

**COMAERO**  
COMITE POUR L'HISTOIRE DE L'AERONAUTIQUE

**UN DEMI-SIÈCLE D'AÉRONAUTIQUE EN FRANCE**

**LES AVIONS MILITAIRES**

Ouvrage coordonné par Jacques Bonnet

**TOME II**

Ouvrage édité par le Centre des hautes études de l'armement  
Division Histoire de l'armement  
**2007**

La mise en forme de cet ouvrage a été assurée à la Division Histoire de l'armement  
par Mireille Gilbert, Françoise Perrot, Jean-Sébastien Dewallers et Patrice Bret.

## TOME II

<b>PARTIE VI - AVIONS DE COMBAT</b>	<b>225</b>
<b>CHAPITRE 15</b>	
<b>HISTORIQUE DU VAMPIRE AU MIRAGE III</b>	<b>227</b>
LES CHASSEURS DES ANNEES CINQUANTE	227
LES CHASSEURS TOUS-TEMPS	230
LES CHASSEURS TACTIQUES LEGERS	231
LES INTERCEPTEURS LEGERS	233
LES CHASSEURS POLYVALENTS	235
<b>CHAPITRE 16</b>	
<b>L'INDUSTRIE AERONAUTIQUE ET SPATIALE FRANÇAISE</b>	
<b>LES PROGRAMMES DES ANNÉES 1960-1969</b>	<b>237</b>
LA LOI-PROGRAMME DE 1960	238
LA LOI-PROGRAMME DE 1965	245
<b>CHAPITRE 17</b>	
<b>DU MYSTERE DELTA AU MIRAGE I AU MIRAGE II ET AU MIRAGE III</b>	<b>249</b>
MIRAGE III	250
<b>CHAPITRE 18</b>	
<b>PROGRAMMES D'AVIONS DE COMBAT DESTINÉS À L'ARMÉE DE L'AIR</b>	
<b>LANCÉS DE 1961 À 1975</b>	<b>267</b>
GENERALITES	267
PROGRAMMES « MOTEURS »	268
POUR MEMOIRE : ALPHAJET	272
MIRAGE III V	272
MIRAGE III F2 – MIRAGE F2 – MIRAGE F	275
MIRAGE F3	278
MIRAGE F1	281
AVION A GEOMETRIE VARIABLE FRANCO-BRITANNIQUE GV F-UK	281
MIRAGE G	289
AVION A GEOMETRIE VARIABLE G4 PUIS G8 - RAGEL	290
« AVION DE COMBAT FUTUR » - « A.C.F. », DIT PARFOIS « SUPER MIRAGE »	293
MIRAGE 2000	296
POUR MEMOIRE : MIRAGE MILAN – MIRAGE S	299
POUR MEMOIRE : MIRAGE III C2	300

POUR MEMOIRE : F1 M 53	300
POUR MEMOIRE : MIRAGE 4000	302
<b>CHAPITRE 19</b>	
<b>LE PROGRAMME MIRAGE F1</b>	<b>305</b>
GENESE DU PROGRAMME	305
LE LANCEMENT DU PROGRAMME	306
LE DEVELOPPEMENT	306
INDUSTRIALISATION ET PRODUCTION EN SERIE	308
MISE EN SERVICE DANS L'ARMEE DE L'AIR	308
LA VERSION BIPLACE F1 B	309
CR LA VERSION RECONNAISSANCE F1 CR	309
LA VERSION TACTIQUE MIRAGE F1 CT	311
LES MIRAGES F1 EXPORT.	312
LE « MARCHE DU SIECLE » ET LE MIRAGE F1-M 53	312
CONCLUSION	313
ANNEXE 1 DESCRIPTION TECHNIQUE SOMMAIRE	314
ANNEXE 2 BILAN DE LA PRODUCTION	315
ANNEXE 3 UTILISATION DANS L'ARMEE DE L'AIR FRANÇAISE	315
ANNEXE 4 PRINCIPAUX RESPONSABLES ÉTATIQUES (1970 – 1992)	316
<b>CHAPITRE 20</b>	
<b>L'AVION FRANCO-BRITANNIQUE JAGUAR</b>	<b>317</b>
ORIGINE DU PROGRAMME	317
ORGANISATION DE LA COOPERATION.	317
LA PHASE DEVELOPPEMENT.	318
DESCRIPTION DE L'AVION.	319
LA PRODUCTION EN SERIE	323
LE JAGUAR EN OPERATION	323
CONCLUSION	325
<b>CHAPITRE 21</b>	
<b>LE MIRAGE 2000 1975 – 2006...</b>	<b>327</b>
GENESE ET LANCEMENT DU PROGRAMME MIRAGE 2000	327
LES ESSAIS EN VOL DU MIRAGE 2000DA	328
LES COMMANDES DE SERIE DE MIRAGE 2000 DA	329
LES COMMANDES EXPORT	331
LE MIRAGE 2000-5	332
LE MIRAGE 2000 N	333

LE MIRAGE 2000 D .....	335
LE MIRAGE 2000 EN OPERATIONS .....	337
L'HISTOIRE N'EST PAS TERMINEE... ..	337
ANNEXE 1 LES VERSIONS DE MIRAGE 2000 .....	339
ANNEXE 2 LES DIRECTEURS DE PROGRAMME MIRAGE 2000 .....	340
<b>CHAPITRE 22</b>	
<b>LE RAFALE .....</b>	<b>341</b>
AVERTISSEMENT .....	341
LES ACTIONS PREPARATOIRES .....	341
L'ACX .....	343
LE M 88 .....	344
LA RECHERCHE D'UNE POSSIBILITE DE COOPERATION .....	344
LA REALISATION INDUSTRIELLE .....	350
LE RAFALE MARINE .....	352
LE SYSTEME D'ARMES .....	352
<b>CHAPITRE 23</b>	
<b>DES ÉQUIPEMENTS AUX SYSTEMES : LES SYTEMES D'ARMES .....</b>	<b>363</b>
INTRODUCTION .....	363
LE DEVELOPPEMENT DES SYSTEMES D'ARMES DES AVIONS DE COMBAT .....	365
L'ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DES SYSTEMES ELECTRONIQUES DES AVIONS MILITAIRES, DE 1960 A 2000 .....	367
ANNEXE MONOGRAPHIES DE SYSTEMES .....	372
ARMEE DE L'AIR ET EXPORT .....	372
LES SYSTEMES ANALOGIQUES (MIRAGE III C, MIRAGE III E, MIRAGE F1C) .....	372
SYSTEMES DE TRANSITION ANALOGIQUE-NUMERIQUE (JAGUAR, MILAN, MIRAGE F1EH, MIRAGE F1EQ, MIRAGE F1CR, MIRAGE IVP) .....	378
LES SYSTEMES NUMERIQUES (MIRAGE 2000 DA, MIRAGE 2000 EXPORT RADAR RDM, MIRAGE 2000 N, MIRAGE 2000 D, FAMILLE MIRAGE 2000-3, -5, -9, MIRAGE 2000-5, RAFALE) .....	386
AERONAUTIQUE NAVALE .....	397
Étendard IV M / SUPER-Étendard .....	397
LES AVIONS DE SURVEILLANCE MARITIME ATL1 – ATL2 .....	401
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>419</b>
<b>SIGLES UTILISES .....</b>	<b>427</b>

BIBLIOGRAPHIE .....	433
LES AUTEURS .....	437
TABLE DES ILLUSTRATIONS .....	439
INDEX DES NOMS DE PERSONNE .....	441

PARTIE VI  
AVIONS DE COMBAT



SNCASO SO 6000 Triton

**PLANCHE XIX**

## CHAPITRE 15

### HISTORIQUE DU VAMPIRE AU MIRAGE III

Par Jean Cuny<sup>176</sup>

#### LES CHASSEURS DES ANNEES CINQUANTE

En 1948, dès qu'il apparut que les premiers chasseurs de conception française allaient prendre du retard, sinon conduire à des échecs, il fut décidé de se procurer des appareils étrangers, d'abord importés, puis progressivement construits dans notre pays.

Après quelques hésitations quant au type, le Meteor et le Shooting Star étant également envisagés, le modèle retenu fut le *de Havilland Vampire*, monoréacteur simple et compact. Après l'achat d'une trentaine de Vampire I et V pour l'instruction, la production sous licence fut progressivement lancée chez Sud-Est qui fournit 187 Vampire V à l'Armée de l'air, le premier volant le 27 juin 1950 (piloté par Jacques Lecarme). Assez tôt, il fut décidé de monter sur cette cellule le réacteur Nene, lui-même produit sous licence par Hispano-Suiza, en remplacement du de Havilland Gobelin d'origine. L'installation de ce réacteur beaucoup plus puissant exigea un re-dessin partiel et l'on profita du retard que cela exigeait pour effectuer sur la nouvelle version, baptisée *Mistral*, une large francisation des aménagements et des équipements.

Après quatre prototypes, obtenus par modification du Vampire standard, dont le premier vola le 20 juillet 1951 (toujours piloté par Jean Lecarme), il fut produit, de 1952 à 1954, 237 chasseurs de ce type. Très fiables, ces appareils connurent une carrière exemplaire et un certain nombre survécut longtemps à leur retrait du service en première ligne ; ils furent, en dernier lieu, utilisés comme avions cibles téléguidés.

Il y avait un équivalent britannique du Mistral : le Sea-Venom, qui devint, en France, l'*Aquilon*. L'Aéronautique navale en obtint 101 exemplaires (dont un prototype, qui vola le 31 octobre 1952, et 4 appareils de présérie). Les livraisons de ces avions, dont il exista des sous-types biplaces et monoplaces (45 de ces derniers), s'échelonnèrent de 1954 à 1958.

On pouvait craindre que la formule des bipoutres de Havilland, partiellement construits en bois, aboutisse, par la suite, à une impasse. Heureusement pour l'avenir, un avionneur français proposait déjà un appareil de même classe que le Mistral, mais de conception nettement plus moderne et qui allait être à l'origine de toute une famille fort réussie. C'était l'*Ouragan*.

Cet avion, le Dassault 450, s'il était plus lourd que le Vampire à réacteur Nene, pesait, tout de même 2 tonnes de moins que l'Espadon, équipé, lui aussi, de ce

---

<sup>176</sup> Ce texte est extrait du colloque *De l'Aéronautique à l'Espace, 40 années de développement aérospatial français – 1945 – 1985. Du SO-6000 Triton au Mirage III* (Sorbonne, 26-27 novembre 1985), Paris, Fondation pour les Etudes de Défense Nationale – Institut d'Histoire des Conflits Contemporains et Université de Paris I Panthéon-Sorbonne/Centre d'Histoire de l'Aéronautique et de l'Espace, 1986, p. 43-53. Il a été amendé par Jacques Bonnet pour la présente édition.

réacteur, tandis que sa charge alaire était inférieure. Possédant de meilleures basses vitesses, il grimpait beaucoup mieux. Initialement prévu surtout comme intercepteur, il se révéla, par la suite, un excellent appareil d'attaque au sol. Le premier prototype vola le 27 février 1949, piloté par Constantin Rozanoff.

La production fut répartie entre diverses usines du Sud-Ouest, Sud-Est et Dassault, cette dernière firme assurant, bien entendu, le montage final et les essais en vol. À partir de 1952, il fut livré 450 exemplaires de ce robuste chasseur, après 3 prototypes et 13 machines de présérie.

L'Ouragan fut offert à l'exportation et arma des escadrilles israéliennes et indiennes avec lesquelles il connut le combat.

Mais, dans son cas également, on ne saurait sous-estimer le rôle important joué par les avions de présérie : ceux-ci, arrivant à un moment crucial, servirent à mettre au point, non seulement l'avion lui-même, mais également de nombreux équipements, matériels d'armement et même réacteurs.

Un Ouragan à voilure en flèche (30°), dont on pouvait attendre des performances améliorées, vola le 23 février 1952, aux mains de Rozanoff. Rebaptisé *Mystère*, ce chasseur qui n'allait, par la suite, conserver qu'une ressemblance superficielle avec son prédécesseur, pouvait recevoir divers types de réacteurs, dont le Nene, le Tay qui était son développement plus puissant, et, pour la première fois, un réacteur français, l'Atar, essayé sur deux Ouragan.

Ce fut ce dernier qui fut retenu pour la version série, le *MD 452 Mystère II C*, qui fut construit à 150 exemplaires et mis en service de 1954 à 1957. Le processus de répartition de la production par éléments fut le même que pour l'Ouragan.

Malheureusement, la mise au point du *Mystère II C* avait été allongée par divers problèmes techniques qui écourtèrent, également, sa carrière opérationnelle.

Citons, entre autres, le transsonique (l'avion passait le mur du son en piqué accentué), réglé en série par le montage d'ailerons épaissis, la mise au point du réacteur Atar et le siège éjectable. L'avion *Mystère II* était équipé de sièges éjectables développés par Nord-Aviation (sièges E86) dont la séquence n'était pas automatique. Il fallait une intervention du pilote après éjection, pour se séparer du siège, puis ouvrir le parachute. Lors d'un certain nombre d'éjections, qui auraient dû normalement se terminer par le sauvetage du pilote (il y a eu, en particulier plusieurs éjections en palier stabilisé à vitesse réduite), le pilote a été retrouvé au sol non séparé du siège. Ce dysfonctionnement n'a jamais pu être clairement élucidé : accélérations à l'éjection, mouvements brutaux à l'éjection entraînant une perte de connaissance du pilote, choc avec l'empennage... ? Aucun pilote éjecté n'a eu la vie sauve sur cet avion (3 à 4 au total). Cette difficulté a été déterminante dans le retrait du service de ces avions fin novembre 1957.

En fait, ce fut le considérable succès des modèles suivants qui fit, rapidement, oublier ce type d'avion.

