
Toujours plus chers ?

**Complexité des armements
et inflation des coûts militaires**

Sophie Lefeez

Février 2013



Laboratoire
de **R**echerche
sur la **D**éfense

L'Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d'information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l'Ifri est une association reconnue d'utilité publique (loi de 1901).

Il n'est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L'Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l'échelle internationale. Avec son antenne de Bruxelles (Ifri-Bruxelles), l'Ifri s'impose comme un des rares *think tanks* français à se positionner au cœur même du débat européen.

Les opinions exprimées dans ce texte n'engagent que la responsabilité de l'auteur.

ISBN : 978-2-36567-138-5

© Ifri – 2013 – Tous droits réservés

Toute demande d'information, de reproduction ou de diffusion peut être adressée à publications@ifri.org

Ifri
27 rue de la Procession
75740 Paris Cedex 15 – FRANCE
Tel : +33 (0)1 40 61 60 00
Fax : +33 (0)1 40 61 60 60
Email : ifri@ifri.org

Ifri-Bruxelles
Rue Marie-Thérèse, 21
1000 – Bruxelles – BELGIQUE
Tel : +32 (0)2 238 51 10
Fax : +32 (0)2 238 51 15
Email : info.bruxelles@ifri.org

Site Internet : www.ifri.org

« Focus stratégique »

Les questions de sécurité exigent désormais une approche intégrée, qui prenne en compte à la fois les aspects régionaux et globaux, les dynamiques technologiques et militaires mais aussi médiatiques et humaines, ou encore la dimension nouvelle acquise par le terrorisme ou la stabilisation post-conflit. Dans cette perspective, le Centre des études de sécurité se propose, par la collection « **Focus stratégique** », d'éclairer par des perspectives renouvelées toutes les problématiques actuelles de la sécurité.

Associant les chercheurs du centre des études de sécurité de l'Ifri et des experts extérieurs, « **Focus stratégique** » fait alterner travaux généralistes et analyses plus spécialisées, réalisées en particulier par l'équipe du Laboratoire de Recherche sur la Défense (LRD).

L'auteur

Sophie Lefeez est diplômée en science politique et en économie. Elle poursuit actuellement un doctorat en socio-anthropologie des techniques à l'Université Paris-1 Panthéon-Sorbonne et son sujet porte sur la complexité des matériels militaires. Actuellement sous contrat chez EADS, elle a auparavant travaillé comme consultante sur les questions de défense.

Les opinions exprimées dans ce texte n'engagent que la responsabilité de l'auteur et ne sauraient refléter la position officielle de son entreprise.

Le comité de rédaction

Rédacteur en chef : Etienne de Durand

Rédacteur en chef adjoint : Elie Tenenbaum

Assistant d'édition : Nicolas Huard

Comment citer cet article

Sophie Lefeez, « Toujours plus chers ? Complexité des armements et inflation des coûts militaires », *Focus stratégique*, n° 42, février 2013.

Sommaire

Introduction	5
L'inflation des coûts de conception : le rôle de la complexité	13
Facteurs intergénérationnels	13
Facteurs propres à la conduite des programmes	28
Des coûts d'usage incontrôlés	39
Des conditions d'emploi imprévues et sous-optimales	41
Organisation du soutien	43
Durcissement de certaines situations de monopole	44
Obsolescence rapide de l'électronique	45
Fiabilité des pièces	46
La corrélation entre technicité et MCO	46
Conclusion	51
Annexes	53
Références	64

Résumé

Alors que les dépenses militaires françaises ont été maintenues à un niveau relativement constant ces dix dernières années, le volume des équipements produits a eu tendance à se réduire, se traduisant par des lacunes capacitaires. Ce phénomène atteste de l'augmentation du coût, tant à l'achat qu'au soutien, de matériels modernes fortement complexes. En décomposant les facteurs coût, ce papier soutient que la complexité technique est l'une des causes les plus importantes de « l'inflation militaire » – bien qu'en aucun cas la seule – aussi bien dans la phase de conception que de soutien. Alors que les efforts de réduction des coûts se sont concentrés sur les aspects organisationnels, l'incertitude qui plane sur les conditions du combat futur oblige les acteurs à produire des matériels polyvalents à la pointe de la technologie, au risque de dépasser les besoins opérationnels. Pour cette raison, il est nécessaire de définir plus clairement les attentes militaires afin que la complexité technique concorde avec la juste suffisance.

* * *

While French military expenditures have remained relatively constant over the last ten years, equipment production tended to decrease, resulting in capability gaps. This situation highlights the increasing costs of both acquiring and maintaining highly complex modern military equipment. By decomposing the cost factors, this paper contends that technical complexity is one of the most prominent causes of “military inflation” – albeit by no means the only one – in the production as well as in the support phase. While efforts to reduce costs have focused on organizational issues, uncertainty over the conditions of future warfare compels actors to produce high-tech and multi-purpose material, at the risk of exceeding operational requirements. For this reason, it is necessary to define more clearly the military's expectations so that technical complexity matches operational sufficiency.

Introduction

Le budget de la défense est le troisième poste le plus important des dépenses étatiques françaises, et le montant consacré à l'équipement a été maintenu à un niveau relativement élevé ces dix dernières années¹. Pourtant, force est de constater que le résultat n'est pas toujours à la hauteur de l'effort financier : faible taux de disponibilité des matériels en métropole², manque de moyens dédiés à l'entraînement, déficit capacitaire dans certains domaines (notamment celui des hélicoptères³), vieillissement des parcs, etc. En outre, les ambitions du « modèle d'armée 2015 », défini par la loi de programmation militaire 1997-2002 ont dû être revues à la baisse, car plusieurs dizaines de milliards d'euros manquent dans la LPM 2009-2014⁴. Certains analystes parlent depuis longtemps de « désarmement structurel » pour désigner le fait que pour un même montant de crédits, le volume des unités fabriquées tend à se réduire⁵. La difficulté à soutenir ces matériels coûteux se fait également sentir et amène à se demander si le modèle dans lequel nous sommes ne nous conduit pas dans une impasse.

Comment expliquer ce paradoxe entre des ressources apparemment importantes et une situation sur le terrain qui peut sembler par moments décevante ? L'explication réside dans le coût de plus en plus élevé des matériels, tant à l'achat qu'au soutien.

Les organismes étatiques (Parlement, Cour des comptes, ministères, etc.⁶) constatent en effet tous une croissance des coûts, à

¹ Voir Annexe 2, p. 54-55.

² La priorité est accordée aux OPEX en termes de disponibilité mais le taux de disponibilité technique opérationnelle (DTO) global (73%) suffit pour répondre aux besoins de préparation opérationnelle des unités en métropole. Voir Annexe 4.

³ Alain Marty, Michel Sordi et Jean-Claude Viollet, *Rapport d'information sur l'aéromobilité*, n° 666, Assemblée nationale, 30 janvier 2008.

⁴ Il faudrait ajouter 20 Md€ selon sa définition initiale, 35 Md€ selon la définition actualisée retenue par le *Livre blanc*. Ces chiffres sont tirés de l'avis du sénateur Philippe Marini sur le projet de loi de finances pour 2010, tome III – moyens des politiques publiques et dispositions spéciales (2^e de la loi de finances), n° 101, 19 novembre 2008, pp. 86-87, dont le texte est cité par François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guené, *Programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant diverses dispositions concernant la défense*, Sénat, n° 548, 8 juillet 2009, p. 17.

⁵ Cité par Martine Lignères-Cassou, *Rapport d'information sur la diversification des industries de défense*, Assemblée nationale, n° 911, 22 mai 1998, p. 14.

⁶ Voir par exemple le rapport d'information de la députée Martine Lignères-Cassou, *Les études amont des programmes d'armement dans les domaines de*

l'achat comme en maintenance, des nouvelles générations de matériels. Un rapport britannique confirme que « l'inflation dans les matériels militaires a tendance à s'accroître beaucoup plus vite que les prix à la consommation »⁷. Ces affirmations s'appuient sur des comparaisons intergénérationnelles qui parlent d'elles-mêmes.

**Comparaison intergénérationnelle à l'achat
(coût unitaire en euros constants)**

MATERIEL PRECEDENT	COUT D'ACHAT	MATERIEL NOUVEAU	COUT D'ACHAT
CHAR AMX-30	1-2 M€	Char <i>Leclerc</i>	16 M€
VEHICULE DE COMBAT AMX-10P	1-2 M€	Véhicule blindé VBCI	4,5 M€
PORTE-AVIONS DE GAULLE	3 Md€	Porte-avions PA2	3,2 Md€
HELICOPTERE HAP	25,5 M€	Hélicoptère <i>Tigre</i>	75 M€
HELICOPTERE TTH	24,7 M€	Hélicoptère NH90	50 M€
AVION <i>MIRAGE</i> 2000 MONOPLACE ⁸	9,4 M€	Avion <i>Rafale</i> monoplace	50 M€

Sources : Cour des comptes, Assemblée nationale, ministère de la Défense, CPRA.

D'après l'historien Frédéric Ménard, « depuis le milieu du XIX^e siècle, la montée en technologie a rendu les armes de plus en plus coûteuses. [...] En 1957, un char léger coûtait 20 millions de francs et l'équipement d'une division blindée revenait à 60 milliards de l'époque. En

la défense et de l'aéronautique, Assemblée nationale, n° 2793, décembre 2000, p. 14, ou encore celui des députés François Cornut-Gentille et Jean-Claude Viollet, *Rapport d'information en conclusion des travaux de la Mission d'Evaluation et de contrôle (MEC) sur les programmes d'armement*, Assemblée nationale, n° 3254, 5 juillet 2006 : « Depuis quelques années, le coût du MCO progresse très fortement. Il devrait continuer à augmenter, à cause du haut niveau technologique du matériel acquis par nos armées. » (p. 40). La Cour des comptes dresse un constat similaire (*op cit.* 2010, p. 45) : « La recherche de performances technologiques ou militaires excessives [...] est à l'origine de difficultés industrielles, tant en développement qu'en production, entraînant des accroissements de délais, de surcoûts et une perte de compétitivité à l'exportation. » Citons aussi les députés Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *Les conditions d'exécution des grands programmes de défense*, Assemblée nationale, n° 1922, 17 novembre 2004 : « le remplacement d'un matériel par un équipement de génération ultérieure est souvent coûteux, notamment en raison du saut technologique qu'il induit » (p. 80).

⁷ « L'inflation de défense a tendance à croître beaucoup plus vite que le prix à la consommation pour plusieurs raisons », cité in Antonia Cox, *More bang for the buck. How we can get better value from the defence budget*, Centre for Policy Studies, 2009, p. 1.

⁸ Le prix unitaire d'un *Mirage* 2000 monoplace lisse, sans équipements, est selon le CPRA de 50,4 millions de francs au coût des facteurs du 1^{er} janvier 1997. Le tableau de transformation du franc de l'INSEE nous donne un montant de 9,37 millions d'euros de 2010. D'après l'économiste Jean-Paul Hébert, le prix du *Mirage* 2000 équivaldrait à huit *Mirage* 3 en monnaie constante (Conférence « La technologie en question », Paris, 5 mai 2009).

1962, le prix d'un char léger était passé à 120 millions de francs et celui d'une division blindée à 200 milliards »⁹. De même, entre les années 1950 et aujourd'hui, le prix d'un avion militaire aurait été multiplié par 200 en devises constantes¹⁰. Et depuis 1980, le coût de développement d'un nouveau modèle d'avion a presque doublé, passant de 7 à 12 milliards de dollars par avion¹¹. Empiriquement, le constat s'impose donc qu'un saut financier existe bel et bien entre les générations de matériel.

La situation est identique pour le soutien. Le coût en recharges « au km » augmente avec le prix série des engins de nouvelle génération. Le coût global des recharges du char *Leclerc* est 44 % plus élevé que pour un blindé ancienne génération. Il faut compter pour le *Tigre* 14 fois le coût sur *Gazelle*, et pour le *Leclerc* 3,5 fois celui payé auparavant pour l'AMX-30 B2¹².

**Comparaison pour une heure d'utilisation
(ordre de grandeur)**

VBCI	8 x AMX-10P ¹³
<i>Rafale</i>	2 à 4 x <i>Mirage 2000</i>
<i>Tigre</i>	8 x <i>Gazelle</i>

⁹ Frédéric Médard, *Technique et logistique en guerre d'Algérie. L'armée française et son soutien logistique, 1954-1962*, Panazol, Editions Lavauzelle, 2002, p. 213, cité par François Cochet, *Armes en guerre. XIXe - XXe siècle. Mythes, symboles, réalités*, Paris, CNRS, 2012, p. 132.

¹⁰ Propos tenus par l'économiste Renaud Bellais, séminaire d'économie de défense, EHESS, 11 février 2010.

¹¹ *Ibid.*, 13 janvier 2010.

¹² Entretiens auprès de la Section Technique de l'Armée de Terre (STAT) (septembre 2010).

¹³ 15 M€/an pour l'AMX 10P, contre 126,7 M€/an pour le VBCI ; 3,8 Md€ sur 30 ans d'après Louis Marchis, directeur du programme VBCI à la DGA, cité par Cornut-Gentille et Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 57.

Comparaisons intergénérationnelles du budget d'EPM¹⁴
(ordre de grandeur)

MATERIEL ANCIEN	COUT D'ENTRETIEN ANNUEL	MATERIEL NOUVEAU	COUT D'ENTRETIEN ANNUEL
HELICOPTERE GAZELLE	1,5 M€	Hélicoptère <i>Tigre</i> HAP	15 M€
HELICOPTERE PUMA	4 M€	Hélicoptère NH-90 TTH	10 M€
AVION SUPER ETENDARD MODERNISE	10 M€	Avion <i>Rafale</i> Marine	15 M€
AVION MIRAGE 2000	5 M€	Avion <i>Rafale</i>	15 M€

Source : ministère de la Défense.

Ces comparaisons nous montrent qu'en règle générale, le matériel nouveau, qu'il s'agisse d'aéronefs, de véhicules ou de bâtiments, coûte plus cher à l'achat comme à l'entretien que celui qu'il remplace. Ces données confirment l'existence d'une corrélation entre nouvelles technologies et augmentation du coût sans aucune proportionnalité d'une génération à l'autre.

Si la complexité technique des matériels est bien une cause de croissance des coûts, alors nous sommes face à un problème structurel d'adéquation entre les ressources financières et les besoins d'équipement. Les experts de l'industrie de défense ont proposé plusieurs pistes pour contenir cette augmentation du coût des matériels, à l'achat comme au soutien. La diminution des séries a ainsi réduit le coût total du programme au prix d'une augmentation du coût unitaire du matériel acheté, une astuce qui semble désormais avoir atteint ses limites¹⁵. Certaines procédures bureaucratiques françaises sont également pointées du doigt, quoique ces mêmes dérives de coût affectent des pays aux organisations différentes (Canada, Royaume-Uni, Etats-Unis, Australie, Russie, etc.)¹⁶. Une dernière série d'explication pose la question du rôle de la technicité croissante des équipements dans la hausse des coûts d'achat et de soutien. Le terme de technicité renvoie à la difficulté à concevoir des systèmes de plus en plus complexes ainsi qu'à imbriquer des technologies variées, chacune poussée à leur maximum, en vue d'obtenir « un système à peu près homogène ». A

¹⁴ La langue parlée utilise l'expression « maintien en condition opérationnelle » (MCO), laquelle n'a pas d'existence comptable. Les crédits nécessaires au MCO, outre les rémunérations et charges sociales du personnel, sont pour la plupart regroupés sous le titre d'« entretien programmé des matériels » (EPM), qui correspond au programme 178.

¹⁵ Le devis d'ensemble du programme d'hélicoptères *Tigre* a baissé d'environ 3 Md€ (soit un tiers) parce que le nombre d'appareils prévus est passé de 215 à 80, mais le prix unitaire a progressé de 78 %. Cour des comptes, *Conduite des programmes d'armement (extrait du rapport annuel d'activité)*, La documentation française, 2010, p. 50.

¹⁶ Voir Annexe 10, p. 60-61.

ces contraintes physiques, s'ajoutent d'autres contraintes : coûts, place disponible, masse, consommation d'énergie, etc.

Afin d'explorer cette problématique, nous analyserons successivement les facteurs de dérive de coût identifiés par des analystes ou des acteurs de terrain en vue de délimiter le poids de la complexité technique des matériels dans la hausse des coûts. L'étude abordera dans un premier temps les facteurs influant sur le prix de la conception des matériels, puis dans un second temps ceux influant sur le coût de leur usage. La conception et l'usage nous semblent en effet être les deux faces d'une même médaille. La partie sur la conception se divisera elle-même en deux volets : pour expliquer la hausse régulière des coûts des matériels, nous isolerons les causes survenues entre deux générations de matériels des causes agissant lors de la conduite d'un programme d'armement. Au sein de ces ensembles, nous nous efforcerons de délimiter l'influence de la complexité intrinsèque des matériels dans la dérive des coûts.

L'inflation des coûts de conception : le rôle de la complexité

Qu'un matériel nouveau coûte plus cher que le précédent peut s'expliquer de deux façons : un changement de contexte ou des causes internes à la réalisation du matériel. La majorité des études qui se sont penchées sur la question des dérives des coûts des programmes insistent particulièrement sur des facteurs associés à des effets économiques et bureaucratiques. Pourtant, une analyse des éléments présidant à la conception des matériels fait ressortir le rôle de la complexité intrinsèque croissante des matériels militaires d'une génération à l'autre, amplifié par une difficulté à en apprécier les risques techniques. Cela se retrouve tant dans l'analyse temporelle (intergénérationnelle) que dans l'analyse du processus d'acquisition des matériels.

Facteurs intergénérationnels

Un balayage des principaux programmes d'armement nous conduit à relever trois facteurs principaux, essentiellement de nature économique : le coût des facteurs de production (travail, capital, matières premières), l'impact de la réduction des séries et, enfin, celui de la privatisation. Parmi ces facteurs, seul l'effet série est en général cité par les analystes étant donné le faible poids accordé aux deux autres. Nous les présenterons successivement.

Coût des facteurs de production

La DGA intègre dans ses contrats d'armement des formules de révision des prix en fonction de l'évolution du coût des facteurs de production¹⁷ : le coût du travail est ainsi pondéré à 65 % tandis que celui des matières premières l'est à 4 %. La différence de pondération s'explique par le fait que l'État estime que, si le coût des matières premières peut monter ou baisser, l'évolution du coût du travail est globalement linéaire. Par conséquent, une durée aussi longue que celle d'un programme

¹⁷ Jusqu'en 2009, la DGA utilisait deux types de formule pour suivre et anticiper ces évolutions de coût : une formule de révision des prix contenue dans le contrat signé avec l'entreprise, fondée sur le PIB, et une formule utilisée en interne pour prévoir le taux d'augmentation des prix. Cette méthode créait un écart entre les prévisions (internes) et les dépenses effectivement réglées (conformément au contrat signé). Depuis 2009, la DGA utilise uniquement les formules de révision de prix contenues dans les marchés pour actualiser le coût des devis initiaux.

d'armement (20 ans) est jugée capable « d'absorber les hausses passagères »¹⁸.

Aujourd'hui, les contrats d'armement sont essentiellement indexés sur le coût horaire du travail salarié, lequel augmente d'environ 3 % par an en moyenne. Ce choix d'indexation ne suffit néanmoins pas à anticiper toute la hausse réelle des coûts puisque le rapport de 2007 du comité d'examen des prix de revient des fabrications d'armement (CPRA) relève un écart moyen « voisin de 1 % »¹⁹ entre l'évolution des prix des marchés d'armement et celui des prix du PIB²⁰. La hausse des coûts dans l'armement connaîtrait donc un dynamisme propre au secteur²¹.

Si la DGA avait appliqué sa grille d'estimation des coûts à l'*iPhone*, elle aurait supposé un prix bien supérieur à celui réellement pratiqué. L'explication réside sans doute dans le fait que la fabrication des matériels militaires n'a pas été délocalisée. Rappelons que les assembleurs chinois emploient des travailleurs à la chaîne pour moins d'un dollar de l'heure. Le coût de la main d'œuvre serait ainsi l'une des explications de la différence de prix entre l'électronique de défense et les produits civils²².

Un autre facteur important est la hausse vertigineuse constatée sur quelques matières minérales au cours des dernières années (+38 % sur l'acier, +52 % sur l'aluminium, +214 % pour le cuivre entre 2008 et 2009)²³. Si l'explosion de 2008-2009 est retombée, la tendance est bel et bien à la hausse depuis les années 2000²⁴. Néanmoins, la hausse du coût des matières premières n'a qu'un impact limité sur la dérive des coûts constaté. Ainsi, le programme de véhicule blindé de combat d'infanterie (VBCI) a été affecté par la hausse du prix de l'acier, supérieure aux prévisions, pour un

¹⁸ Déclaration du Ministre du budget dans sa réponse au rapport de la Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, p. 70.

¹⁹ François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guéné, *op. cit.*, 8 juillet 2009.

²⁰ L'inflation mesure l'évolution du prix d'un panier de biens, tandis que l'indice des prix du PIB mesure l'évolution du niveau moyen des prix de tous les biens et services comptabilisés dans le PIB. Le choix d'indexation s'est porté en 1997 sur les prix du PIB.

²¹ Selon l'avis du CPRA, rapporté par Georges Tron, président de la commission finance de l'Assemblée nationale, au cours de l'audition le 8 janvier 2008 de Philippe Josse, directeur du Budget, et de Éric Querenet de Breville, sous-directeur à la direction du Budget. Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *Conclusion des travaux de la Mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur le financement des projets d'équipement naval militaire*, Assemblée nationale, n° 717, 13 février 2008, p. 131.

²² Entretien avec la DGA (juin 2012). Guénaël Pépin, « Vers une hausse du prix des produits électroniques ? », *ZDnet*, 6 juillet 2010, accessible à l'adresse : www.zdnet.fr/actualites/vers-une-hausse-du-prix-des-produits-electroniques-39752967.htm.

²³ Ministère de la Défense, mesures effectuées en 2009.

²⁴ Voir graphiques en Annexe 6, pp. 57. INSEE, « En juin 2012, les prix des matières premières importées enregistrent une nouvelle baisse », 2012, accessible à l'adresse : <http://www.insee.fr/fr/themes/info-rapide.asp?id=79>.

surcoût assez modeste de 44,7M€²⁵. Pour le CPRA, ce phénomène relativement récent n'est qu'un « [simple] facteur aggravant »²⁶.

Un dernier facteur réside dans le coût du capital, absent des rapports institutionnels traitant de la hausse des coûts des programmes d'armement. Comme les entreprises mais aussi l'État se financent sur les marchés privés, l'argent a un coût, lequel augmente sous l'effet des marchés. Quelle influence cela a-t-il sur les programmes d'armement ?

Evaluer le poids du coût de l'argent dans l'augmentation des programmes d'armement réclamerait une étude quantitative précise, tant concernant l'impact sur les entreprises que sur l'Etat. Signalons que l'Observatoire économique de la défense (OED) a réalisé et publié en mars 2002 une étude sur le poids des marchés financiers sur les entreprises liées à la défense²⁷. Ce rapport confirme que « la privatisation des entreprises a entraîné un recours croissant au marché financier, et a introduit une nouvelle forme de pilotage des firmes productrices d'armement »²⁸, le marché s'insinuant dans la relation bilatérale Etat-industrie. En conséquence, « l'ensemble de la politique de l'entreprise tend à être dominé par l'objectif de création de valeur actionnariale »²⁹. Or, cet intérêt entre parfois en conflit avec d'autres, notamment ceux de l'Etat actionnaire (économiques, sociaux, stratégiques). De plus, « sur les marchés de défense, les risques sont nombreux »³⁰ : incertitude sur les projets de recherche, la moitié d'entre eux ne trouvant pas d'applications rentables, investissements lourds pour des biens produits en faible quantité, faible croissance du marché mondial de l'armement, aléas politiques, etc.

Dans un contexte où la demande d'argent est forte, se financer sur les marchés doit pousser à obtenir la meilleure rentabilité de l'argent emprunté. Cette pratique inciterait donc à augmenter la productivité et à optimiser la chaîne de recherche et développement, à défaut de répercuter la hausse du coût de l'argent sur le prix des produits vendus. Il pourrait s'avérer intéressant d'approfondir les relations entre financiarisation croissante et prix des biens vendus³¹.

²⁵ François Cornut-Gentile et Jean-Claude Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 55.

²⁶ Comité des prix de revient des fabrications d'armement, *29^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels – documents administratifs, 24 juillet 2007, p. 17.

²⁷ Valérie Mérindol, « Le marché financier et les entreprises liées à la défense », *Ecodef*, mars 2002, n° 20.

²⁸ *Ibid.*, p. 1.

