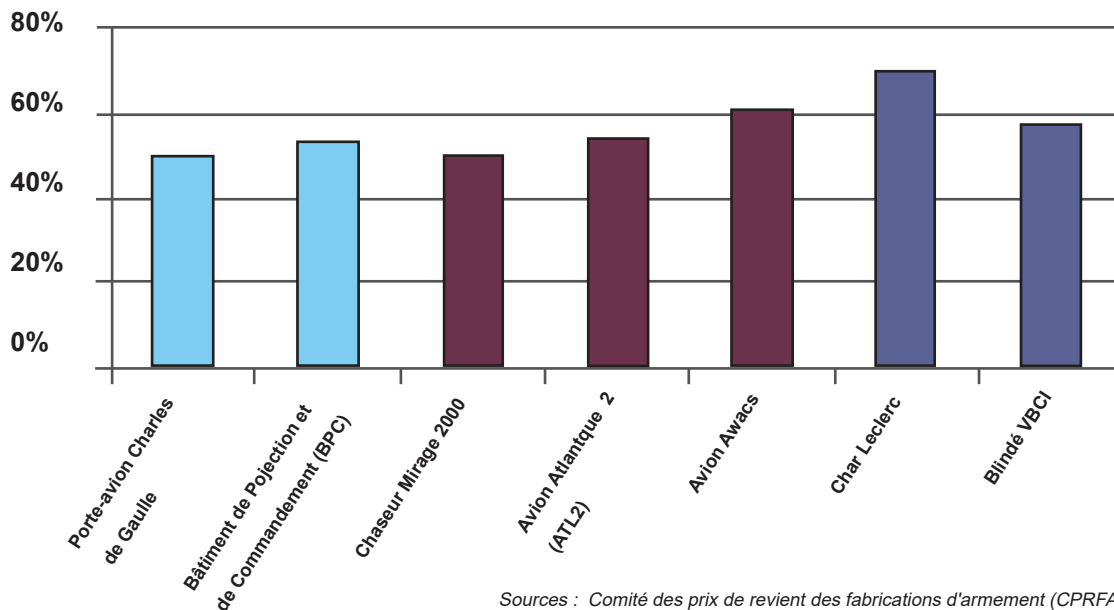


©Arnaud ROINE/ECPAD/DEFENSE

Des estimations ont été faites en France pour certains matériels majeurs en service dans les armées :

de l'air dont l'âge moyen en 2017 est de 55 ans). Or, plusieurs études américaines montrent une augmentation des coûts et une baisse de la

Figure 1. Part du MCO dans le coût global de possession des matériels en France (illustrations)⁶



De plus, la littérature met généralement en avant que la part du MCO dans le coût global de possession d'un matériel a eu tendance à augmenter ces 20 dernières années (plus ou moins fortement selon les matériels). Il est possible de regrouper les **facteurs explicatifs** de cette augmentation des coûts **en trois catégories** (Droff, 2013).

Il y a d'abord les facteurs liés **au cycle de vie** des matériels. Le vieillissement et les obsolescences ainsi que les sollicitations importantes des matériels entraînent des besoins accrus en MCO. Certains matériels ont aujourd'hui 30 ou 40 ans de service actif (parfois davantage comme dans le cas des avions ravitailleurs C-135 de l'armée

disponibilité lorsque l'âge des matériels augmente

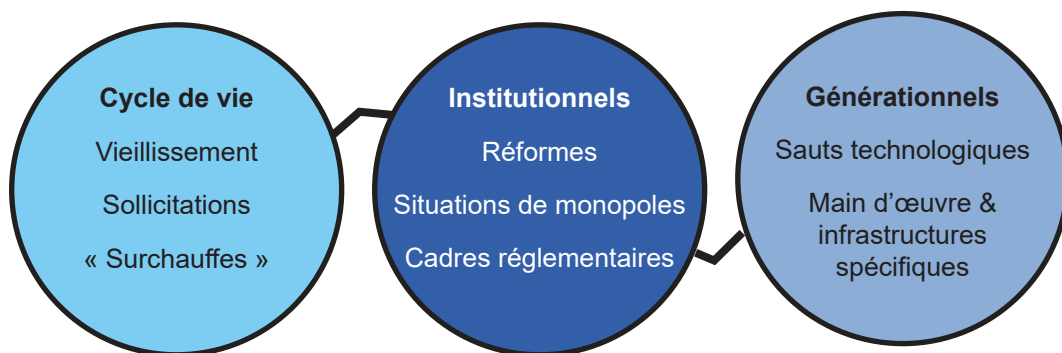
(Keating et Dixon, 2003; Peltz et al., 2004 ; Pyles, 1999). D'autre part les engagements de la France en Opex ont fortement augmenté sur la décennie 2000 (Droff et Malizard, 2015). Ceci accélère le vieillissement des matériels et entraîne des besoins accrus en MCO. En raison du climat et des facteurs naturel (sable, chaleur notamment) et des conditions d'engagement (vols de longue durée sur des espaces de grande taille) un moteur d'hélicoptère sera par exemple utilisé 3 000 heures dans des conditions nominales en métropole contre seulement 300 heures en Opex (Marty et Recalde, 2015). Pour les matériels terrestres, l'usure des véhicules déployés en Opex se révèle de 2,5 à 4 fois plus rapide qu'en