En même temps que lui, en 1950, avait été commandé l'unique prototype d'un *Mystère IV*, complètement redessiné, avec une voilure à plus forte flèche (38° au lieu de 30°). Cet avion, qui bénéficiait davantage de l'expérience acquise avec les premiers Ouragan, vola de 28 septembre 1952, avec Rozanoff toujours. Il démontra une telle supériorité que l'état-major renonça à toute commande supplémentaire de *Mystère II*. Le choix du *Mystère IV* s'imposait, mais il y eut des hésitations quant à la variante à faire construire : *Mystère IV A* à réacteur centrifuge (Tay ou Verdon, chasseur analogue au 01) ou *IV B* à réacteur axial (Atar ou, éventuellement, Avon ou Saphire, avec ou sans post-combustion). La motorisation imposait des fuselages



Dassault MD 450 Ouragan n° 01



Dassault MD 452 Mystère n° 01



Dassault Mystère IV A n° 39



Dassault Super Mystère B2 n° 4 avec sideinder



Dassault MD 453 Mystère de nuit n° 01

**PLANCHE XXI**

assez différents. La première solution semblait plus vite réalisable, pour des raisons de facilité de production des réacteurs nécessaires.

L'impulsion décisive vint des États-Unis. Ceux-ci avaient déjà aidé à la production des Vampire, Mistral et Ouragan, avec une aide militaire au titre NATO. La décision américaine de financer 225 Mystère IV A en fit lancer la production, toujours en coopération par plusieurs sociétés.

Les avions correspondant à cette commande « off-shore » furent livrés du 18 juin 1954 au 19 juillet 1956. Les premiers reçurent le réacteur Tay, mais une grande partie reçut le réacteur Verdon, variante française plus puissante de celui-ci. Le même Verdon fut monté sur 186 chasseurs ultérieurement commandés sur fonds français, dont 169 furent exportés, à nouveau en Inde et Israël.

Le Mystère IV A gagna une excellente réputation en dépit d'une légère sous-motorisation des appareils à réacteurs Tay ; il était à la fois excellent dans les missions de supériorité aérienne comme dans celles d'appui tactique. Il est resté très longtemps en service en France où il servait encore d'appareil de transition au début des années 1983.

Le *Mystère IV B* n'avait pas pour autant été abandonné. Beaucoup avaient suggéré d'attendre un réacteur axial plus puissant que les premiers Atar, pour tirer un meilleur parti de la nouvelle voilure, mais un prototype vola dès le 16 décembre 1953, piloté par Constantin Rozanoff, qui allait se tuer peu de temps après sur cet appareil.

Neuf Mystère IV A prototypes et de présérie avaient été construits, toujours obscurément utiles. En dépit du choix de cette variante, l'importance accordée alors au IV B est indiquée par la commande, en 1952, de 22 appareils de présérie de ce type, bien que ce nombre eut été ramené à 7, dont six équipés de réacteurs Atar. Comme précédemment, le rôle de ces avions de recherche et mise au point ne saurait être sous-estimé, notamment dans le domaine des moteurs (réacteurs et moteurs-fusées).

La commande de 150 Mystère IV B fut passée, mais Dassault avait radicalement amélioré son dessin de base, en le proposant, à partir de 1953, sous le nom de Mystère XX B, avec une voilure à flèche encore accrue (45° à 25 % de la corde). Assez fraîchement reçu au début, ce projet mena à un prototype à réacteur Avon, construit aux frais de l'avionneur et connu, depuis, comme le *Super-Mystère B1*, qui vola le 2 mars 1955, piloté par Boudier.

L'état-major préférant une variante à réacteur Atar, le *Super-Mystère B2* prit naissance ; 5 avions de présérie ainsi motorisés furent commandés et le marché des 150 Mystère IV B fut modifié pour couvrir la construction du même nombre de SM B2. On prévoyait la construction de 370 avions, mais si le marché de 150 fut bien respecté, son complément fut ramené, successivement, à 100 puis 30 appareils. Il en fut donc construit 180, produits en coopérations avec Sud-Est, Sud-Ouest et Nord-Aviation. Les livraisons s'échelonnèrent de 1957 à 1959. Trente-six d'entre eux furent livrés à l'aviation israélienne. Dans l'Armée de l'air, cet excellent chasseur demeura en service jusqu'en 1977. Ce fut vainement que le constructeur, vers 1954, tenta d'intéresser le ministère à des développements plus lourds et plus puissants, dont le Mystère XX D, qui aurait été équipé d'un réacteur Vulcain, de 6 à 7 tonnes de poussée avec post-combustion. Désormais, l'état-major accordait son intérêt surtout aux chasseurs légers (intercepteurs et chasseurs-bombardiers). La lignée des Mystère s'arrêta donc là.

Avec son Atar, le Super-Mystère avait cependant marqué son époque : chasseur français, équipé d'un réacteur français, il avait été le premier avion de combat d'Europe occidentale capable de vol supersonique en palier. On peut, toutefois, regretter l'abandon de l'appareil équipé d'un réacteur Vulcain, ne fût-ce que comme banc d'essais de grande puissance.

Par ailleurs, l'abandon successif de plusieurs variantes de chasse obscure (de nuit, puis tous-temps) avait souligné les difficultés inhérentes à cette spécialité...

## LES CHASSEURS TOUS-TEMPS

La chasse obscure, de nuit puis tous-temps, était une des grandes faiblesses de l'aviation française de combat de l'époque. Une variante biplace du Grognard était prévue pour ce rôle, mais la mise au point traînait. Des solutions de rechange s'imposèrent très tôt.

Il ne fut donc pas étonnant que Dassault proposât des variantes spéciales de tous les monoplaces de sa famille Ouragan-Mystère : un projet MD 451 dérivé du MD 450, un prototype MD 453, ou Mystère III N, dérivé du II C, un Mystère IV C dérivé du IV A, un prototype IV N dérivé du IV B, enfin un Mystère XX N correspondant au Super-Mystère. Seuls les MD 453 et Mystère IV N volèrent très correctement.

Le premier fut près d'être adopté, mais n'entra pas en production, pour des raisons diverses, dont le manque de crédits, l'absence des équipements radar nécessaires et la disponibilité, à bas prix, d'appareils étrangers. Le second buta sur la concurrence du Vautour, de caractéristiques très différentes, qui lui fut préféré. À nouveau, ces prototypes rendirent de très grands services comme bancs d'essais volants d'équipements nouveaux. Le Mystère IV N termina sa carrière comme banc d'essais volant de sièges éjectables.

Plus gros, le *SO 4050 Vautour* était un biréacteur Atar répondant, à la fois, aux besoins de la chasse tous-temps (version N), de l'appui tactique lourd (A) et du bombardement (B), ce qui facilitait la production en série à partir d'une même cellule de base. Commandé en 1951, le premier prototype vola le 16 octobre 1952, piloté par Jacques Guignard, avant d'être suivi par deux autres, puis six appareils de présérie, parmi lesquels les diverses variantes étaient représentées. D'importantes commandes furent prévues, finalement réduites à 140 avions (70 N, 40 B et 30 A), dont la construction fut répartie entre cinq différentes usines de Sud-Ouest et Nord. Les premiers appareils entrèrent en service durant l'année 1956.

Les Vautour étaient d'excellents avions dont la carrière s'étendit sur une vingtaine d'années, bien qu'ils aient été rapidement surclassés, en première ligne, par les chasseurs bisoniques apparaissant un peu partout au début des années soixante. Ils donnèrent généralement satisfaction à leurs utilisateurs dont les Israéliens qui furent les seuls à les employer au combat.

Le bombardier était, certes, un peu petit et il lui manquait un système moderne de navigation et bombardement, mais le chasseur possédait, outre un armement particulièrement puissant, comprenant les premiers engins français autoguidés, le premier radar de chasse de construction nationale.

Divers développements prometteurs, puis un successeur largement supersonique, le SO 4060, furent successivement abandonnés par suite des habituelles difficultés budgétaires, ou par suite de l'apparition de concurrents encore



SNCASE SE 2415 Grognard



SNCASO SO 4050 Vautour N

**PLANCHE XXII**



Dassault Étendard II



Dassault Étendard IV



SNCASE SE 5000 Baroudeur

plus prometteurs. Mais les commentateurs ne s'y étaient pas trompés : avec un chasseur déjà comparable au Scorpion américain et au Javelin britannique, l'aéronautique française rattrapait rapidement son retard. Et elle sortait déjà souvent des sentiers battus : il avait, un moment, été envisagé de ne conserver que des Vautour comme appareils « classiques » pour constituer, avec 400 d'entre eux, de diverses versions, une force homogène appuyant un plus grand nombre de chasseurs légers, formant le gros de l'aviation de combat française.

Car, au milieu des années cinquante, on ne jurait que par des chasseurs tactiques ou intercepteurs légers !

## LES CHASSEURS TACTIQUES LEGERS

Poids et prix des avions de combat s'accroissaient régulièrement. De ce fait, leur nombre ne pouvait que diminuer, à moins d'augmenter les budgets, ce qui ne pouvait être envisagé dans aucun pays européen.

Il allait devenir difficile d'assurer les missions, notamment au-dessus du champ de bataille. Or, depuis longtemps, non seulement les théoriciens mais aussi les techniciens prônaient l'emploi d'avions plus légers, permettant d'inverser cette tendance.

Et l'apparition de réacteurs de faible poussée, notamment en France (Turbomeca), laissait supposer que les moyens de propulsion nécessaires, à la fois compacts et légers, seraient rapidement disponibles.

Successivement, l'Armée de l'air, la Marine nationale, puis le Commandement de l'OTAN publièrent en 1953-1954 des programmes de chasseurs tactiques répondant à ce nouveau besoin. Ils différaient quelque peu, les Français préférant deux réacteurs et prévoyant une capacité de combat aérien (« Chasse armée » pour l'appareil de l'Armée de l'air), « Défense de la Flotte en mer » pour celui de l'Aéronavale) tandis que l'OTAN désirait un avion essentiellement destiné à l'attaque au sol. À diverses reprises, on chercha, sans jamais y parvenir, à faire fusionner les deux programmes qui aboutirent, néanmoins, à des appareils assez voisins.

Les constructeurs français répondirent avec enthousiasme puisque, rien que pour le programme de l'Armée de l'air, huit projets sérieux étaient proposés en 1954, par Breguet, Dassault, Fouga, Morane-Saulnier, Sipa, Sud-Est et Nord. Deux de ces propositions aboutirent à des marchés : les biréacteurs Dassault Mystère XXII (devenu Étendard II) et Breguet 1001 (rebaptisé 1100) qui volèrent, respectivement, le 23 juillet 1956 (pilote par Boudier) et le 31 mars 1957 (pilote par Brunaud).

Ces deux avions déçurent : trois motoristes travaillaient aux réacteurs de la classe de 1 200 kg de poussée nécessaire, mais aucun des trois ne parvint à les fournir. Des problèmes aérodynamiques apparurent, en outre, à grande vitesse, surtout en transsonique. L'apparition simultanée de monoréacteurs beaucoup plus réussis, correspondant à l'un ou l'autre programme, scella leur sort : ils furent abandonnés. La variante embarquée du Breguet 1100 n'effectua jamais qu'un « saut de puce ».

En fait, si le programme français préconisait l'emploi de deux petits réacteurs, il ne l'imposait pas formellement. Aussi, deux avionneurs avaient-ils construits, à leurs frais, du moins initialement, des monoréacteurs Atar : Dassault proposait une variante plus lourde d'Étendard, l'Étendard IV (ex-Mystère XXIV), et Sud-Est avait lancé très tôt l'étude, puis la construction, d'un avion tout à fait original. Celui-ci

décollait sur un chariot et se posait sur des patins. Il s'agissait du SE 5000 (puis 5003) Baroudeur.

Ces deux types intéressèrent beaucoup l'état-major, en dépit de leur poids qui dépassait largement ce qui avait été prévu.

L'Étendard IV effectua son premier vol le 24 juillet 1956, piloté par Jean Brian. Défini, au départ, comme une « cellule de Mystère XXII avec Atar », l'avion était devenu un chasseur bien motorisé et singulièrement plus performant que le biréacteur : il frisait Mach 1 à basse altitude. Il combinait d'excellentes qualités de vol, une bonne aptitude à décoller et atterrir court et une bonne capacité d'emport de charges extérieures. L'Armée de l'air songea très sérieusement à adopter ce séduisant chasseur-bombardier : un moment, en 1956, on envisagea la commande de 10 appareils de présérie et 300 de série. Les finances de l'époque ne s'y prêtaient guère et aucune décision ferme ne fut prise. Mais les impressionnantes qualités de l'avion attirèrent l'attention de la Marine, depuis longtemps à l'affût d'un chasseur-bombardier à embarquer. Elle n'avait été satisfaite ni par les projets qui lui avaient été proposés (dont les variantes de Mystère) ni par le Breguet 1100. L'Étendard était, peut-être, l'oiseau rare recherché.

Le premier prototype fut donc rejoint par un second, navalisé, aérodynamiquement amélioré et équipé d'un réacteur Atar 8 plus puissant. Rebaptisé *Étendard IV M*, le type était promis à une carrière très longue, puisque les *Super-Étendard* qui arment encore aujourd'hui les porte-avions français en sont les descendants directs. Son Atar 8 était la version sans réchauffe d'un Atar de nouvelle génération, l'Atar 9, celui-là même qui allait permettre le considérable succès des Mirage des décennies à venir.

Le SO 5000 Baroudeur était de conception un peu plus ancienne, puisque son premier prototype avait volé le 1<sup>er</sup> août 1953, piloté par Maulandi. Cet avion, dont il exista 5 prototypes, était exceptionnel puisque démuné de train d'atterrissage classique : il décollait sur un chariot et se posait sur des patins. Cela lui conférait l'aptitude à opérer à partir de terrains sommairement aménagés mais n'était pas sans présenter quelques inconvénients : manœuvre plus compliquée au sol, appareil plus fatiguant pour les pilotes.

Son aptitude à emporter de lourdes charges, s'ajoutant aux possibilités d'utilisation de terrains de fortune proches du front, le rendait très séduisant pour les missions d'appui. Il possédait des performances élevées, du même ordre que celles de l'Étendard IV, et des qualités de vol souvent jugées encore meilleures. Sud-Est proposait des variantes allégées, correspondant davantage au programme, français comme européen, tel un SE 5040 à réacteur Orpheus. Mais la formule effaroucha tous les utilisateurs potentiels, en dépit d'améliorations certaines apportées au cours de la mise au point.