²⁹ *Ibid.*

³⁰ Marie-Noëlle Chalaye, « Restructuration financière des industries de défense : la création de la valeur en danger. Le cas de Thomson-CSF », in Marie-Noëlle Chalaye et Nathalie Cotillard (dir.), *Financement et gouvernement des firmes d'armement : freins ou facteurs de la reconversion ?*, CIRPES, 2001. Cité par Valérie Mérindol, *op. cit.*, 2002, p. 3.

³¹ A titre d'anecdote, Valérie Mérindol rapporte dans son étude que la faible attractivité boursière des entreprises de l'aérospatial et de la défense « a

En somme, les matières premières ont connu une forte hausse récente qui ne peut expliquer une inflation constatée sur plusieurs décennies. Quant au coût du travail, il ne représente que quelques pourcents. Enfin, le coût de l'argent serait lui aussi récent et reste encore à évaluer plus précisément. Ainsi, dans leur ensemble, l'influence des coûts des facteurs de production n'est pas nulle mais reste très limitée.

Privatisation et restructuration des entreprises d'armement

Depuis le milieu des années 1980, un mouvement profond de privatisation des industries d'armement s'est développé à partir des propositions de Peter Levene, directeur britannique des achats de défense (équivalent du DGA). Cette réforme devait permettre de dépasser le « double choc de la pénurie des finances publiques et de l'explosion des coûts de développement »³², de façon à dégager une plus grande marge de manœuvre dans les acquisitions. Peter Levene proposait de mettre en concurrence les fournisseurs à chaque fois que cela était possible, des études de faisabilité jusqu'à la production.

Ce mouvement a touché une grande partie des entreprises d'armement britanniques comme Ferranti dès 1980, puis British Aerospace, les Royal Dockyards, les Royal Ordnance Factories, ou encore Rolls-Royce pour citer les plus importantes. Même la fabrication des têtes nucléaires fut confiée à un consortium privé formé des sociétés Hunting et BRAE. Ce mouvement s'est ensuite étendu à la Suède (Celsius), l'Italie (regroupement dans Finmeccanica et lancement de la privatisation), l'Espagne (CASA, INDRA) et la France : privatisation totale ou partielle de Thomson-CSF (Thales), d'Aérospatiale (EADS), d'Alcatel (ex-CGE), Snecma, Eurocopter, Sextant avionique, RVI, Hispano-Suiza, Messier-Bugatti, Auxilec, Socata.

En outre, les politiques de l'époque estimaient que le statut d'entreprise publique serait de plus en plus un obstacle pour affronter une logique de marché et de concurrence accrue. Le rapport Poimboeuf de décembre 1991 proposa la séparation entre industriel et étatique et les arsenaux français virent leur statut changer : création de GIAT Industries pour l'armement terrestre en 1990, de la DCN pour l'armement naval quelques années plus tard³³.

récemment conduit des analystes financiers américains à suggérer que les firmes du secteur de la défense soient tout simplement nationalisées ! », *Ibid*, p. 4.

³² Pierre Levene, « European Defence Research and Procurement after 1992 », *NATO's Sixteen Nations*, décembre, vol. 34, n° 7, 1989, pp. 7-77, cité par Jean-Paul Hébert, « L'autonomisation des producteurs d'armement : mythe ou réalité ? », *Le débat stratégique*, n° 88, 10 décembre 2006, accessible à l'adresse : <http://www.cirpes.net/article150.html>. Pierre de Vestel, « Defence Markets and Industrie in Europe : Time for Political Decisions? », *Chaillot Papers*, n° 21, novembre 1995.

³³ Burkard Schmitt, « De la coopération à l'intégration : les industries aéronautiques et de défense en Europe », *Les Cahiers de Chaillot*, n° 40, juillet 2000.

Pour ses promoteurs, la privatisation des arsenaux devait donc permettre des gains financiers. Or, des effets imprévus ont réduit l'impact de ce processus : acquittement de la TVA par le ministère de la Défense, laquelle rentre au budget de Bercy et non à la Défense, acquittement de la taxe professionnelle versée aux collectivités territoriales, coût des assurances, etc. Ces frais jusqu'alors absents des ateliers d'Etat alourdissent bien sûr la facture.

Ainsi, la taxe professionnelle et la TVA ont représenté un surcoût de 500 M€ sur le programme de sous-marins *Barracuda*³⁴. En cumulant l'assurance de responsabilité civile, la taxe professionnelle et l'évolution du coût des facteurs entre 2001 et 2006 (dont l'évolution de la masse salariale des ouvriers d'État et l'effet mécanique de la conversion des contrats des autres personnels), le surcoût total est évalué par la Cour des comptes à 860 M€³⁵. Au total, le changement de statut de la DCN a représenté un coût financier important pour le budget de la Marine puisque les volets fiscal, industriel et social de la réforme ont renchéri le coût du programme SNLE-NG de plus de 180 M€³⁶.

Outre les suppléments d'impôts et la hausse salariale (les salaires ont en effet dû être réévalués à la hausse lors de la privatisation des arsenaux navals), l'État a dû financer une remise en état des infrastructures et des stocks de rechange, coût que l'entrepreneur privé a fait financer par le budget d'équipement de la Marine. Cette demande fut considérée comme légitime par l'amiral Forissier, alors chef d'état-major de la Marine, qui estimait avoir ainsi « payé le prix de son défaut de surveillance et de contrôle de la DCN pendant des années »³⁷.

Cet exemple n'est certes pas généralisable mais vient rappeler qu'une privatisation n'entraîne pas mécaniquement des gains financiers. En fait, elle a surtout modifié le rapport de force entre l'État et ses fournisseurs, qu'une autre décision étatique a accentué. Outre la privatisation, l'État a encouragé un regroupement industriel sur le modèle de la restructuration américaine des années 1990. Ces deux décisions ont eu pour effet d'atténuer le poids du client étatique au profit de l'industriel privé. En effet, les restructurations mises en place ont consisté à réduire le nombre d'industriels sur un même secteur d'activité, ce qui conduisait de fait à créer des oligopoles et des monopoles (DCNS pour les systèmes navals, Astrium pour les vecteurs balistiques, Dassault et EADS pour les

³⁴ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *Rapport sur l'exécution de la loi de programmation militaire pour les années 2003 à 2008*, Assemblée nationale, n° 1378, 14 janvier 2009, pp. 40-41. Le changement de statut a également entraîné une hausse de 83 M€ sur le devis d'adaptation des SNLE-NG au nouveau missile du fait de l'augmentation de la TVA. Comité des prix de revient des fabrications d'armement, *31^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels - documents administratifs, 22 juin 2010, p. 8.

³⁵ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010. Le lecteur trouvera des détails au paragraphe « Les conséquences financières et budgétaires du changement de statut de la DCN » du rapport n° 385 de l'Assemblée nationale, 20 novembre 2002.

³⁶ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, p. 61.

³⁷ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, p. 51.

systèmes aéronautiques, etc.). Suite aux fusions et acquisitions successives, certaines entreprises ont obtenu des économies d'échelle qui leur rapportent un chiffre d'affaires supérieur à la capacité financière de certains Etats. Ainsi, d'après le général Vincenzo Camporini, chef d'Etat-major de la Défense italien, le chiffre d'affaires de Finmeccanica est supérieur au budget d'équipement italien³⁸.

Quant aux privatisations, elles se sont accompagnées d'un développement des activités civiles, diminuant ainsi la dépendance des firmes par rapport à l'Etat, et d'une européanisation, voire d'une transnationalisation qui a transformé également les rapports de force. Le secteur civil connaissant des séries plus longues³⁹, le poids du client étatique s'est dilué, au risque de passer par moments au deuxième plan⁴⁰. L'actuel encouragement à exporter ne peut que renforcer cette situation. Cela annule dans les négociations le poids conféré par la situation de monopsonne⁴¹.

Face à cela, l'Etat est pris entre deux feux : renforcer encore le poids des entreprises par une politique industrielle de préférence nationale et de promotion de champions nationaux, ou bien ouvrir le marché à l'échelle européenne, la concurrence étrangère contrebalançant ces situations oligopolistiques pour faire advenir un marché véritablement concurrentiel. Selon le principe des avantages comparatifs, une telle mise en concurrence à l'échelle européenne contraindrait cependant les États à renoncer à certaines compétences nationales stratégiques si celles-ci sont plus efficaces ailleurs.

En conclusion, la privatisation a joué un rôle à la hausse concernant les arsenaux, mais l'effet fut ponctuel et ne peut expliquer l'inflation dans les programmes non-navals. Quant à la restructuration des entreprises d'armement, elle a certes modifié les rapports de force au détriment de l'Etat mais cela ne peut expliquer une multiplication par trois ou cinq ou

³⁸ Lieutenant General Vincenzo Camporini, « Policies of European Defence Industries – or European Industrial Defence Policy? », *RUSI Defense Systems*, été 2006, pp. 28-29, accessible à l'adresse : <http://www.rusi.org/downloads/assets/camporini.pdf>.

³⁹ A titre de comparaison, il sort aujourd'hui 11 *Rafale* par an contre 30 à 40 A320 par mois. Reuters, « Airbus va augmenter la production de ses A320 », *L'Express*, 18 mai 2011, accessible à l'adresse : http://lexpansion.lexpress.fr/economie/airbus-va-augmenter-la-production-de-ses-a320_255731.html.

⁴⁰ La coopération a été choisie sur l'A400M pour grouper les commandes et bénéficier d'économies d'échelle. Néanmoins, pour l'industriel, le volume demeure inférieur à celui des commandes civiles. Confrontée à un choix d'affectation de ses ingénieurs, dont l'entreprise manquait, celle-ci a préféré les mettre sur le projet civil de l'A380, concomitant, au détriment de l'A400M, acceptant dès lors de prendre du retard sur ce programme. En effet, les clients étatiques sont captifs et les pénalités de retard sont moins sévères pour des commandes militaires que civiles. Entretiens avec des industriels (décembre 2009, janvier 2013).

⁴¹ En théorie, être client unique doit donner du poids face aux fournisseurs : « C'est plus facile de faire vivre peu d'entreprises, l'Etat peut mieux gérer, on a des entreprises plus efficaces mais de l'autre côté on met l'entreprise dans une situation de monopole avec des prix qu'elle fixe de façon monopolistique. » (Entretien avec la DGA, avril 2011).

plus des coûts d'achat, comme le montre la comparaison intergénérationnelle (cf. *supra*).

Réduction des séries

Au cours de la guerre froide, l'armée française – à l'instar d'autres armées – a fait le choix de compenser sa faiblesse numérique face aux forces soviétiques par une amélioration qualitative de son armement. Avec la disparition de l'URSS en 1991, les structures de forces furent à nouveau réduites dans un mouvement général touchant de nombreux pays européens. Ainsi la professionnalisation, décidée en 1997, s'est-elle accompagnée d'une diminution de 40 % environ du personnel de l'armée de Terre et de 30 % pour les deux autres armées⁴².

Cette baisse s'est reflétée dans les commandes de matériels, d'autant plus que l'État trouvait moins de justifications à maintenir des dépenses lourdes en armement face à des menaces plus diffuses et moins pressantes.

Réductions prévues au sein des trois armées

	Etat initial 1997	Etat 2008	Etat 2012	Etat final 2015
Terre	135 régiments	96 régiments	81 régiments	81 régiments
	n.r.	30 états-majors	22 états-majors	17 états-majors
	1081 canons	231 canons	157 canons	157 canons
	768 chars	654 chars	553 chars	553 chars
	508 hélicoptères	378 hélicoptères	308 hélicoptères	301 hélicoptères
Air	52 bases aériennes	37 bases aériennes	29 bases aériennes	29 bases aériennes
	n.r.	6 états-majors	6 états-majors	6 états-majors
	49 escadrons	35 escadrons	31 escadrons	30 escadrons
	10 radars CONTROL	5 radars	4 radars	4 radars
	10 défense sol-air	9 défenses sol-air	5 défenses sol-air	5 défenses sol-air
Mer	9 bases aéronavales	6 bases aéronavales	5 bases aéronavales	4 bases aéronavales
	6 Etats-majors	6 Etats-majors	6 Etats-majors	6 états-majors
	112 bâtiments de combat (hors SNLE)	87 bâtiments de combat	71 bâtiments de combat	76 bâtiments de combat
	196 aéronefs (dont 37 en réserve)	178 aéronefs	138 aéronefs	132 aéronefs

Sources : *Military Balance, Lettre aux entreprises de la défense* (2^e trimestre 2012, p. 2), <http://www.pilotedechasse.org/article-19309326.html> pour les bases aériennes en 1995.

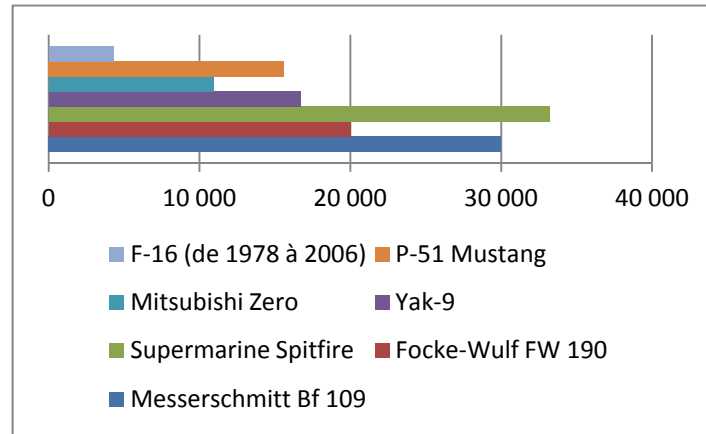
Le recalibrage à la baisse des parcs est une conséquence logique de cette réduction de format et a touché plusieurs pays, et les trois armées⁴³. Ainsi, les avions de chasse F-86 *Sabre*, Mig-21 *Fishbed*, F-104 *Starfighter* ou F-4 *Phantom II*, produits en milliers d'exemplaires jusque dans les années 1970, sont remplacés par des appareils produits à

⁴² Bernard Boëne, « La professionnalisation des armées : contexte et raisons, impact fonctionnel et sociopolitique », *Revue française de sociologie*, vol. 44, n° 4, 2003, pp. 647-693.

⁴³ Edward Luttwak, « Towards Affordable Weapons », *Politique Etrangère*, vol. 72, n° 4, hiver 2007, disponible à l'adresse : http://www.ifri.org/downloads/PE_4_2007_Luttwak.pdf. La plupart des chiffres qui suivent sont extraits de cet article.

quelques centaines d'unités (*Mirage V, Mirage III E, Rafale*)⁴⁴. Pendant la Seconde Guerre mondiale, on pouvait atteindre un pic de quatre appareils produits par jour. Aujourd'hui, l'industrie de défense produit 1,5 *Rafale* par mois⁴⁵ et une dizaine à une trentaine de F-18, Su-27 et *Eurofighter* par an⁴⁶. Quant aux bombardiers, il faut compter 3 à 5 B-2 ou Tu-160 par an. La situation est identique pour les hélicoptères : le nombre d'hélicoptères de combat *Tigre* prévu s'est ainsi réduit de 215 à 80, réduisant d'un tiers environ (3 Md€) la facture mais faisant progresser le prix unitaire de 78 %⁴⁷.

Production d'avions de combat



Source : Luttwak, *Politique Etrangère*, 2007.

La réduction des parcs touche également les véhicules blindés. Alors que les chars se comptaient auparavant en milliers d'exemplaires, la cible du char *Leclerc* s'est réduite de 1 000 à 250 tandis que sa production s'étalait sur 15 ans, soit une moyenne annuelle de livraisons inférieure à trente chars. De même, un rapport du Sénat indique qu'en « cohérence avec la diminution du format des forces, il est prévu de passer de 3 900 VAB à environ 2 300 VBMR »⁴⁸. La situation est identique pour les bâtiments navals, quoique l'effet soit moins visible étant donné la taille déjà relativement réduite des flottes⁴⁹.

Par ailleurs, l'incertitude qui domine la politique depuis l'effondrement soviétique d'une part, et la restriction du contexte budgétaire d'autre part, amènent les décideurs à se montrer prudents. Non contents de réduire les volumes commandés, ils recourent aux tranches

⁴⁴ Le programme Rafale a été réduit de 320 à 286 appareils. Le Rapport Bernard prévoyait deux hypothèses à la fin des années 1980 : 600 et 1 000 appareils.

⁴⁵ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, p. 54.

⁴⁶ « Eurofighter: UK ready to proceed with production », *PR Newswire*, 2 septembre 1996, accessible à l'adresse : www.prnewswire.co.uk/cgi/news/release?id=40282.

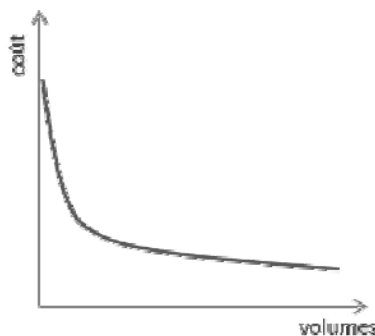
⁴⁷ Cour des comptes, *op. cit.*, p. 50.

⁴⁸ Xavier Pintat et Daniel Reiner, *Projet de loi de finances pour 2010 : défense - équipement des forces*, Sénat, n° 102, 19 novembre 2009.

⁴⁹ Avec quelques exceptions américaines : 30 destroyers *Spruance* DD 963 furent commissionnés entre 1973 et 1979, et 33 destroyers *Arleigh Burke* classe Aegis.

conditionnelles. Elles ont l'avantage de laisser du temps pour apprécier la situation géostratégique et s'adapter, mais l'inconvénient de se traduire par des commandes au coup par coup, qui accroissent inévitablement le coût marginal de production. En effet, les industriels ont besoin d'anticiper leur niveau de commandes pour savoir s'il est rentable de monter une chaîne de production. Autrement dit, chaque production est comme artisanale et son coût unitaire élevé. Par ailleurs, ces faibles taux de production entraînent des déséconomies d'échelle ou rendements décroissants⁵⁰. Néanmoins, d'après certains militaires, l'effet série ne permettrait de gagner que 10 % à 15 % du prix, et jouerait de ce fait un rôle relativement peu important dans la hausse des prix⁵¹.

Exemple de courbe d'expérience



Source : <http://www.strategie-produit.com>.

Le cas de l'électronique civile et militaire illustre bien ces problématiques de séries. On observe depuis des années que le coût d'un équipement TIC (technologies de l'information et de la communication) diminue par unité de performance – phénomène connu comme la loi de Grosch. Pour autant, les équipements électroniques voient leur coût proportionnellement augmenter dans le coût total des systèmes d'arme. On considère que le coût d'un autodirecteur de missile représente 30 % à 50 % du coût du missile, et que le coût de l'électronique dans le *Rafale* pèse 30 % à 40 % du coût total de l'appareil⁵². Selon Luttwak, la baisse en volume explique que la baisse continue du coût des composants électroniques dans le secteur civil ne se soit pas ressentie dans l'armement.

Or, le secteur militaire s'approvisionnant désormais massivement sur les chaînes civiles, l'effet série devrait pleinement jouer à son profit. En réalité, les industriels doivent tester les composants achetés pour sélectionner les plus résistants, ce qui occasionne un surcoût. Par ailleurs, la réduction générale du coût de l'électronique entraîne un effet d'aubaine sur les performances des systèmes. En effet, les gains antérieurs (miniaturisation, briques réutilisables) servent non à réduire le prix mais à

⁵⁰ Sur l'effet d'expérience, voir Annexe 9, p. 59-60.

⁵¹ Entretien avec un officier de l'armée de Terre (septembre 2010).

⁵² Entretien avec le Capitaine Yohan Droit, chercheur sur le programme Rafale au CESA (octobre 2012).

ajouter des fonctions. Selon un ingénieur spécialisé en électronique, il s'agit donc « d'en faire plus pour le même prix »⁵³ et non pas autant pour un prix moindre. Un autre expert confirme : « A l'époque, on nous demandait 10 fonctions dans un système, (...) à la limite, on s'en contentait parce que personne n'avait beaucoup mieux, etc. On a quand même progressé (...) par contre au lieu d'avoir 10 fonctions, on en demande 100 aujourd'hui. »⁵⁴ Or, les difficultés techniques se nichent précisément dans l'intégration des systèmes : le coût et les difficultés d'organisation sont exponentiels par rapport aux fonctions supplémentaires. En outre, l'équipementier doit satisfaire des exigences élevées en matière de sûreté de fonctionnement et de qualification en environnement. Or, plus on ajoute de fonctions, plus le système devient complexe, et plus les démonstrations prennent du temps. Au final, les gains issus de la loi de Grosch ne jouent qu'à la marge⁵⁵.

Enfin, une dernière dimension associée à l'« effet série » tient à ce que les armées réduisent non seulement leurs différents parcs, mais aussi la variété des familles de matériels. C'est ainsi que l'EBRC doit succéder à partir de 2018 aux actuels blindés légers AMX-10RC et ERC-90 Sagaie, comme le *Rafale* remplace plusieurs familles d'avions de chasse. Est-ce le choix de matériels polyvalents qui est, via le coût, à l'origine de la réduction des parcs, ou bien cette baisse des volumes de matériels a-t-elle entraîné l'introduction d'équipements polyvalents ? Considérant la polyvalence comme une réponse à une demande de performance, Edward Luttwak affirme que les deux hypothèses se renforcent mutuellement dans un cercle vicieux à l'œuvre depuis les années 1950⁵⁶. Moins les Etats achètent de matériels, plus ces derniers doivent être dotés d'une meilleure performance. Cette performance supérieure « requiert des micro- et des macro-innovations qui sont onéreuses »⁵⁷. Comme ces futurs matériels n'entreront pas en service avant plusieurs années, ils « doivent avoir des performances encore plus grandes, ce qui accroît les coûts, réduisant d'autant la cible d'acquisition »⁵⁸.

⁵³ Entretien avec un industriel (octobre 2012)

⁵⁴ Entretien avec un industriel (mars 2011). Michael Blastland, journaliste britannique, constate que « si c'est moins cher, les gens en veulent souvent plus, et parfois, cela veut dire plus de dépenses au final et non moins ». « Does efficiency always save money? », *BBC*, 20 mars 2012, accessible à l'adresse : <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-17434638>.

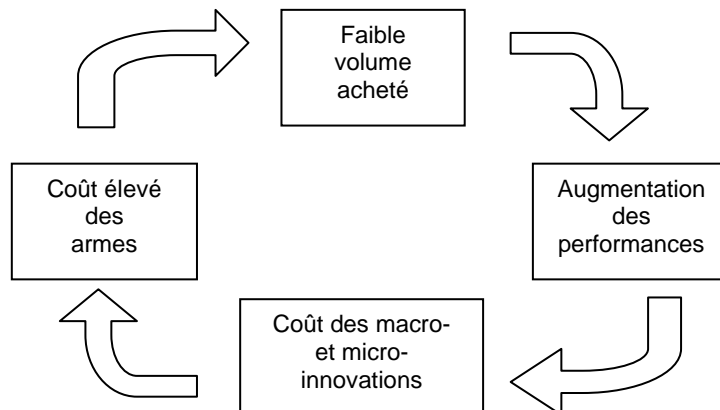
⁵⁵ Entretien auprès d'un industriel (octobre 2012). Voir également « Defence spending in a time of austerity », *The Economist*, 26 août 2010. Cet article ajoute que les exigences de durcissement et de sécurité compliquent la mise à jour des appareils et gênent la fonctionnalité « plug and play », deux besoins forts des armées.

⁵⁶ Edward, Luttwak, *op. cit.*, 2007, p. 7.

⁵⁷ *Ibid.*

⁵⁸ *Ibid.*

Représentation schématique de la pensée d'Edward Luttwak (2007)



Le fait de parler de polyvalence permet d'étendre le schéma de Luttwak à plusieurs familles de matériels au lieu de raisonner sur un seul objet. L'histoire du *Rafale* l'illustre. Conscients de la hausse intergénérationnelle du prix des matériels, les décideurs du *Rafale* optèrent pour le concept de polyvalence qui permettait de réduire sept familles d'avion à une seule, espérant qu'ainsi le coût total du programme serait moindre que s'ils avaient développé plusieurs familles. En définitive, le développement du *Rafale* coûta le double du développement de quatre familles de *Mirage 2000*, mais on peut néanmoins estimer que cela reste inférieur à ce qu'il aurait fallu déboursier pour des flottes d'avions spécialisés⁵⁹. Ainsi, on peut considérer le programme *Rafale* comme une tentative de sortir du cercle vicieux en se déplaçant au niveau « familial » : en condensant l'augmentation des performances dans un seul type d'appareil, devenu multirôle, les acteurs espéraient que la croissance du coût serait moindre que pour des appareils monotâches, et qu'il serait donc possible d'acheter plus de *Rafale* que d'appareils d'une même famille⁶⁰.