⁶ Les estimations présentées dans la figure 1 sont extraites de différents rapports du CPRFA édités en 1997, 2002 et 2006.

Il y a ensuite les **facteurs générationnels**. La variation des coûts selon les générations d'appareils est symptomatique des sauts technologiques. Les systèmes de défense sont de plus en plus intégrés et la littérature montre que leur maintenance est plus coûteuse. La part croissante de l'électronique, de l'informatique ou encore des matériaux composites peut ici être considérée comme un facteur explicatif. La maîtrise de ces technologies nécessite une main d'œuvre très qualifiée (ingénieurs, techniciens) et des infrastructures spécifiques (bancs de test, grues, systèmes de diagnostic des pannes) qui

comme la professionnalisation des armées ou la restructuration des établissements industriels de défense ont pu engendrer des « coûts de transition » (Ciborra, 1991). Par exemple, l'abandon de la conscription a joué un rôle dans l'augmentation du coût d'entretien et la baisse de la disponibilité des matériels dans l'armée de terre (Cour des Comptes, 2004). Des situations de monopole ont été observées dans le MCO. En 2012, plus de 85 % du volume des marchés notifiés en matière de MCO était caractérisé par l'absence de concurrence (Eckert et Launay, 2012). De telles situations ont pu contribuer à

Facteurs d'évolution des coûts



sont souvent très coûteuses et accompagnent l'entrée en service des matériels. C'est le cas notamment pour les infrastructures d'accueil des futurs SNA Barracuda, de l'hélicoptère Tigre avec les hangars à hygrométrie contrôlée, des infrastructures d'accueil de l'A400 M, etc. En conséquence, les coûts de MCO des nouveaux matériels sont bien plus élevés que pour les matériels d'ancienne génération. Ainsi, en France le coût à l'heure de vol du Rafale⁷ était en moyenne près de trois fois supérieur à celui d'un avion de combat d'une génération antérieure comme le Mirage 2000 ou le Mirage F1. Des évolutions de coûts similaires sont observées pour les matériels terrestres et navals.

Enfin, il convient de considérer les réformes et les **facteurs institutionnels**. Les réformes

la hausse des coûts. Enfin, dans les facteurs institutionnels, le cadre réglementaire compte. Dans le domaine aéronautique notamment, ces dernières années ont vu s'accroître le poids des normes, des réglementations et de la traçabilité afin d'améliorer la sécurité des vols. Ceci s'est traduit par plus de main d'œuvre ou des nouvelles procédures de contrôle et in fine des coûts plus importants.

⁷ En crédits d'Entretien Programmé du Matériel (EPM)

2. Grandes tendances et futurs enjeux dans la gestion du MCO

a. Une priorité donnée au MCO dans les budgets de défense

Le périmètre statistique du MCO est difficile à définir (Droff, 2013). Or, ceci est un enjeu majeur pour suivre l'évolution des ressources consacrées à cette fonction dans le temps, voire pour effectuer des comparaisons entre pays. Les crédits d'Entretien Programmé des Matériels (EPM) mesurent les budgets alloués aux MCO mais ils ne comptabilisent qu'une partie du coût du MCO. Ces crédits incluent les achats de pièces de rechange et les montants des contrats de prestation passés avec les industriels. En revanche, sont exclus de ces crédits : la main d'œuvre et les infrastructures nécessaires à l'entretien des matériels.