Étendard IV et Baroudeur furent présentés par la France au « Concours NATO » qui devait permettre de choisir le chasseur-bombardier léger européen, qui se tint à Brétigny en Septembre-Octobre 1957. Ils n'avaient aucune chance d'être choisis tels quels, mais ils représentaient assez bien les avions un peu plus lourds qui auraient été équipés d'un Orpheus de seconde génération. Les véritables concurrents français étaient à nouveau dus à Dassault et Breguet : l'Étendard VI (ex-Mystère XXVI, premier vol le 15 mars 1957 avec Gérard Muselli) et le Breguet 1001 (premier vol le 26 juillet 1957 aux mains de Bernard Witt).

Les deux exemplaires construits de l'Étendard parurent sous-motorisés et moins brillants que leurs concurrents de Breguet Dassault misaient sur un Orpheus plus puissant et son avion était légèrement surdimensionné. Les prototypes achevèrent leur carrière en participant au développement de l'Étendard IV M.

Le Breguet 1001, connu aussi comme le Taon (anagramme d'OTAN) parut à beaucoup être le favori, à cause des qualités qu'il accumulait : les deux prototypes démontrèrent des qualités de vol exceptionnelles, avec ou sans charges, ainsi qu'une très grande facilité de maintenance.

C'est ainsi que toutes les opérations de vérification, de pleins et de réarmement furent effectuées, à Brétigny, entre deux missions, dans le temps effarant de 6 minutes 40 secondes (*platform time*).

Grâce au choix de techniques avancées (emploi de sandwich nid-d'abeilles, par exemple), l'avion était léger. Se combinant à un aérodynamisme remarquable, ce poids réduit expliquait le niveau de performances, en dépit de la poussée réduite de son Orpheus. Car l'appareil volait vite, ainsi qu'il le démontra durant 1948, en battant à deux reprises le record des 1 000 km en circuit fermé, à 1 045 puis 1 074 km/h (Bernard Witt).

Le choix atlantique d'un appareil moins avancé, moins performant et dont le principal mérite semblait être de ressembler à un Sabre miniature, choqua de nombreux aviateurs et ingénieurs français. Certes, il fut annoncé que le Breguet 1003, puis 1005, variantes améliorées du Taon, étaient retenues comme appareils de seconde génération, mais cela ne se matérialisa jamais.

L'étude de ce splendide petit chasseur ne fut toutefois pas totalement inutile puisque l'expérience alors acquise devait plus tard servir aux ingénieurs de la même société, lors de l'étude du Jaguar.

## LES INTERCEPTEURS LEGERS

Dès la fin de la guerre, le Commandement français, tout comme les constructeurs, s'intéressaient vivement aux problèmes de l'interception des bombardiers ennemis. La menace nucléaire imposait qu'elle se fit à coup sûr. Le manque de recul en Europe semblait imposer un type d'avion très spécialisé, possédant de très hautes performances. Les conditions économiques imposaient, par ailleurs, qu'il ne fut pas coûteux, donc léger, et l'on sacrifiait d'avance l'autonomie et la possibilité de renouveler l'attaque.

Divers constructeurs, grands et petits, envisagèrent très tôt la possibilité de produire un tel avion, pour « la défense d'objectifs ponctuels », en faisant appel, faute de réacteurs suffisamment puissants, à la fusée ou au statoréacteur comme moyen de propulsion. Il ne s'agissait encore que d'« études de faisabilité » et, même lorsque l'état-major eut clairement défini les exigences, le 20 décembre 1949, il n'était guère question de lancer la production de véritables avions de combat de cette sorte. On se contenta alors d'encourager la construction d'appareils expérimentaux, permettant de défricher le domaine des intercepteurs à venir. Par vocation, l'arsenal de l'Aéronautique, devenu la SFECMAS, avait été une des premières sociétés importantes à étudier sérieusement des intercepteurs. C'est pourquoi son SFECMAS 1402 Gerfaut fut un des premiers à voler, le 15 janvier 1954, piloté par André Turcat.

Pas le tout premier, car il avait été précédé, le 2 mars 1953, par l'extraordinaire SO 9000 Trident (Jacques Guignard).

Bien que rapides pour l'époque, ces deux appareils n'auraient pu être armés, et ne pouvaient donc pas être considérés comme de véritables avions d'armes.

Par ailleurs, Leduc, qui progressait sans relâche dans le développement de sa tuyère thermopropulsive, fit voler le 7 août 1953 (Yvan Littolf) le premier de deux prototypes de son 021, encore purement expérimental et subsonique mais capable d'étonnantes performances ascensionnelles (plus de 80 m/s).

Et l'on doit mentionner d'assez nombreuses propositions plus ou moins farfelues d'inventeurs, connus ou non, parmi lesquels apparaissaient de plus en plus souvent des projets à décollage vertical.

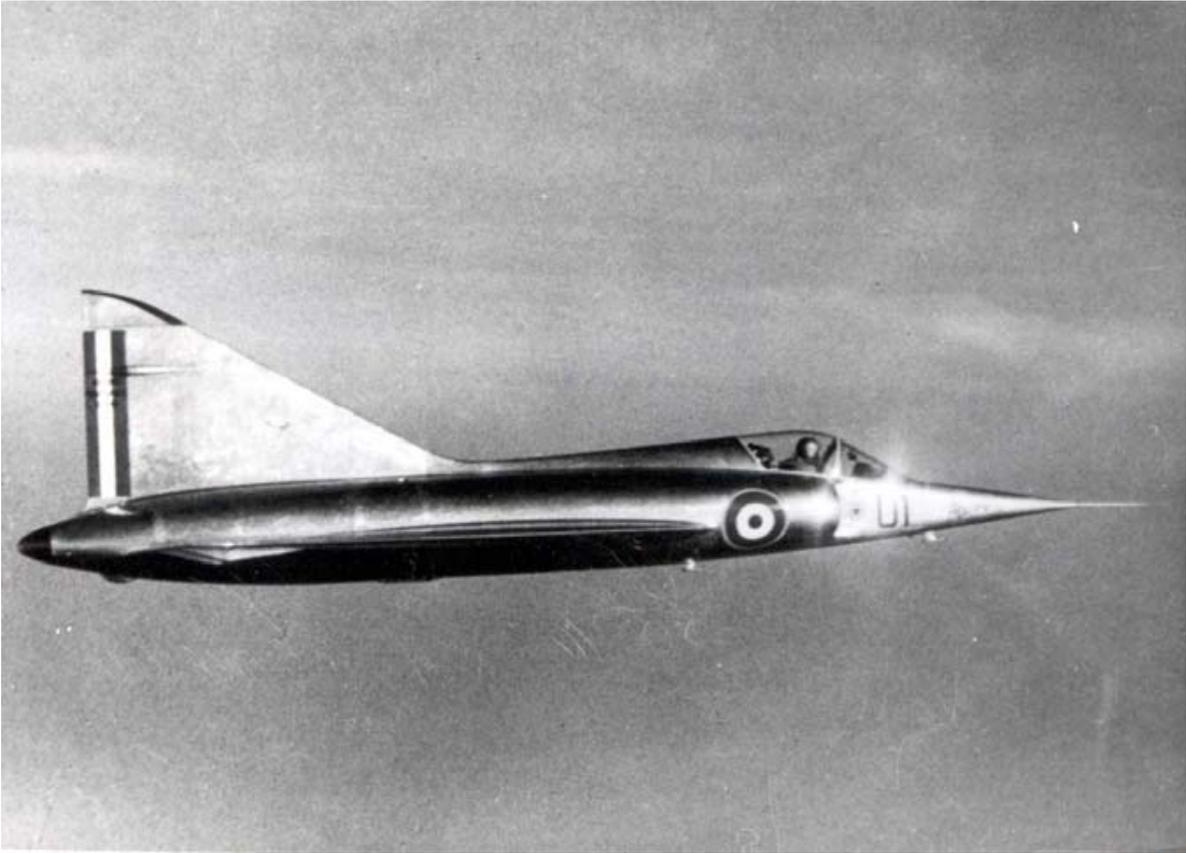
En février 1953 parut un nouveau programme qui visait à provoquer l'apparition de véritables appareils de combat. À cette date, la quasi-totalité des grands constructeurs avaient déjà travaillé sur le problème ainsi posé. Les conclusions de leurs bureaux d'études différaient quant aux avantages et inconvénients des diverses formules aérodynamiques possibles : le programme sembla donc provoquer une explosion d'imagination créatrice : les 7 projets officiellement proposés par 6 constructeurs faisaient, en effet, appel à des solutions aérodynamiques, à des techniques de construction et à des combinaisons de motorisation fort différentes. On offrait ainsi :

- un Dassault 550 (Mystère-Delta) à voilure delta, avec deux réacteurs légers et un moteur-fusée d'appoint,
- un Breguet 1002, à voilure à forte flèche, avec la même combinaison propulsive,
- un Sud-Est X-212 Durandal, à voilure delta, avec un seul Atar et un moteur-fusée d'appoint,
- un Sud-Est X-212 C Durandal II, à voilure delta, avec un moteur-fusée et un réacteur léger d'appoint,
- un Nord 5000 Harpon, canard delta avec deux moteurs-fusées et un réacteur d'appoint (modifié en cours d'étude pour recevoir 2 réacteurs),
- un SO 9050 Trident II, à courte voilure droite, avec deux moteurs-fusées et deux réacteurs d'appoint,
- un Morane-Saulnier MS 1000, à voilure « en cœur », avec un réacteur Atar.

Trois seulement de ces propositions furent suivies de réalisations : le Mystère-Delta, rebaptisé très tôt Mirage I, vola le 25 juin 1955 avec Roland Glavany, le Trident II le 21 juillet 1955 avec Charles Goujon, le Durandal le 20 avril 1956 avec Pierre Maulandi.

On peut, en outre, rattacher au programme deux avions expérimentaux, mais dont la vocation d'intercepteur ne pouvait être mise en doute : le SFECMAS 1405 Gerfaut II, variante plus grosse, susceptible d'être armée, d'un appareil déjà cité, et le dernier avion Leduc, le 022, prévu pour des vitesses supersoniques.

Deux prototypes de chacun des Mirage et Durandal, ainsi que trois prototypes et une présérie de 10 Trident II avaient été commandés. Tous se révélèrent être de remarquables appareils. Le chasseur de Sud-Ouest, en particulier, qui était le plus rapide, paraissait potentiellement capable de battre tous les records d'altitude et de vitesse de l'époque. Mais il s'agissait d'un pur intercepteur, ne pouvant servir qu'à une défense ponctuelle. Un peu moins véloces, ce qui aurait pu être amélioré par l'adoption de réacteurs plus puissants, déjà disponibles en France comme à l'étranger, et de perfectionnements aérodynamiques, comme la taille de guêpe, les deux deltas révélaient d'excellentes qualités de vol et une grande manœuvrabilité.



Dassault MD 550 Mirage I



SNCASE SE 2123 Durandal

**PLANCHE XXIV**



SNCAN N 1405 Gerfault II



SNCAN N 1500 Griffon

**PLANCHE XXV**



Leduc 010



Largage du Leduc 021



Leduc 022



SASO SO 9000 Trident I

**PLANCHE XXVII**

Ceci les rendait aptes au combat classique, aussi bien qu'à l'interception quasi téléguidée de bombardiers volant très haut. Malgré son réacteur Atar à post-combustion, le Gerfaut II, par contre, était un intercepteur très spécialisé. Il possédait, lui aussi, de remarquables performances et battit, en février 1957, toute une série de records internationaux de montée. Il fut, un instant, question d'en produire une présérie de cinq exemplaires. Il est généralement oublié aujourd'hui, à cause de ses successeurs purement expérimentaux, les Griffon, dont le second, à statoréacteur, fut quelque temps un des appareils les plus rapides du monde (1 638 km/h sur 100 km en circuit fermé, en 1959).

Le dernier Leduc, le 022, qui vola le 28 décembre 1956 piloté par Jean Sarrail, annonçait un intercepteur à tuyère thermopropulsive. Il buta sur le domaine transsonique et fut abandonné définitivement après un léger accident : il était évident que, pour en faire un chasseur opérationnel, une longue et coûteuse mise au point serait encore nécessaire. Or, les années 1957 et 1958 furent une période d'économies draconiennes, d'annulations de commandes et d'abandons de projets prometteurs. Les avions Leduc firent partie d'une charrette qui comprit, également, le SO 4060 et les Trident...

En réalité, la nécessité d'économies budgétaires n'était pas la seule raison d'abandons qui touchaient durement certains industriels : il avait été procédé à de nouvelles évaluations des besoins !

## LES CHASSEURS POLYVALENTS

Durant les essais des intercepteurs, il était apparu assez vite que leur mission exigerait des équipements électroniques plus perfectionnés et, également, un armement plus varié que l'unique engin téléguidé initialement prévu. On finit par se demander si toutes les missions tactiques, aussi bien que les interceptions, ne pouvaient pas être assurées plus économiquement par un seul type d'avion. Les progrès dans le domaine des moteurs étaient tels que, de toute évidence, leurs poussées allaient bientôt permettre d'atteindre des vitesses bisoniques sans la nécessité de moteurs-fusées d'appoint (sauf peut-être pour les montées ultrarapides). Il fut donc décidé de fondre les deux programmes de l'Armée de l'air en un seul, afin d'obtenir un chasseur polyvalent, capable de combattre pour obtenir la supériorité aérienne ou d'attaquer des objectifs terrestres aussi bien que d'intercepter le bombardier isolé à haute altitude.

Deux des avions dont la naissance avait été provoquée par le programme de 1953, le Durandal et le Mirage, paraissaient aisément adaptables à des missions aussi diverses. Les Trident et Gerfaut étaient, eux, beaucoup trop spécialisés.

Sud-Est et Dassault s'attaquèrent donc à un important programme de modifications de leurs intercepteurs respectifs.