L'effet série joue donc un rôle bien réel dans l'accroissement des coûts mais il n'expliquerait néanmoins que 10 % à 15 % du surcoût. Par ailleurs, ce phénomène est intrinsèquement lié à celui de l'augmentation des performances – second terme de l'équation quantité/qualité –, et donc *in fine*, à la complexité technique croissante des matériels.

⁵⁹ Entretien avec le Capitaine Yohan Droit, chercheur sur le programme Rafale au CESA (octobre 2012).

⁶⁰ L'arbitrage quantité-qualité ne s'est pas toujours révélé satisfaisant aux Etats-Unis. La croissance des coûts de l'électronique dans les avions de chasse depuis la Seconde guerre mondiale a contraint l'armée de l'Air américaine à réduire sa flotte d'appareils tactiques, mais les capacités supérieures des appareils modernes devaient permettre à un F-14 à 30M\$ d'abattre 74 F-5. Des combats aériens d'entraînement ont néanmoins montré que le ratio était plus proche de cinq F-5 pour deux F-14 en combat avec des appareils multiples. Lenny Siegel et John Markoff, *The High Cost of High Tech: The Dark Side of the Chip*, New York, Harper and Row Publishers, 1988.

Evolution du besoin entre deux générations de matériel

Cette demande de plus de performances entre deux générations de matériel constitue une évolution du besoin. D'après l'économiste Renaud Bellais, chargé d'affaires à la direction des affaires publiques France d'EADS, une performance supplémentaire de 5 % dans l'aéronautique entraîne une hausse de 25 % du coût et représente un tiers des difficultés d'ingénierie⁶¹. Ce serait l'élément explicatif le plus fort de la hausse des coûts.

Nous avons vu qu'un accroissement des performances sert à compenser une diminution quantitative des parcs. Outre cela, des fonctionnalités nouvelles sont demandées car « il faut remplir de nouveaux critères pour atteindre les mêmes objectifs »⁶². Il peut s'agir de besoins d'interopérabilité, de la pression politique pour limiter les pertes, ou encore du souhait d'assurer aux militaires le même niveau de sécurité que n'importe quel autre travailleur⁶³. Citons aussi une évolution des mentalités concernant le niveau d'inconfort acceptable⁶⁴. Ainsi, l'augmentation du déplacement du sous-marin *Barracuda* (de 4 000 t. à 4 650 t.) est due entre autres aux spécifications liées aux conditions de logement de l'équipage, plus conformes au regard de la réglementation de sécurité et santé au travail en vigueur ; cette évolution induit un surcoût évalué à 330 M€₂₀₀₆.

Les spécifications liées à la quête de maximisation des effets opérationnels, et de supériorité technologique sont également facteurs de surcoûts⁶⁵. La quête de précision en zone urbaine, par exemple, impose de déployer des prouesses de technologie lorsqu'il s'agit de pouvoir cibler en ville avec un missile volant à 300 m/s⁶⁶. Cette maximisation passe aussi par de nouveaux outils. L'hélicoptère *Tigre* dispose de moyens de communications, des radars, des équipements de vision nocturne et d'autres équipements qui n'existaient pas sur la *Gazelle*.

Un exemple éclairant du surcoût induit nous est donné par les Etats-Unis : ils ont souhaité rééditer il y a quelques années un modèle ancien d'avion de reconnaissance légèrement armé, tels l'OV-10 *Bronco* ou le Piper Aircraft PA-48 *Enforcer*. Ces appareils, ayant fait leurs preuves dans des conflits passés, sont adaptés aux missions de contre-insurrection et notamment pour les capacités d'appui-feu rapproché. Commander des appareils moins sophistiqués qui rempliraient mieux les missions pour un coût attendu de 1 000 \$ l'heure de vol semble une bonne idée⁶⁷. Pourtant, le général Norton Schwartz, chef d'État-major de l'US Air Force à l'origine de cet appel d'offre, s'y est finalement opposé pour des

⁶¹ Renaud Bellais, séminaire d'économie de défense, EHESS, 11 février 2010.

⁶² Entretien avec un officier de l'armée de Terre (mai 2010).

⁶³ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, p. 9.

⁶⁴ Séminaire « Plan Prospectif à 30 ans », Paris, 10 février 2009.

⁶⁵ Entretien avec un officier de l'armée de Terre (août 2010).

⁶⁶ Entretien avec un industriel (septembre 2010).

⁶⁷ « USAF Receives First Funding for LAAR Aircraft Programme », *Airforce-technology.com*, 11 septembre 2009, accessible à l'adresse : <http://www.airforce-technology.com/news/news72193.html>.

raisons exposées par son prédécesseur, le général T. Michael Buzz Moseley :

Comme pour la plupart des appareils de l'Air Force, nous avons encore pu voir comment le besoin devient "plaqué or" : sièges éjectables, cockpit pressurisé, train rétractable, systèmes HOTAS [Hands On Throttle And Stick], HUD [visualisations tête haute], cockpit entièrement intégré (sur étagère ou pas), viseurs de casque, etc. A la fin, le processus d'expression du besoin et le prix en hausse de certains fabricants ont fait porter tout cela à 20 millions de dollars l'appareil. Cela revient moins cher de sortir les vieux F-16 de leur cimetière et de les rénover⁶⁸.

Ces nouveaux équipements, dénoncés par le général, font partie de l'expression de besoin, ce qui illustre bien le fait que, pour remplir un objectif même modeste, on ne peut s'empêcher aujourd'hui d'inclure des technologies coûteuses⁶⁹. La France n'est pas épargnée par cette tendance. Ainsi, des officiers de l'armée de Terre rencontrés insistent pour dire qu'ils demandent un remplaçant *quasiment à l'identique* du précédent, comme s'ils ne réalisaient pas que les ajouts – des éléments électroniques et des outils de télécommunication et d'optique – sont particulièrement onéreux⁷⁰.

A ces nouvelles exigences pour atteindre un même objectif, s'en ajoutent d'autres pour répondre à des besoins nouveaux. En effet, la fin de la Guerre froide et l'effondrement de l'Union soviétique ont introduit une incertitude quant à la forme de la menace à venir⁷¹. Faute de pouvoir prédire la nature du conflit dans lequel sera impliquée l'armée, les caractéristiques géographiques et humaines du théâtre, le style de combat de l'adversaire, il devient de plus en plus difficile de définir les besoins des armées et les spécifications des matériels de défense. Cette incertitude se traduit par des exigences de conditions d'emploi larges et une multiplicité de fonctionnalités sur un même appareil, de façon à lui permettre de remplir sa mission dans une grande diversité de situations (« large spectre »). Or, un appareil polyvalent sera plus cher qu'un appareil mono-tâche à cause non seulement des multiples fonctions qu'il faut développer mais encore des efforts pour ensuite les intégrer. En somme, l'expression du besoin s'est étoffée et cela s'est traduit par de nouveaux besoins techniques qui soulèvent d'importantes difficultés de conception. La

⁶⁸ Greg Grant, « Did "Gold Plated" Requirements Doom Air Force Light Attack Plane? », *Defense Tech*, 7 mai 2010, accessible à l'adresse : <http://defensetech.org/2010/05/07/did-gold-plated-requirements-doom-air-force-light-attack-plane/#ixzz12DtqeOuC>.

⁶⁹ L'expression de besoin pour l'avion de reconnaissance léger armé LAAR est accessible sur le site gouvernemental FedBizOpps.gov (27 juillet 2009), à l'adresse : <https://www.fbo.gov/index?s=opportunity&mode=form&id=b30065477e7b9159bb2687f2cc2a3667&tab=core&tabmode=list&cck=1&au=&ck>.

⁷⁰ Entretiens avec des officiers de l'armée de Terre (juin 2010, avril 2011).

⁷¹ Lucien Poirier, *La crise des fondements*, Paris, Economica, 1994, toujours d'actualité.

complexité technique apparaît donc ici comme une cause majeure de surcoût.

Difficultés d'ingénierie

Aujourd'hui, pour concevoir un avion, il faut maîtriser les matériaux composites, l'électronique, les logiciels, l'aérodynamique, la propulsion, etc., autant de disciplines qui constituent des champs de recherche en propre, nécessitent des experts et des moyens dédiés, ainsi qu'une durée étendue. Il faut non seulement s'assurer de la mise au point technique de chacune de ces pièces, la tester, mais aussi réaliser les interfaces, afin de les associer entre elles pour former des équipements, agréger leurs résultats, donc réaliser des calculs d'intégration, tester ceux-ci ensemble, puis les associer à leur tour pour former des sous-systèmes, puis des systèmes, et ainsi de suite. Ces milliers voire millions de composants et d'interfaces nécessitent d'établir autant de plans et de spécifications : nous touchons là à la complexité intrinsèque de l'objet technique.

En clair, il ne s'agit pas uniquement de développer un élément nouveau, mais de l'intégrer dans un système au sens où les éléments forment un ensemble harmonieux. Dès lors, modifier un élément oblige à repenser l'ensemble. Et le retard d'un élément retarde d'autant la réalisation de l'ensemble. La maîtrise de cette cascade de spécifications, de plans et de composants devient incertaine lorsque s'y ajoutent les incertitudes techniques⁷². L'hétérogénéité des disciplines impliquées et leurs interactions spatiales et temporelles ont conduit à développer une nouvelle science : la science de la complexité, présentée aussi comme science des systèmes. Ainsi, nous ne parlons plus d'avions ou de bateaux mais de systèmes d'armes, et même de systèmes de systèmes.

Avec des avions de quelques centaines de pièces au début du XXe siècle, la difficulté, le temps, les moyens mis en œuvre sont nécessairement moindres que pour un avion de dernière génération à un million de pièces⁷³. Aujourd'hui, l'ingénierie système représenterait le tiers du coût d'un avion⁷⁴. Ces risques additionnés poussent parfois les entreprises à solliciter des acteurs extérieurs pour les partager⁷⁵. En outre,

⁷² David Bonnus, « Comment limiter les retards des grands programmes aéronautiques? », *Usine nouvelle*, 22 juillet 2010.

⁷³ Le F-35 *Joint Strike Fighter* contiendrait un « nombre démentiel » de puces, d'après un expert en semi-conducteurs . « The Hunt for the Kill Switch », *IEEE spectrum magazine*, mai 2008.

⁷⁴ Renaud Bellais, séminaire d'économie de défense, EHESS, 11 février 2010.

⁷⁵ *Ibid.* De même, Nokia, malgré 400 M€ d'équipements en production, n'a pas les moyens de développer de systèmes propriétaires. Sagem justifie avec cet argument le fait que son dernier logiciel d'avionique repose aux deux-tiers sur de l'*open source*. Cas cités par Mazzanti, de la division optronique de défense, lors des 5e Rencontres Terre-Défense, 1^{er} mars 2011. Le phénomène touche le civil comme le militaire et n'est pas récent : IBM, la première grande entreprise à avoir fait ce calcul, a décidé dès 1999 de "libérer" de grandes quantités de lignes de code propriétaire et de mettre en place des équipes pour travailler spécifiquement sur Linux et Apache. L'entreprise a amplifié cette politique en 2002, ce qui lui a permis de réaliser des économies considérables dans la mesure où elle investit

l'innovation ne peut, par définition, s'appuyer sur une expérience passée, impliquant pour les entreprises de nombreux tests, et donc un surcoût en conséquence.⁷⁶ Ces nouveaux systèmes nécessitent souvent des conditions de stockage spécifiques dont les équipements anciens n'avaient nul besoin. Les hélicoptères *Tigre* comme les chars *Leclerc* ont désormais besoin de hangars et des dispositifs à hygrométrie contrôlée pour leur remisage de longue durée alors même que leur coût n'avait pas été inclus dans le programme. « À lui seul, le programme infrastructure du char *Leclerc* coûta plus de 150 millions d'euros entre 1990 et 2005. Ce programme englobe les écoles et centres d'instruction, qui doivent assurer la formation de leurs stagiaires, l'établissement de marque, pour la maintenance et l'approvisionnement et, bien sûr, les quatre régiments (Mourmelon, Olivet, Carpiagne, Verdun) équipés du char *Leclerc* qui doivent mettre en œuvre leurs matériels, assurer la formation et l'entraînement de leurs équipages, et exécuter les opérations de maintenance de leur niveau (NTI 1/2). »⁷⁷ De la même façon, le changement de génération entre les missiles intercontinentaux M45 et M51 a nécessité des travaux pour adapter l'infrastructure d'accueil sur l'île Longue pour un montant de 200 M€⁷⁸. En demandant par la nouvelle instruction ministérielle 1516 que tout le cycle de vie du programme soit pris en compte, et en intégrant un responsable du soutien dans l'équipe de programme intégrée, les rédacteurs espèrent tenir compte dès le départ de ces nouveaux besoins (matériels et financiers), afin de ne plus sous-évaluer le coût de possession.

La documentation, obligatoirement fournie et facturée par l'industriel fabricant, est un bon indicateur de l'accroissement de la complexité des matériels militaires. Elle comporte plusieurs parties : le guide technique, destiné au pilote pour la mise en œuvre et l'exploitation du système, et le manuel de maintenance pour le soutien. Cette documentation a pris de l'ampleur avec le perfectionnement technique des systèmes d'armes : si elle pouvait auparavant tenir dans un livre, elle nécessite désormais plusieurs tomes, condensés dans plusieurs CD, pour présenter toutes les données contractuelles. Le guide technique du SDTI tient ainsi dans 30 livres et celui du VBCI comporte 2 000 pages. Pour donner une image, pour transporter toute la documentation technique au format papier d'un Boeing 747, il faudrait utiliser un Boeing 747.

Le coût de la documentation peut représenter de 0,05 à 3 fois le prix d'un système terrestre, pour un prix moyen de 15 % du prix d'achat. La

seulement 100 M\$ par an dans le développement de Linux, alors qu'il lui faudrait investir dix fois plus pour développer seuls un système d'exploitation équivalent. Je remercie le chercheur Sébastien Broca, du CETCOPRA, pour cet exemple d'IBM.

⁷⁶ Entretien avec des officiers de l'armée de l'Air (avril 2011).

⁷⁷ François Cornut-Gentile, « Annexe 39 – défense » in Gilles Carrez (dir.), *Rapport sur le projet de loi de finances pour 2005 (n° 1800)*, n° 1863, Assemblée nationale, 13 octobre 2004, p. 105.

⁷⁸ Ce coût englobe toutefois la rénovation des installations pyrotechniques, des travaux nécessaires après une dizaine d'années de sous-investissements. Cela a représenté un surcoût de 0,1 % du budget annuel alloué à la dissuasion nucléaire. Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, pp. 40-41.

documentation électronique du *Rafale* a pour sa part coûté 1 Md€ (celle du *Mirage 2000D* environ 4,5 M€). La rédaction de la documentation représente par conséquent un coût non négligeable⁷⁹.

Pourtant, le guide technique, devenu trop précis, trop détaillé, trop pointu, est inutilisable pour la plupart des personnes. La DGA et l'industriel ont donc ajouté une version plus courte, tout particulièrement pour du personnel non-spécialiste. C'est ce petit mémento qui est largement distribué et lu. La version complète sert aux formateurs. Le guide technique contractuel trouve sa raison d'être en cas de dysfonctionnements : à cause de l'interdépendance croissante des éléments composant le système, modifier une pièce peut avoir des conséquences insoupçonnées du personnel qui effectue la modification. Il est donc indispensable pour l'industriel de fournir une documentation à jour afin de se couvrir contractuellement.

L'analyse intergénérationnelle montre donc que, au côté de la réduction des séries, les facteurs les plus influents – augmentation des performances, évolution du besoin, difficultés d'ingénierie – sont tous liés à la complexité technique croissante des matériels.

Facteurs propres à la conduite des programmes

En plus des facteurs intergénérationnels liés à des phénomènes macro- et micro-économiques, l'accroissement du coût des matériels militaires est également lié à des facteurs internes, directement associés au processus d'acquisition et de contrôle des programmes d'armement. Parmi ces faiblesses organisationnelles, les plus importants sont la sous-estimation des difficultés techniques, l'étalement de la production et du financement et les surcoûts associés à des pratiques et des procédures sous-optimales.

Sous-estimation des difficultés techniques

Dès 1961, le rapport britannique Gibb-Zuckerman sur la R&D⁸⁰ identifiait trois raisons à la hausse des coûts : un échec à identifier les risques techniques ; une mauvaise estimation initiale des coûts et du temps ; un échec à définir la capacité nécessaire et les paramètres de performance.

Les deux premières causes restent valables car les difficultés techniques sont difficilement estimables *a priori* dans le cas de produits innovants. Les industriels ne peuvent compter que sur leur expérience de projets passés, différents par essence. Il s'agit donc toujours d'une approximation⁸¹. Pourtant, celle-ci est contractualisée ; les écarts sont alors considérés comme des « dérives », tandis que le respect de l'estimation paraît normal car conforme au contrat – au lieu d'y voir une prouesse d'ingénierie.

⁷⁹ Entretien avec la Section Technique de l'Armée de Terre (septembre 2010)

⁸⁰ Cité par Antonia Cox, *op. cit.*, 2010, p. 23.

⁸¹ Voir Annexe 7, p. 58.

En réalité, une mauvaise estimation n'est pas rare – sans être très fréquente. A titre d'exemple, la rénovation de l'AMX 10 RC a « pâti des déficiences de l'organisation industrielle et de l'insuffisance des études préparatoires concernant particulièrement les risques induits par le démontage des châssis usés. La nature et le volume des travaux à réaliser ont été mal appréciés »⁸². De même, un surcoût de 500 M€ sur la LPM 2003-2008 pour le programme M51 est attribué aux difficultés ponctuelles de développement et aux évolutions défavorables des indices des prix contractuels⁸³. Les entreprises font certes des provisions pour résoudre les difficultés techniques qu'elles estiment éventuellement rencontrer dans la réalisation du travail confié. Néanmoins, les provisions ne s'avèrent pas toujours suffisantes. Pour l'A400M, le PDG d'EADS explique que sa provision initiale était de 2,2 Md€ alors que les surcoûts sont estimés à 5,2 Md€⁸⁴.

Certaines sous-estimations peuvent toutefois être volontaires. On peut citer trois programmes d'armement (le VBCI, MARTHA et FELIN) dans lesquels l'industriel s'est rendu compte, après avoir remporté l'appel d'offre, qu'il ne maîtrisait pas toutes les capacités techniques⁸⁵. Il a alors demandé des délais et de l'argent supplémentaires pour réaliser le matériel. Les industriels rencontrés reconnaissent qu'ils peuvent parfois sous-estimer volontairement les délais et les coûts afin de remporter le marché. Ils justifient cela par la logique des appels d'offre qui pousse au moins-disant, même si le code des marchés publics encourage formellement le meilleur rapport qualité-prix.

Il faut également souligner que les contrats, une fois attribués, sont rarement annulés, même en cas de non-respect des délais et des coûts contractualisés. En effet, l'État est prisonnier d'un phénomène connu sous le nom d'*investment trap* : estimant avoir déjà trop investi dans le programme, il préfère le poursuivre, quitte à supporter des dépassements de coût exorbitants⁸⁶. Cela pourrait rassurer un industriel affichant des coûts optimistes⁸⁷. De plus, le code des marchés publics oblige, en cas de

⁸² Comité des prix de revient des fabrications d'armement, *30^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels – documents administratifs, 27 mai 2009, p. 4.

⁸³ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, pp. 40-41.

⁸⁴ Audition de Louis Gallois devant la commission de la défense de l'Assemblée nationale, 2 juin 2010, p. 4.

⁸⁵ Entretiens avec des officiers de l'armée de Terre (septembre 2010) ; Cour des comptes, *Communication à la commission des finances, de l'économie générale et du plan de l'Assemblée nationale – Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie (VBCI), programme majeur d'armement 2000-2004*, 10 mars 2006 (annexe du rapport n° 3254 présenté par François Cornut-Gentille et Jean-Claude Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006). Cette situation s'est retrouvée dans le programme A400M, où des exigences ont dû être abandonnées. Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, pp. 45-46 ; Valérie Lion, « A400M rattrapé au vol », *L'Express*, n° 25, 24-30 juin 2011, p. 84.

⁸⁶ « On ne peut plus arrêter. [...] Il y a un stade où si on arrête, c'est une perte sèche ». Entretien avec le CPRA (février 2011).

⁸⁷ Néanmoins, le code des marchés publics interdit d'ajouter plus de 15 % au montant initialement prévu. Un dépassement est supposé indiquer que le client a

rupture de contrat, à relancer un marché, au risque de perdre davantage de temps qu'en poursuivant le marché actuel. Aussi les pouvoirs publics peuvent-ils préférer continuer avec un maître d'œuvre insatisfaisant et attendre la fin du contrat pour en changer plutôt que de rompre le contrat et s'adresser à un autre industriel.

Il n'est pas ici question de rejeter la faute sur l'industriel. Dans certains cas, la DGA est complice de ces sous-estimations, comme le laisse entendre la Cour des comptes, qui regrette « la faiblesse des travaux préalables à la décision de lancement »⁸⁸. Et de citer la suppression de la provision pour risques dans certains programmes, notamment dans les années 1990 pour le missile M51, « pour faire baisser artificiellement le devis de certains programmes ». L'absence de ces études initiales représente une économie à court terme, mais se « paie » plus tard par des études de développement et un processus industriel de production rendu plus difficile. La Cour des comptes rappelle à juste titre que « surmonter de tels obstacles prend du temps, a un coût et entraîne de telles difficultés techniques que le système d'armes ne peut, la plupart du temps, être mis en place que dans des versions aux standards dégradés qualitativement par rapport aux performances attendues et aux spécificités retenues (situation affectant le *Rafale*, le *Tigre* et le NH90), lesdites spécificités n'étant que progressivement améliorées ».

En réalité, les deux parties auraient donc bien conscience de la valeur purement indicative de ces données mais joueraient le jeu, choisissant parfois d'ignorer les difficultés inhérentes à toute innovation. C'est en tout cas la conclusion à laquelle parvient un rapport de l'Assemblée nationale : « les difficultés d'exécution des programmes d'équipement militaire sont la conséquence d'une insuffisante sincérité budgétaire dont toutes les parties semblent en fait se satisfaire »⁸⁹.

Le cas de l'A400M est emblématique d'une sous-estimation volontaire acceptée par toutes les parties. Quand on regarde les fonctions demandées d'un côté, et les délais et les coûts sur lesquels les parties se sont engagées de l'autre, « le produit est impossible », affirme un spécialiste⁹⁰. Par ailleurs, EADS, plus familier de l'aviation de transport civile que militaire, s'engageait sur un type d'appareil qu'il connaissait mal⁹¹. En outre, l'entreprise prenait tous les risques de développement à sa charge contre l'engagement ferme des Etats d'acheter 180 appareils pour une somme fixée à l'avance (260 Md€), selon une procédure « classique dans l'aviation commerciale » mais inadaptée aux conditions militaires. Cette sous-estimation est d'autant plus risquée quand d'importantes innovations sont prévues, comme le moteur – le président Chirac ayant

été trop exigeant vis-à-vis de l'industriel ou que le besoin a évolué, auquel cas, il faut interrompre le marché et en repasser un autre.

⁸⁸ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, p. 44.

⁸⁹ Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, p. 49.

⁹⁰ Cité par Valérie Lion, « A400M – rattrapé au vol », *L'Express*, n° 25, 24-30 juin 2011, p. 84. Le paragraphe est issu de cette source.

⁹¹ Seul EADS CASA avait l'habitude des avions de transport militaire tactiques, alors que l'A400M, polyvalent, est aussi bien tactique que stratégique.

demandé de développer un moteur entre Européens plutôt que d'acheter un moteur américain –, ou encore le calculateur (nécessitant trois fois plus de lignes de programmation que pour le *Rafale*). Mais EADS ne veut pas rater l'occasion de percer dans ce domaine. Devant les problèmes qui s'accumulent, l'entreprise demande du temps et de l'argent, que les Etats finissent par lui donner. Louis Gallois, devenu entretemps PDG du groupe, rappelle que « personne n'a jamais développé d'avions militaires en moins de dix ans » et dénonce « un contrat léonin et irréaliste », que l'entreprise avait pourtant accepté de signer quelques années plus tôt. Inversement, il est difficile de croire que les Etats clients n'étaient pas conscients du caractère irréaliste de l'offre commerciale, alimentant ainsi « une sorte d'illusion partagée » selon Fabrice Brégier, devenu PDG d'Airbus en juin 2012.

Sans sous-estimer le poids des structures et des habitudes organisationnelles, on ne peut exclure le fait que la complexité technique croissante des programmes d'armement contribue aussi à rendre plus difficile l'estimation des difficultés techniques. Les hausses imprévues du coût qui en découlent alimentent ainsi le recours aux étalements budgétaires.