Tableau 1. Evolution comparées des crédits défense entre 2003 et 2016

	Variation 2003-2016	TCAM 2003-2016
Budget défense	+1%	+0,07%
Dépenses d'équipement	+6%	+0,42%
Dépenses Hors équipement	-6%	-0,44%
Crédits EPM	+37%	+2,27%

Source : auteur, données OED, en euros constants de 2010

Entre 2003 et 2016, les crédits EPM en volume ont augmenté de 37 %, soit un taux de croissance annuel moyen plus de cinq fois supérieur à celui des crédits d'équipement. La tendance à la hausse des budgets se poursuit et la loi de programmation militaire 2014-



©Michel RIEHL/ECPAD/DEFENSE

2019 prévoit une augmentation annuelle de 4,3 % des crédits EPM en valeur, ce qui correspond à un montant d'environ 3,4 milliards d'euros par an en moyenne (Marty et Recalde, 2015). Ce montant pourrait même s'avérer insuffisant puisque les prévisions récentes montrent que les besoins pourraient être de 4,1 milliards d'euros en valeur par an sur la période 2014-2019 (Cour des Comptes, 2014). Si la crise de disponibilité relevée à la fin des années 1990 – début 2000 avait en partie pour origine une baisse des crédits EPM, les tendances budgétaires depuis 2000 montrent au contraire une priorisation du MCO dans les budgets de défense, ce qui, dans une certaine mesure, contribue à relâcher la contrainte budgétaire sur le MCO. Mais il convient aussi de regarder ce qui a été mis en œuvre pour contenir, voire réduire la hausse des coûts.

b. La recherche de dispositifs de contractualisation optimaux

Depuis une vingtaine d'années, les marchés de MCO ont évolué dans leur contenu et se sont progressivement complexifiés. En tendance, on est passé d'une situation dans laquelle la maintenance était majoritairement réalisée en interne avec des achats ponctuels de pièces détachées à l'industriel (incluant éventuellement une prestation de maintenance), à une maintenance souvent externalisée sous forme de **prestations globales effectuées par les industriels**. Ces prestations portent fréquemment sur des parcs ou flottes regroupant un même type de matériel avec des contraintes de performances contractualisées et des pénalités en cas de non-respect des engagements initiaux. Les performances sont souvent technico-opérationnelles (disponibilité garantie, heures de vol assurées) mais aussi économiques (coût à l'heure d'usage garanti par exemple). Ces marchés publics forfaitaires, pluriannuels et assortis d'obligations de résultats ont pour objectif **d'accroître les performances tout en réduisant les coûts**, notamment grâce à des transferts de risque sur l'industriel.

Le récent contrat passé entre *Safran Helicopters Engines* et la *NATO Helicopter Management Agency* (Nahema) pour le MCO des moteurs des NH90 illustre ce type de prestation (France, Belgique, Pays-Bas). Le contrat, d'une durée de 10 ans couvrira à terme plus de 130 appareils en garantissant aux Etats un niveau de disponibilité des moteurs et un prix fixe à l'heure de vol.



©Arnaud ROINE/ECPAD/DEFENSE

Aujourd'hui, les effets de ces contrats sur les coûts restent encore peu évalués (données indisponibles ou non publiées, caractère encore trop récent de certains marchés pour pouvoir comparer les différentes modalités de gestion). Néanmoins, des travaux effectués sur le soutien des avions de chasse américains montrent des améliorations de disponibilité significatives (Gansler et Lucyshyn, 2008).

En un peu plus d'une quinzaine d'années, **ces dispositifs contractuels** ont modifié en profondeur les **relations entre l'Etat et les industriels** dans le MCO. On est passé d'un Etat producteur (modèle d'arsenal) à un Etat acheteur. De plus, ce que l'Etat achète aujourd'hui, ce sont moins des prestations ponctuelles que des solutions capacitaires. Les Etats restent généralement propriétaires des matériels, même si des cas d'Etats achetant uniquement des capacités militaires existent (cas du Royaume-Uni qui achète des capacités aériennes de ravitaillement en vol à un consortium industriel). Le MCO tend de plus en plus vers une économie de la fonctionnalité dans laquelle le producteur substitue la vente d'une fonction d'usage – un

service – à celle d'un bien. En plus de modifier le rapport de l'industriel à ses matériels ceci modifie également les relations entre acteurs de l'échange. Les intérêts mutuels des acteurs de l'échange tendent spontanément à converger. « *On passe donc d'une situation de compétition entre producteur et consommateur autour du prix de vente du produit – l'un cherchant à vendre au prix le plus élevé possible, et l'autre à acheter au prix le plus bas possible – à des relations, généralement contractuelles, dans lesquelles le prestataire va chercher à satisfaire au mieux les besoins de son client, allant même dans certains cas jusqu'à coproduire avec lui la fonction* » (Van Niel, 2014, p. 3). Ces dispositifs contractuels,

intéressants sur le papier, sont néanmoins discutables si l'on en croit notamment le retour sur expérience des britanniques concernant les capacités de ravitaillement en vol. Le contrat a en effet été estimé plus coûteux par rapport à l'acquisition et à l'entretien – dans les mêmes conditions – de capacités sur un mode patrimonial (Henrotin, 2016).

c. Des innovations conceptuelles et technologiques au service du MCO

Une approche fondamentale du problème du MCO consiste d'abord à **intégrer les contraintes de maintenance dès la conception** des matériels en facilitant le plus possible les opérations de maintenance, **tout en augmentant la part préventive** de cette dernière.