La première société étudia un Durandal IV, projet d'avion élégant, à fuselage allongé, prévu pour un Atar dernier cri, un moteur-fusée amovible, un armement puissant à base de canons, roquettes et bombes aussi bien que d'engins, enfin d'un radar d'interception tous temps, utilisable en monoplace. Ce projet n'eut pas le temps de se matérialiser, car Sud-Est fut pris de vitesse par Dassault.

Le constructeur privé n'avait, en effet, lancé qu'avec un certain décalage la réalisation de son second prototype de Mirage, dans le but de le sortir sous une forme remotorisée, un peu plus puissante : le Mirage II. Lorsqu'il y eut des

hésitations à propos des intercepteurs du programme de 1953, Dassault demanda lui-même à abandonner cet avion, se fit céder par l'État la voilure déjà construite et entreprit, à ses frais, de la marier à un nouveau fuselage destiné à recevoir un Atar. Le résultat fut l'apparition, dans un temps record (moins d'un an et demi après le Mystère-Delta), d'un *Mirage III* prêt à voler. Ceci eut lieu le 17 novembre 1956 ; le pilote en était à nouveau Roland Glavany.

Le succès fut immédiat, la voilure mince et rigide, à structure intégrale, supportant fort bien le supplément de poussée qui lui était imposée. Ce succès provoqua, à la fois, l'abandon définitif des Durandal et la commande de 10 Mirage III A de présérie dont le premier vola le 12 mai 1958.

Un peu trop petit, le III-001 n'aurait pu recevoir tous les équipements nécessaires au chasseur définitif. Les appareils de présérie, agrandis, le permirent et se rapprochèrent progressivement du *Mirage III C*, commandé à 100 exemplaires dès août 1958. Bien motorisés, puissamment armés et réellement capables de toutes les missions prévues, ces appareils allaient apparaître à la fin de 1960. Comme il avait été de règle pour tous les avions précédents du même constructeur, leur production était assurée par de nombreux sous-traitants, en sus de Dassault.

Le Mirage III était l'aboutissement de dix années d'effort dans toutes les branches de l'industrie aéronautique française. Leur début avait à peu près coïncidé avec le premier vol du SO 6000. À l'exception de quelques équipements ou accessoires secondaires, l'avion était un produit national. Les Français étaient désormais, non seulement capables de produire des cellules ultramodernes, mais encore de fournir des réacteurs de classe internationale, et toutes les variétés d'armement ou de matériels électroniques. Ils avaient remarquablement maîtrisé les difficultés inhérentes aux dispositifs de réchauffe ou aux moteurs-fusées.

Et ces matériels allaient se révéler exportables.

## CHAPITRE 16

### L'INDUSTRIE AERONAUTIQUE ET SPATIALE FRANÇAISE LES PROGRAMMES DES ANNÉES 1960-1969

Sous la direction de Jean Soissons<sup>177</sup>

Les opérations industrielles des années soixante allaient constituer un prolongement logique de celles entreprises précédemment. Il y avait eu toutefois, durant la décennie précédente, une évolution qui allait modifier de façon sensible la genèse des programmes à venir.

Au point de vue technique, tout d'abord, les progrès avaient été étonnants et la France n'était plus désormais obligée d'acheter des appareils de combat étrangers, ainsi que cela s'était fait en 1950, faute d'avions nationaux offrant des performances suffisantes : en 1959, notre industrie aéronautique produisait le premier intercepteur supersonique en palier d'Europe occidentale (le Super Mystère) et elle se préparait à fournir à l'Armée de l'air un appareil bisonique comparable aux plus rapides chasseurs américains ou russes (le Mirage III). La plupart des retards dûs à la guerre avaient été comblés et la production nationale avait atteint un niveau de qualité la rendant compétitive sur les marchés internationaux. Certes, les succès à l'exportation d'avions comme les Ouragan, les Mystère ou autres Noratlas étaient encore modérés mais les ventes à l'étranger n'allaient pas tarder à devenir un facteur important de notre économie.

Les types d'avions militaires qui apparaissaient alors, comme ceux qui allaient suivre, étaient caractérisés par un degré de perfectionnement qui en rendait la production de plus en plus coûteuse, ce qui allait imposer de plus en plus le travail en coopération par plusieurs sociétés et la multiplication des sous-traitances. Cela allait même inciter plusieurs gouvernements à tenter d'organiser une coopération internationale : durant les années soixante justement, on allait voir s'amorcer toute une série de telles opérations, franco-britanniques, franco-allemandes, ou dans le sein de l'OTAN, visant à produire des appareils de combat ou des cargos militaires.

En outre, naissait une notion encore inconnue en 1950 : celle de « système d'armes ». L'avion militaire « de haut de gamme » devenait un ensemble cohérent, imposant un développement strictement parallèle de la cellule et des équipements qui devaient lui être associés (plus particulièrement l'électronique et l'armement). On allait donc désormais assister à sa définition, son étude, sa mise au point, puis sa production par un ensemble d'industriels étroitement associés dont un (pas forcément l'avionneur, du reste) devrait coiffer l'opération et se charger de la coordination.

Il faut enfin signaler l'ampleur et la durée croissante, durant les années soixante, des études et essais de nouveaux appareils de combat. Cela allait avoir une influence indirecte sur certains programmes industriels : ces études imposaient des prévisions à plus long terme que précédemment. Lorsqu'elles avortèrent, ainsi que ce fut le cas, par exemple pour les Mirage à décollage vertical et à géométrie variable, cela put imposer des changements brutaux de prévisions et amener l'état-

---

<sup>177</sup> Extrait de *L'industrie aéronautique et spatiale française 1907-1982*, Paris, GIFAS, 1984, t. 3, p. 224 à 234 (Programmes et matériels).

major à réclamer la prolongation d'une chaîne de production (cas des Mirage III), sinon à adopter un type intérimaire qui allait devenir un avion de première importance (cas du Mirage F1).

## LA LOI-PROGRAMME DE 1960

Celle-ci couvrait tous les types de matériels d'armement dont, outre les avions et hélicoptères destinés aux trois armes, des véhicules et des navires. La partie « matériels avions militaires » était toutefois très importante et priorité était donnée à la réalisation d'une force stratégique nucléaire. En fin 1959, les avions suivants étaient demandés :

Air	Mirage IV	50 appareils
	Mirage III	300 appareils. (nombre ramené peu après à 265),
	Avion de la Communauté	250 appareils
	Avion-école	130 appareils
	Nord 2501	40 appareils. (annulés, mais avec une commande prévue de 15 ex. hors loi-programme).
Marine	Étendard IV M	50 appareils
	Patrouilleur NATO	30 appareils

Une commande de Mirage IV allait être effectivement passée dès 1960, ainsi que de nouvelles de Mirage III, le premier lot d'avions de ce type ayant fait l'objet d'un marché en 1958. De même, des Étendard IV M (et IV P) allaient compléter les 50 avions d'une première commande antérieure.

L'avion dit « de la Communauté » allait finalement être abandonné ; quant au « patrouilleur NATO », qui allait être le Breguet Atlantic, il allait attendre la loi-programme de 1965-70 pour faire l'objet d'un marché. L'avion-école (en l'espèce le Magister) et le Nord 2501 allaient poursuivre durant cette période leur bonhomme de chemin.

Pour la plupart des types d'avions commandés au titre des programmes précédents, la construction approchait de son terme. Ainsi :

- Super Mystère B 2 : les livraisons allaient s'achever en mars 1960,
- SO 4050 Vautour : les livraisons allaient s'achever en juillet 1960,
- Breguet Alizé : les livraisons allaient s'achever tout début 1962,
- Morane-Saulnier Paris : la construction s'achèverait en 1962,
- Nord 3400 : le marché allait être soldé en 1961,
- Nord 3202 : le marché allait être soldé en 1962.

Pour des raisons politiques autant que militaires, l'opération Mirage IV fut la grande affaire des années 1960 à 1965.

### *Mirage IV A des Forces aériennes stratégiques*

(Pour mémoire<sup>178</sup>.)

---

<sup>178</sup> Voir le chapitre 8.

## *Mirage III français*

Construit par Dassault à ses frais, en utilisant la voilure de feu le Mirage II, le prototype Mirage III 01 avait suffisamment impressionné les services officiels pour se voir acheté par l'État (avril 1957) avant de provoquer successivement la commande de 10 appareils de présérie (Mirage III A : été 1957) et de 100 chasseurs de série (Mirage III A devenu III C en août 1958, par l'adjonction d'un radar CSF Cyrano).

Les 10 Mirage III A s'échelonnèrent de mai 1958 à décembre 1959. Le Mirage III C n°1 effectua son premier vol le 9 octobre 1960. La production des avions de ce type, ou de leurs dérivés directs, s'est prolongée jusqu'à nos jours et des variantes nouvelles sont encore à l'étude au moment où nous écrivons ces lignes (fin 1982). Les Mirage III, 5 et 50 allaient devenir probablement les avions de combat les plus fameux de toute l'histoire aéronautique française !

D'emblée, Dassault avait réparti la construction de son chasseur polyvalent entre diverses usines, et même divers industriels. Au départ (1960), la répartition du travail s'effectuait donc ainsi :

- Dassault (Mérignac) : montage de l'ensemble, essais en vol,
- Dassault (Talence) : fourniture des empennages,
- Dassault (Argenteuil) : fourniture des fuselages,
- Nord-Aviation (Méaulte) : fourniture des voilures.

Le réacteur Atar 9 était évidemment fourni par la SNECMA tandis que la SEPR procurait le moteur-fusée SEPR 841 d'appoint, utilisable pour les missions d'interception. De nombreuses firmes fournissaient des équipements. Nous nous bornerons à en citer quelques unes parmi les principales : CSF (les radars d'interception), Messier (les trains d'atterrissage), Intertechnique, SAMM, SFIM, Sauvion...

Lorsqu'elle fut lancée en 1958, cette production ne parut pas nécessiter de donner la maîtrise d'œuvre à l'avionneur, ainsi que cela devait se faire peu après pour celle des Mirage IV A. Il se posa cependant très tôt des problèmes de contrôle et de maintenance des équipements de conduite de tir. C'est pourquoi une fonction de « coordinateur » parut souhaitable ; elle fut confiée au fabricant du plus important matériel de détection et de tir, c'est-à-dire à la CSF, fournisseur du radar Cyrano.

L'opération se développa bien, en dépit d'un net retard, indéniablement dû à la complexité du premier chasseur bisonique français : alors que les prévisions de 1958 portaient sur 18 avions livrables en 1960 (prévisions réduites ensuite à 6 appareils), il n'y en eut que deux. Les derniers des 100 Mirage III C auraient dû être livrables en novembre 1961, ils le furent environ un an plus tard. La cadence de production atteignit, elle, le niveau prévu, soit 9 avions par mois (août 1961). Seulement 95 Mirage III C entrèrent en service en 1961-62, 5 étant retenus pour devenir les prototypes de nouvelles versions (Mirage III E, O, R). L'Armée de l'air en alignait 34 le 1<sup>er</sup> janvier 1962, et 87 un an plus tard, le 1<sup>er</sup> janvier 1963.

Une production totale de 300 de ces chasseurs avait été prévue : aux premiers Mirage III C devait s'ajouter une seconde tranche de 100, à lancer en janvier 1960, et une troisième, en janvier 1961. En 1960, tandis que le nombre total était ramené à 265 Mirage III, l'on prévoyait que la seconde tranche comprendrait 24 C, 26 biplaces d'entraînement B et 50 appareils de reconnaissance R. L'état-major manifesta le désir de recevoir dans l'avenir, plutôt que des C, des avions de la variante E, plus polyvalente (et capable de transporter un armement nucléaire). Les

24 intercepteurs C se retrouvèrent dans le lot commandé par les Israéliens, qui devaient en acheter 72 au total, et cette année-là l'Armée de l'air se contenta des 95 avions précités.

En 1961, furent commandés 65 Mirage III E. Le Commandement estimait alors ses besoins à 192 appareils de ce type et la production atteignit presque ce nombre puisqu'il fut construit 183 appareils, étalés il est vrai sur six ou sept ans. Il devait s'y ajouter de nouveaux B, dont des B 1, appareils de servitude destinés au CEV, des B 2 équipés pour l'entraînement au ravitaillement en vol, et des BE plus puissants et mieux équipés, assez semblables aux biplaces d'exportation 5 D. De nouveaux R, les RD, étaient dotés du même système de navigation perfectionné que les III E.

L'on songea à un moment à produire 50 Mirage C 2, intercepteurs à réacteur Atar 9 K 50 à la place du même nombre de III E, mais ce projet fut abandonné au profit de E standards.

Au cours des années, la répartition des travaux, entre coopérants chargés de la production varia parfois, que ce fut pour les appareils français ou ceux d'exportation. Ainsi, la fabrication des empennages passa, à la fin des années soixante, de l'usine Dassault de Talence à celle de Breguet à Biarritz ; les fuselages passèrent de Talence à la société Hurel-Dubois (et une partie à Biarritz), tandis que la fabrication des tronçons avant de biplaces était assurée à Boulogne et qu'une partie des aménagements était confiée à Villaroche lorsque cette usine perdit sa fonction « essais en vol » au profit d'Istres. Cependant, la production des voilures demeurait toujours la spécialité de l'usine de Nord de Meaulte. La méthode de coordination adoptée pour les Mirage III E, et qui devait être à peu près reconduite pour ses successeurs, était intermédiaire entre celle des III C (un fabricant d'équipements désigné comme « coordinateur ») et celle des Mirage IV A (l'avionneur quasi-totalement maître d'œuvre) : Dassault en fut chargé, mais l'État se conservait une importante responsabilité de commandes directes (les « matériels B ») ainsi que de contrôle et de mise au point des systèmes complets. La production se déroula plus lentement et moins régulièrement que pour les C. Outre la charge de travail supplémentaire imposée à Dassault par d'autres productions (celle des Mirage IV A, qui avait priorité absolue, ou celle des Mirage III d'exportation), une des raisons principales en fut le retard des livraisons ou de mise au point des systèmes de navigation et d'attaque comme des réacteurs Atar 9 C qui remplaçaient les 9 B des III C. Une proportion non négligeable d'appareils dut même être provisoirement stockée après réception officielle, faute d'un nombre suffisant de moteurs (jusqu'à 18 R sur 50 et 6 E sur 20 en 1964).