Etalement budgétaire

L'étalement budgétaire est dénoncé tant par la Cour des comptes que par les parlementaires comme un motif important de dérive des coûts des programmes⁹². A titre d'illustration, la seconde cause de renchérissement (145,7 M€) du programme du porte-avions *Charles de Gaulle* sont les étalements calendaires, décidés principalement en 1989 pour des raisons budgétaires (5 % du total du surcoût)⁹³. Ils expliquent également les deux-tiers du retard (36,5 mois) du porte-avions. De même, seuls 40 appareils *Rafale* ont été livrés sur la période 2003-2008 (soit 7 par an) au lieu de 57 pour cause de régulation financière⁹⁴.

Cette incapacité de l'État à faire face à ses propres engagements financiers s'explique en partie par une conséquence perverse du caractère non-contraignant de la loi de programmation militaire (LPM). De crainte qu'elle ne soit pas pleinement exécutée, ses rédacteurs utilisent l'enveloppe financière à son maximum, ne se laissant aucune marge de manœuvre en cas d'imprévus, qu'ils soient de nature technique (aléas industriels, risques sous-estimés, etc.) ou relevant d'un besoin non-anticipé ou tout simplement oublié⁹⁵. Lorsqu'un impondérable survient, les

⁹² Voir par exemple Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, p. 42.

⁹³ *25e rapport d'ensemble du comité des prix de revient et de fabrication des armements*, *op. cit.*, Journaux officiels - documents administratifs, pp. 14-15.

⁹⁴ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, p. 54. Voir Annexe 8, p. 59.

⁹⁵ Concernant la sous-estimation des risques techniques, le retard de 4 ans du programme Barracuda sur les prévisions de la loi de programmation militaire « résulte du fait que l'écart entre les prévisions de la loi de programmation militaire et le coût effectif du programme était tel qu'il a fallu prendre le temps de "faire rentrer l'édredon dans la valise" », pour reprendre l'image du rapporteur Bernard

parlementaires n'ont d'autre choix que de puiser l'argent dans d'autres programmes. Du point de vue financier, les étalements budgétaires respectent la LPM (*tout l'argent est dépensé*), mais non du point de vue physique (*pas toujours là où on avait prévu de le dépenser*).

Par exemple, dans le cas de la LPM 2003-2008, les dépenses ont été quasiment égales à ce que prévoyait la programmation, mais des programmes ont vu leur financement étalé, au grand dam des personnels militaires affectés. En effet, des besoins non-anticipés ont mobilisé des ressources (7 Md€⁹⁶) qu'il a fallu aller chercher dans d'autres programmes ; ces derniers, ne recevant pas l'argent assigné, ont dû être stoppés ou ralentis (on parle alors de « réajustements »). Au total, ce sont 11 Md€ de crédits, soit l'équivalent d'une année complète de programmation, qui ont manqué sur 2003-2008. La plupart des programmes non-nucléaires ont dû être ralentis, comme le *Rafale* dont la dernière livraison, initialement prévue en 2010, est désormais fixée à 2025⁹⁷. Ce programme a été particulièrement malmené par des reports de commandes et de livraisons en raison de contingences budgétaires qui ont engendré un surcoût de 15 % entre le devis initial correspondant à une cible de 320 appareils et le devis final pour 286 appareils⁹⁸.

Outre les dépenses non-prévues qui obligent à réallouer les budgets, il se peut aussi que le budget voté ne corresponde pas au budget prévu par la LPM⁹⁹. Autrement dit, l'État se dédit de ses engagements. La loi de programmation militaire 1997-2002 a ainsi été sous-exécutée de 13 Md€ sur les six ans, en quasi-totalité à cause de dépenses inférieures à la programmation¹⁰⁰. En amputant l'enveloppe des crédits d'équipement de 17 % (25 % en monnaie constante selon l'économiste Jean-Paul Hébert¹⁰¹), des systèmes de contre-mesures de nouvelle génération sur *Mirage* 2000D, des radars du système de commandement et de conduite des opérations aériennes (SCCOA), des engins de débarquement amphibie (EDA) censés accompagner l'entrée en service des BPC, ou encore le missile antichar de troisième génération à moyenne portée (AC3G/MP) ont été abandonnés. D'autres programmes ont été retardés comme les livraisons de l'hélicoptère *Tigre* antichar (décalée de quinze ans au total) et de l'hélicoptère de transport NH 90 (décalée de quatorze ans au

Cazeneuve. Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, lors de l'audition de Philippe Josse du 8 janvier 2008, p. 133.

⁹⁶ François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guené, *op. cit.*, 8 juillet 2009, p. 50.

⁹⁷ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, pp. 53-54.

⁹⁸ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, p. 29. En p. 56, les rapporteurs estiment le surcoût à 18% entre une cible initiale à 336 appareils et une cible intermédiaire (2004) à 294. Voir Annexe 3 p. 54-55.

⁹⁹ Le président de la commission des finances de l'Assemblée nationale cité dans Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, pp. 131-132, audition du 8 juillet 2009.

¹⁰⁰ François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guené, *op. cit.*, 8 juillet 2009, pp. 49-50.

¹⁰¹ Jean-Paul Hébert, « Les chantiers de l'armement », *Alternatives Economiques*, n° 150, juillet-août 1997, pp. 58-61.

total¹⁰²), l'entrée en service des SNA Barracuda¹⁰³ (report de deux ans), du quatrième SNLE-NG et du système de transmission Syracuse III (report de six mois et prolongation de Syracuse II), ou encore les livraisons des *Rafale* à l'armée de l'Air (report de dix mois) et à la Marine (report de la deuxième tranche de deux mois)¹⁰⁴.

Selon l'économiste de la défense Jean-Paul Hébert, « tout se passe comme si on menait sans le dire une politique de prototypes : on ne réalise que quelques appareils (démonstrateurs, prototypes) au compte-gouttes pour sembler être sur le point de lancer la production, mais on accumule les décisions de reports et le temps passe en attendant que des orientations nouvelles se fassent jour. Ce n'est pas forcément le plus mauvais calcul, mais il faut savoir que cette politique a un coût »¹⁰⁵. Il faut toutefois noter que l'étalement des livraisons grâce à l'annualité budgétaire peut également être décidé pour arranger le plan de charge de l'industrie¹⁰⁶.

Enfin, cas plus grave mais aussi plus rare, le président de la Commission des finances de l'Assemblée nationale constate « l'injection, dans la programmation, de programmes d'équipement qu'il est prévu d'initier et de réaliser alors que les montants financiers nécessaires ne sont pas inclus dans l'enveloppe de la LPM »¹⁰⁷. Il fait ici référence au programme de Frégates Multi-Missions (FREMM), inscrit dans la LPM 2003-2008 sans que les dotations budgétaires correspondantes ne soient prévues : l'Etat voulait acheter les frégates en *leasing*. Devant l'opposition de la Commission européenne, le ministère proposa une « acquisition patrimoniale à paiement différé » : un consortium de banques et d'industriels achète les navires payés lors de la livraison. Trop coûteux, le projet est abandonné en 2005¹⁰⁸. Un partage du coût, sur le modèle britannique, est alors décidé : le ministère de la Défense en finance les 6/19^e et des crédits complémentaires ajoutés par le Budget couvriront le reste. « Or Bercy, qui n'a pas manifesté d'enthousiasme devant cette nouvelle méthode de financement, a inscrit les sommes dues non pas en loi de finances initiale, mais en loi de finances rectificative, avec une interdiction d'engagement des sommes en question, gonflant un peu plus le report de dépenses du ministère de la Défense. »¹⁰⁹ Les moyens financiers ne permettront au total que d'acquérir 9 FREMM en version ASM (anti-sous-marin), au lieu de 8 ASM et 9 AVT (action vers la terre), et 2 FREDAs (défense anti-aérienne), pour 500 M€ de plus et six bateaux de moins¹¹⁰. La

¹⁰² *Ibid.*

¹⁰³ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, pp. 57-58.

¹⁰⁴ *Ibid.*

¹⁰⁵ Jean-Paul Hébert, *op. cit.*

¹⁰⁶ Entretien avec la STAT (novembre 2009).

¹⁰⁷ Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 19.

¹⁰⁹ *Ibid.*

¹¹⁰ En 2006, les 17 unités coûtaient 6,5 Md€, soit 382,35 M€ pièce. L'inflation, l'étalement dans le temps du programme et les réductions d'unités ont fait croître le coût unitaire à 7 Md€ pour 11 exemplaires, soit 636 M€ l'un. Cité in Joseph Henrotin, « Fiche technique : les FFG type FREMM France/classe Aquitaine », *DSI*, n° 80, avril 2012, pp. 108-109.

première frégate, livrée en décembre 2012, doit être admise au service actif fin 2013 (au lieu de 2008) tandis que la seconde devrait l'être en 2014 (et non 7 mois plus tard). Les deux FREDAs devraient être remises à la Marine en 2022.

Toutes ces raisons (imprévus, défaut d'argent) expliquent le décalage entre les besoins et les ressources financières. Pour rétablir l'équilibre, l'État n'a que trois options : diminuer les cibles (*arbitrages*), réduire le nombre de programmes engagés (*reconsidération de la maquette*), ou allonger la période des livraisons (*étalements*). Cette dernière option revient pour l'État à ne pas respecter son échéancier de paiement, donc à assumer les pénalités de retard afférentes, soit, *in fine*, à accepter une augmentation du coût total du programme. Cette façon de faire permet au financier (à Bercy ou à la DGA) d'affirmer que la loi a été respectée, puisque les dépenses engagées se maintiennent dans l'enveloppe initialement attribuée, alors même que le coût réel des programmes augmente sur le long terme, que des cibles ont été réduites et des programmes annulés ou retardés.

Ces choix opérationnels sous contrainte budgétaire relèvent, en dernier ressort, du Président de la République en tant que chef des armées¹¹¹. A titre d'illustration, le président Sarkozy a lancé le 4 décembre 2008 un plan de relance contra-cyclique incitant la DGA à passer des commandes globales en 2009. L'intérêt est évident : en confirmant dès à présent des tranches conditionnelles, on augmente les volumes commandés, donc on donne de la visibilité à l'industriel, lequel abaisse son prix de vente et l'économie est relancée. Sauf qu'en passant trop de commandes globales, la DGA a perdu en marge de manœuvre financière. L'année suivante, ordre fut donné de diminuer les volumes commandés, de casser des programmes et de réaliser des étalements budgétaires¹¹².

Cette attitude dite de « *stop and go* » se retrouve dans les études amont, dont la dotation financière fluctue selon les années entre 1,2 M€ et 400 M€. Pourtant, ces études sont indispensables : un député explique qu'en « affectant les études amont, les restrictions budgétaires peuvent nuire à la maîtrise des technologies nécessaires et, partant, provoquer des problèmes lors du développement ; quand elles conduisent à un étalement des livraisons, elles créent un risque accru d'obsolescence des composants, livrés bien après le calendrier initial, ce qui oblige à de nouvelles dépenses pour remettre les matériels à niveau (rétrofit). Pour toutes ces raisons, il apparaît indispensable de réduire autant que possible les aléas budgétaires sur les crédits d'équipement des armées. »¹¹³

Dans les facteurs propres à la conduite des programmes, la sous-estimation des difficultés et les étalements budgétaires sont reliés à la complexité technique croissante des matériels. Néanmoins, cela ne doit

¹¹¹ D'après Philippe Josse, directeur du Budget, cité par Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, p. 135.

¹¹² Entretien avec un officier de l'armée de Terre (septembre 2010).

¹¹³ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, p. 58.

pas faire oublier que ces facteurs s'inscrivent dans une organisation sociale dont les pratiques associées peuvent avoir une influence déterminante sur la hausse des coûts.

Impact des procédures et des pratiques dans la hausse des coûts

Les procédures et les pratiques composent la vie des programmes. A travers des effets organisationnels tels que la perception changeante du besoin ou les biais de budgétisation, ces éléments peuvent avoir un impact considérable sur le coût de conception des équipements.

Une compréhension évolutive du besoin

Pour avoir été très étudié, le programme VBCI est emblématique des difficultés rencontrées pour cause de besoin mal défini. Parce que dix années avaient été perdues en tentatives de coopération internationale (franco-allemande notamment), l'État lança hâtivement la réalisation de ce programme, avant de se rendre compte que le besoin transmis à l'industriel n'était qu'une compilation des demandes formulées depuis le début, sans travail préalable de tri ou d'harmonisation. Les spécifications initiales¹¹⁴ demandaient ainsi de pouvoir franchir une marche de 100 cm, pour une raison qui entretemps fut oubliée. L'entreprise ne sachant pas faire, elle estimait le besoin de développement à 10 M€. Mais elle savait déjà comment franchir une marche de 60 cm et cela ne coûtait que 1 M€¹¹⁵. Cet exemple illustre l'impact que peut avoir l'exigence des spécifications sur le coût d'un matériel. Une analyse fonctionnelle et de la valeur fut alors lancée pour clarifier le besoin. L'épisode inspira ce commentaire à Serge Pérez, directeur de Renault Trucks Défense : « Nous savons faire vite quand les données sont claires »¹¹⁶.

A côté des besoins explicités mais insuffisamment bien définis, se trouvent des besoins non initialement présents dans la fiche de caractéristique militaire. Ces ajouts en cours de programme coûtent très cher. Ainsi, « l'augmentation du coût total [du VBCI], qui est passé à 2,55 Md€, résulte quasi-exclusivement de l'adjonction de nouveaux équipements pour mieux satisfaire les besoins de l'armée de Terre »¹¹⁷. Ces compléments « s'expliquent par des impératifs opérationnels, qu'il s'agisse de la visionique, de l'aide au commandement ou de la hauteur de la cabine »¹¹⁸, et représentent une augmentation du coût unitaire du VBCI de 47 %. Un surcoût pleinement attribuable à l'évolution des besoins de l'EMAT et « aux erreurs de chiffrage nées d'évaluations très théoriques au stade de la fiche »¹¹⁹. Le coût augmentera encore lors de la signature de

¹¹⁴ Avant l'avenant n°4 et l'AF/AV qui clarifia le besoin.

¹¹⁵ Entretien avec un officier de l'armée de Terre (septembre 2010).

¹¹⁶ Audition du 17 mai 2006, cité par Cornut-Gentille et Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 89.

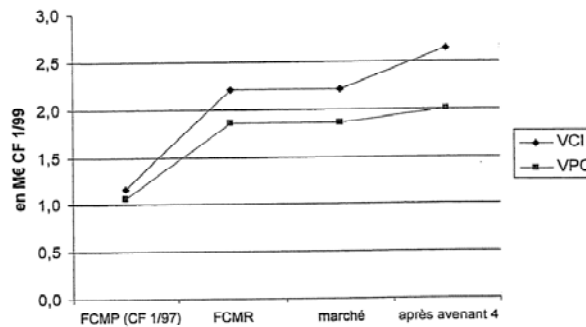
¹¹⁷ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op. cit.*, 17 novembre 2004, p. 44.

¹¹⁸ Cornut-Gentille et Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 55.

¹¹⁹ Cour des comptes, *Communication à la commission des finances, de l'économie générale et du plan de l'Assemblée nationale – Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie (VBCI), programme majeur d'armement 2000-2004*, 10 mars 2006, p. 36.

l'avenant 4, alors que le programme n'était pas encore entré en phase d'industrialisation (+ 19 % pour le VCI et + 8 % pour le VPC).

Évolution du coût unitaire du VBCI dans ses deux versions (VCI et VPC)



Source : Cour des comptes, Communication à la commission des finances de l'Assemblée nationale - VBCI, 2006, p. 37.

Les militaires justifient ces ajouts en cours de programme par des impératifs opérationnels (RETEX, conflits changeants, etc.), mais il peut aussi s'agir d'exigences d'interopérabilité ou découlant des règles d'engagement, et une part de « course à la capacité »¹²⁰.

Aujourd'hui, un consensus règne sur la nécessité de distinguer « un socle de spécifications minimales d'un ensemble de spécifications optionnelles »¹²¹ et on s'accorde sur l'objectif de « juste suffisance »... sans se hasarder à la définir. Or, la suffisance d'une fonction ou d'une technique est *relative* au conflit dans lequel elle est insérée et à la *façon* dont elle est employée.

Modifier une demande en cours de programme ne peut qu'accroître les coûts de conception puisque cela oblige à redéfinir des spécifications. Les justifications apportées laissent entrevoir un désir, par ailleurs légitime, de tenir compte des leçons récentes, mais aussi un souhait de doter le matériel livré de plus de technicité pour des raisons moins évidentes, mettant ainsi en doute la bonne application du principe de « juste suffisance » posé par l'EMA.

Biais de budgétisation

La différence entre les coûts objectifs (réels) et les coûts estimés prévisionnels inscrits dans les LPM est estimée à environ 30 % par Henri Querenet de Breville, sous-directeur à la direction du budget du ministère des Finances¹²². D'après la Cour des comptes, « dans le passé, cette

¹²⁰ Entretien avec un industriel (mars 2011).

¹²¹ Éric Querenet de Breville, sous-directeur à la direction du Budget, cité par Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, p. 46.

¹²² « Les lois de programmation militaire ont été mal pensées : [...] les coûts des programmes y sont en effet exprimés en coûts objectifs et non en coûts estimés prévisionnels, ce qui constitue un facteur de dérive puisque le biais de

dérive a parfois été due à une sous-estimation volontaire : le fait de n'avoir aucune marge était ainsi censé constituer une « pression » sur les protagonistes (armées, services techniques, industrie) pour freiner les dérives ultérieures. Aux yeux des états-majors d'armée concernés, une telle situation avait par ailleurs l'avantage de faciliter, en les sous-estimant, le lancement de programmes auxquels ils tenaient particulièrement. »¹²³ L'inconvénient est que « [l']inscription de prix minorés était d'ailleurs parfois obtenue en contrepartie de clauses de révision des prix particulièrement avantageuses à moyen ou long terme pour les industriels »¹²⁴. Autrement dit, les prix inscrits étaient issus « de négociations entre les industriels, les états-majors des armées et la Délégation générale pour l'armement, alors que les clauses de révision de prix ne reposaient sur aucune analyse sérieuse d'évolutions prévisibles des coûts, ce qui auraient permis de contenir tout dérapage de coûts en cours d'exécution des programmes ». Les parlementaires y voyaient une logique « pernicieuse » à l'origine d'« effet d'affichage catastrophique » et de « malentendus permanents »¹²⁵. Un rapport parlementaire de 2009 cite la modernisation de la dissuasion nucléaire (+ 1,2 Md€ sur 2003-2008) et le programme Barracuda (+ 50 %) comme cas de sous-estimation volontaire de coûts¹²⁶. Des modifications procédurales ont récemment été apportées et la DGA a renoncé aux estimations souhaitées. D'après la Cour des comptes, « sur la période allant de 2006 à 2008, les évolutions des devis estimatifs auraient été contenues dans une fourchette comprise entre une hausse maximale de 3,55 % et une baisse ayant atteint -1,84 %. »¹²⁷

En conclusion, il semble donc que plusieurs facteurs peuvent expliquer la dérive des coûts des matériels dès leur phase de conception. Néanmoins, un examen attentif révèlent que certains parmi les intergénérationnels n'ont qu'un effet ponctuel (privatisation) et/ou faible (coût des facteurs). L'effet série, quant à lui, est dans les faits indissociables d'une demande de performances supplémentaires. Et c'est bien ce facteur qui transparaît à de nombreuses reprises : les problèmes d'ingénierie, la difficulté à estimer le risque, les étalements budgétaires devant les coûts élevés, autant d'éléments qu'on peut relier à la complexité technique croissante. Certes, cela ne doit pas faire oublier les facteurs d'ordre bureaucratique mais ils ne peuvent expliquer à eux seuls cette inflation militaire dès lors que d'autres pays connaissent également une augmentation du coût d'achat et d'entretien. D'ailleurs, soulignons ici que

budgétisation est en l'occurrence estimé à 30 % environ. » Henri Querenet de Breville, sous-directeur à la direction du Budget, auditionné le 8 janvier 2008 et cité par Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, 13 février 2008, p. 137.

¹²³ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, p. 48. Etat de fait confirmé par l'inspection générale des armées, *Adéquation des matériels avec les besoins de forces*, janvier 2008 (document non publié), qui ajoute que cette sous-estimation pouvait obliger l'Etat-major concerné à « renoncer à certaines exigences, à sous-évaluer certaines spécifications, à réduire le périmètre du soutien voire à oublier certaines composantes du programme », quitte à éventuellement les réintroduire par la suite.

¹²⁴ Patricia Adam, Patrick Beaudoin et Yves Fromion, *op. cit.*, 14 janvier 2009, pp. 77-78.

¹²⁵ *Ibid.*

¹²⁶ *Ibid.*

¹²⁷ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, pp. 48-49.

de nombreux programmes suivis par la DGA respectent leur enveloppe¹²⁸ et que ce sont surtout les plus gros, donc les plus complexes, qui dérivent¹²⁹. Le poids de la complexité technique dans l'augmentation des coûts des matériels est donc non-négligeable. Cette dérive a un impact direct sur les coûts du soutien qui semblent empiriquement proportionnels aux coûts d'achat. Mais, contrairement aux rapports qui insistent sur l'organisation du soutien, les entretiens réalisés mettent en avant d'autres facteurs, parmi lesquels se dessine la complexité intrinsèque des matériels.

¹²⁸ « La DGA a respecté ses objectifs en termes de maîtrise des coûts », affirmait le DGA fin 2009 au cours de son audition à l'Assemblée nationale *in* « Audition de Laurent Collet-Billon sur le projet de loi de finances pour 2010 », Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées – séance de 17h30, n° 9, Assemblée nationale, 20 octobre 2009.

¹²⁹ Et qui sont audités par la Cour des comptes et suivis par les parlementaires. La Cour des comptes n'examine que les programmes qui ont des budgets supérieurs à 5 Md€, soit moins d'une dizaine ; ils représentent néanmoins 75 % du total des engagements financiers, soit plus de 100 Md€. « Par rapport aux objectifs initialement retenus, les programmes d'armement considérés ont tous été affectés dans leur réalisation par des dérapages temporels et des dérives financières conduisant, in fine, à doter les forces armées plus tardivement de matériels moins nombreux et, parfois, aux capacités réduites par rapport aux spécifications retenues » *in* Cour des comptes, *Rapport public annuel - La conduite des programmes d'armement*, 2010, p. 35.

Des coûts d'usage incontrôlés

Dans un rapport de 2006 sur les programmes d'armement, le député Jean-Claude Viollet estime que les coûts de soutien (également qualifiés de 'maintien en condition opérationnelle' ou MCO) sont devenus tellement exorbitants qu'en révéler le montant serait indécent : « Lors d'un débat budgétaire, j'ai demandé à Madame le ministre de me donner les coûts de maintenance du *Rafale*, du *Leclerc* et de quelques autres matériels. Je ne suis pas sûr qu'il faille les rendre publics, tant ils paraissent élevés par rapport au coût même de construction »¹³⁰.

Dans les années 1990, les Etats-majors et les industriels estimaient que la conception des équipements modernes devait apporter un degré de fiabilité tel que les efforts de maintenance – et donc le coût d'entretien des matériels – seraient limités. « Globalement, la fiabilité attendue est au rendez-vous », témoigne un officier d'Etat-major¹³¹, mais d'autres facteurs avaient été « oubliés » dans l'analyse. Certains sont de nature économique, tel le coût de la main d'œuvre (les conscrits et les engagés ne sont pas payés pareil). D'autres sont de nature technique, comme l'expose le général Bouquin : « L'intégration de logiciels explique en partie la hausse des coûts mais n'était pas anticipée et ses causes mal connues »¹³². Par ailleurs, le nombre de personnels devait être moindre, conduisant là encore à des économies de main d'œuvre, alors qu'en fait la complexité du système peut nécessiter plus de personnel, comme pour le NH-90¹³³. Au final, comme en témoigne le général Jean-Pierre Bansard, sous-chef organisation à l'EMA jusqu'à l'été 2009, en charge de la mise en œuvre de la réforme de la logistique et des soutiens des armées, c'est la surprise qui domine aujourd'hui devant la hausse des coûts : « Il faut bien se résigner à constater que le poids du MCO dans les coûts de possession d'un système d'armes moderne est en croissance continue alors qu'on pronostiquait une décroissance il y a une vingtaine d'années. »¹³⁴

¹³⁰ Cornut-Gentille et Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 105.

¹³¹ Entretien avec un officier d'Etat-major (août 2010).

¹³² Conférence « La technologie en question », Paris, 5 mai 2009.

¹³³ Le nombre de maintenanciers devrait doubler. Pierre Tran, « High Maintenance Costs May Force France to Reduce Helicopter Buy », *Defense News*, 13 février 2012.