L'approche intégrée du MCO commence par penser le soutien dès les phases les plus en amont des programmes (R&D et conception notamment), c'est-à-dire là où se structurent la majeure partie des coûts. Il s'agit essentiellement de conception modulaire et d'aménagement d'accès pour la maintenance. Dans le naval par exemple, les équipements électroniques des *destroyers Zumwalt* de l'*US Navy* sont basés sur 16 modules amovibles et conçus pour être retirés aisément pour des travaux de maintenance ou de modernisation. Ce type de conception modulaire est aussi appliqué aux moteurs M88 du Rafale qui est conçu autour de 21 modules remplaçables. Conséquence : le remplacement des moteurs de l'appareil prend moins de temps que pour les appareils de génération précédente. Pensée dès la conception des matériels, **la dualité** peut aussi être une voie intéressante pour **réduire les coûts de MCO**. L'entretien de matériels partageant des éléments communs avec d'autres

équipements civils (par exemple les châssis de véhicules blindés, les moteurs) permettrait aussi de générer des économies d'échelle.

La généralisation progressive **de la maintenance préventive** peut aussi s'avérer génératrice d'économies. Dans des logiques de type *health monitoring*, les techniques de prédiction et d'autodiagnostic des pannes permettent d'effectuer de la maintenance en temps réel, d'anticiper les pannes, de réduire les temps d'immobilisation des matériels tout en réduisant les coûts via une optimisation de la durée de vie des pièces et des composants. Aujourd'hui difficiles à gérer – et parfois génératrices de coûts en raison de leur complexité et du fait qu'elles sont insuffisamment matures – ces technologies vont progressivement se développer et s'améliorer avec les progrès de traitement des données en masse (big data). Des innovations peuvent d'ailleurs être attendues venant d'acteurs civils qui, dans ces domaines de la maintenance – aéronautique notamment – proposent aujourd'hui de nombreux services associés aux plates-formes qu'ils vendent. En conséquence, chez la plupart des industriels produisant des grands systèmes aéronautiques, navals ou terrestres, **la part des services dans leur activité globale tend à s'accroître** depuis une quinzaine d'année.

©Michel RIEHL/ECPAD/DEFENSE



Au-delà des technologies incorporées aux matériels, d'autres ruptures technologiques certainement affecter le processus de MCO. L'entrée du MCO dans la **4ème révolution industrielle**⁸ aura des conséquences sur la **productivité**. En assurant une production des pièces plus rapide et à la demande, les **processus d'impression 3D** (*additive manufacturing*) pourraient permettre une meilleure maîtrise de l'obsolescence des pièces sur les systèmes et générer des économies sur la chaîne logistique en réduisant les coûts de stockage et de transport (Brown, Malenic et Huw, 2014). Par ailleurs, l'impression 3D pourrait aussi faciliter les retours sur expérience sur des matériels en service et les innovations incrémentales à partir des systèmes existants (nouvelles pièces plus adaptées que les pièces d'origine aux usages du moment, nouveaux blindages sur des zones exposées mais non-anticipées en usine, etc...)⁹.



©Morgan SALINGUE/ECPAD/DEFENSE

Ces possibilités sont d'autant plus attractives économiquement que la durée de vie en service des matériels est élevée. C'est notamment le cas puisqu'une tendance forte également observée consiste à refondre complètement des matériels sur la base d'une plateforme existante. Les matériels restent une base déjà connue (une cellule d'aéronef par exemple) mais l'on modifie complètement certaines parties ou sous-parties (avionique, électronique, logiciels, systèmes

d'armes). Par rapport à un matériel complètement nouveau, prolonger la durée de vie de cette manière permettrait de contenir le coût du MCO puisque les industriels et les usagers opèrent alors sur une base en partie connue, mature et maîtrisée.

Dans la mesure où des matériels vieillissants doivent être, à un moment ou un autre définitivement remplacés, ces solutions sont plutôt à voir à court ou moyen terme. Néanmoins, plusieurs exemples de plates-formes à la durée de vie particulièrement longue et parsemée de développements incrémentaux peuvent être cités. Il y a par exemple les hélicoptères Chinook américains qui ont progressivement évolué, au fil des générations, pour intégrer aujourd'hui des équipements électroniques très modernes, mais sur la base d'une plate-forme qui fondamentalement a gardé les mêmes caractéristiques d'origine (Hunter, 2014). D'autres exemples peuvent être fournis avec les récentes adaptation et modernisation des avions de transport C130 américains, des blindés M113 australiens, des blindés FV432 britanniques ou encore des VAB français.