Les ultimes Mirage III livrés à l'Armée de l'air furent les derniers BE, durant 1971, la production des RD s'étant achevée en 1969 et celle des E en 1970. De 1962 à 1969, l'évolution des livraisons avait été la suivante (totaux cumulés).

### Mirage III pour l'Armée de l'air

	III C	III B / B2	III R	III E	III B1	III RD	III BE
1962 en commande livrés	95+5 <sup>1</sup> 39	26 -	50 -	65 <sup>2</sup> -	6 <sup>3</sup> -	-	-
1963 en commande livrés	95+5 95	26 -	50 -	120 -	6 -	-	-
1964 en commande livrés	95+5 95	26 26	50 50	120 20	6 -	-	-
1965 en commande livrés	95+5 95	36 26	50 50	130 59	6 -	20 -	-
1966 en commande livrés	95+5 95	36 26	50 50	160 99	6 6	20 -	-
1967 en commande livrés	95+5 95	36 30	50 50	180 120	6 6	20 3	-
1968 en commande livrés	95+5 95	36 36	50 50	182 <sup>4</sup> 129	6 6	20 16	6 -
1969 en commande livrés	95+5 95	36 36	50 50	182 165	6 6	20 20	16 -

<sup>1</sup> 4, puis 5 retenus comme prototypes d'autres variantes.

<sup>2</sup> Engagement d'achat de 130 appareils, alors.

<sup>3</sup> Destinés au CEV, 5 seulement à cet organisme.

<sup>4</sup> 183 avions construits, l'un remplaçant un appareil dont la destruction fut imputée au constructeur.

Aux Mirage III proprement dits, s'ajoutèrent en 1972-1973, 50 Mirage 5 F. Il s'agissait là d'une version allégée, destinée essentiellement à l'attaque au sol et commandée en 1966 par Israël. Les 50 avions avaient été construits, mais avaient fait l'objet d'un embargo après le conflit israélo-arabe de 1967. Cinq ans plus tard, les appareils stockés en France furent rachetés à leur propriétaire et mis en service dans notre pays, sous la désignation Mirage 5 F (quelques cellules servirent de base à une variante de Mirage 50 chiliens). Outre divers prototypes, et 13 appareils de présérie (dont les 10 premiers, seuls représentants de la version A), il fut construit pour la France 457 Mirage de cette famille, se répartissant ainsi :

- Mirage III C : 95 (5 de moins que prévu initialement, marchés pour 5 transformés),
- Mirage III B : 27 (1 de plus que prévu, livré tardivement),
- Mirage III B 1 : 5 (1 de moins qu'annoncé, probablement cédé comme B ou BE),
- Mirage III B 2 : 10 (entraînement au ravitaillement des pilotes de Mirage IV A),
- Mirage III BE : 17 (1 de plus que prévu),
- Mirage III R : 50,
- Mirage III RD : 20 (variante améliorée du R),
- Mirage III E : 183,
- Mirage 5 F : 50 (ex-israéliens).

Ces nombres, plus élevés que l'estimation des besoins faite au départ, ce qui est rare à notre époque de difficultés budgétaires incessantes, s'expliquent surtout par l'échec, ou le retard des successeurs attendus du Mirage III E : les Mirage III V, F, G ou GV franco-britannique qui, tous, auraient dû apparaître au cours de la réalisation des programmes ultérieurs de 1966 et 1970. Ils s'expliquent évidemment aussi par les qualités de ces avions, particulièrement appréciés dans les unités, qui commencèrent à les percevoir en 1961... et où ils sont toujours en service au moment de la rédaction du présent ouvrage. Servant toujours « en première ligne » en 1982, les appareils de la première variante livrée, les III C ont indéniablement battu tous les records français de longévité pour des avions de combat !

Les utilisateurs français n'ont cependant jamais eu à s'en servir jusqu'ici en combat, ce qui ne fut pas le cas d'un certain nombre d'utilisateurs étrangers !

### *Mirage III, 5 et 50 d'exportation*

La première commande étrangère survint avant même la mise en service du Mirage III dans l'Armée de l'air. Cliente fidèle de Dassault, qui lui avait précédemment procuré des Ouragan, Mystère IV A puis Super Mystère, l'aviation israélienne, ou Heyl Há Hairr, passa dès l'été 1959, commande de 24 Mirage III CJ, commande qui fut rapidement triplée.

Les premiers de ces 72 appareils furent convoyés en Israël au printemps 1962. Il fut également fourni 4 biplaces BJ : l'habitude d'inclure de tels avions de transformation (B et par la suite D) allait se généraliser lors des exportations ultérieures.

Divers autres pays suivirent, tels l'Afrique du Sud, l'Australie, la Suisse et quelques années plus tard la Belgique. Le choix du Mirage III (ou 5) fut parfois obtenu après une sévère compétition opposant le chasseur Dassault à des concurrents étrangers de même classe, tels le Lockheed F-104 Starfighter ou le SAAB J 35 Draken. Chez les Australiens, les Suisses et les Belges, cela conduisit à une production du type sous licence dans leurs pays. Les ventes à l'étranger démarrèrent donc fort bien (111 commandes jusqu'en 1964 inclus, 223 jusqu'en 1967), mais il faut bien admettre qu'elles se seraient probablement essoufflées un peu ensuite s'il n'y avait eu l'extraordinaire démonstration de la guerre des Six-jours. Dans ce court laps de temps, en juin 1967, l'aviation israélienne, dont le fer de lance était constitué de ses quelques dizaines de Mirage III CJ, écrasa en effet trois aviations arabes très supérieures en nombre ! Il s'ensuivit de par le monde un extraordinaire engouement pour les Mirage.

Dassault ne se contentait pas d'adapter sur l'avion quelques équipements aux *desiderata* particuliers de chaque client : très tôt il avait songé à développer des variantes différant sensiblement des modèles français. C'étaient :

- Les Mirage III D qui étaient des B légèrement plus puissants, grâce à l'adoption du réacteur Atar 9 C équipant déjà les III E ainsi que les variantes suisses (III S), australiennes (III O) et certaines africaines du sud (III EZ). En outre, ces avions étaient mieux équipés et conditionnés que les B. Les derniers BE français leur étaient assez comparables.
- Les Mirage 5 qui étaient des appareils allégés, initialement optimisés pour l'attaque à basse altitude, mais qui allaient par la suite comprendre des versions d'entraînement (5 D), de reconnaissance (5 R) ou polyvalente (5 E). Ces derniers étaient du reste, en dépit de cette désignation, très semblables aux III E et équipés également d'un système de navigation et d'attaque perfectionné.
- Les Mirage 50 étaient analogues aux précédents, mais visaient à tirer parti des performances très supérieures du réacteur Atar 9 K 50. Les premiers avions ainsi motorisés, les III R2Z d'Afrique du Sud, qui avaient démontré une supériorité éclatante sur les appareils précédents, étaient des 50 avant la lettre.

Depuis, l'avionneur a continué à étudier des variantes modernisées de ces avions, tel le prototype de Mirage III NG (Nouvelle génération), alias Mirage 2050, tout en produisant des types de chasseurs apparus dix ou vingt ans plus tard que les premiers Mirage III (les Mirage F1, puis Mirage 2000). De leur côté, les Israéliens ont apporté la confirmation de l'intérêt toujours offert par cette cellule de delta en construisant eux-mêmes des chasseurs dérivés, équipés de réacteurs General Electric J-79 : les Barak, puis Kfir, qu'ils ont d'ailleurs exportés (les Dagger, engagés au-dessus des Iles Falkland par les Argentins), tout comme des III CJ de surplus, reconditionnés.

Pour éviter au lecteur de se perdre dans une simple énumération, parmi les suffixes désignant les nombreuses variantes d'exportation, nous présentons celles-ci dans le tableau qui suit, présenté dans l'ordre des numéros de types (III, 5 et 50) et dans l'ordre alphabétique de ces suffixes (*voir page suivante*).

Le total, correspondant à la mi-1982, indique 921 Mirage étrangers, dont 656 exportés de France. Il faut toutefois remarquer que :

- une partie de la production étrangère a été construite à partir d'éléments d'origine française (par exemple les fuselages des biplaces australiens),
- ces chiffres ne tiennent aucun compte d'une production israélienne qui fit aussi largement appel à des éléments (ou « pièces de rechange ») importés de France par des voies directes ou indirectes.

Donc, les totaux, aussi bien général que de la production française, sont certainement supérieurs à ceux donnés ci-contre.

Outre les avions israéliens, les Mirage des aviations argentine, libyenne et pakistanaise prirent part à des engagements durant des conflits internationaux. Au moins ceux des aviations d'Afrique du Sud et du Zaïre participèrent à des opérations anti-guérilla.

## Exportation du Mirage III

TYPES	PAYS	EMPLOI	RÉACTEUR	NOMBRE	COMMANDES	REMARQUES
I BJ	Israël	Entraînement	Atar 9B	4	1960	
III BL	Liban	"	Atar 9B	2	1965	
III BS	Suisse	"	Atar 9B	6	1961 à 80	
III BZ	Afrique du Sud	"	Atar 9B	3	1962	
III CJ	Israël	Intercepteur	Atar 9B	72	1959-61	Une partie réexportée depuis
III CS	Suisse	"	Atar 9B	1	1961	Tête de série suisse
III CZ	Afrique du Sud	"	Atar 9B	16	1961	
III D	Australie	Entraînement	Atar 9C	16	1964 et 71	14 fabriqués en Australie
III DA	Argentine	"	Atar 9C	4	1970, 79, 80	(fuselages produits. en
III DBR	Brésil	"	Atar 9C	4	1970 et 77	France)
III DE	Espagne	"	Atar 9C	7	1970	
III DP	Pakistan	"	Atar 9C	5	1966	
III DZ	Afrique du Sud	"	Atar 9C	3	1964	
III DZZ	Afrique du Sud	"	Atar 9C	11	1971	
III EA	Argentine	Polyvalent	Atar 9C	17	1970 et 77	
III EBR	Brésil	"	Atar 9C	16	1970 et 77	
III EE	Espagne	"	Atar 9C	24	1970	
III EL	Liban	"	Atar 9C	10	1965	
III EP	Pakistan	"	Atar 9C	18	1966	
III EV	Venezuela	"	Atar 9C	7	1971	
III EZ	Afrique du Sud	"	Atar 9C	16	1962	
III O	Australie	"	Atar 9C	100	1961	98 fabriqués en Australie
III RP	Pakistan	Reconnaissance	Atar 9C	10	1970	
III RS	Suisse	"	Atar 9C	18	1961	17 fabriqués en Suisse
III RZ	Afrique du Sud	"	Atar 9C	4	1962	
III RZZ	Afrique du Sud	"	Atar 9K-50	4	1971	
III S	Suisse	Intercepteur	Atar 9C	36	1961	33 fabriqués en Suisse
5 AD	Abu-Dhabi	Attaque	Atar 9C	12	1972 et 74	
5 BA	Belgique	"	Atar 9C	63	1968	62 fabriqués en Belgique
5 BD	Belgique	Entraînement	Atar 9C	16	1968	15 fabriqués en Belgique
5 BR	Belgique	Reconnaissance	Atar 9C	27	1968	26 fabriqués en Belgique
5 COA	Colombie	Attaque	Atar 9C	14	1970	
5 COD	Colombie	Entraînement	Atar 9C	2	1970	
5 COR	Colombie	Reconnaissance	Atar 9C	2	1970	
5 D	Libye	Attaque	Atar 9C	53	1970	
5 DAD	Abu-Dhabi	Entraînement	Atar 9C	2	1972	
5 DD	Libye	"	Atar 9C	15	1970	
5 DE	Libye	Polyvalent	Atar 9C	32	1970	
5 DG	Gabon	Entraînement	Atar 9C	4	1975 et 81	
5 DM	Zaïre	Entraînement	Atar 9C	3	1973	
5 DP	Pérou	"	Atar 9C	6	1967 et 81	
5 DPA	Pakistan	"	Atar 9C	2	1979	
5 DR	Libye	Reconnaissance	Atar 9C	10	1970	
5 DV	Venezuela	Entraînement	Atar 9C	2	1971	
5 E2	Egypte	Attaque	Atar 9C	16	1981	dont un ex-« 5M »
5 EAD	Abu-Dhabi	Polyvalent	Atar 9C	14	1974	
5 G	Gabon	Attaque	Atar 9C	7	1975 et 81	dont 2 ex-« 5M » devenus
5 J	Israël	"	Atar 9C	(50)		5F et 5FC
5 M	Zaïre	"	Atar 9C	12	1973	17 commandés (5 jamais
5 P	Pérou	"	Atar 9C	22	1968-71	livrés)
5 P3	Pérou	"	Atar 9C	10	1974 et 81	Nouveau système de
5 PA	Pakistan	"	Atar 9C	58	1970 et 79	Navigation
5 RAD	Abu-Dhabi	Reconnaissance	Atar 9C	3	1972 et 74	
5 SDD	Arabie Saoudite	Entraînement	Atar 9C	6	1973	destinés à l'Egypte
5 SDE	Arabie Saoudite	Polyvalent	Atar 9C	46	1973 et 77	destinés à l'Egypte
5 SDR	Arabie Saoudite	Reconnaissance	Atar 9C	6	1973	destinés à l'Egypte
5 V	Vénézuela	Attaque	Atar 9C	6	1971	
50 C	Chili	"	Atar 9K-50	6	1979	
50 DC	Chili	Entraînement	Atar 9K-50	2	1979	
50 FC	Chili	Attaque	Atar 9K-50	8	1979	Analogues aux 5F sauf
50 KKD	Soudan	Entraînement	Atar 9K-50	(2)	1977	moteurs
50 KDE	Soudan	Polyvalent	Atar 9K-50	(14)	1977	Commande annulée

## *Mirage III V*

C'est durant cette période de 1960-65 que cet avion fut retenu pour être le concurrent français du programme GOR 2 du SHAPE, d'autant plus que l'ADAV répondait au programme de l'état-major de l'Armée de l'air. Il n'était guère encore question de production, mais la commande de prototypes de ce type extrêmement avancé eut une influence indirecte considérable sur de nombreux autres marchés.