¹³⁴ Jean-Dominique Merchet, « On s'est planté sur les coûts du MCO, reconnaît le général Bansard », *Secret Défense*, 3 décembre 2009, accessible à l'adresse : <http://secretdefense.blogs.liberation.fr/defense/2009/12/on-sest-plant%C3%A9-sur-les-co%C3%BBts-du-mco-reconnait-le-g%C3%A9n%C3%A9ral-bansard.html>.

Cette surprise relève peut-être en partie d'une certaine naïveté de la part des acteurs de l'époque face au « pouvoir » attribué alors à la technique. Un autre officier d'Etat-major reconnaît ainsi « s'être trompé » en croyant à une réduction ou même à une maîtrise des coûts de MCO du *Rafale*. D'après lui, c'est la simplicité apparente de l'objet technique qui laissait croire qu'il serait simple d'entretien. « On croit que la technologie très sophistiquée ne nous revient pas cher. C'est une totale illusion [...]. Ce sont des systèmes complexes, et les systèmes complexes induisent un soutien complexe »¹³⁵.

Cette « surprise » devant la hausse des coûts¹³⁶ a conduit le général Jean-Tristan Verna, alors directeur central du matériel de l'armée de Terre, à reconnaître dès 2006 que les séries statistiques « ne sont plus pertinentes pour apprécier le maintien en condition opérationnelle, et l'estimation des coûts futurs est difficile »¹³⁷. Autrement dit, l'État-major se retrouvait incapable de déterminer ce que coûterait dans cinq ans le MCO de l'électronique du char *Leclerc*.

Aujourd'hui, le MCO représente environ 3 Md€ par an¹³⁸. Un rapport conjoint de l'inspection générale des finances et du contrôle général des armées prévoit une augmentation des coûts de MCO de 8,7% entre 2010 et 2014, dont plus de la moitié imputable aux matériels aéronautiques, « cette augmentation des crédits s'inscrit par ailleurs dans un contexte de renouvellement des matériels conformément à la LPM et d'engagement important des forces »¹³⁹. En clair, parce qu'on s'en sert souvent et qu'ils sont de dernière génération, les matériels coûtent tellement cher en entretien que les moyens financiers qui y sont alloués chaque année ne permettent pas toujours d'assurer un taux de disponibilité suffisant. L'Etat joue alors sur deux tableaux : d'un côté, il modernise et rationalise le MCO, et de l'autre, il accroît les ressources. En espérant que cela suffira à juguler la hausse des coûts de soutien. Ce sont ces deux points, l'usage et l'organisation du soutien, qui constituent les principaux axes pour lutter contre la hausse des coûts de soutien. Néanmoins, les personnels interrogés laissent entendre que les situations de monopole encouragent

¹³⁵ Entretien avec un officier d'Etat-major (avril 2011).

¹³⁶ En fait, le ministère de la Défense avait envisagé une hausse du coût de maintenance, mais pas de ce niveau. Entretien, service du soutien terrestre (novembre 2009).

¹³⁷ François Cornut-Gentille et Jean-Claude Viollet, *op. cit.*, 5 juillet 2006, p. 40.

¹³⁸ Philippe Marini, *Projet de loi de finances pour 2010 : défense, tome III, moyens des politiques publiques et dispositions spéciales (2^{nde} partie de la loi de finances)*, n° 101, Sénat, 19 novembre 2008, p. 81. Voir aussi Jean-Louis Bernard pour qui la hausse de 3 % dans le PLF 2012 par rapport à la LFI 2011 « traduit l'effort de l'armée de Terre pour consolider sa politique d'emploi et de gestion des parcs, tout en assurant la montée en puissance des matériels de nouvelle génération (VBCI, *Tigre*, NH90) ».

¹³⁹ En 2011, « le niveau d'activité de la plupart de nos grands bâtiments de combat a excédé très sensiblement les normes de la loi de programmation militaire (LPM). Il a induit un surcroît de dépenses inhabituel, évalué à moins de 100 millions d'euros sur les périmètres du MCO naval et aéronaval. » Marguerite Lamour, *Avis sur le projet de loi de finances 2012, tome V – Préparation et emploi des forces marines*, n° 3809, Assemblée nationale, 14 octobre 2009, p. 43.

également des écarts de prix entre deux commandes, et se plaignent de l'obsolescence rapide des composants électroniques. S'ils mettent également en doute la fiabilité des pièces, il nous semble plus pertinent d'insister sur la corrélation empirique entre niveau technique et coûts de soutien.

Des conditions d'emploi imprévues et sous-optimales

Parce que le coût d'entretien anticipé repose sur un taux de pannes estimées, et que le taux de pannes réelles augmente dans des conditions anormales d'emploi qui sont les conditions courantes d'emploi des militaires en opérations, le taux d'attrition des matériels se révèle parfois supérieur aux standards¹⁴⁰. Ainsi, les obsolescences notées sur l'AMX 10 se sont accélérées lors de sa mission au Tchad en 2007. De même, le VAB s'use bien plus rapidement en Afghanistan¹⁴¹. En outre, les conditions climatiques et d'emploi des opérations extérieures ne correspondent pas aux conditions initialement prévues pour ces matériels, pensés pour la guerre froide en Europe centrale.

Néanmoins, les matériels militaires sont normalement conçus pour être utilisés dans des conditions difficiles, et par conséquent ils devraient supporter l'usure. Ils subissent des tests conçus pour valider la tenue aux vibrations et l'emploi opérationnel dans des conditions de température extrêmes. Il semble en revanche que le nombre d'essais soit parfois « réduit [...] pour faire des économies »¹⁴².

Usure accélérée

L'utilisation prévue est définie en nombre de kilomètres parcourus ou en nombre de coups tirés pendant une certaine durée de fonctionnement et dans des conditions particulières. Il y a surutilisation si les conditions se durcissent et/ou si le matériel est employé au-delà de ce qui était prévu. Une telle usure accélérée, constatée par certains acteurs, peut s'expliquer de plusieurs façons. Tout d'abord, il faut se souvenir que les séries se sont réduites, ce qui accroît le coût unitaire, aussi bien pour l'achat que pour le soutien. De plus, certains matériels nouveaux sont mis sous cocon afin de réduire artificiellement le coût d'entretien. Une partie du parc des chars *Leclerc* ou des hélicoptères *Tigre* a ainsi été « remise »¹⁴³ faute de budget pour les entretenir. Par ailleurs, pour contenir la proportion du parc qui s'use, il a été décidé que le matériel envoyé sur un théâtre y resterait au lieu de tourner avec leurs équipages, comme par le passé. A ce jour, 15% des moyens sont envoyés sur des OPEX multiples et sont utilisés intensément¹⁴⁴.

¹⁴⁰ Entretien avec un officier d'Etat-major (octobre 2009).

¹⁴¹ Entretiens avec un officier d'Etat-major (février 2010) et la STAT (janvier 2011).

¹⁴² Entretien avec le CPRA (février 2011).

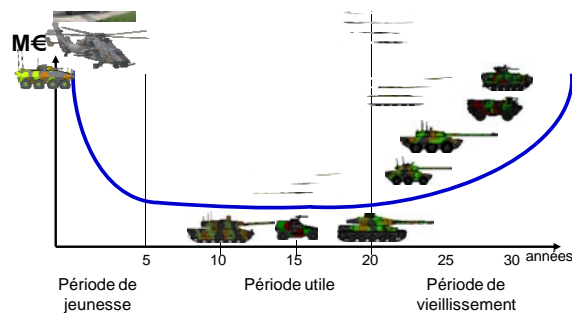
¹⁴³ Cour des comptes, *op. cit.*, 2010, p. 56.

¹⁴⁴ Général Verna, directeur de la direction centrale du matériel terrestre (future SIMMT), au Forum Défense Industrie de 2008. Les chercheurs Grange et Balencie affirment que les États-Unis, dont les volumes sont pourtant bien supérieurs aux

« Gériatrie » des matériels

Suite aux retards de livraison, la durée de vie opérationnelle réelle est souvent plus importante que celle donnée par les fabricants. Des maintenanciers de l'aéronautique parlent alors de « gériatrie aéronautique » pour décrire leur activité. Or, le coût de maintenance varie avec l'âge du matériel : il est particulièrement élevé en début et en fin de vie. Ce facteur de l'âge des parcs est représenté par une courbe « en baignoire » ou « en U ». Dès lors, si on prolonge des matériels anciens en même temps qu'on en reçoit de nouveaux, les coûts de soutien sont nécessairement élevés.

Représentation de la courbe en baignoire



Source : ministère de la Défense.

En début de vie, les maintenanciers doivent se familiariser avec l'appareil, lui-même en période de rodage. En fin de vie, l'usure amène les maintenanciers à passer du temps à le réparer (+10 %/an). Pour donner une idée, le retard du *Rafale* Marine a obligé la Marine à prolonger l'emploi du *Crusader* (utilisé depuis le début des années 1960), au prix de 67h de maintenance pour une heure de vol¹⁴⁵.

En conclusion, les variations dans les conditions d'usage peuvent expliquer une partie de la surprise des coûts mais nous partageons l'avis du CPRA selon lequel « la robustesse ne devrait pas être une excuse ». D'ailleurs, les contextes d'emploi non-prévus ont souvent été le lot des matériels militaires et ne peuvent donc expliquer à eux-seuls l'inflation des coûts. En revanche, l'usure accélérée est un facteur pertinent dans la mesure où il est corrélé au remisage de matériels nouveaux pour cause de coûts d'entretien jugés trop élevés, ainsi qu'à la réduction des séries, dont nous avons vu qu'elle découlait d'un choix de technicité plus grande. De même, la gériatrie des matériels résulte des retards, eux-mêmes dus en partie à la complexité technique croissante des matériels et aux difficultés de

nôtres, ont déployé en Irak et Afghanistan 40 % des équipements de l'US Army et des Marines (*op. cit.*).

¹⁴⁵ 9^e Rencontre de COMAERO, Paris, 17 novembre 2009.

conception inhérentes. Outre ces éléments explicatifs, des facteurs organisationnels doivent être pris en compte¹⁴⁶.

Organisation du soutien

Le coût d'un plan de maintenance dépend de plusieurs facteurs, dont les plus dimensionnants sont le système, la technique et les usages¹⁴⁷. En effet, les coûts de MCO varient en fonction du niveau d'utilisation qui est fait du matériel (€/km ou /h) et du volume du parc, avec néanmoins un socle fixe car, quelle que soit la distance parcourue, un maintenancier est nécessaire, ainsi que les outillages et l'infrastructure afférents. Les observations statistiques de l'évolution des coûts ont conduit l'EMAT à décomposer schématiquement les coûts de MCO en trois parts égales¹⁴⁸ :

- les coûts fixes (infrastructure, outils, taxes, salaires, pièces détachées, loyers, amortissement, frais financiers...) : pour les rentabiliser, il faut utiliser un nombre minimal de matériel ;
- l'activité du matériel (facteur « potentiel consommé ») : plus il est utilisé, plus il va s'abîmer, et plus il y aura de réparations à payer ;
- le volume du parc : l'infrastructure ou le personnel mis en place pour un seul vecteur peut suffire pour plusieurs. Au-delà d'un certain volume, il faut faire croître l'infrastructure.

On le voit, le coût à l'heure de vol ou au kilomètre est directement lié au nombre de vecteurs en service. Ce lien est d'une double nature :

- du point de vue des coûts variables : moins il y a de vecteurs, moins cela coûte ;
- du point de vue des coûts fixes : une réduction du parc de 10 % ne réduira pas mécaniquement les dépenses de 10 %¹⁴⁹.

Or, comme nous l'avons vu, l'armée a réduit ses parcs, augmentant le poids des coûts fixes. Quant aux coûts variables, nous savons qu'une fraction des matériels est surutilisée. De manière générale, moins d'aéronefs et moins d'heures de vol entraînent moins de consommation de pièces, donc un coût unitaire qui augmente pour l'industriel : le gain financier est donc annulé pour un taux d'utilisation effectivement moindre. La mise sous cocon, la réorganisation du soutien en type de matériels (terrestres, aériens, navals), ou encore la préservation de certains

¹⁴⁶ Des réformes ont déjà eu lieu en ce sens : la PEGP (politique d'emploi et de gestion des parcs), réorganisation des services de soutien des armées (création de la SIMMT, de la SIMMAD et du SSF) notamment.

¹⁴⁷ Entretiens avec des officiers et des industriels (2010, 2011).

¹⁴⁸ Entretiens avec un officier de l'EMAT (août 2010). La modélisation s'inspire aussi du mode de contractualisation de gros contrats emblématiques type *Leclerc*.

¹⁴⁹ Entretien avec un officier de l'EMAT (août 2010).

matériels tentent de limiter la hausse. Dès lors, des spécialistes militaires de la maintenance restent sceptiques quant à la marge de manœuvre qui pourrait être dégagée via une réorganisation du soutien¹⁵⁰. Un maintenancier estime ainsi qu'avec « des coûts à l'heure de vol de 15 000 euros, vous n'allez pas me faire croire que vous allez gagner 2 000 euros à l'heure par l'optimisation des stocks, etc. Si on arrive déjà à 10%, c'est beaucoup »¹⁵¹. Même avec la meilleure organisation possible, les coûts de possession et d'entretien d'un matériel que certains n'hésitent pas à comparer à « une Ferrari » ne pourront qu'être élevés¹⁵².

Durcissement de certaines situations de monopole

Lors du renouvellement des contrats d'achat de pièces détachées, les organismes du ministère de la Défense chargés de la maintenance constatent parfois d'importantes hausses des prix. On a pu relever une hausse de 70 % pour les pièces du char *Leclerc* ; + 200 % pour 44 rechanges à re-fabriquer sur la Peugeot P4 ; un nouveau marché de rechanges pour le VAB a vu le prix de 778 articles monter de 19 % ; les rechanges de Nexter, hors *Leclerc*, se sont renchériés de 54 % entre deux marchés (un marché dure environ trois ans)¹⁵³. On a également constaté une augmentation de 70 % sur un contrat de 10 ans lors d'un renouvellement de contrat dans l'aéronautique.

Le passage en post-production peut en expliquer une partie, mais le ministère suspecte « la structure monopolistique ou oligopolistique de certains secteurs industriels » d'être coresponsable du renchérissement du MCO ces dernières années : « le contexte industriel français, étant souvent monopolistique, est peu favorable à une maîtrise totale des coûts »¹⁵⁴. Certains industriels ont ainsi l'exclusivité (sur le *Leclerc* ou la P4, par exemple). Cette situation oligopolistique, voire monopolistique selon les activités, est aggravée par « la part décroissante du MCO de la défense dans le chiffre d'affaires des industries aéronautiques » : comme pour l'achat, la diversification dans le civil et la part décroissante du MCO de la défense dans le chiffre d'affaires des industries (à tout le moins aéronautiques) ont contribué au renchérissement du coût de MCO¹⁵⁵.

¹⁵⁰ Entretien (avril 2011).

¹⁵¹ Entretien auprès d'un service de maintenance (avril 2011).

¹⁵² Entretien auprès d'un maintenancier (septembre 2010).

¹⁵³ Entretien avec un officier de l'armée de Terre (septembre 2010).

¹⁵⁴ La ministre de la Défense Michèle Alliot-Marie, dans sa réponse à la Cour des comptes, *Le maintien en condition opérationnelle des matériels des armées*, 2005, p. 11. Un rapport du contrôle général des armées affirme aussi que « la part du MCO de la Défense dans le chiffre d'affaires des industries aéronautiques tend à devenir marginale, ce qui peut occasionner des difficultés d'approvisionnement et de disponibilité, notamment dans le MCO des hélicoptères de gamme civile », cité par Yves Fréville, *Rapport d'information sur la SIMMAD et le MCO des matériels aéronautiques du ministère de la Défense*, Sénat, n° 352, 21 mai 2008, p. 32.

¹⁵⁵ François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guené, *Programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant diverses dispositions concernant la défense*, Sénat, n° 548, 8 juillet 2009, pp. 69-70.

Obsolescence rapide de l'électronique

Toutefois, la structure oligopolistique du marché n'est pas seule en cause : l'évolution rapide de certaines technologies entraîne un vieillissement prématuré des pièces. Et cette obsolescence se fait d'autant plus sentir que les matériels militaires contiennent de plus en plus d'électronique en vue d'accroître leur performance. Il sort ainsi une nouvelle génération de puces et de transistors, plus rapide et plus performante, tous les 6-12 mois. « Vous prenez le cas de la dernière version du *Mirage-2000*, le 2000-D, du *Rafale*, on sait aujourd'hui qu'il sera en rénovation permanente », explique un maintenancier du ministère de la Défense. « Sur le parc complet, vous avez un certain pourcentage de ce parc qui sera monopolisé pour des rénovations : changements de logiciels, changements de matériels, essentiellement parce que les technologies évoluent ou appellent des capacités »¹⁵⁶.

Dans le civil, les concepteurs de systèmes complexes et fiables comme les satellites déterminent la durée de vie du système en fonction de celle de la pièce la moins fiable de l'ensemble – mais pour laquelle on a cherché le fournisseur offrant la plus longue durée de vie. Mais pour les matériels militaires, des systèmes tout aussi complexes et fiables, les donneurs d'ordre exigent qu'ils durent une trentaine d'années. Leur réparation est donc indispensable, et c'est pour cela que l'obsolescence rapide pose problème.

Les difficultés résident dans le coût et la disponibilité de la pièce à changer. Comme le prix de la pièce dépend du dimensionnement des chaînes de production, plus la chaîne tournera, moins le coût de sa mise en place pèsera sur l'unité produite. Sans visibilité sur le long terme, l'industriel facturera cher la production (le coût peut augmenter de 70 %) ¹⁵⁷. Pour éviter cela, l'Etat attend d'avoir beaucoup de pièces à changer pour passer commande et s'est lancé dans la signature de contrats pluriannuels. Par ailleurs, commander des pièces « anciennes » revient à demander à l'entreprise de remettre en place des chaînes au profit du seul client étatique. Peu de chances qu'elle accepte vu les petites séries demandées (par rapport au marché civil), ou alors au prix fort. En outre, produire des pièces « anciennes » nécessite parfois de retrouver les compétences ; l'industriel peut préférer déclinier le contrat plutôt que de s'essayer à remonter la chaîne et l'équipe.

Pour passer à la génération suivante, l'Etat attend les rétrofits ou l'épuisement des stocks de pièces de rechange. Sur le porte-avions *Charles de Gaulle*, par exemple, les câbles étaient initialement en cuivre ; une fois les stocks épuisés, l'Etat a décidé de les remplacer par de la fibre optique, plus moderne.

Si l'Etat attend l'épuisement de ses pièces de rechange, il peut être tentant d'imaginer des industriels vendant des pièces peu fiables afin de

¹⁵⁶ Entretien avec un officier de l'armée de l'Air (avril 2011).

¹⁵⁷ Entretiens auprès d'organismes de soutien (février 2010, septembre 2010, avril 2011).

gonfler artificiellement leurs commandes et de récupérer sur le soutien la marge qu'ils ne peuvent plus se faire sur l'achat.

Fiabilité des pièces

Dans le civil, des études ont montré que des produits vendus dans le commerce sont conçus pour avoir une durée de vie relativement courte de façon à maintenir la consommation de nouveaux produits et faire ainsi tourner l'économie¹⁵⁸. Peut-on imaginer un plafonnement de la fiabilité des pièces militaires ?

Le milieu militaire a besoin de matériels avec un haut niveau de fiabilité car il y est question de vie et de mort du personnel. L'exigence de qualité est donc particulièrement élevée, et il est permis de douter à la fois que les spécifications techniques soient inférieures à ce que permet l'état de l'art, et que les industriels décident consciemment d'utiliser des pièces d'une durée de vie inférieure à ce qui est demandé dans le cahier des charges.

En revanche, les sauts technologiques demandés introduisent une incertitude quant à la fiabilité réelle des équipements nouveaux, en dépit des tests réalisés, ce qui pourrait expliquer ce sentiment d'une fiabilité pas assez maîtrisée. Selon un maintenancier militaire, le moteur de l'A400M est « aux limites de la technologie, de ce qu'on sait faire. [...] On va le payer en fiabilité au départ, et par des coûts de soutien élevés »¹⁵⁹. Plusieurs années seraient nécessaires à un équipement pour arriver à maturité : les moteurs M88 du Rafale, par exemple, y arriveront vers 2014/2015 alors qu'ils sont en service depuis 2005¹⁶⁰. Par ailleurs, l'électronique embarquée nécessite une production électrique régulière à fréquence constante, et les rudes conditions d'emploi des matériels militaires les fragilisent, même s'ils sont durcis pour y résister.

La corrélation entre technicité et MCO

A l'époque de la conception de ces matériels de dernière génération, on supposait pouvoir leur assurer une plus grande fiabilité afin de compenser leur surcoût en termes de maintenance. Or, « plus c'est complexe, moins c'est robuste, schématiquement, car il y a plus de risques de défaillances »¹⁶¹.

¹⁵⁸ Paul Lafargue dénonçait déjà cela dès 1888 dans son pamphlet *Droit à la paresse*, Paris, éd. Henry Oriol, 1883, p. 37 : « Notre époque sera appelée l'âge de la falsification comme les premières époques de l'humanité ont reçu le nom d'âge de pierre et d'âge de bronze, du caractère de leurs productions. [...] Tous nos produits sont adultérés pour [...] en abrégier l'existence ».

¹⁵⁹ Entretien auprès d'un service de maintenance (avril 2011).

¹⁶⁰ *Ibid.*

¹⁶¹ Entretien avec un personnel du service du soutien militaire (juillet 2011).

Si nous prenons les coûts sous forme d'agrégats, nous observons que « l'EPM¹⁶² des avions de combat représente par exemple près de 400 M€ dont 160 M€ pour le seul *Rafale* de l'armée de l'Air. [...] Pour l'armée de Terre, l'EPM des hélicoptères et des chars *Leclerc* consomment près de 60 % des crédits disponibles. »¹⁶³ De la même façon, l'entretien du VBCI (80 à 100 M€/an) et celui des chars *Leclerc* (~100 M€/an) représentent à eux deux 80 % du MCO du matériel terrestre (hors ALAT). Nous voyons là la part importante que prend une poignée d'équipements modernes dans la totalité de l'enveloppe dédiée au soutien des équipements. Cela conforte notre hypothèse selon laquelle le niveau technique élevé des matériels modernes s'accompagne d'une hausse des coûts de soutien.

Si l'on compare maintenant les dépenses de soutien en matériel des trois armées sur les années 2008-2012, on observe que les matériels de l'armée de Terre ont des frais d'entretien équivalents au tiers ou à la moitié des ceux des autres armées. En 2012, par exemple, le soutien matériels tactiques et aéronautiques des forces terrestres a coûté 731 M€ contre 1 523 M€ pour les forces de la Marine ou 1 230 M€ pour l'armée de l'Air¹⁶⁴. Ceci semble bien conforter l'idée selon laquelle plus les matériels sont techniques, plus ils coûtent cher à entretenir.

Cette idée est soutenue par le fait qu'un matériel complexe mais simple d'emploi – la simplicité est une exigence des militaires – sera probablement compliqué à soutenir. « L'utilisateur principal [ou] le dépanneur, [il] y a forcément quelqu'un qui verra la complexité », affirme un ingénieur¹⁶⁵. En outre, un coût de développement trop élevé incite à en répercuter une partie sur le soutien, quitte à vendre le matériel à perte.

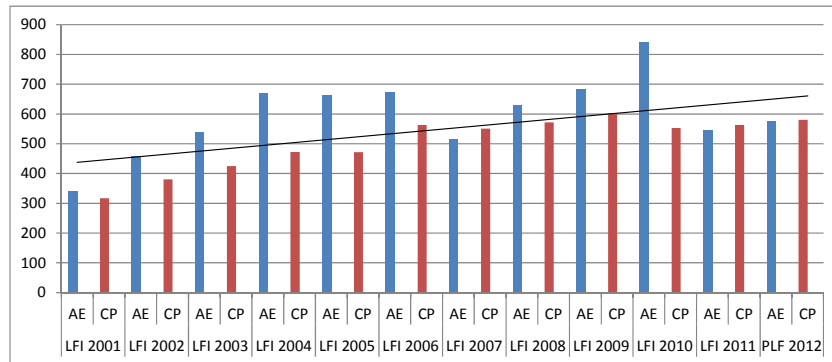
¹⁶² EPM, entretien programmé des matériels, désigne l'entretien des matériels en service, hors domaines dissuasion, espace et système d'information opérationnels et de communication. Il correspond au programme 178.