Enfin, d'autres **innovations** que l'on retrouvera dans **l'usine du futur** affecteront le MCO et son organisation. Ainsi les cobots (robots collaboratifs) faciliteront les tâches relevant davantage de la maintenance mais permettront aussi d'améliorer la productivité. Certains « outils intelligents » effectueront également

des diagnostics de panne ou des détections de mauvais assemblages. Des drones permettront d'effectuer des tâches de vérification en lieu et place des procédures d'inspection manuelles, ce qui, sur des équipements de volume important (coques de navires, cellules d'avion) permettra de réaliser d'importants gains de productivité. Dans l'aéronautique, des dispositifs de ce type sont déjà en place (par exemple chez Airbus ou Boeing). Enfin, les procédures de maintenance pourront être simplifiées en réduisant la documentation, un

⁸ L'expression 4ème révolution industrielle (aussi appelée « Industrie 4.0 » en Allemagne ou « Usine du futur » en France) désigne une transformation en profondeur de la chaîne de production via certaines innovations technologiques ou nouveaux concepts comme par exemple, les outils intelligents, l'impression 3D, un recours accru à la simulation numérique, le big data, la mise en réseau systématique de l'ensemble des éléments d'une usine, etc. Ce type d'organisation a pour objectif

de rendre la chaîne de production la plus flexible et réactive possible aux fluctuations de la demande, d'accroître la qualité et de générer des gains de productivité.

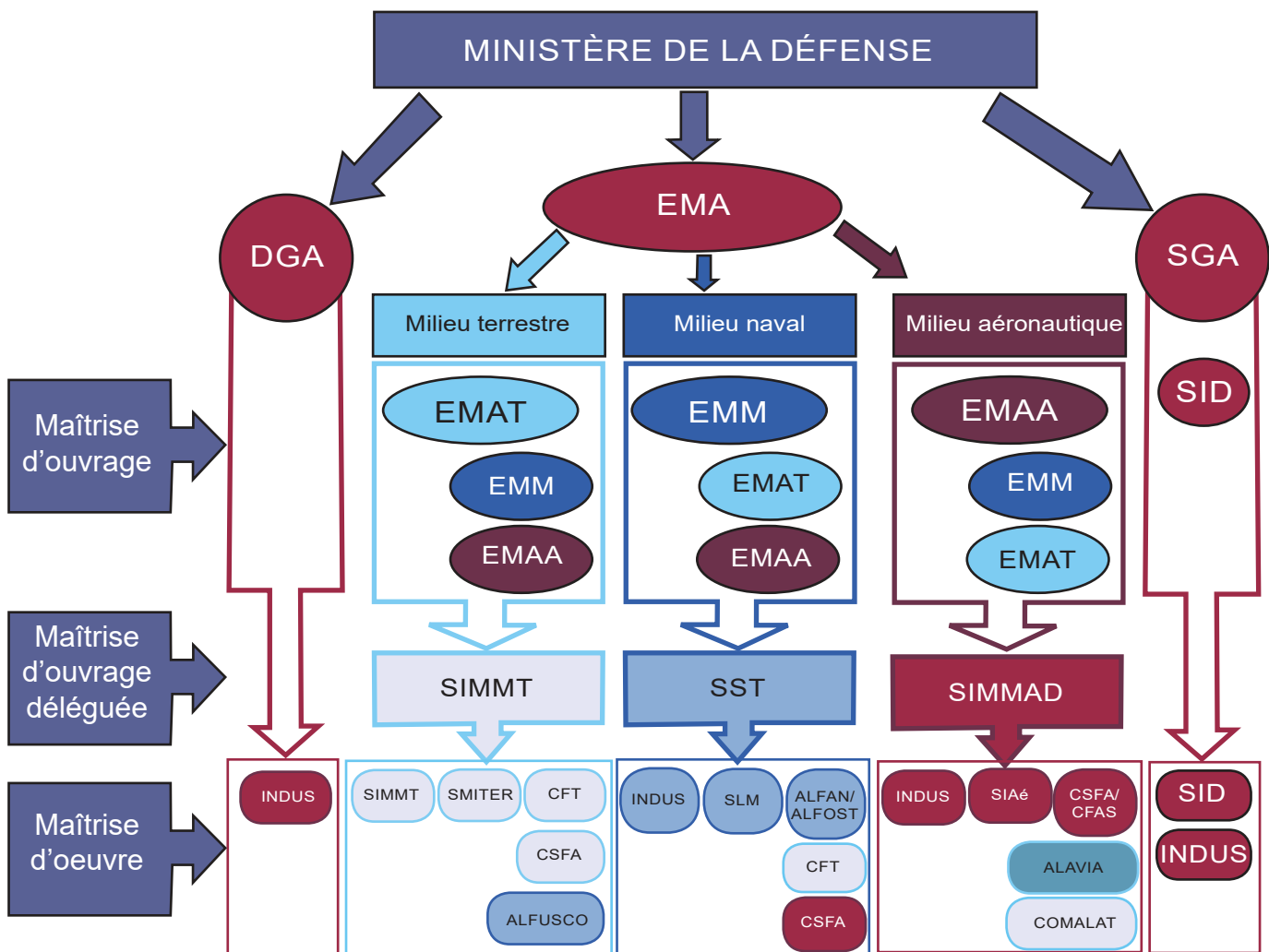
⁹ Certains vont même jusqu'à imaginer la création de systèmes entiers complètement adaptés au terrain et à ses spécificités (par exemple des drones adaptés aux théâtres et qui seraient produits sur place).