En effet, il ne fallait pas attendre le lancement de fabrications de cellules pour faire développer et mettre au point les nouveaux réacteurs ou équipements nécessaires. Les études faites alors, et les options industrielles prises, devaient se révéler importantes dans les années qui suivirent, même après l'abandon de tout développement en France d'ADAV de combat.

## LA LOI-PROGRAMME DE 1965

Cette période allait être extrêmement riche de promesses, puisqu'elle vit s'effectuer toute une série d'études d'appareils révolutionnaires, de combat comme de transport : à décollage vertical, à décollage ultra-court, à géométrie variable. Mais les séries correspondantes n'étaient pas prévisibles avant 1970 et, à l'exception de deux réalisations en coopération européenne, l'Atlantic ASM et le Transall de transport, il n'apparut aucune série d'avions nouveaux. Mais la production des Mirage III, puis 5, continuait et celle des Mirage IV A s'achevait (1968).

Lorsque cette loi-programme fut établie et discutée en 1964, l'estimation des besoins en appareils militaires était la suivante :

- Mirage IV A : second contrat de 12 passé, pas d'avions supplémentaires prévus ;
- Mirage III : continuation de la production selon les prévisions antérieures, remplacement envisagé de 50 III E par autant de III C 2 ;
- Mirage III V : série envisagée à partir de 1969-70, mais non chiffrée ;
- Mirage III F : avion considéré comme intérimaire possible en attendant les III V ou III G ;
- Mirage III G : mal défini encore mais besoins chiffrés à 150 appareils pour l'Armée de l'air et 50 pour la Marine Nationale ;
- ECAT : type non encore retenu mais lancement à prévoir pour une série à partir de 1970 ;
- Atlantic : 60 avions prévus (40 + 20), les livraisons allaient bientôt débuter ;
- Breguet 941 : commande de 4 avions de pré-série confirmée en 1964 ;
- Transall : opération lancée, 160 avions prévus, dont 50 pour la France.

## *Mirage IV A*

Le marché pour les douze derniers avions, annoncé en 1964, ne fut passé qu'en fin 1965. Aucun autre appareil supplémentaire n'allait être commandé, en dépit de divers projets de Mirage IV motorisés différemment (avec des Spey ou des JTF 10 par exemple) et destinés à des missions de pénétration à basse altitude. Des Mirage IV étaient encore des concurrents proposés pour le programme RAGEL (1967-1968).

### *Mirage III*

La plupart des III E restaient encore à livrer en 1965 (seulement une vingtaine avaient été livrés en 1964). Il était alors beaucoup question d'un « dérivé simplifié à électronique modernisée », à réacteur Atar 9 K, que l'on avait également offert à l'Italie en production sous licence (le F-104 S lui fut préféré, surtout semble-t-il pour des raisons économiques) : ce fut le C 2, assez rapidement abandonné. Durant ces cinq années, il allait être commandé des quantités relativement limitées (quelques dizaines) de B, R et E supplémentaires, et l'Armée de l'air paraissait ne les considérer désormais que comme des avions lui permettant d'attendre les types ultramodernes à venir qu'étaient les V, F ou G.

### *Mirage III V*

En 1965, on envisageait toujours la mise en service d'avions de ce type durant la décennie à venir (lancement d'une série en 1970), mais la plupart des techniciens commençaient à se poser des questions quant à l'avenir de l'ACDV (avion de combat à décollage vertical) : les difficultés se multipliaient (de motorisation surtout) ; il était inquiétant, en particulier, de voir constamment retarder toute commande de pré-série, alors que 6 appareils avaient été jugés nécessaires pour la mise au point de la formule. Et en fin 1966, le Mirage III V allait être, de ce fait, abandonné sans rémission.

Il avait pourtant provoqué la naissance d'un nouvel appareil Dassault, le Mirage :F :2, avion classique à voilure haute, construit dans un but expérimental : pour faciliter la mise au point du réacteur de propulsion et de divers équipements nouveaux. Il s'agissait là de l'une seulement des nombreuses « retombées » industrielles de l'opération III V.

### *Mirage F 2 et F 3*

Devant le retard pris par l'ACDV puis, par la suite, devant le délai exigé avant de produire un appareil à géométrie variable, il fut envisagé très sérieusement de produire une version « d'armes » du Mirage F 2 expérimental, qui avait volé en juin 1966, au lieu de passer les commandes supplémentaires prévues de Mirage III de tous types. Ces appareils auraient bénéficié des équipements et du réacteur mis au point (en partie du moins) pour le III V. L'on proposait entre 65 et 150 avions, dont les deux tiers destinés à l'Armée de l'air, à une cadence de 3 par mois. De façon quelque peu optimiste, on annonçait des livraisons possibles à partir de 1968. La variante étrangère, qui intéressait les Israéliens, aurait été simplifiée, avec un équipement réduit et un armement classique. Par la suite, le type F 2 fut remplacé par le F 3, davantage polyvalent, puisque capable d'effectuer des missions de chasse, aussi bien que d'attaque.

Cela ne modifiait guère le problème industriel, bien que les hésitations quant à la définition du type eussent quelque peu retardé les dates espérées de livraisons et mises en service. En 1966-67, on ne comptait plus guère voir apparaître de F 3 de série avant 1972. Les besoins étaient alors estimés à 100-150 appareils, qui parurent trop coûteux. Ainsi qu'il a déjà été raconté, le second prototype F 2, devenu F 3, ne fut même jamais achevé car le rôle d'avion intérimaire entre les Mirage III delta et les futurs appareils à géométrie variable avait été confié au F1 plus petit, donc beaucoup plus économique. En fin de carrière, le F 2 effectuait des essais au profit du F1.



Dassault-Breguet Mirage F2

**PLANCHE XXVIII**



## *Mirage F1*

Variante à l'échelle réduite des F 2-F 3, le premier Mirage F1 avait été construit par Dassault à ses frais. Le réacteur retenu pour le type était une variante légèrement modifiée de celui du Mirage IV A, mais on proposait d'utiliser éventuellement un M 53, réacteur en étude par la SNECMA, ou un General Electric J-79 américain. Le système de navigation devait être celui du Mirage III E. Réalisé très vite, le prototype vola dès décembre 1966 et démontra rapidement des performances élevées et un remarquable écart de vitesses, grâce à son hypersustentation poussée. Il paraissait être une solution relativement économique au problème de la succession immédiate du Mirage III E, aussi l'État matérialisa-t-il son intérêt en passant commande en septembre 1967 de 3 prototypes équipés eux aussi d'Atar 9 K. Le premier allait voler en mars 1969. La même année, un premier marché allait être passé pour 30 Mirage F1 C. Mais la totalité des avions de série n'allait être livrée qu'après 1970.

Il n'est toutefois pas sans intérêt de signaler l'existence en 1967-68 de projets de F1 navals. Les exigences des marins auraient imposé des modifications nombreuses dont l'adoption du réacteur M 53, et un redessin important et coûteux. Comme pour d'autres projets de G marins, cela parut trop cher, compte tenu du nombre limité d'avions à fournir... et de la priorité accordée à d'autres programmes, dont RAGEL, pour l'Armée de l'air.

## *Les Mirage à géométrie variable*

Il s'agissait là de F encore améliorés, qui représentèrent indéniablement un brillant succès technique de l'industrie aéronautique française. Ils firent naître beaucoup d'espoirs et, considérés pendant une dizaine d'années comme les « avions français de pointe de demain », ils conditionnèrent dans notre pays de nombreuses études ou réalisations prototypes, notamment en matières d'équipements et de motorisation. De ce simple fait, leur influence industrielle fut considérable, bien qu'absolument aucune commande de série n'ait jamais été passée. Ce programme fut en effet mené avec une ténacité qui n'avait d'égale que l'incohérence des exigences, techniques, politiques ou tactiques, continuellement modifiées ; l'on connut successivement un GV franco-britannique, un G expérimental, un G 4, un G 8 puis un ACF qui, selon le goût du jour, étaient monoréacteurs ou biréacteurs, construits à 100 % en France ou étudiés en coopération franco-britannique, monoplaces ou biplaces, optimisés pour l'attaque ou la reconnaissance à très basse altitude ou bien pour le combat air-air, munis d'une aile à flèche variable ou d'une voilure fixe ! ... Le résultat pour les utilisateurs fut le suivant : alors qu'en fin 1964, on avait estimé les besoins à 200 appareils, dont 50 pour l'Aéronavale, très exactement onze ans plus tard, ce long développement n'avait mené à rien de concret lorsque l'ACF, dernier « avatar » des G fut abandonné avant même d'avoir volé, en fin 1975 !

## *Le projet de GV franco-britannique*

Ce projet naquit en 1965. On envisageait alors pour les deux pays une série de 300 appareils. Il apparut rapidement des difficultés de tous ordres : il se révélait impossible de faire coïncider les conceptions techniques des deux avionneurs (la BAC et Dassault), tout aussi bien que les conceptions tactiques des deux États-majors ; quant aux intérêts des deux motoristes, ils étaient divergents : la SNECMA

misait alors depuis quelques temps déjà sur une coopération avec les Américains ; or un GV commun aux deux pays ne pouvant être conçu qu'avec des réacteurs britanniques ou franco-britanniques, aurait imposé à cette société nationale une totale reprogrammation de ses activités futures. Dès la fin de 1966, l'échec paraissait certain. La décision d'abandonner fut prise du côté français en juillet 1967 et entérinée par une liquidation officielle en 1968. Un des facteurs importants de cette rupture avait été le manque de confiance entre partenaires. Cela devait influencer par la suite les relations entre les deux industries parfois dans un sens bénéfique (pour éviter les causes de friction), par exemple au cours de la production des Jaguar.

### *Mirage G*

En 1965, la France avait décidé, en dépit de l'accord franco-britannique, de réaliser un « appareil expérimental de conception nationale ». Ce fut l'unique Mirage G qui vola en novembre 1967 avant de permettre une longue et fructueuse mise au point de la formule aérodynamique prônée par Dassault. Dès l'abandon du GV international, l'état-major de l'armée l'Air s'orienta vers un dérivé biréacteur de cet avion purement français, mais il n'en fut pas moins proposé par son constructeur diverses variantes monoréacteurs : des concurrents de taille analogue, au programme RAGEL, ou bien des avions de combat plus petits, tels le G 1, sorte de Super F1 à réacteur M 53 destiné à succéder à la fois aux Mirage III et aux F1 considérés comme des appareils intérimaires. Tous ces avions étaient prévus pour entrer en service durant les années 70.

La Marine, outre le F1 navalisé dont il a déjà été question, se vit proposer, sans plus de succès, surtout pour des raisons de financement, des G 1 M et G 3 M ; elle estimait ses besoins à 50 appareils avec réacteur J-79 ou M 53. Des variantes d'exportation furent proposées avec des réacteurs divers (Atar 9 K, M 53, TF 306 et le J-79 américain).

### *Mirage G 4*

Deux prototypes furent commandés en septembre 1968. Le second aurait été un appareil techniquement encore plus avancé (voilure en titane, entrée d'air à jupes mobiles). Considérant que les missions de défense aérienne pourraient dans l'avenir être assurées par le Mirage F1, qui n'allait pas tarder à être commandé en série, l'Armée de l'air, à propos de ce type d'avion, donnait priorité à l'intervention et la reconnaissance. Sur la variante retenue en principe pour la production, au début du moins, des réacteurs Atar 9 K étaient spécifiés, mais Dassault proposait à nouveau toute une gamme d'autres moteurs : M 53, J-79, Spey (outre le gros TF 306 des G 3 monoréacteurs).

On comptait sur une centaine d'avions et on prévoyait alors des mises en services devant s'échelonner, selon les versions (intervention, reconnaissance photographique ou reconnaissance électronique) de 1975 à 1977.

Les prototypes ne volèrent qu'en 1971 et les décisions importantes les concernant n'allaient être prises qu'après 1970.

## CHAPITRE 17

### DU MYSTERE DELTA AU MIRAGE I AU MIRAGE II ET AU MIRAGE III<sup>179</sup>

Au début des années cinquante, presque tous les grands avionneurs s'intéressent à l'aile delta :

- moindre traînée en supersonique,
- épaisseur importante facilitant la fabrication de l'aile pour une très faible épaisseur relative donnée, d'où pour une poussée donnée, possibilité d'une plus grande vitesse en supersonique et de coûts de fabrication moins élevés.

MD 550	<p>Mystère Delta, projet de novembre 1952 : fuselage avant de Mystère IV B ; prise d'air pitot, aile delta à trois longerons, épaisseur relative 5,5 % ;</p> <p>surface alaire : 31 m<sup>2</sup>  réacteur Avon de 4 400 kgf de poussée avec PC (ou Atar équivalent)  cabine pilote largable  capacité interne : 750 litres  performances escomptées  Z = 12 000 m en 2 minutes  M = 1,3 en palier  masse avec missile et 1 100 litres : 4 700 kg</p>
MD 650 M	<p>Mystère Delta Marine, projet de novembre 1952 :  extrapolation du précédent  masse avec 2 700 litres : 9 500 kg  réacteur Vulcan de 7 200 kgf de poussée avec PC</p>
MD 560	<p>Mystère Delta, projet de juin 1952 (tenant compte partiellement de la fiche programme d'intercepteur léger en préparation) :</p> <p>nouveau fuselage  surface alaire : 25 m<sup>2</sup>  réacteur Atar de 4 200 kgf avec PC (ou Avon équivalent) + moteur-fusée SEPR de 600 kgf de poussée  capacité interne 1 170 litres réacteur 120 litres + 210 litres carburant fusée  masse avec missile et plein carburant : 4 700 kg  performances escomptées Z = 15 000 m en 2 minutes  M = 1,8 en palier</p>
MD 550	<p>Mystère Delta (ou Mirage I) :</p> <p>répond aux spécifications de la fiche programme d'intercepteur léger de début 1953,  tient compte de l'obligation « implicite » d'utiliser deux réacteurs de 1 000 kgf (1 500 kgf avec PC)  Abandon de la prise d'air frontale au profit de deux manches avec prises d'air latérales presque obligatoires pour deux réacteurs mais très favorables à l'installation d'un radar dans la pointe avant  Nez capable de recevoir les radars Aladin ou Aïda (radar Dassault)  Pneus basse pression et train rétractable dans fuselage</p>

<sup>179</sup> Historique élaboré à partir de sources diverses, dont les notes de Jean Sandeau, Ingénieur général de l'armement (2<sup>e</sup> section).