¹⁶³ François Cornut-Gentille, *Projet de loi de finances pour 2010, tome VII, défense équipement des forces – dissuasion*, n° 1972, Assemblée nationale, 14 octobre 2009, pp. 24-25.

¹⁶⁴ Rapport annuel de performance 2012 sur le programme 178 (préparation et entretien des forces), présentation des crédits et des dépenses fiscales, accessibles à l'adresse : http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2012/pap/pdf/PAP2012_BG_Defense.pdf. Sont additionnées les activités 02-28 et 02-30 pour l'armée de Terre, 03-48, 03-49 et 03-50 pour les forces de la Marine et 04-70 pour l'armée de l'Air.

¹⁶⁵ Entretien avec un industriel (avril 2011).

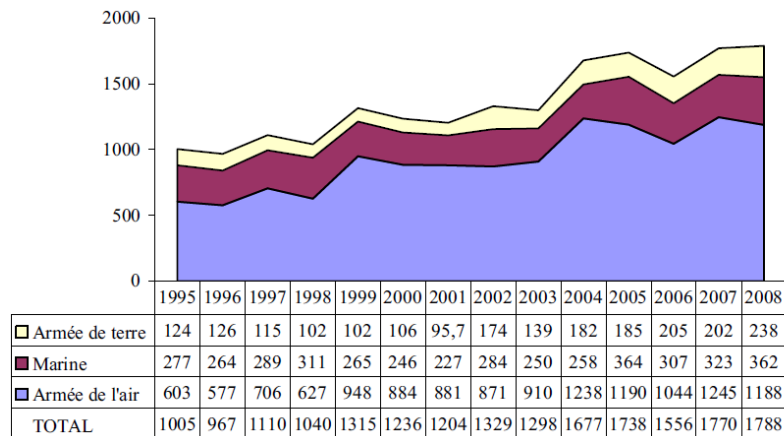
Évolution des crédits d'EPM terrestres (M€courants)



Sources : Joël Hart, *Avis sur le projet de loi de finances 2005, tome IV, défense - forces terrestres, n° 1867*, et Jean-Louis Bernard, *Avis sur le projet de loi de finances 2012, tome IV – équipements des forces terrestres, n° 3809, Assemblée nationale, 2011*.

Les crédits d'EPM pour le terrestre illustrent bien la difficulté à percevoir une tendance haussière sur quelques années, car il est nécessaire d'avoir des chiffres sur le temps long pour se rendre compte de la courbe ascendante. En effet, le coût des matériels évolue avec l'âge (courbe en U ou en baignoire) et des matériels de génération différente peuvent cohabiter au sein des armées : quand le coût de soutien d'un matériel diminuera (c'est le cas pour *Matilde*, par exemple) celui d'un autre, plus âgé, peut monter. Il faut également avoir conscience d' « astuces » permettant de contenir la hausse des coûts de maintenance, comme par exemple la mise sous cocon de matériels¹⁶⁶, ou la réduction du nombre de personnels (s'ils sont inclus dans les calculs).

Le coût du MCO aéronautique (crédits de paiement, en M€)



Source : Yves Fréville, *Rapport d'information sur la SIMMAD et le MCO des matériels aéronautiques du ministère de la Défense, Sénat, n° 352, 21 mai 2008*.

¹⁶⁶ « Deux des treize chasseurs de mine ont été désarmés en 2009 pour économiser des crédits de MCO » in Marguerite Lamour, *op. cit.*, 14 octobre 2009, p. 34.

Mais les responsables du soutien ne s'y trompent pas, estimant que « le facteur de complexité technique, est forcément aussi un facteur de croissance des coûts. [...] Parce que ça multiplie les opérations de réalisation ou les opérations de maintenance, ça les complexifie, ça augmente la durée de réalisation des pièces de rechange, ça renchérit les pièces de rechange, etc. ». En parallèle, les nouveaux matériels répondent à des besoins supplémentaires. « La *Gazelle*, c'est la 204 Peugeot. Maintenant, on a une Mercedes », résume un membre du CPRA¹⁶⁷. D'ailleurs, il est reconnu que le coût global de maintenance d'un équipement est défini à 60-80 % par les décisions de conception¹⁶⁸. Au regard de cela, on comprend mieux la demande du général Irrastorza, alors CEMAT, d'avoir un véhicule blindé multirôle (VBMR) pour moins d'un million d'euros pièce – rappelons que les coûts d'entretien sont prélevés sur le budget de son état-major¹⁶⁹.

En conclusion, hormis le durcissement de situation de monopole, tous les autres facteurs explicatifs marquants en matière de soutien renvoient directement ou indirectement à une plus grande complexité technique des matériels. En effet, étant techniquement plus performants, leur nombre est réduit et cela augmente les coûts fixes du soutien et accélère l'usure. De plus, l'électronique, qui leur confère ces performances supérieures, vieillit très vite et oblige à rénover très régulièrement les matériels. Par ailleurs, ces innovations introduisent une incertitude dans la fiabilité du système en conditions d'usage réelles. Enfin, n'oublions pas les choix de conception : plus on met de systèmes sur un équipement, et d'autant plus si ces systèmes sont complexes, plus le soutien sera onéreux.

¹⁶⁷ Entretien (février 2011).

¹⁶⁸ Approximativement « 80 % des coûts de maintenance sont directement issus de la définition [...] les 20% qui [restent] sont liés à la manière de faire de la maintenance », ce qui réduit à « 1 % à 2 % » la marge réelle de gain possible (entretien avec la DGA, juillet 2012). Un site de conseil en maintenance estime la part à 60-70% : voir http://www.ingexpert.com/maintexpert/php_theorie_maintenance_lcc_cout_global.php.

¹⁶⁹ Jean-Dominique Merchet, « Pour l'armée de terre, le successeur du VAB ne doit pas coûter plus d'un million d'euros », *Secret Défense*, 19 janvier 2010, accessible à l'adresse : <http://secretdefense.blogs.liberation.fr/defense/2010/01/lar-m%C3%A9e-de-terre-ne-veut-pas-que-le-successeur-du-vab-co%C3%BBte-plus-dun-million-deuros-pic%C3%A8e.html>.

Conclusion

Cela fait plus d'un siècle que l'on pressent une croissance continue des coûts des armements au point d'atteindre une impossibilité du type de celle décrite par Norman Augustine¹⁷⁰. Le risque est de connaître à terme un effondrement économique de notre modèle de défense¹⁷¹. Plusieurs tentatives ont cherché à inverser la tendance. Dans la plupart des cas, il s'agissait de réformes : réformes de la DGA, réformes du processus d'acquisition et de soutien, adoption de composants civils dans la fabrication des matériels, adoption des normes civiles dans la conception des matériels, etc.¹⁷² Si la complexité organisationnelle a sa part de responsabilité dans la hausse régulière des coûts, d'autres facteurs explicatifs l'accompagnent : insuffisance des études amont, évolution du besoin en cours de programme, sous-estimation volontaire ou non des difficultés techniques, complexité technique des matériels, etc. Les efforts réalisés pour juguler la croissance des coûts se sont concentrés sur ces aspects organisationnels et pratiques, assurément à raison, mais les coûts continuent de croître¹⁷³. La solution mise actuellement en avant, consistant à grouper les commandes à l'échelle européenne, ne permettra que de gagner du temps car elle ne s'attaque pas aux causes. Pourquoi ne pas agir au plan technique ?

C'est précisément ce que les acteurs ont en tête lorsqu'ils prônent une « juste suffisance » dans les exigences opérationnelles et dans les spécifications techniques. Néanmoins, ce concept est introduit à une époque de profonde incertitude quant aux conditions du combat futur, et

¹⁷⁰ Le financier Jean de Bloch (1836-1902) et l'économiste Gustave Molinari (1819-1912) estimaient que le coût de la guerre augmenterait tellement qu'on ne pourrait bientôt plus la faire. Voir Jean de Bloch, *Impossibilités techniques et économiques d'une guerre entre grandes puissances*, conférences tenues à La Haye en juin 1899, Paris, Ed. Paul Dupont, 1899. Voir aussi Norman Augustine, « Unhappy Birthday: America's Aerospace Industry at 100 », *Aerospace America*, février 1997, cité par Martial Foucault, « Les budgets de défense en France, entre déni et déclin », *Focus Stratégique*, n°36, avril 2012.

¹⁷¹ Alex Roland, *The technological fix: weapons and the cost of war*, Strategic Studies Institute, 6 juin 1995.

¹⁷² Le fait de copier les normes civiles réduit les coûts dans la plupart des cas. Une exception : la mise aux normes de sécurité nucléaire civiles des infrastructures de l'île Longue a fait doubler les coûts d'adaptation de l'infrastructure existante au missile M51. *31^e rapport d'ensemble du comité des prix de revient des fabrications d'armement*, Journaux officiels - documents administratifs, 22 juin 2010, p. 7.

¹⁷³ Le rapport de l'inspection générale des armées *Adéquation des matériels avec le besoin des forces* (2008), suit cette tendance : il ne cherche pas tant à évaluer la juste suffisance technique dans les matériels à attribuer aux forces qu'à améliorer les relations entre les divers acteurs d'un programme d'armement.

c'est justement cette incertitude qui favorise la multiplication des fonctionnalités : ne sachant pas à quoi s'attendre et partant du principe que « qui peut le plus peut le moins », les acteurs font le choix de matériels polyvalents à la pointe de la technologie pour disposer d'un « temps d'avance » sur l'adversaire. Le choix d'un niveau technique élevé fait consensus parmi les principaux acteurs décisionnaires. Comment combiner supériorité technique et juste suffisance ? N'y a-t-il pas là une injonction paradoxale ?

Modestement, nous proposons de revenir au besoin : qu'attendons-nous exactement de notre défense ? Quelles sont les principales missions que nous souhaiterions la voir remplir ? Contre qui ou quoi pensons-nous avoir besoin d'elle ? De quelle façon souhaitons-nous l'utiliser, et pour défendre quelles ambitions et quels intérêts ?

Il nous semble que la juste suffisance technique commence à la juste suffisance de ce que nous projetons sur notre armée, ainsi qu'à la mission que nous nous donnons dans le monde. D'aucuns comprendront qu'il nous faut avoir les ambitions de nos moyens ; nous ne sommes pas aussi pessimiste. Il existe mille et une façons d'atteindre ses ambitions, et la sophistication technique n'est que l'une d'entre elles. Mais avant de réfléchir aux moyens, il nous paraît judicieux de s'interroger sur la fonction que le peuple français souhaite donner à son armée. Après vingt ans d'opérations de maintien de la paix, dix ans de guerre en Afghanistan et deux opérations que l'on peut qualifier de « guerres humanitaires », à une époque où nos frontières ne sont plus menacées, la notion même de guerre a connu de profonds bouleversements qui nous exhortent à redéfinir nos attentes vis-à-vis des armées. Seule une réflexion populaire sera à même d'ancrer cette redéfinition de la mission militaire, laquelle servira de base à la réflexion sur les moyens à lui donner. Une telle décision collective ne pourra que renforcer l'adhésion à l'octroi des moyens.

Annexes

Annexe 1 : Considérations méthodologiques

Les données utilisées dans ce rapport sont principalement issues des rapports parlementaires et de la Cour des comptes. Leur régularité et leur rigueur permettent d'établir des comparaisons dans le temps à source unique. Même si certains chiffres peuvent être contestés dans l'absolu, ils permettent néanmoins de souligner l'évolution dans le temps et de dresser les tendances.

Par ailleurs, certaines données sont parfois inaccessibles : un organisme de maintenance militaire reconnaît ainsi « un gros déficit au niveau de la défense sur un suivi précis [en termes] de comptabilité. [...] Pour arriver à comprendre ce qui se passe, c'est compliqué, alors vous imaginez, être capable de revenir en arrière ! »¹⁷⁴

Les chiffres donnés par le Parlement ou la Cour des comptes peuvent parfois se contredire. En effet, la Cour des comptes prend en compte les frais de développement dans ses calculs, tandis que les parlementaires se limitent généralement aux coûts de production. De même, la Cour compare les écarts de prix à partir du prix objectif, tandis que l'Assemblée nationale part du prix à la signature du contrat, d'où les divergences que l'on peut rencontrer¹⁷⁵.

Par ailleurs, certains contestent les comparaisons intergénérationnelles quand un matériel ancien est remplacé par un autre ayant des fonctionnalités supplémentaires et/ou servant des finalités légèrement différentes. En toute rigueur, estiment-ils, les comparaisons devraient se faire à périmètre constant et à monnaie constante. Mais cela est très difficile, voire impossible, étant donné la durée des programmes et l'évolution du besoin.

Enfin, pour tenir compte de l'argument des industriels selon lequel un achat un peu plus cher peut être rentabilisé dans le temps si l'entretien se révèle moins coûteux, il serait plus juste d'adopter une approche en coût global de possession¹⁷⁶. Or, devant la relative jeunesse de matériels nouveaux comme le *Rafale* (moins de 10 ans), il est trop tôt pour dire si l'exploitation de ces nouveaux matériels apportera véritablement un gain financier. Par exemple, le renouvellement des sous-marins nucléaires d'attaque de la classe Rubis et Améthyste par la classe *Barracuda* accroît le tonnage de 2 700 tonnes à 4 700 tonnes, et le taux de disponibilité prévisionnelle devrait passer d'environ 50 % à environ 66 %¹⁷⁷. De

¹⁷⁴ Entretien avec un officier (avril 2011).

¹⁷⁵ Par exemple, la Cour voit un doublement du coût de revient unitaire du char *Leclerc* là où les députés constatent une hausse de 9,5 % (de 7,68 M€ à 8,41 M€ par char). En effet, la réduction drastique de la cible (de 1 500 à 408) fait porter un poids plus important aux coûts de développement, non pris en compte par les parlementaires. Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *Les conditions d'exécution des grands programmes de défense*, n° 1922, Assemblée nationale, 17 novembre 2004, p. 42.

¹⁷⁶ Le coût global de possession se calcule en additionnant l'acquisition, la formation des militaires à leur nouvel équipement, les infrastructures nécessaires (éventuellement), la maintenance (y compris les coûts indirects) et le démantèlement. Cette notion fut inventée par le Gartner Group en 1987, une entreprise américaine de conseil et de recherche dans le domaine des techniques avancées.

¹⁷⁷ Jean-Michel Fourgous et Bernard Cazeneuve, *op. cit.*, p. 131.

même, un appareil polyvalent comme le *Rafale* coûte plus cher à l'unité qu'un *Mirage 2000* mais il est censé être employé en plus petit nombre¹⁷⁸. Sa meilleure disponibilité devrait également compenser le surcoût à l'achat, d'après Dassault. L'appréciation des écarts doit donc se faire de manière grossière pour tenir compte de ces variables qualitatives.

Annexe 2 : Budget d'équipement des forces armées

Le budget de la défense est le troisième plus important de l'État. Il représente un peu moins de 40 milliards d'euros en 2012, 1,9 % du PIB¹⁷⁹ et 13% du budget de l'Etat), derrière l'Éducation nationale (62 Md€ en 2012) et le remboursement de la dette (50 Md€ en 2012). Hors pensions, le budget s'élève à 31,72 Md€ (PLF 2012), dont 16,5 Md€ sont consacrés à l'équipement – soit un peu plus de la moitié.

Répartition des dépenses en crédits de paiement (Md€ courants)

STRUCTURE COURANTE	LFI 2008	LFI 2009	LFI 2010	LFI 2011	PLF 2012
MASSE SALARIALE HORS PENSIONS	11,7	11,7	11,6	11,7	11,6
DEPENSES D'EQUIPEMENT	15,3	17,9	17,0	16,0	16,5
AUTRES DEPENSES	3,2	3,3	3,5	3,5	3,7
TOTAL DES RESSOURCES HORS PENSIONS	30,2	32,9	32,2	31,2	31,8

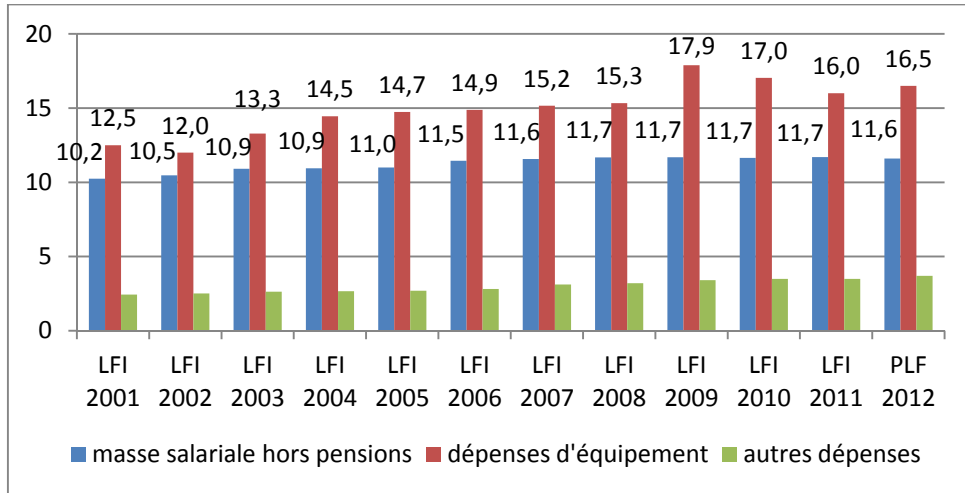
Source : *Projet de loi de finances du ministère de la Défense 2012, p. 10.*

Sur les 16,5 milliards d'euros consacrés à l'équipement, l'entretien programmé du matériel (programme 178) en consomme 3 Md€ (contre 2,6 Md€ en 2011 et 2,4 Md€ en 2010), soit environ 18 % du poste total des dépenses d'équipement (15,3% en 2011 et 14% en 2010).

¹⁷⁸ Cet argument n'est pas propre aux appareils de Dassault mais repose sur l'amélioration du ciblage qui fait que « l'avion aujourd'hui est l'équivalent de plusieurs centaines d'avions type B17 ou de la seconde guerre mondiale. (...) aujourd'hui, avec beaucoup moins de moyens, plus polyvalents, de la haute techno, vous arrivez à atteindre un résultat opérationnel équivalent à ce qui nécessitait auparavant des moyens beaucoup beaucoup beaucoup plus considérables et avec des effets non-garantis. » Entretien avec un officier de l'armée de l'Air (avril 2011).

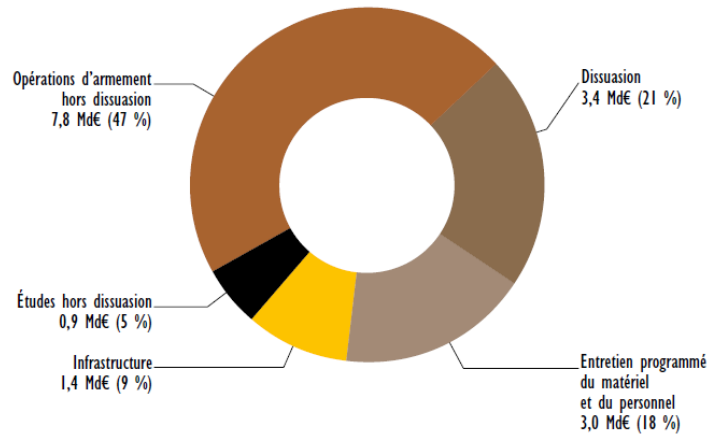
¹⁷⁹ *Projet de loi de finances 2012*, accessible à l'adresse : <http://www.defense.gouv.fr/sga/le-sga-en-action/budget-finances-de-la-defense/budget/budget-2012>.

Répartition du budget (en crédits de paiement en Md€ courants) pour la période 2001-2012



Sources : Projets de loi de finances du ministère de la Défense 2011 & 2012.

Ressources totales (avec plan de relance et recettes exceptionnelles) en CP pour les équipements (en Md€)



Source : Projet de loi de finances du ministère de la Défense 2012, p. 23.

Annexe 3 : Coûts de divers programmes d'armement

PROGRAMME	QUANTITE INITIALE	QUANTITE ACTUELLE	COUT INITIAL DU PROGRAMME (M€)	COUT DU PROGRAMME EN 2009 (M€)	PRIX UNITAIRE INITIAL (M€)	PRIX UNITAIRE FINAL (M€)	DECALAGE DU COUT ARRONDI	PRIX UNITAIRE DE PRODUCTION		
								Prix initial	Prix actuel	Hausse
CHAR LECLERC	1 400	408	3 206 ¹⁹⁸²		2,29 ¹⁹⁸²	15,9	+500%			
PA CHARLES DE GAULLE	1	1	2 628,9		2 628,9	3 122,1	+20%			
SNLE	6	4	16 186	17 130	2 698	4 285,5	+60%	2 054	3096,96	+50,8%
HELICOPTERE TIGRE	215	80	8 899	5 898	41,4	73,7	+80%	33,5	50,8	+51,8%
AVIONS DE COMBAT RAFALE*	320	286 ²⁰⁰⁹	39 073	40 690	122,1	142,3	+15%	96,6	101,1	+4,7%
HELICOPTERE DE TRANSPORT NH-90	220	160	8 787	7 759	39,9	48,5	+20%	37	38,6	+4,5%
VEHICULE VBCI	700	630	1 500 ²⁰⁰⁰	2 867	3,56	4,55	+30%	2,5	3,2	+29,1%

* : réduction de la cible de 60 à 58 appareils pour le Rafale Marine avec abandon de la version biplace.
 Pour le VBCI, les différences de coût sont calculées ici à partir de 2000 et non à partir de 1997, autrement la hausse du prix unitaire serait de 47 % et non de 29,1 %.

PROGRAMME	QUANTITE INITIALE	QUANTITE ACTUELLE	COUT INITIAL DU PROGRAMME (M€)	COUT DU PROGRAMME EN 2009 (M€)	PRIX UNITAIRE INITIAL (M€)	PRIX UNITAIRE FINAL (M€)	DECALAGE DU COUT ARRONDI	PRIX UNITAIRE DE PRODUCTION			
								Prix initial	Prix actuel	Hausse	
MISSILE M51	NC	NC	1 500	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
BATIMENT BPC	2	2	623,3		312	338,8 ₂₀₀₅					
SOUS-MARIN BARRACUDA	6	6	8 562	8 718	1 427	1 453	+2%	1 068,2	1 092,5	+2,3%	
EQUIPEMENT INDIVIDUEL FELIN	22 588	22 588	250	240	0,016		(serait faible)				
FREGATES FREMM	17	11	9 105	7 818	535,6	710,7	+30%	428,7	550,2	+28,3%	
FDA HORIZON	4	2	1 209	1 209			0%				

Sources : Cour des Comptes (2010), rapports parlementaires.