objectif « 0 papier » que l'on retrouve déjà dans la plupart des secteurs industriels.

d. Des réorganisations géographiques à différentes échelles

Le MCO s'est profondément réformé sur le **plan organisationnel**. D'abord au sein des structures en charge de la maintenance. On a assisté à une centralisation administrative et une inter-armisation très forte depuis 15 ans (création de la SIMMAD, du SSF et de la SIMMT) . Le schéma suivant illustre l'organisation actuelle du MCO :

Cette réorganisation des structures a **des conséquences importantes sur le plan géographique**. On assiste notamment à une concentration spatiale des activités de MCO afin de bénéficier d'économies d'échelle mais aussi d'économies de localisation (via notamment la mutualisation de moyens techniques, de fournisseurs ou encore de main d'oeuvre spécialisée) (Droff, 2013). Cette rationalisation engendre généralement une réduction du nombre de sites de MCO, pour toutes les catégories de matériels et pour toutes armées. Le but est de tirer le meilleur parti des économies d'échelle mais aussi des effets de spécialisation et d'économies d'apprentissage (voir newsletter n°3 pour une analyse plus détaillée des enjeux liés à la localisation dans le MCO).



¹⁰ Respectivement Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la Défense, Service de soutien de la flotte et Structure intégrée du maintien en condition opérationnelle des matériels terrestres.

On assiste notamment au développement de clusters du MCO, visant à bénéficier des économies de localisation liée à la proximité entre acteurs appartenant à la même « industrie ». Ainsi, Bordeaux accueille un important cluster technico-opérationnel à vocation interarmées dans le domaine du MCO militaire. Ce dispositif est original dans le paysage européen et il est fort probable qu'il serve de modèle dans d'autres pays et pour le MCO aéronautique, voire d'autres catégories de matériels¹¹.



©Jérémie FARO/ECPAD/DEFENSE

Cette dynamique de concentration ne se retrouve pas exclusivement sur le territoire mais existe à **l'échelle européenne** avec des **initiatives de coopération et de mutualisation** de moyens dans le MCO. C'est par exemple le cas de la coopération entre la Belgique et les Pays-Bas dans la maintenance des chasseurs de mines, des pays du Nord dans le MCO des hélicoptères ou encore de la France et de l'Allemagne (formation des techniciens de maintenance du Tigre). Ces regroupement géographique dans des dynamiques de coopération entre Etats vont probablement continuer à se développer avec un rôle potentiellement très structurant dans la construction d'une Europe de la défense (Droff et Bellais, 2016).

Les besoins seront aussi qualitatifs avec le maintien et la mise à niveau des compétences.

Les besoins doivent en effet suivre les évolutions technologiques dans des domaines variés qui vont accroître les performances opérationnelles des matériels : informatique, calcul et traitement de données, matériaux, gestion de la propulsion (qui va être électrique, hybride entre thermique et électrique voire totalement nouvelle, General Motors a récemment proposé un véhicule à propulsion hydrogène à l'armée américaine). Renforcés de capteurs et de systèmes d'autodiagnostic, les matériels deviennent de véritables objets connectés à l'industriel quasiment en temps réel. Leur MCO suppose alors de former des personnes sur des métiers connexes, mais néanmoins fondamentaux comme la maintenance de réseaux informatiques ou le transfert et la sécurisation de données.

e. Formation et MCO

Une conséquence des tendances exposées précédemment va concerner la formation. Les besoins en formation vont s'accroître avec d'abord un aspect quantitatif (plus de maintenance sur des matériels fortement sollicités qui resteront en service plus longtemps). Dans certains domaines - terrestres et aéroterrestres notamment - le manque de maintenanciers se fait aujourd'hui fortement ressentir.