Début 54, deux prototypes de Mystère Delta sont commandés :

- n°01 - cellule probatoire aérodynamique
  - deux réacteurs Viper « secs » de 745 kgf de poussée, capables, plus tard de PC
- n°02 - représentatif de l'avion d'arme, avec radar et missile
  - deux réacteurs Gabizo de 1 500 kgf avec PC, ultérieurement remplaçables par deux SNECMA R 105 ou deux Hispano R 800
  - une fusée SEPR 66 de 1 500 kgf remplaçable plus tard par 2 SEPR de 750 kg
  - aile delta 3 longerons ; épaisseur relative 5,0 %
  - surface alaire : 27,10 m<sup>2</sup>
  - masse au décollage

Le n°01 est baptisé Mirage I peu de temps avant son premier vol, le 25 juin 1955, tandis que le n°02 est baptisé Mirage II.

Le n°01 apparaît évidemment très sous-motorisé ; il atteint 940 km/h à 11 000 mètres ; il reçoit ensuite deux Viper avec PC (2 x 940 Kgf) puis une fusée de 1 500 kgf de poussée ; sa masse au décollage atteint 5 400 kg.

Le Mirage II, à un stade avancé de fabrication, est résilié : sa voilure, sa dérive sont utilisées, à l'initiative de Dassault, pour la construction du Mirage III.

Le prototype III 001 lancé par Dassault en utilisant la voilure et l'empennage du Mirage II fait son premier vol le 17 novembre 1956. Très vite, il impressionne par ses performances les responsables concernés, au point qu'il est acheté par l'État en avril 1957.

Dès l'été 1957, dix appareils Mirage III A de présérie sont commandés avec le radar Aïda ; ils sont livrés de mai 1958 à décembre 1959 ; en septembre 1958, cent avions de série Mirage III C sont commandés avec radar air-air Cyrano ; le premier d'entre eux fait son premier vol (sans radar...), le 9 octobre 1960.

La commande de présérie de l'été 1957, sonne la fin définitive des intercepteurs... légers et des avions d'appui tactique légers, met un terme à la concurrence Trident, Durandal et Mirage au bénéfice de ce dernier ; (les difficultés financières de 1957 ont aussi beaucoup aidé dans le choix à faire).

## MIRAGE III

En 1956, le choix est à faire entre les trois intercepteurs légers ; il est devenu urgent de savoir si la fabrication en série du SM B2 doit être poursuivie (l'avion va très vite avoir des performances insuffisantes) ou si on lance un programme nouveau et lequel.

L'Armée de l'air s'est rendue compte depuis quelques mois que l'intercepteur léger initialement prévu a déjà des performances insuffisantes et qu'il faudrait passer à l'intercepteur stade II. Le progrès technique dans le domaine des réacteurs est tel que, de toute évidence, dans un très proche avenir, il va être possible d'atteindre Mach 2 avec des avions plus lourds mais offrant en contrepartie plus d'autonomie, plus de souplesse d'emploi et ne nécessitant pas la mise en œuvre systématique de fusée comme propulseur de base ou comme propulseur d'appoint. Les ressources budgétaires prévisibles et les coûts des matériels sont tels qu'il devient totalement irréaliste de lancer simultanément deux programmes, l'un d'interception très performant, l'autre très spécialisé dans la chasse d'armée et l'attaque au sol. Alors, l'idée germe de rapprocher les spécifications des deux



Dassault Mirage III

**PLANCHE XXIX**



programmes et de lancer le développement d'un seul matériel capable de couvrir le plus grand ensemble de missions, sans trop sacrifier les missions extrêmes, et surtout sans risquer d'être trop insuffisant dans l'interception.

Rappelons que le choix est à faire entre:

- le Trident II, avec fusée et deux petits réacteurs d'appoint<sup>180</sup>.
- le Mirage I, deux petits réacteurs et fusée<sup>181</sup>.
- le Mirage III, mono moyen, réacteur et fusée, dérivé du précédent à l'initiative de son constructeur<sup>182</sup>.
- le Durandal, mono moyen, réacteur et fusée.<sup>183</sup>

En mars 1957, une note est établie par le cabinet de la défense à la suite de quelques vols d'information accomplis par les deux officiers de marque « intercepteur légers » et « avions tactiques légers ». La conclusion de cette note est la suivante :

En conclusion, les impressions des pilotes expérimentateurs résultent d'un nombre de vols trop faible pour permettre une conclusion définitive mais sont dès à présent favorables au Mirage III en ce qui concerne la possibilité d'une utilisation comme chasseur tactique, (chasse armée) ; l'opinion personnelle des pilotes est, qu'en raison des limitations du Mirage III, principalement par mauvais temps à cause de sa vitesse d'approche, et dans le choix des terrains, son complément idéal serait le Baroudeur dont la vitesse au ras du sol est équivalente à la sienne (600 nœuds) mais dont la maniabilité à faible altitude et l'écart de vitesse sont supérieurs.

Le seul avantage pratique de l'Étendard IV, une vitesse de pointe de 630 nœuds au sol, ne paraît pas suffisant pour assurer à cet avion un domaine d'utilisation important à moins qu'il ne soit imposé pour des considérations échappant au cadre des essais effectués, soit sur le plan de la politique générale (OTAN, Allemagne), soit en ce qui concerne l'adaptation aux besoins de la Marine.

Avant de conclure définitivement, le CEAM désirerait pouvoir essayer l'avion Durandal<sup>184</sup> au cours de la période du 5 au 14 avril afin d'obtenir des résultats valables vis-à-vis de la mission d'intercepteur léger :

« Il semble donc possible, en poussant la DTI et le CEV à accélérer au maximum les essais et les rapports, de prévoir dès à présent, pour le voisinage du 15 avril, un CTPFA extraordinaire au cours duquel on déciderait le lancement en présérie du Mirage III, si les excellents résultats obtenus jusqu'à présent sont définitivement confirmés et si les concurrents encore existants comme intercepteurs légers n'ont pas prouvé jusque là une supériorité inattendue. »

Une réunion DTI-EMAA se tient le 5 avril 1957 afin de préparer la réunion qui se tiendra le 11 avril 1957 au cabinet en vue de déterminer l'opportunité de lancer immédiatement une présérie d'un avion de combat dérivé du Mirage III.

L'EMA remarque que le Mirage III s'apparente au programme des intercepteurs légers, et retient un dérivé de cet appareil, dans la version Mirage III A, capable à la fois de plusieurs types de mission. Le Mirage III A devra pouvoir exécuter des

---

<sup>180</sup> Premier vol : le 19 juillet 1955 sans fusée, le 21 décembre 1955 avec fusée.

<sup>181</sup> Premier vol : le 25 juin 1955 sans fusée, le 17 décembre 1956 avec fusée.

<sup>182</sup> Premier vol : le 17 novembre 1956 sans fusée, le 22 juillet 1957 avec fusée.

<sup>183</sup> Premier vol : le 20 avril 1956 sans fusée, le 19 décembre 1956 avec fusée.

<sup>184</sup> Qui a fait son premier vol le 20 avril 1956.

missions différentes (interception, attaque au sol, chasse d'armée) après quelques transformations sur le terrain : adjonction de charges pendulaires, remplacement du groupe fusée, des réservoirs, etc. Il n'est pas envisagé de lancer plusieurs versions du Mirage III, cette pratique conduisant toujours à la réalisation d'avions totalement différents. L'EMAA demande les capacités d'emport suivantes :

- deux canons de 30 mm dans le fuselage (remplacés par réservoirs, carburant fusées) ;
- un point d'attache fuselage capable d'un engin air-air (AA-20) dans la mission intercepteur ;
- deux points d'attache voilure pouvant recevoir roquettes en grappe ou en nids d'abeille, des bombes, des réservoirs à Napalm ou à combustible (charges adaptées au type de mission).

Le STA précise que les performances du Mirage III A seraient, avec G.T.R. ATAR 9, limitées en vitesse à MACH = 1,8 pendant 5 à 6 heures de réacteur, à raison de 10 minutes par mission, et à MACH = 2 pendant 6 minutes (ces performances limites entraînent l'échange du G.T.R.). Le temps de montée n'a pas été précisé, compte tenu du fait que l'on ignore le comportement de cet avion en vol avec fusée. L'autonomie, en mission interception, serait d'environ 245 km sans PC (ce qui correspond aux trois quarts de la mission « appui tactique NATO »).

Il ne faut pas trop espérer améliorer les performances du Mirage III A en l'équipant d'un réacteur supérieur à l'Atar 9 ; le montage d'un réacteur « acier », par exemple, doit être une modification importante qui peut conduire à un nouveau type d'avion. Il y a lieu de noter que le fait de demander un avion polyvalent impose inéluctablement des limitations aux exigences que l'on pourrait formuler individuellement pour divers avions spécialisés.

La fabrication de série pourrait concerner 400 appareils, 300 pour l'Armée de l'air et 100 pour l'exportation. Les premiers avions devraient être livrés à partir de 1959, date à laquelle devront obligatoirement être remplacés tous les intercepteurs actuellement en service, le SM B2 devant lui-même être remplacé très vite.

Si une décision est prise rapidement, et sans attendre les résultats de l'expérimentation de la présérie, le programme de livraison serait 15 en 1959, 193 en 1960 et le reste en 1961. Dans le cas contraire, le programme serait rien en 1959 ; 28 en 1960 et le reste en 1961 et 1962.

Pour répondre à l'urgence des besoins de l'Armée de l'air et en raison d'impératifs d'ordre industriel, la solution d'enchaînement des fabrications présérie et série, semble à retenir. Toutefois, les incertitudes sur la définition d'un Mirage III A dérivé du prototype actuel et les aléas possibles imposent une certaine dose de prudence. On espère la sortie du premier avion de série moins de 24 mois après la décision de commande de l'avion 01 de présérie.

Les performances seraient, avec Atar 9 M = 1,8 pendant 5 à 6 heures de réacteur à raison de 10 minutes par mission et M = 2,0 pendant 6 minutes (avec ensuite échange de réacteur).

L'armement serait :

- un radar Aïda, 2 canons de 30 mm, 1 point sous fuselage pour engin air-air (AA-20) et 2 points voilure (roquettes, bombes, bidons napalm ou kérosène) ;
- une série de 400 exemplaires peut être envisagée dont 300 pour l'Armée de l'air et 100 pour l'exportation ;
- une cadence de 20 par mois est à atteindre en 1960 ;

Le calendrier de sortie en série pourrait être :

décision immédiate production série enchaînée sur présérie		décision immédiate production après exploitation des performances présérie	
1959	15	1959	-
1960	193	1960	28
1961	le reste	1961/1962	le reste

L'EMAA préfère voir tous les efforts se porter sur un nouvel appareil plutôt que sur une prolongation du SM B2 (dont la série vient d'être réduite de 10 exemplaires).

En conclusion, pour répondre à l'urgence des besoins de l'Armée de l'air et en raison d'impératifs industriels, l'enchaînement des fabrications présérie-série semble à retenir.

Le 17 avril 1957, le secrétaire d'État préside une réunion. Il s'agit d'examiner dans quelle mesure les résultats obtenus par les premiers essais du Mirage III justifient une décision immédiate de lancement d'une présérie et éventuellement de préparer à l'attention du ministre de la Défense nationale et des forces armées un projet de décision relative à cet appareil.

La DTIA précise les résultats acquis lors des essais déjà effectués sur le « Mirage III » et indique ce que l'on peut attendre du développement de cet avion comme avion de chasse ainsi que les limites probables de son domaine vers les très hautes altitudes et dans la mission d'appui tactique.

Elle précise que la décision à prendre ne se fonde pas uniquement sur les résultats des essais sur prototype existant ; ces résultats sont nettement favorables, mais les conditions de réalisation de ce prototype (notamment la puissance limitée du réacteur, l'absence de la fusée et des aménagements militaires) font qu'ils sont encore très incomplets ; mais d'autres considérations interviennent à l'appui de la décision envisagée.

Ces considérations sont d'une part, l'urgence des besoins de l'Armée de l'air et d'autre part, la nécessité d'avoir, sur le plan industriel, une production nouvelle aux fins d'éviter des ruptures de charge dans les usines à la fin de la chaîne des SM B2 dont le nombre vient d'être limité.

Le futur Mirage III de série, dénommé « Mirage III A » sera différent du prototype. Le prototype en effet, au poids de 6,3 tonnes, est équipé d'un Atar G de 4 400 kilos de poussée. Le « Mirage III A » est envisagé au poids de 8 tonnes environ et sera équipé d'un Atar 9 d'une poussée de 6 tonnes. La surface de voilure est portée de 29 m<sup>2</sup> à 34 m<sup>2</sup>

Un intérêt de cet avion par rapport aux autres formules est que son armement et son équipement ne posent pas de problèmes insolubles ni trop lointains (le radar Aïda est dérivé du radar Aladin dont la mise au point a été rapide et satisfaisante) ; en septembre, des données sérieuses seront acquises sur Aïda. Un guidage précis sur Mirage III semble, d'autre part, être moins nécessaire que pour le Trident.

Enfin, argument psychologique, la maison Dassault a fait ses preuves pour la mise au point et la construction en série d'intercepteurs et on peut estimer qu'il y a assez peu d'aléas de ce côté.