Annexe 4 : Taux de disponibilité sur le théâtre national des aéronefs de l'armée de l'Air (forces prépositionnées incluses, hors drones)¹⁸⁰

TYPE D'AERONEF	AERONEFS	TAUX DE DISPONIBILITE DT			
		2008	2009	2010	2011*
AVIONS DE CHASSE	RAFALE	59%	48%	52%	50%
	MIRAGE 2000 B	44%	48%	58%	71%
	MIRAGE 2000 C RDI	54%	59%	65%	65%
	MIRAGE 2000-5F	52%	53%	56%	49%
	MIRAGE 2000 D	40%	39%	41%	53%
	MIRAGE 2000 N	58%	62%	63%	57%
	MIRAGE F1 B	49%	62%	51%	60%
	MIRAGE F1CR	42%	36%	49%	48%
	MIRAGE F1 CT	51%	49%	47%	71%
TOTAL	50%	50%	54%	56%	
AVIONS ÉCOLE	ALPHAJET	70%	66%	58%	56%
	XINGU	61%	58%	52%	46%
	TUCANO	78%	-	-	-
	TOTAL	70%	66%	57%	54%
AVIONS DE TRANSPORT STRATEGIQUE	A 310	87%	92%	98%	95%
	A 340	98%	98%	100%	98%
	TOTAL	91%	94%	99%	97%
AVIONS DE TRANSPORT DE PERSONNEL	TBM 700	67%	69%	70%	67%
	DHC6	78%	64%	75%	61%
	TOTAL	70%	68%	71%	65%
AVIONS A USAGE GOUVERNEMENTAL	FALCON 900	93%	96%	100%	95%
	FALCON 50	91%	98%	99%	88%
	FALCON 7X	-	-	100%	96%
	A 319	100%	98%	100%	-
	A 330	-	-	-	97%
	TOTAL	94%	98%	100%	94%
AVIONS DE SUPPORT OPERATIONNEL	KC 135 — C135-FR	65%	65%	61%	65%
	E3F	87%	84%	81%	75%
	TOTAL	71%	69%	65%	67%
AVIONS DE TRANSPORT TACTIQUE	C 130	46%	58%	64%	72%
	C 160 AG-NG	51%	50%	51%	52%
	C 160 G	66%	63%	45%	32%
	CASA	72%	73%	71%	68%
	TOTAL	55%	57%	57%	58%
HELICOPTERES DE MANŒUVRE OU MOYENS	PUMA	55%	57%	51%	51%
	SUPER PUMA	63%	63%	64%	64%
	COUGAR	76%	79%	57%	66%
	CARACAL	39%	53%	57%	63%
	TOTAL	57%	59%	54%	54%
HELICOPTERES LEGERS	FENNEC	67%	68%	62%	62%
TOTAL ARMÉE DE L'AIR		59%	59%	57%	57%

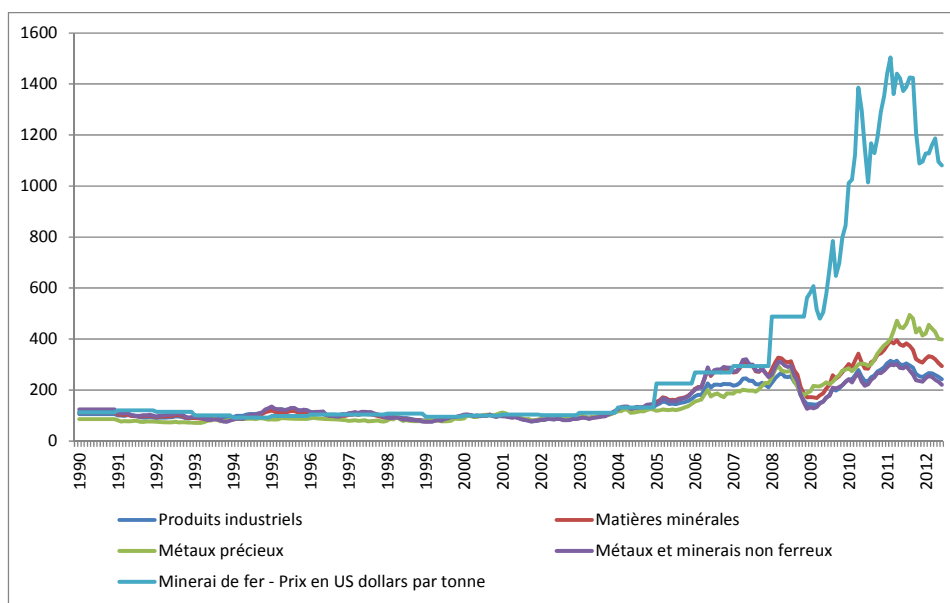
¹⁸⁰ * 5 premiers mois de l'année seulement. Source : ministère de la Défense et des Anciens combattants, cité par Jean-Claude Viollet, *Avis sur le projet de loi de finances 2012*, n° 3809 tome VI – forces aériennes, 25 octobre 2011.

Annexe 5 : Age moyen des principaux matériels appelant un renouvellement

AVIONS RAVITAILLEURS	45
HELICOPTERES DE MANŒUVRE (PUMA, COUGAR, LYNX, SUPER FRELON)	30
VEHICULES DE L'AVANT BLINDES (VAB)	28
AVIONS DE TRANSPORT TACTIQUE (C 160 ET C130)	28
VEHICULES BLINDES D'INFANTERIE AMX10P ET VBCI (41 LIVRES EN 2008)	26
PETROLIERS-RAVITAILLEURS (COQUE UNIQUE =HORS NORME 2008)	24
BLINDES ROUE-CANON (AMX 10 RC)	23
FREGATES DE COMBAT	21
VEHICULES TACTIQUES (PEUGEOT P4)	20
SOUS-MARINS NUCLEAIRES D'ATTAQUE (SNA) TYPE RUBIS	20
POIDS LOURDS (TRM 10000, VTL)	20
AVIONS DE CHASSE (HORS RAFALE)	20
ARTILLERIE	18
AVIONS DE DETECTION AEROPORTEE (AWACS)	17
AVIONS DE PATROUILLE MARITIME ATLANTIQUE 2	15

Source : Livre blanc sur la défense et la sécurité nationale, juin 2008, repris dans l'avis des sénateurs François Trucy, Jean-Pierre Masseret et Charles Guéné relatif à la programmation militaire pour les années 2009 à 2014, n° 548, 8 juillet 2009, p. 48.

Annexe 6 : Evolution du cours des matières premières importées (indice 100 en 2000)



Pour le fer : importations chinoises, port de Tianjin, prix spot CAF, type 62% Fe
Source : INSEE, 2012.

Annexe 7 : Comment les industriels estiment le temps nécessaire pour développer une nouveauté¹⁸¹

« [...] on n'a jamais « jamais fait ». La société [X] a quand même 50 ou 60 ans d'expérience. Donc la première des choses qu'on fait pour se tromper le moins possible, et aussi, j'allais dire, parce qu'on est feignant puis on essaie à chaque fois de regarder ce qui a été fait, on essaie de repartir sur ce qui a été fait avant. [...] Rien n'est innovant à 100 %. C'est toujours en principe une évolution. [...] Pour le chiffrage, on prendra les précédents, on se basera sur les précédents, qu'on aura corrigés si nécessaire. »

« On fait toujours les évaluations à partir de ce qu'on a déjà fait, et puis après, on essaie de... entre guillemets, pifométrer [...] Il y a de l'expérience, il y a des moyens d'évaluation, il y a... mais... là où il y a risque, difficulté, et quasi-impossibilité de tout bien prévoir, c'est quand il y a des ruptures techniques [...] Souvent les ruptures techniques sont anticipées par des études autofinancées qui permettent de faire des études de faisabilité, enfin, mais euh, dans ces domaines-là, c'est sûr que la deuxième affaire c'est mieux prévisible que la première. »

« [...] on passe son temps à être en retard. Alors ça a toujours été vrai dans l'ingénierie puisqu'on invente des choses qui n'existent pas, donc on ne reproduit pas une action, donc on a aucun moyen de savoir la durée que ça va mettre. »

« On a beau avoir des connaissances, être compétents, ça dépend aussi du degré de complexité du produit pour lequel il y a un cahier des charges soumis par le client. [...] On ne sait pas chiffrer ! Quelque chose qui n'a jamais été fait, on ne peut que faire une estimation min et une estimation max, et encore, on peut être complètement en dehors des clous. »

¹⁸¹ Entretien avec des industriels (2011, 2012).

Annexe 8 : Les raisons des retards du programme Rafale sont principalement dues aux restrictions budgétaires

LE RAFALE : UN PROGRAMME DONT LES RETARDS SONT DUS, JUSQU'À PRÉSENT, À DES RESTRICTIONS BUDGÉTAIRES

L'intégralité des retards accumulés à ce jour sur le programme Rafale, soit neuf ans, est imputable à des restrictions budgétaires. Leur chronologie est la suivante :

- 1991, décalage d'un an du programme de développement ;
- 1993, décalage de six mois de la constitution des premières unités opérationnelles ;
- 1994, décalage d'un an de l'entrée en service du premier escadron de l'armée de l'air et de six mois de la première flottille de la marine ;
- 1995, arrêt de l'industrialisation de la cellule et décalage du lancement de la production des avions de série de novembre 1995 à mai 1997, puis nouvel étalement lors de l'adoption du budget pour 1996 avec un premier escadron opérationnel mi-2003 ;
- 1996, adoption de la loi de programmation militaire 1997-2002, qui prévoit un glissement supplémentaire de deux ans et demi pour l'entrée en service du premier escadron de l'armée de l'air (horizon 2005) ;
- 1998, revue des programmes avec décalage de dix mois de la livraison des premiers avions à l'armée de l'air et de deux mois des standards F 2 de la marine ;
- 2001, report de la création du premier escadron de l'armée de l'air à 2006 ;
- 2004, attente de la deuxième commande globale de 59 appareils au standard F 2.

Source : *Cour des comptes, op. cit., 2010, p. 57.*

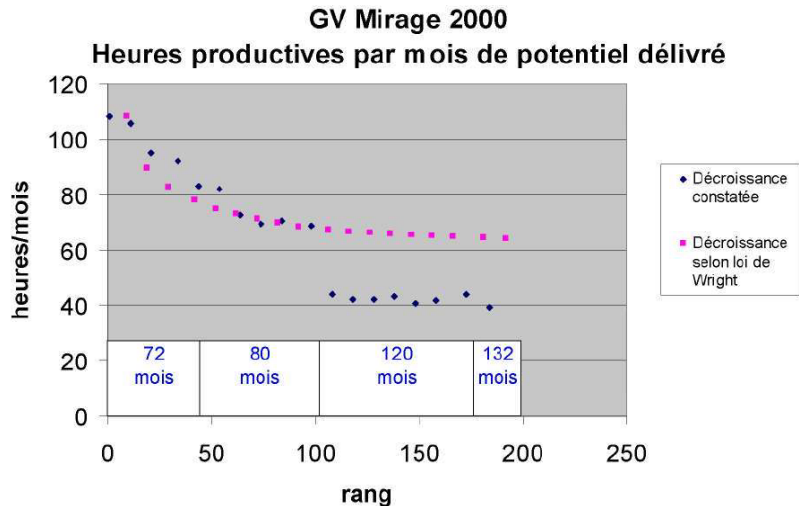
Annexe 9 : L'effet d'expérience

Plus une entreprise fabriquera un produit X, meilleure et plus rapide elle sera dans cette tâche, et moins le produit X sera cher. Voici en quelques mots en quoi consiste l'effet d'expérience, ou loi de Wright d'après son inventeur.

Wright, chargé par le gouvernement américain d'étudier l'influence des séries sur le temps de fabrication pendant la Seconde guerre mondiale, avait ainsi énoncé que « chaque fois que l'on doublait le nombre d'avions de la série, le temps moyen de chaque avion était multiplié par 8 ». A l'inverse, en en produisant de moins en moins, l'habitude se perd et assurer un même niveau de qualité demande plus de temps, donc un coût plus élevé.

En vrai, cette loi s'applique aux opérations répétitives, mais « en l'absence d'actions volontaristes et ciblées de gain de productivité, les temps unitaires des quelques premiers avions subissent des aléas peu modélisables », constate le comité pour l'histoire de l'aéronautique (COMAERO). Leur étude réalisée autour du *Mirage-2000* a montré que les heures productives par mois de potentiel délivré diminuent et que la différence est marquée autour du rang 100.¹⁸²

¹⁸² 9^e Rencontre de COMAERO, Paris, 17 novembre 2009. Michel Hucher (dir.), *Un demi-siècle d'aéronautique en France. AIA : Les ateliers de maintenance industrielle de l'aéronautique*, Paris, Centre des hautes études de l'armement, 2009, p. 55.



Source : Michel Hucher (dir.), *Un demi-siècle d'aéronautique en France. AIA : Les ateliers de maintenance industrielle de l'aéronautique*, Paris, Centre des hautes études de l'armement, 2009, p. 56.

Annexe 10 : Comparaison internationale des coûts des matériels militaires

Au Royaume-Uni, le coût des programmes croît d'environ 2,8 % par an et les principaux projets enregistrent un retard d'environ 5,9 mois¹⁸³. Cette dérive n'est pas récente : les études du ministère des approvisionnements montrèrent dès 1958 que les coûts réels d'équipement militaire étaient 2,8 fois ceux prévus¹⁸⁴. Cinquante ans plus tard, un rapport du ministère de la Défense souligne que le pays connaît depuis 1998 la plus longue période de croissance continue depuis 20 ans¹⁸⁵, avec une augmentation de 10 % du cœur du budget de la défense britannique. Pour les auteurs de ce rapport, le lien entre technologie et augmentation des coûts ne fait aucun doute : « si nous continuons à vouloir être à la pointe de la technologie, en cherchant aussi à améliorer la protection de notre personnel, nous pouvons nous attendre à voir le coût des générations successives des équipements continuer à croître à un rythme supérieur à l'inflation. »¹⁸⁶

Aux Etats-Unis, le coût unitaire entre deux avions de chasse américains comme le F-15 et le F-35 a été multiplié par sept¹⁸⁷, et environ par dix par rapport au coût unitaire du F-22 (près de 400 M\$)¹⁸⁸. Et le coût du F-35 et du F-22 ne cesse de grimper¹⁸⁹. Même le

¹⁸³ Ministry of Defence britannique, *Defence Strategy Acquisition Reform*, Stationery Office, 2010, p. 7.

¹⁸⁴ Voir Bill Kincaid, *Changing the Dinosaur's Spots: The Battle to Reform UK Defence Acquisition*, Londres, RUSI, 2008.

¹⁸⁵ Ministry of Defence britannique, *Adaptability and Partnership*, Stationery Office, 2010, p. 15. Texte repris dans « Securing Britain in an Age of Uncertainty: the Strategic Defence And Security Review », présenté au Parlement par le Premier ministre sur commande de sa Majesté, octobre 2010, p. 31.

¹⁸⁶ Ministry of Defence britannique, *Adaptability and Partnership*, Stationery Office, 2010, pp. 15-16.

¹⁸⁷ En prenant comme coût unitaire du F-15 environ 30 M\$ (chiffre de 1998) et pour le F-35 au moins 200 M\$ (chiffre de 2012, en augmentation constante).

¹⁸⁸ « Le coût unitaire d'achat du F-35 a doublé, passant de 149 M\$ à 345M\$ en 2005. Le coût unitaire d'achat comprend le développement, l'achat, l'infrastructure militaire nécessaire et la modernisation initiale, divisés par la quantité produite totale. Il ne comprend pas les coûts futurs de modernisation ni certains coûts de soutien. » Global Security, « F22 Raptor Cost », accessible à l'adresse : <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-22-cost.htm>.

¹⁸⁹ Jean-Louis Bernard et Antoine Carré, *op.cit.*, 17 novembre 2004, p. 28. Voir aussi « Britain prepares for major troop cuts », *UPI.com*, 13 janvier 2010,

coût d'équipement individuel et l'armement standard du GI a été multiplié par quatre en 8 ans, passant à 25 000 \$ en 2007¹⁹⁰. Le Government Accountability Office, l'équivalent américain de la Cour des comptes, a identifié une dérive de coût de 295 Md\$ sur 72 systèmes d'arme majeurs et estime que près de 70 % des 96 plus gros programmes d'armement américains ont dépassé le plafond alloué en 2008¹⁹¹.

En Australie¹⁹², Boeing pensait que concevoir son 737 AEW&C *Wedgetail* était un programme « *low risk and high performance* » (faible coût, haute performance), avant de se dédire en le qualifiant de « programme extrêmement complexe » comportant des « défis hardware & software »¹⁹³. L'équivalent australien de la Cour des comptes, l'Australian National Audit Office (ANAO), relève que les 22 principaux programmes d'armement du pays affichent un retard cumulé de 859 mois, soit plus de 71 ans !¹⁹⁴ Selon elle, même si les raisons de ces retards varient, ils « reflètent principalement la sous-estimation à la fois de l'étendue et de la complexité du travail par l'industrie et le Defence Materiel Organisation ».¹⁹⁵

Le Canada n'est pas épargné. En 2007, on comptait douze programmes pour un montant total de 7,3 milliards de dollars canadiens qui étaient en retard et connaissaient des dérives de coût. Le ministère canadien de la Défense a refusé de dévoiler le nom de ces programmes¹⁹⁶.

Enfin, en Russie, « depuis 1992, aucune commande étatique dans la défense n'a été réalisée jusqu'au bout ou dans les temps », affirme l'analyste militaire Nikita Petrov. La frégate *Stereguchtchi* a eu près de deux ans de retard pour un coût quasi-doublé¹⁹⁷.

accessible à l'adresse : http://www.upi.com/Business_News/Security-Industry/2010/01/13/Britain-prepares-for-major-troop-cuts/UPI-65011263404737.

¹⁹⁰ Arnaud de la Grange et Jean-Marc Balencie, *Les guerres bâtarde : Comment l'Occident perd les batailles du XXIe siècle*, Paris, Perrin, 2008.

¹⁹¹ Reuters, « Obama signs law to reform Pentagon weapons buying », 22 mai 2009, accessible à l'adresse : <http://www.reuters.com/article/politicsNews/idUSTRE54L3FR20090522> ; Cam Simpson, « Government Contracting Is Targeted », *Wall Street Journal*, 5 mars 2009, accessible à l'adresse : <http://online.wsj.com/article/SB123616611224728195.html> ; Bernie Sanders et William D. Hartung, « Time to end waste at the Pentagon », *Politico*, 24 juin 2008, accessible à l'adresse : <http://www.politico.com/news/stories/0608/11277.html> ; Sustainable Defense Task Force, *Debts, Deficits, and Defense: A Way Forward*, juin 2010, p. 9, accessible à l'adresse : <http://www.comw.org/pda/1006SDTF.html>.

¹⁹² Pour l'Australie, voir Jon Grevatt, « Audit highlights 57-year delays in Australian procurement projects », *Jane's Defence Industry*, 2 décembre 2010.

¹⁹³ Le contrat avec le gouvernement australien étant à prix fixe, l'entreprise a dû prendre à sa charge près de 1 MdUS\$ de frais de développement imprévus. Robert N. Charette, « Weapons Acquisition Problems Span the Globe. It's not just US Problem. Australia, Canada, Russia, and the UK have all experienced their fair share of troubled acquisition efforts », *Spectrum*, IEEE, vol. 45, n° 11, novembre 2008, accessible à l'adresse : <http://spectrum.ieee.org/aerospace/aviation/weapons-acquisition-problems-span-the-globe>.

¹⁹⁴ Australian National Audit Office, *Major Projects Report 2011-2012*, Report n° 15 2012-132, 2012, p. 24, accessible à l'adresse : http://www.anao.gov.au/~media/Files/Audit%20Reports/2012%202013/Audit%20Report%2015/201213%20Audit%20Report%20No%2015_DMO.pdf

¹⁹⁵ Les programmes affichant un retard supérieur à quatre ans sont : High Frequency (HF) Modernisation (134 mois) ; Collins Reliability and Sustainability (99 mois) ; FFG Upgrade (84 mois) ; Collins Replacement Combat System (72 mois) ; ANZAC Anti-Ship Missile Defence (ASMD) Phase 2A (72 months) ; ANZAC ASMD phase 2B (57 mois) et *Wedgetail* (48 mois).

¹⁹⁶ Robert N. Charette, « The more things Change... A sampling of viewpoints about problems in defense acquisitions over the last 25 years », *Spectrum*, IEEE, vol. 45, n° 11, novembre 2008, accessible à l'adresse : <http://spectrum.ieee.org/aerospace/aviation/the-more-things-change>.

¹⁹⁷ *Ibid.*

Références

Documents officiels

- « Audition de Laurent Collet-Billon sur le projet de loi de finances pour 2010 », *Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées – séance de 17h30*, n° 9, Assemblée nationale, 20 octobre 2009.
- « Audition de Louis Gallois, président exécutif d'EADS », *Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées*, n° 35, Assemblée nationale, 2 juin 2010.
- « Audition de Hervé Morin, ministre de la défense, sur les orientations budgétaires du ministère de la défense pour les années 2011-2013 », *Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées*, n° 40, Assemblée nationale, 7 juillet 2010.
- ADAM Patricia, BEAUDOIN Patrick, FROMION Yves, *Rapport sur l'exécution de la loi de programmation militaire pour les années 2003 à 2008*, n° 1378, Assemblée nationale, 14 janvier 2009.
- ASSEMBLEE NATIONALE, *Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées – séance de 11h*, n° 12, 31 octobre 2006.
- ASSEMBLEE NATIONALE, *Compte-rendu de la commission de la défense nationale et des forces armées – séance de 9h30*, n° 13, 28 octobre 2009.
- AUSTRALIAN NATIONAL AUDIT OFFICE, *Major Projects Report 2011-2012*, Rapport n° 15 2012-13, 2012, p. 24, accessible à l'adresse: http://www.anao.gov.au/~media/Files/Audit%20Reports/2012%202013/Audit%20Report%2015/201213%20Audit%20Report%20No%2015_DMO.pdf
- BEAUDOUIN Patrick, FROMION Yves, *Rapport relatif à la programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant diverses dispositions concernant la défense – tome 2*, n° 1615, Assemblée nationale, 8 avril 2009.
- BERGÉ-LAVIGNE Maryse, NOGRIX Philippe, *Rapport d'information, fait au nom de la commission des affaires étrangères et de la défense*, n° 215, Sénat, 22 février 2006.
- BERNARD Jean-Louis, CARRE Antoine, *Les conditions d'exécution des grands programmes de défense*, n° 1922, Assemblée nationale, 17 novembre 2004.
- BLIN Maurice, MARINI Philippe, *Projet de loi de finances pour 2002 - Tome III - Annexe 42 : II. Défense : Exposé d'ensemble et dépenses en capital*, n° 87, Sénat, 22 novembre 2001.

- CAZENEUVE Bernard, FOURGOUS Jean-Michel, *Conclusion des travaux de la Mission d'évaluation et de contrôle (MEC) sur le financement des projets d'équipement naval militaire*, n° 717, Assemblée nationale, 13 février 2008.
- COMITE DES PRIX DE REVIENT DES FABRICATIONS D'ARMEMENT, *25^e rapport d'ensemble, chapitre II : programme naval – le porte-actions nucléaire Charles de Gaulle*, novembre 2003, pp. 13-16, accessible à l'adresse : http://www.defense.gouv.fr/layout/set/popup/content/download/13653/124665/file/2_pdf_2.pdf.
- COMITE DES PRIX DE REVIENT DES FABRICATIONS D'ARMEMENT, *29^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels – documents administratifs, 24 juillet 2007.
- COMITE DES PRIX DE REVIENT DES FABRICATIONS D'ARMEMENT, *30^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels – documents administratifs, 27 mai 2009.
- COMITE DES PRIX DE REVIENT DES FABRICATIONS D'ARMEMENT, *31^e rapport d'ensemble*, Journaux officiels – documents administratifs, 22 juin 2010.
- CORNUT-GENTILLE François, « Annexe 39 – défense » in Gilles Carrez (dir.), *Rapport sur le projet de loi de finances pour 2005*, n° 1863, Assemblée nationale, 13 octobre 2004.
- CORNUT-GENTILLE François, *Projet de loi de finances pour 2010 – tome VII, défense équipement des forces - dissuasion*, n° 1972, Assemblée nationale, 14 octobre 2009.
- CORNUT-GENTILLE François, VIOLLET Jean-Claude, *Rapport d'information en conclusion des travaux de la Mission d'Evaluation et de contrôle (MEC) sur les programmes d'armement*, n° 3254, Assemblée nationale, 5 juillet 2006.
- COUR DES COMPTES, *Communication à la commission des finances, de l'économie générale et du plan de l'Assemblée nationale – Véhicule Blindé de Combat d'Infanterie (VBCI), programme majeur d'armement 2000-2004*, 2006.
- COUR DES COMPTES, *Conduite des programmes d'armement (extrait du rapport annuel d'activité)*, La Documentation française, 2010.
- COUR DES COMPTES, *Le maintien en condition opérationnelle des matériels des armées*, La Documentation française, 2005.
- COUR DES COMPTES, *Rapport public*, La Documentation française, 2001.
- COUR DES COMPTES, *Rapport public*, La Documentation française, 2002.
- DGA, *Plan stratégique pour la R&T dans la défense et la sécurité*, 2009.
- ESPER Philippe, PALOMEROS Jean-Paul, SCHELLER Michel (dir.), *Comment développer les programmes en coopération et améliorer leur gestion ?*, Conseil Economique de la Défense, Ministère de la Défense, juillet 2010.
- ETAT-MAJOR DES ARMEES, « *Instruction générale n°125/DEF/EMA/PLANS/COCA – N°1516/DEF/DGA/DP/SDM relative au déroulement et la conduite des opérations d'armement* », *Bulletin officiel des armées*, 26 mars 2010.