L'enjeu est hautement complexe car il s'agit aussi de continuer à garder des compétences industrielles sur des technologies plus anciennes – mais néanmoins fondamentales – pour lesquelles il est parfois très difficile et donc coûteux de trouver de la main d'œuvre suffisamment qualifiée sur des techniques spécifiques (par exemple le travail sur métal sur des coques de bateaux ou de mécanique sur des moteurs plus anciens), tout en étant à la pointe des technologies les plus récentes.

¹¹ Un regroupement d'acteurs militaires et industriels existe aussi à Donauwörth en Allemagne dans le MCO des hélicoptères.

Par conséquent, les dispositifs de formation se mettent en place ou se renforcent. Certains territoires développent des initiatives allant dans ce sens, pour faire du MCO un levier de développement régional en misant notamment sur la dualité civilo-militaire dans la maintenance. C'est le cas la région Nouvelle-Aquitaine qui met en place un centre de formation à dimension internationale dans le domaine du MCO aéronautique (Aerocampus Aquitaine). Au sein même des dispositifs de formations, les pratiques pédagogiques innovantes vont aussi contribuer à mieux former les personnels affectés au MCO avec ici aussi l'introduction de nouvelles technologies comme la simulation 3D, les serious games avec des mises en situation de plus en plus réelles, etc.



©Arnaud ROINE/ECPAD/DEFENSE

Enfin, si la formation technique reste fondamentale dans un domaine comme le MCO traversé par de véritables révolutions technologiques (nouvelles technologies numériques, impression 3D), il convient de ne pas oublier le rôle de la formation dans les dimensions managériale et organisationnelle. Ces dimensions vont prendre de plus en plus d'importance en raison de la complexité de rédaction et de suivi des marchés, mais également de la nécessité de travailler en collectif avec des cultures différentes, interarmées et intermilleux – industriels, militaires, gestionnaires administratifs – et inter-pays.

CONCLUSION

Si la disponibilité des matériels en Opex est Aujourd'hui jugée excellente, celle en métropole est régulièrement estimée comme nettement insuffisante dans les rapports officiels. A terme, cette situation de disponibilité « à deux vitesses » risque d'affecter le niveau de formation des troupes et le potentiel de défense pour l'avenir. On constate aujourd'hui une pluralité d'outils et d'approches mobilisés pour améliorer le MCO, c'est à dire réduire les coûts tout en maintenant le niveau de disponibilité souhaité. Ces dispositifs ont été mis en place dans une période d'importante sollicitation des matériels et de contrainte budgétaire forte. A l'avenir il pourrait être intéressant de procéder à des estimations empiriques des conséquences sur les coûts et la disponibilité des matériels de la mise en place de ces dispositifs (par exemple des analyses de type coûts-avantages). L'urgence du problème dans un contexte où les engagements des forces armées françaises sont multiples et la croissance économique faible (et par là même des budgets de défense fortement contraints) plaide pour une mise en place systématique de ce type d'évaluation dans la conduite de la politique du MCO.



Par Josselin Droff
Chercheur à la Chaire
Economie de Défense

RÉFÉRENCES

- BROWN N., MALENIC M., HUW W., 2014, « Make and mend : the revolutionary promise of 3-D printing », Jane's International Defence Review, october, p. 60-65.
- CIBORRA C., 1991, « Alliances and learning experiments : cooperation, competition, and change in hightech industries », dans Strategic Partnerships : States, Firms, and International Competition, Fairleigh Dickinson University Press.
- DAUM E., PATERNOGA V., VIELLARD L., 2014, « Le MCO aéronautique : un enjeu pour la cohérence capacitaire des armées », Les Notes Stratégiques, CEIS.
- DROFF J., 2013, Le facteur spatial en économie de la défense : application au Maintien en Condition Opérationnelle (MCO) des matériels de défense, Thèse pour le doctorat en sciences économiques, Brest, Université de Bretagne Occidentale / ENSTA Bretagne, 448 p.
- DROFF J., BELLAIS R., 2016, « Fleet management in European integration : The case of military helicopters support », Defense & Security Analysis, 32, 1, p. 19-35.
- DROFF J., MALIZARD J., 2015, « Les opérations extérieures de la France : une mise en perspective économique », La lettre de l'IRSEM, 4, p. 8-12.
- GANSLER J., LUCYSHYN W., 2008, « Competition in Defense Acquisitions », Center for public policy and private enterprise, University of Maryland.
- HENROTIN J., 2016, « Le ravitaillement en vol, clé de la projection aérienne », Défense et Sécurité Internationale, hors-série n°51, p. 86-89.
- HUNTER J., 2014, « International Chinook : giving the fleet a lift », Jane's International Defence Review, november, p. 50-55.
- KEATING E.G., DIXON M.C., 2003, « Investigating optimal replacement of aging Air Force systems », Santa Monica, CA, RAND.
- LIVRE BLANC, 2008, Défense et sécurité nationale : le livre blanc, Paris, O. Jacob : Documentation française.
- LIVRE BLANC, 2013, Défense et sécurité nationale : le livre blanc, Paris, Direction de l'information légale et administrative.
- MARTY A., RECALDE M., 2015, « Rapport d'information en conclusion des travaux d'une mission d'information sur les conséquences du rythme des opérations extérieures sur le maintien en condition opérationnelle des matériels », Rapport d'information, 3323, Assemblée Nationale.
- NAO, 2005, « Major Projects - Ministry of Defence », Londres, National Accounting Office.
- PELTZ E., COLABELLA L., WILLIAMS B., BOREN P., 2004, « the effects of Equipment Age on Mission-Critical Failure Rates. A study of M1 tanks », MR-1789, RAND Corporation.
- PYLES R., 1999, « Aging aircraft : implications for programmed depot maintenance and engine-supported costs », Santa Monica, CA, RAND Corporation.
- VAN NIEL J., 2014, « L'économie de fonctionnalité : principes, éléments de terminologie et proposition de typologie », Développement durable et territoires [En ligne], 5, 1.



Retour sur l'intervention de Georges-Henri Soutou pour la Chaire, à la Conférence « De Gaulle et la Défense de la France, d'hier à aujourd'hui », le 12 janvier 2017

■ La politique militaro- industrielle du Général de Gaulle était intégrée et couvrait tous les aspects de la question :

- Recherche scientifique et technique;
- Acquisition des compétences et capacités industrielles;
- Synergies facilitées par les Grands corps techniques de l'Etat;
- Rapport étroit et très cohérent avec les orientations politico-stratégiques définies au sommet ;
- Coopérations internationales utiles en matière d'armements ;
- Préservation de l'indépendance du système dans un contexte budgétaire maîtrisé et fixant les priorités.

C'est la cohérence de l'ensemble qui explique le succès, auquel peu s'attendaient à l'époque.

Prochains événements

■ Appel à contribution : 21st Annual Conference on Economics and Security that will be held at the Royal Military Academy, Brussels on 22nd – 23rd June 2017.

[Plus d'informations](#)

■ 7e Congrès des associations francophones de science politique – UQAM, Montréal, 17-19 mai 2017, dont l'atelier « Comprendre les transferts d'armes dans une économie-politique de la défense en transition ».

[Plus d'informations](#)

■ Financement d'allocations doctorales et post doctorales par le Ministère de la Défense en Relations Internationales et stratégie du Ministère de la Défense pour doctorants et post-doctorants.

[Plus d'informations](#)

■ Lancement du label Centre d'Excellence Défense et Stratégie par le ministère de la défense. Doté d'un budget annuel de 300 000 €, ce label est attribué à un établissement d'enseignement supérieur français ou à un regroupement d'établissements et a pour objectif de soutenir les centres de recherche universitaires en

pointe sur les questions de stratégie et de défense.

[Plus d'informations](#)

Publications récentes

■ « The Military Balance 2017 »

[Lien vers l'ouvrage](#)

■ Rétrospective des exportations d'armement en France (1958-2015) - Cécile Fauconnet, Julien Malizard, N° 795 Décembre 2016 - À l'Est, rien de nouveau ? Revue de Défense Nationale

Résumé : Les exportations d'armements constituent un élément essentiel de notre défense et contribuent à consolider notre industrie. Les actuels succès doivent être comparés dans le temps long, l'objet de cette étude recoupant la période 1958-2015 avec la guerre froide comme élément central jusqu'à la période 1990-2000.

[Lien vers l'article](#)

■ « The European military helicopter industry: Trends and perspectives », Josselin Droff, The Economics of Peace & Security Journal, vol 12, No 1 (2017).

[Lien vers l'article](#)

La Chaire a organisé une conférence en partenariat avec le Cercle des économistes :

« Les industries de défense, un atout pour l'économie ? », le 22 mars 2017, à l'Alliance Française, en présence de Pierre de Villiers, Chef d'Etat-major des Armées, Laurent Collet-Billon, délégué général pour l'armement, Christian de Boissieu et Enrico Letta.

Retrouvez la vidéo des tables rondes sur le site de la Chaire : [lien vers les vidéos](#)





Chaire Économie
de Défense



Chaire Économie de Défense
chaire.ecodef@fdd-ihedn.fr
Tél. : 01 44 42 57 03
www.economie-defense.fr

Fonds de dotation de l'IHEDN
École Militaire - 1 place Joffre
75700 Paris SP 07

Réalisation Amélie Marlier - Gilles Clair