- FELTZ Henri, *L'impact économique de la défense*, Conseil Economique et Social, 2007.
- FREVILLE Yves, *La structure intégrée de maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense (SIMMAD), et le maintien en condition opérationnelle des matériels aéronautiques du ministère de la défense*, n° 352, Sénat, 21 mai 2008.
- GOVERNEMENT DU ROYAUME-UNI, *Securing Britain in an Age of Uncertainty: The Strategic Defence And Security Review*, octobre 2010.
- GUENE Charles, MASSERET Jean-Pierre, TRUCY François, *Projet de loi relatif à la programmation militaire pour les années 2009 à 2014 et portant diverses dispositions concernant la défense*, n° 548, le 8 juillet 2009.
- HART Joël, *Avis sur le projet de loi de finances 2005, tome IV, défense - forces terrestres*, Assemblée nationale, n° 1867, 13 octobre 2004.
- INSPECTION GENERALE DES ARMEES, *Adéquation des matériels avec les besoins de forces*, janvier 2008 [Document non publié].
- LE DRIAN Jean-Yves, *Avis sur les crédits des services communs (tome IX)*, n° 260, Assemblée nationale, 12 octobre 2002.
- LIGNERES-CASSOU Martine, *Rapport d'information sur la diversification des industries de défense*, n° 911, Assemblée nationale, 22 mai 1998.
- LIGNERES-CASSOU Martine, *Rapport d'information sur les études en amont des programmes d'armement dans les domaines de la défense et de l'aéronautique*, n° 2793, Assemblée nationale, 12 décembre 2000.
- MARINI Philippe, *Projet de loi de finances pour 2010 : défense, tome III, moyens des politiques publiques et dispositions spéciales (2nde partie de la loi de finances)*, n° 101, Sénat, 19 novembre 2008.
- MARTY Alain, SORDI Michel et VIOLLET Jean-Claude, *Rapport d'information sur l'aéromobilité*, n° 666, Assemblée nationale, 30 janvier 2008.
- MINISTERE DE LA DEFENSE, *Rapport au Parlement sur l'exécution de la loi de programmation militaire et des mesures d'accompagnement économique et social et sur la réforme du service national*, La Documentation française, octobre 2000.
- MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES, *Rapports annuels de performance sur le programme 178 (préparation et entretien des forces)*, 2009, accessible à l'adresse : http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2009/pap/html/DBGPGMPRESCRED_PGM178.htm.
- MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES, *Rapports annuels de performance sur le programme 178 (préparation et entretien des forces)*, 2010, accessible à l'adresse : <http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2010/rap/pdf/DRGNORMALMSNDA.pdf>.
- MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES, *Rapports annuels de performance sur le programme 178 (préparation et entretien des forces)*, 2011, accessible à l'adresse : http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2011/pap/pdf/PAP2011_BG_Defense.pdf.

- MINISTERE DE L'ECONOMIE ET DES FINANCES, *Rapports annuels de performance sur le programme 178 (préparation et entretien des forces)*, 2012, accessible à l'adresse : http://www.performance-publique.budget.gouv.fr/farandole/2012/pap/pdf/PAP2012_BG_Defense.pdf.
- PINTAT Xavier, REINER Daniel, *Projet de loi de finances pour 2010 : Défense - Equipement des forces*, n° 102, Sénat, 19 novembre 2009.
- SUSTAINABLE DEFENSE TASK FORCE, *Debts, deficits, and Defense: A Way Forward*, 11 juin 2010, accessible à l'adresse : <http://www.comw.org/pda/1006SDTF.html>
- US AIR FORCE, *Capability Request for Information (CRFI): Air Combat Command (ACC) Light Attack/Armed Reconnaissance (LAAR)* [Expression du besoin américain pour un avion de reconnaissance léger armé], 27 juillet 2009, accessible à l'adresse : <https://www.fbo.gov/index?s=opportunity&mode=form&id=b30065477e7b9159bb2687f2cc2a3667&tab=core&tabmode=list&cck=1&au=&ck>.
- VANDEWALLE Yves, VIOLLET Jean-Claude, *Rapport d'information sur les drones*, n° 2127, Assemblée nationale, 1^{er} décembre 2009.
- VINÇON Serge, *Rapport d'information sur les personnels de l'armée de terre face à la professionnalisation : bilan d'étape*, n° 457, Sénat, 23 juin 1999.

Ouvrages et monographies

- BALENCIE Jean-Marc, LA GRANGE Arnaud de, *Les guerres bâtarde* : Comment l'Occident perd les batailles du XXI^e siècle, Paris, Perrin, 2008.
- COCHET François, *Armes en guerre. XIX^e - XX^e siècle : Mythes, symboles, réalités*, Paris, CNRS, 2012.
- COX Antonia, *More bang for the buck. How we can get better value from the defence budget*, Centre for Policy Studies, 2009.
- HUCHER Michel (dir.), *Un demi-siècle d'aéronautique en France. AIA : Les ateliers de maintenance industrielle de l'aéronautique*, Paris, Centre des hautes études de l'armement, 2009.
- KINCAID Bill, *Changing the Dinosaur's Spots: The Battle to Reform UK Defence Acquisition*, Londres, RUSI, 2008.
- LAFARGUE Paul, *Droit à la paresse. Réfutation du droit au travail de 1848*, Paris, éd. Henry Oriol, 1883, accessible à l'adresse : http://www.metiseu.rope.eu/content/pdf/n9/7_paresse.pdf
- MARKOFF John, SIEGEL Lenny, *The High Cost of High Tech: The Dark Side of the Chip*, New York, Harper and Row Publishers, 1988.
- POIRIER Lucien, *La crise des fondements*, Paris, Économica, 1994.
- ROLAND Alex, *The technological fix: weapons and the cost of war*, Strategic Studies Institute, 6 juin 1995, accessible à l'adresse : <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a297912.pdf>.

Articles de revues

- ADEE Sally, « The Hunt for the Kill Switch », *Spectrum*, IEEE, vol. 45, n° 5, mai 2008, pp. 34-39.
- AFFUZI Pierre, « L'Europe de l'armement, encore une exception française », *Critique Internationale*, n° 6, hiver 2000, pp. 29-36.
- BOËNE Bernard, « La professionnalisation des armées : contexte et raisons, impact fonctionnel et sociopolitique », *Revue française de sociologie*, vol. 44, n° 4, 2003, pp. 647-693.
- CAMPORINI Vincenzo (Lieutenant General), « Policies of European Defence Industries – or European Industrial Defence Policy? », *RUSI Defence Systems*, été 2006, pp. 28-29.
- CHARETTE Robert N., « The more things Change... A sampling of viewpoints about problems in defense acquisitions over the last 25 years », *Spectrum*, IEEE, vol. 45, n° 11, novembre 2008, accessible à l'adresse : <http://spectrum.ieee.org/aerospace/aviation/the-more-things-change>.
- CHARETTE Robert N., « Weapons Acquisition Problems Span the Globe. It's not just US Problem. Australia, Canada, Russia, and the UK have all experienced their fair share of troubled acquisition efforts », *Spectrum*, IEEE, vol. 45, n° 11, novembre 2008, accessible à l'adresse : <http://spectrum.ieee.org/aerospace/aviation/weapons-acquisition-problems-span-the-globe>.
- DAFFIX Sylvain, JACQUIN Yves, « Quelques repères statistiques sur la R&D de défense en France », *EcoDef*, n° 48, octobre 2007.
- FLACH Peter, « Lessons from the Procurement of Armoured Fighting Vehicles », *RUSI Defence Systems*, juin 2010, pp. 34-37.
- GOLDSTEIN Andrea, « Privatisations et contrôle des entreprises en France », *Revue économique*, vol. 47, n° 6, 1996, pp. 1309-1332.
- HEBERT Jean-Paul, « Les chantiers de l'armement », *Alternatives Economiques*, n° 150, juillet-août 1997, pp. 58-61.
- HEBERT Jean-Paul, « L'autonomisation des producteurs d'armement : mythe ou réalité ? », *Le débat stratégique*, n° 88, 10 décembre 2006, accessible à l'adresse : <http://www.cirpes.net/article150.html>.
- KIRKPATRICK David, « The Cost of Delay », *RUSI Defence Systems*, juin 2010, pp. 28-31.
- LUTTWAK Edward, « Towards Affordable Weapons », *Politique Etrangère*, vol. 72, n° 4, hiver 2007, accessible à l'adresse : http://www.ifri.org/downloads/PE_4_2007_Luttwak.pdf.
- MAUGHAN Chris, « Risk Management in Defence Procurement », *RUSI Defence Systems*, juin 2010, pp. 94-96.
- MERINDOL Valérie, « Le marché financier et les entreprises liées à la défense », *Ecodef*, n° 20, mars 2002.
- OLDEN Stu, « 'Fast' Acquisition: Streamlining Capability Delivery », *RUSI Defence Systems*, février 2010, pp. 74-77

- OUDOT Jean-Michel, « Marchés d'armement : choix contractuels et performance », *EcoDef*, n° 51, mai 2009.
- RUSI ACQUISITION FOCUS, « Under New Management », *RUSI Defence Systems*, juin 2010, pp. 8-10.
- SCHMITT Burkard, « De la coopération à l'intégration : les industries aéronautiques et de défense en Europe », *Les Cahiers de Chaillot*, n° 40, juillet 2000.
- WADEY Steve, « Progressing Team Complex Weapons », *RUSI Defence Systems*, juin 2010, pp. 90-93.
- WEZEMAN Siemon T., « International transfers of combat aircraft, 2005-2009 », *SIPRI Fact Sheet*, novembre 2010.

Articles de presse

- « A400M to turn profit in long term: EADS CFO in paper », *Reuters*, 27 novembre 2010, accessible à l'adresse: <http://www.reuters.com/article/2010/11/27/us-eads-cfo-idUSTRE6AQ19Z20101127>.
- « Britain's Future Contracting for Availability Approach », *Defense Industry Daily*, 2 décembre 2007, accessible à l'adresse: <http://www.defenseindustrydaily.com/britains-future-contracting-for-availability-approach-04333/>.
- « Britain prepares for major troop cuts », *UPI.com*, 13 janvier 2010, accessible à l'adresse : http://www.upi.com/Business_News/Security-Industry/2010/01/13/Britain-prepares-for-major-troop-cuts/UPI-65011263404737.
- « Cri d'alarme d'Airbus sur l'avenir de l'avion de transport militaire A400M », *La Tribune*, 8 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.la-tribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-defense/20100808trib000537154/cri-d-alarme-d-airbus-sur-l-avenir-de-l-avion-de-transport-militaire-a400m.html>.
- « Defence spending in a time of austerity », *The Economist*, 26 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.economist.com/node/16886851>.
- « Des sous-traitants divisés par deux », *Le journal des entreprises Morbihan*, 8 octobre 2010, accessible à l'adresse : <http://www.lejournaldesentreprises.com/editions/56/actualite/fait-du-mois/des-sous-traitants-divises-par-deux-08-10-2010-104293.php>.
- « Eurofighter: UK ready to proceed with production », *PR Newswire*, 2 septembre 1996, accessible à l'adresse : www.prnewswire.co.uk/cgi/news/release?id=40282 .
- « Mesures d'économies pour le Pentagone », *La Tribune*, 9 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.la-tribune.fr/actualites/economie/international/20100809trib000537548/mesures-d-economies-pour-le-pentagone.html>.
- « Mort programmée de votre auto », *fiche-auto.fr*, 2012, accessible à l'adresse : <http://www.fiches-auto.fr/articles-auto/enquete-fiabilite/s-759-mort-programmee-de-votre-auto.php>.

- « Obama signs law to reform Pentagon weapons buying », *Reuters*, 22 mai 2009, accessible à l'adresse : <http://www.reuters.com/article/politicsNews/idUSTRE54L3FR20090522>.
- « Sauvetage en mer : Des Caracal pour remplacer les Super Frelon ? », *Mer et Marine*, 20 octobre 2008, accessible à l'adresse : <http://www.meretmarine.com/fr/content/sauvetage-en-mer-des-caracal-pour-remplacer-les-super-frelon>.
- « USAF Receives First Funding for LAAR Aircraft Programme », *Airforce-technology.com*, 11 septembre 2009, accessible à l'adresse : <http://www.airforce-technology.com/news/news72193.html>.
- ANGELI Claude, « Bientôt des chars Leclerc en Afghanistan », *Le Canard Enchaîné*, 19 décembre 2007.
- APPS Peter, « Analysis: Defense in firing line as Europe begins budget cuts », *Reuters*, 16 juillet 2010, accessible à l'adresse : <http://www.reuters.com/article/2010/07/16/us-europe-defence-analysis-idUSTRE66F58220100716>.
- BLASTLAND Michael, « Does efficiency always save money? », *BBC*, 20 mars 2012, accessible à l'adresse : <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-17434638>.
- BONNUS David, « Comment limiter les retards des grands programmes aéronautiques ? », *Usine nouvelle*, 22 juillet 2010, accessible à l'adresse : <http://www.usinenouvelle.com/article/comment-limiter-les-retards-des-grands-programmes-aeronautiques.N135912>.
- BURGER Ludwig, ROUQUIE Danielle, « L'Airbus A400M sera rentable selon le directeur financier d'EADS », *Reuters*, 28 novembre 2010, accessible à l'adresse : http://www.aerocontact.com/actualite_aeronautique_spatiale/ac-l-airbus-a400m-sera-rentable-selon-le-directeur-financier-d-eads~11092.html.
- CABIROL Michel, « Pourquoi les programmes d'armement français coûtent plus cher que prévu », *La Tribune*, 25 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.latribune.fr/journal/edition-du-2508/industrie-et-services/1028452/pourquoi-les-programmes-d-armement-francais-coutent-plus-cher-que-prevu.html>.
- CADIOU Yves, « La qualité de l'équipement de nos Soldats sur le terrain devrait être une priorité », *Armées.com*, 10 août 2010.
- CLAPSON Joe, « Flexibility key to future British forces' kit », *Defpro.com*, 12 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.defpro.com/news/details/17505/>.
- CLARK Colin, GRANT Greg, « Is UK Hunting SAS For Savings? », *Dodbuzz.com*, 10 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.dodbuzz.com/2010/08/10/is-uk-hunting-sas-for-savings/>.
- DONNADIEU Gérard, DURAND Daniel, NEEL Danièle, NUNEZ Emmanuel, SAINT-PAUL Lionel, « L'approche systémique : de quoi s'agit-il ? », septembre 2003, accessible à l'adresse : <http://www.afscet.asso.fr/SystemicApproach.pdf>.
- DROIT Yohan (Lieutenant), « Le concept de polyvalence du Rafale », *DSI*, n° 63, octobre 2010, pp. 80-85.

- DUPONT Jérôme (Colonel), « L'armée de terre : un outil coûteux, marginalisé, en perte d'efficacité », *Blog Secret Défense*, 6 décembre 2010, accessible à l'adresse : http://www.marianne2.fr/blogsecretdefens e/L-armee-de-terre-un-outil-couteux-marginalise-en-perte-d-efficacite-- par-le-colonel-Jerome-Dupont_a56.html.
- GRANT Greg, « Did "Gold Plated" Requirements Doom Air Force Light Attack Plane? », *Defense Tech*, 7 mai 2010, accessible à l'adresse : <http://defensetech.org/2010/05/07/did-gold-plated- requirements-doom-air-force-light-attack-plane/#ixzz12DtqeOuC>.
- GREVATT Jon, « Audit highlights 57-year delays in Australian procurement projects », *Jane's Defence Industry*, 2 décembre 2010.
- GROS-VERHEYDE Nicolas, « Quatre Rafale en quatre ans. L'avion tricolore est-il fiable ? », *Bruxelles2.eu*, 29 novembre 2010, accessible à l'adresse : <http://www.bruxelles2.eu/marches-de-defense-%E2%80%93- industrie/aviation/quatre-rafale-en-quatre-ans-lavion-tricolore-est-il- fiable.html>.
- HARDING Thomas, « RAF to shrink to World War One levels », *The Telegraph*, 6 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.telegraph.co .uk/news/uknews/defence/7931465/RAF-to-shrink-to-World-War-One- levels.html>.
- HARDING Thomas, KIRKUP James, « Navy to reduce to smallest size ever to save carriers », *The Daily Telegraph*, 7 octobre 2010, accessible à l'adresse : <http://www.telegraph.co.uk/news/newsttopics/politics/defence/ 8049674/Navy-to-reduce-to-smallest-size-ever-to-save-carriers.html>.
- HARTUNG William D. et SANDERS Bernie, « Time to end waste at the Pentagon », *Politico*, 24 juin 2008, accessible à l'adresse : <http://www.po litico.com/news/stories/0608/11277.html>.
- HENROTIN Joseph, « Fiche technique : les FFG type FREMM France/classe Aquitaine », *DSI*, n° 80, avril 2012, pp. 108-109.
- JEZEQUEL Stéphane, « Super Frelon. A bout de souffle », *Le Télégramme*, 4 juin 2008, accessible à l'adresse : http://www.letelegram me.com/ig/generales/regions/bretagne/super-frelon-bout-de-souffle- 20080604-3196894_1349223.php.
- LANEZ Emilie, « Airbus 380 : autopsie d'un désastre », *Le Point*, 17 janvier 2007, accessible à l'adresse : <http://www.lepoint.fr/archives/article.php/1 5070>.
- LEFEEZ Sophie, « Pour une politique industrielle multidimensionnelle », *DSI*, Hors-série n° 24, juin-juillet 2012.
- LION Valérie, « A400M – rattrapé au vol », *L'Express*, n° 25, 24-30 juin 2011, p. 84.
- LISITSYN Pavel, « Military and construction equipment at Defense Expo- 2010 », *Ria Novosti*, 27 août 2010, accessible à l'adresse : http://en.rian. ru/military_news/20100827/160359813.html.
- MACKENZIE Christina, « Multiple Roles All the Time », *DTI*, vol. 5, n° 7, juillet-août 2011, p.30.
- MERCHET Jean-Dominique, « Pour l'armée de terre, le successeur du VAB ne doit pas coûter plus d'un million d'euros (actualisé) », *Secret*

- Défense*, 19 janvier 2010, accessible à l'adresse : <http://secretdefense.blog.liberation.fr/defense/2010/01/larm%C3%A9e-de-terre-ne-veut-pas-que-le-successeur-du-vab-co%C3%BBte-plus-dun-million-deuros-pic%C3%A8e.html>.
- NOUGAYREDE Natalie, « Paris et Londres signent un accord sans précédent sur leurs forces nucléaires », *Le Monde*, 3 novembre 2010.
- PARIS Henri, « Le recrutement dans l'armée de Terre – Force et faiblesse d'une armée professionnelle », *Le débat stratégique*, n° 92, 4 août 2007, accessible à l'adresse : http://www.cirpes.net/IMG/article_PDF/article_180.pdf.
- PEPIN Guénaël, « Vers une hausse du prix des produits électroniques? », *ZDnet*, 6 juillet 2010, accessible à l'adresse : <http://www.zdnet.fr/actualites/vers-une-hausse-du-prix-des-produits-electroniques-39752967.htm>.
- PROME Jean-Louis, « Comment "économiser" les Tigre et TTH-90 ? », *DSI*, n° 54, décembre 2009, pp. 100-103.
- REUTERS, « Airbus va augmenter la production de ses A320 », *L'Express*, 18 mai 2011, accessible à l'adresse : http://lexpansion.lecpress.fr/economies/airbus-va-augmenter-la-production-de-ses-a320_255731.html
- SIMPSON Cam, « Government Contracting Is Targeted », *Wall Street Journal*, 5 mars 2009, accessible à l'adresse : <http://online.wsj.com/article/SB123616611224728195.html>.
- SINGER Peter W., « Tactical Generals: Leaders, Technology, and the Perils », *Air & Space Power Journal*, 8 décembre 2010.
- STEUER Guillaume, « Avions de combat : un format menacé », *Air & Cosmos*, n° 2241, 19 novembre 2010, pp. 30-32.
- SWEETMAN Bill, « Boeing's Military Course Change », blog *Ares de Aviation Week*, 29 juillet 2010, accessible à l'adresse : <http://www.aviationweek.com/Blogs.aspx?plckBlogId=Blog%3a27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7&plckPostId=Blog%3a27ec4a53-dcc8-42d0-bd3a-01329aef79a7Post%3a347a17bb-c1ee-49dd-b6ee-2fd7d6a8c48a>.
- TRAN Pierre, « High Maintenance Costs May Force France to Reduce Helicopter Buy », *Defense News*, 13 février 2012.
- WALL Robert, « Recovery Road Map », *Aviation Week & Space Technology*, vol. 173, n° 18, 23 mai 2011, pp. 28-29.

Sites Internet

- Global Security, « F-22 Raptor Cost », accessible à l'adresse : <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-22-cost.htm>.
- Global Security, « F-35 Joint Strike Fighter (JSF) Lightning II Program », mis à jour le 19 mars 2010, accessible à l'adresse : <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/f-35-program.htm>
- GOURE Daniel, « Gates Efficiency Proposals Don't Save Much Money », Lexington Institute, 10 août 2010, accessible à l'adresse : <http://www.lexingtoninstitute.org/gates-efficiency-proposals-dont-save-much-money?a=1&c=1171>

INSEE, « En juin 2012, les prix des matières premières importées enregistrent une nouvelle baisse », 2012, accessible à l'adresse : <http://www.insee.fr/fr/themes/info-rapide.asp?id=79>.

SINGH Harinder, « Defense Acquisitions: The Question of Systemic Inefficiencies and Effectiveness », *Institute for Defence Studies and Analyses*, 3 décembre 2009, accessible à l'adresse : http://idsa.in/idsacommments/DefenceAcquisitions_HSingh_031209

THOMPSON Loren B., « What Force Multiplier? U.S. Military Losing Cost-Exchange Advantage In Combat », *Lexington Institute*, 15 octobre 2010, accessible à l'adresse : <http://www.lexingtoninstitute.org/what-force-multiplier--us-military-losing-cost-exchange-advantage-in-combat?a=1&c=1171>

TORRES Jean François (Général 2S), « Supplique au chef des armées », non publiée, septembre 2010, accessible à l'adresse : <http://www.amicale2rima.fr/index.php/infos/infos-diverses/273-qsuppliqueq-au-chef-des-armees>

Communications

9^e Rencontre de COMAERO, Paris, 17 novembre 2009.

Allocution de Frédéric MAZZANTI, 5^e Rencontres Terre-Défense « Comment l'armée de Terre doit-elle se préparer aux engagements de demain ? », Paris, 1^{er} mars 2011.

Conférence « La technologie en question », Paris, 5 mai 2009.

Entretien avec le Capitaine Yohan Droit, chercheur au CESA, octobre 2012.

Entretien avec le CPRA, février 2011.

Entretien avec la DGA, juin 2012.

Entretien avec la DGA, juillet 2012.

Entretien avec un officier d'Etat-major (octobre 2009)

Entretiens avec un officier d'Etat-major (février 2010)

Entretien avec un officier d'Etat-major (avril 2011).

Entretien avec un officier de l'armée de Terre (mai 2010)

Entretien avec un officier de l'armée de Terre (août 2010).

Entretien avec un officier de l'EMAT (août 2010)

Entretien avec des officiers de l'armée de Terre (septembre 2010).

Entretien avec la Section technique de l'armée de Terre, septembre 2010, janvier 2011

Entretien avec des officiers de l'armée de l'Air (avril 2011)

Entretien auprès d'un service de maintenance (avril 2011).

Entretien avec un personnel du service du soutien militaire (juillet 2011)

Entretien avec un industriel, septembre 2010.

Entretien avec un industriel, mars 2011.



Entretien avec un industriel, avril 2011.

Entretien avec un industriel, octobre 2012.

HEBERT Jean-Paul, Séminaire d'économie de défense, EHESS, 11 février 2010.

HEBERT Jean-Paul, Séminaire d'économie de défense, EHESS, 13 janvier 2010.

Informations aux lecteurs

Si vous êtes intéressé(e) par d'autres publications de la collection, veuillez consulter la section « Focus Stratégique » sur le site Internet de l'Ifri :

www.ifri.org/

Les derniers numéros publiés de la collection « Focus stratégique » sont :

- Michael W. Kometer, Stephen E. Wright, « Winning in Libya: By Design or Default? », *Focus stratégique*, n° 41, janvier 2013. <http://www.ifri.org/downloads/fs41kometerwright.pdf>
- Martial Foucault, « The Defense Budget in France: between Denial and Decline », *Focus stratégique*, n° 36 bis, décembre 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs36bisfoucault.pdf>
- Hugues Eudeline, « Contenir la piraterie : des réponses complexes face à une menace persistante », *Focus stratégique*, n° 40, novembre 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs40eudeline.pdf>
- Elie Tenenbaum, « The Battle over Fire Support: The CAS Challenge and the Future of Artillery », *Focus stratégique*, n° 35 bis, octobre 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs35bistenenbaum.pdf>
- Michel Baud, « Les réserves en première ligne ? Du citoyen-soldat à l'intérim », *Focus stratégique*, n° 39, septembre 2012, <http://www.ifri.org/downloads/fs39baud.pdf>
- Olivier Neola, « Building Security Institutions: Lessons Learned in Afghanistan », *Focus stratégique*, n° 38, juillet-août 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs38neola.pdf>
- Jean-Christian Cady, « Establishing the Rule of Law: the U.N. Challenge in Kosovo », *Focus stratégique*, n° 34 bis, juin 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs34biscady.pdf>
- Benoit Michel, « Les opérations aéroportées : la profondeur stratégique en question », *Focus stratégique*, n° 37, mai 2012. <http://www.ifri.org/downloads/fs37michel.pdf>