Le coût de la commande immédiate (un premier avion de présérie, les approvisionnements pour neuf autres, les liasses avion et moteur) à envisager remplacera la commande de présérie Étendard IV. Le coût de la commande complémentaire de présérie est à imputer sur les autorisations de programme 58 pour la tranche 251-300 de SM B2.

On évoque enfin les chances au prochain concours OTAN de l'Étendard IV non commandé en présérie par la France et du Mirage III hors programme OTAN.

Les besoins pour l'Armée de l'air pourraient atteindre 500 à 700 exemplaires.

L'Aéronautique navale indique que la mise en œuvre sur porte avions du Mirage III A est impossible (cf. dispositif de freinage à l'appontage) et qu'elle est plus particulièrement intéressée par un avion d'attaque que par un intercepteur. Si l'Armée de l'air s'intéresse au Mirage III, il est précisé que la Marine est libre de porter son choix sur l'Étendard IV ou le Breguet 100.

Pour ce qui concerne les relations franco-allemandes, la prise de position française ferme sur le Mirage III est un atout pour la délégation française car il est impensable de proposer à l'Allemagne un avion que la France n'envisagerait pas d'utiliser. M. Strauss semble avoir une politique d'association plus européenne et à plus longue portée ; par contre, le général, inspecteur général de la Luftwaffe, s'intéresse pour le court terme aux intercepteurs F 86 et aux 84 F tactiques que les États-Unis livrent pratiquement gratuitement et, pour la défense aérienne de 1960, aux F 102 ; pour ce qui concerne le Mirage III, il s'intéresse, en fait, à l'avion de la génération suivante, le Mirage III F.

Pour financer la commande de présérie, il faut arrêter la chaîne Breguet Deux Ponts et la chaîne Nord 2506.

Il est décidé d'acheter à Dassault l'avion prototype Mirage III (réalisé avec la voilure et l'empennage du Mirage II) et il est proposé au ministre de décider la commande de présérie.

D'autre part, le CEAM fait remarquer que le Mirage III A avec ses pneus gonflés à environ 5 à 6 kilos au centimètre carré ne pourra certainement pas être utilisé sur un terrain en herbe ; il nécessitera des pistes avec revêtement léger en béton ou à la rigueur des pistes en grille si celles-ci sont en bon état ; l'Étendard IV présente des facilités plus grandes à cet égard mais une expérimentation sur le terrain en herbe reste encore à faire.

Après un court échange de vue sur les chances au concours NATO de l'Étendard IV non commandé en présérie par la France et du Mirage III hors programme NATO, il est estimé que, si tous les pays d'Europe se mettent d'accord sur un type d'avion, les États-Unis n'iront vraisemblablement pas à l'encontre de cette décision et peut-être iront jusqu'à donner une certaine aide financière ; c'est, en particulier, le point de vue de l'EMAA à la suite des contacts qu'il a eus aux États-Unis.

Le secrétaire d'État passe la parole à l'EMAA pour qu'il donne le point de vue militaire sur le Mirage III : cet avion se présente bien mais il existe aussi des aléas militaires, étant donné qu'aucune preuve n'a encore été fournie de ses possibilités comme intercepteur et comme avion d'appui ; cependant, en raison des excellents renseignements fournis par les pilotes du CEV et du CEAM, il approuve le processus de commande par la DTI précisant que les avions de présérie rendront de grands services pour l'expérimentation et la mise au point militaire de l'avion et il demande qu'ils soient livrés au CEAM le plus tôt possible.

Quant à la définition des besoins de l'Armée de l'air, elle paraît très difficile actuellement. Si le plan, qui prévoit 35 escadrons en 1963-1965, voit le jour, l'EMAA estime que, dans ce cadre, 17 escadrons d'avions polyvalents Mirage III A sont nécessaires. Ceci représente 340 avions en ligne, plus les appareils en volant qui peuvent aller jusqu'à 100, selon le temps pendant lequel ces avions devront rester en service ; les besoins seraient donc de l'ordre de 500 à 700 avions.

L'Aéronautique navale, de son côté, estime que certaines caractéristiques du Mirage III A interdisent formellement son emploi sur porte-avions : en particulier sa vitesse de présentation (la vitesse maximale de présentation possible sur porte avions est de 130 nœuds en raison du dispositif de freinage sur le pont qui ne peut accepter des vitesses d'impact supérieures à 105 nœuds).

D'autre part, la Marine est plus particulièrement intéressée par un avion d'attaque que par un intercepteur ; en conséquence, elle ne peut envisager d'être partie prenante pour cet avion.

La DTIA partage entièrement l'avis exprimé par la Marine et estime que la décision éventuelle de l'Air d'orienter son effort sur le Mirage III A laisse la Marine entièrement libre de porter son choix sur l'Étendard ou le Breguet 1100.

Le secrétaire d'État tire la conclusion de la réunion en adoptant le projet de la DTIA relatif à la commande de présérie du Mirage III A et demande qu'il soit établi un projet de décision à soumettre au plus tôt à la signature du ministre de la Défense nationale et des forces armées. Cette décision est signée par le ministre en mai 1957.

Une nouvelle réunion se tient chez le directeur du cabinet du secrétaire d'État le 25 juillet 1957. En effet, un rapport du CEAM du 26 juin 1957 diffusé avec avis de l'EMAA crée un malaise important et un grand doute : le CEAM constate que le Durandal et le Mirage III prototype sont inaptes à la mission d'appui tactique et de chasse d'armée ; le 8 juillet 1957, l'EMAA ajoute qu'il semble d'ores et déjà acquis que le Mirage III A ne remplira que très imparfaitement les missions tactiques que l'abandon de tout autre avion spécialisé dans ces missions lui imposerait.

Devant de telles prises de position vis-à-vis d'une commande qui engage l'avenir de l'Armée de l'air, il était nécessaire de réunir les autorités qualifiées en vue de rechercher si la définition de l'appareil et de son équipement lui permettrait d'accomplir l'ensemble des missions auxquelles il est destiné.

Interrogé, l'EMAA répond que, lors des premières expérimentations sur Mirage III, les comptes rendus avaient immédiatement laissé une très bonne impression sur l'ensemble des qualités de cette machine mais attiré l'attention sur le problème de l'aptitude des avions à voilure delta au virage serré.

Il ne semble pas que le CEAM ait voulu condamner l'avion en lui-même. Le choix du Mirage III parmi les chasseurs purs susceptibles d'être adoptés apparaissait et demeure possible. Cependant, il est hors de doute qu'un avion d'une formule aussi peu poussée, adaptée, avec sa voilure delta, au vol supersonique à haute altitude ne sera pas à l'aise dans les évolutions de combat à basse altitude, qu'il s'agisse de chasse pure ou d'assaut. C'est une règle constante que l'accroissement des performances se traduit inévitablement par une baisse de maniabilité qu'accentue encore le passage à la formule delta.

Le véritable intérêt du rapport CEAM et de la présente réunion n'est pas de revenir sur des décisions prises mais de bien préciser ce que l'on peut attendre du Mirage III en dehors de l'interception à haute altitude, et surtout de bien délimiter l'importance des sacrifices qu'il convient de consentir en faveur des autres missions avec le souci de ne pas compromettre la mission d'interception.

L'EMAA pose la question de savoir si le Mirage III permettra de faire face à toutes les missions prévues ou s'il se révélera indispensable, en ce qui concerne l'emploi, de réaliser un autre avion. La DTIA répond que le CEV a toujours souligné les inconvénients de la formule adoptée. Il rappelle que lors de la réunion EMAA-DTI du 5 avril, il a été noté que le fait de demander un avion polyvalent impose

inéluçtablement des limitations aux exigences que l'on pourrait formuler individuellement pour divers avions spécialisés. Il fait part cependant de sa surprise devant le rapport du CEAM qui lui paraît trop catégorique. Il pose en outre la question de savoir pourquoi le Mirage III se freinerait davantage en évolution que le Durandal.

Le CEAM « indique que ce résultat a été extrapolé en raison du fait que les deux appareils ont la même flèche, sensiblement la même épaisseur relative et que le rapport poussée/poids défavorise le Mirage III prototype mais favorisera le Mirage III A par rapport au Durandal.

En ce qui concerne l'appui, le Mirage paraît apte aux missions d'assaut préparé, mais son freinage excessif en évolution le rend à peu près inutilisable en assaut découvert lorsqu'une chasse adverse active se trouve au-dessus : « Lorsque le Mirage III se met en virage, il se trouve en état d'infériorité par rapport à un avion de performances très inférieures comme le Mystère IV A. »

La DTIA rappelle que, lors d'une réunion à Istres en février 1957, on a confronté les possibilités des trois prototypes susceptibles d'une décision de commande : le Trident, le Mirage III et l'Étendard IV. A cours de cette réunion, il a été reconnu impossible de lancer simultanément ces trois appareils qui auraient conduit à un ensemble valable hautement spécialisé, et même de retenir deux d'entre eux.

La DTIA et l'EMAA sont tombés d'accord sur le fait qu'il serait déjà difficile de financer une série convenable pour un seul des appareils envisagés. S'il n'est pas possible d'obtenir un avion parfaitement versatile, il est apparu que le Mirage, moins spécialement poussé vers les très hautes altitudes que le Trident et moins limité dans ses possibilités d'interception que l'Étendard IV, était le seul acceptable.

Il est certain que le Mirage III sera imparfait dans les missions d'appui tactique, mais que donnerait l'Étendard IV dans l'interception ? Le directeur du CEV suggère qu'une confrontation entre le « vieux Charles » de Guynemer et le Mystère IV A montrerait à coup sûr la supériorité du « vieux Charles » en ce qui concerne la maniabilité et les possibilités d'évolution à basse altitude.

Sans aucun doute, il vaut mieux deux avions spécialisés, mais l'élimination d'une telle formule est d'ordre financier et non pas technique. Il manque à la note du CEAM une conclusion, car si l'on n'accepte pas le Mirage III, il faut choisir autre chose.

Or, sans aucun doute, une seule série est possible. C'est à l'état-major de dire si le Mirage III a toujours priorité sur une formule spécialisée d'appui du genre de l'Étendard IV, comme aux réunions de février et d'avril 1957.

La question du degré de versatilité que l'on peut raisonnablement atteindre sans sacrifier les qualités essentielles du Mirage III comme intercepteur est alors soulevée : une expérimentation convenablement orientée devrait montrer les limites du possible.

Il faut par ailleurs tenir compte du facteur temps. Le prototype actuel démarrera seul jusqu'en mai 1958. Le décalage entre la présérie et la série ne devrait être que de quelques mois. Il y a donc pour les services d'essais une urgence considérable exigeant de nombreux vols du seul appareil existant. Malgré tout l'intérêt d'une expérimentation élargie à d'autres missions, si l'on maintient la priorité à la mission d'interception, il faut laisser se dérouler le programme actuel déjà très chargé sans rien ajouter.

La DTI rappelle que, dès l'origine, elle a clairement exposé les possibilités et les limites du Mirage III et que l'opération actuellement lancée est celle qui comporte le minimum d'aléas. Elle fait confiance à la technique Dassault suffisamment éprouvée en matière d'avions de chasse, mais il reste des aléas inévitables.

Le rapport du CEAM a cependant l'intérêt d'empêcher les autorités intéressées de se désintéresser du tactique léger. Le choix d'un avion unique est une solution de pauvreté. Elle conduit à retenir l'avion le plus polyvalent, mais l'idéal serait de disposer malgré tout d'un avion tactique spécialisé. Il faut donc jouer sans réserve la carte NATO en présentant sans restriction au concours de septembre nos appareils valables : Étendard, Baroudeur, Breguet 1001 dans l'espoir qu'un financement interallié permettra une réalisation en cas de succès.

La DTI est entièrement d'accord avec l'EMAA mais insiste pour que l'on évite d'infliger au Mirage III trop de modifications dans l'intention d'améliorer certaines de ses qualités. Il rappelle les erreurs commises dans la mise au point du Mystère II qui ont abouti à une complexité telle que l'avion s'est nécessairement révélé décevant. Il demande formellement de maintenir les positions prises jusqu'à présent et la priorité à la mise au point comme intercepteur.

L'appareil tient son programme et les premiers vols avec fusée allumée ont eu lieu avant le 25 juillet, date contractuelle.

L'officier de marque des avions intercepteurs légers indique l'origine du rapport du CEAM : chargé du problème précis de rechercher ce que vaut en attaque au sol la formule de l'intercepteur delta et aussi de regarder ses qualités en mission de chasse d'armée, il estime l'avion inapte au combat classique à basse altitude ; en effet le prototype engageant, au voisinage du sol, un virage de combat plein gaz à 550 nœuds et à 2,6 g d'accélération, tombe très rapidement à 300 nœuds. A titre de comparaison, le Durandal maintient la vitesse de 520 nœuds à 3,8 g. Le Mirage III A aurait des chances de se rapprocher du Durandal qui plafonne à 640 nœuds au sol.

Le CEV répond que les difficultés rencontrées n'ont rien d'inquiétant. En effet, la mise au point du Mirage III prototype a été poussée uniquement en vue des vols supersoniques à des accélérations limitées à 3 g. Ainsi, on a découvert sur cet appareil une tendance à cabrer excessive au voisinage de 600 nœuds de vitesse indiquée ; une légère modification apportée par des moyens artisanaux au bord d'attaque a permis de vérifier qu'il était facile d'éliminer ce défaut. Cependant, pour ne pas compromettre les essais supersoniques, la modification n'a pas été maintenue. Il est donc inévitable qu'en virage serré à basse altitude, l'avion se freine de façon excessive mais ce défaut sera évidemment corrigé sur la présérie.

Le CEV déclare « qu'il n'y a pas lieu de s'inquiéter de ces difficultés particulières dues à l'orientation délibérément donnée aux essais. Avec un seul prototype, on ne peut pas tout faire en un temps limité. Si les consignes données au CEV d'étudier en première urgence les possibilités d'interception du Mirage III (grands Machs, hautes altitudes) ne sont pas valables, il faut en donner d'autres. Si elles sont valables, il suffit de continuer dans la voie actuelle. Par ailleurs, il y aurait le plus grand intérêt à ce que des contacts plus étroits entre le CEV et le CEAM éliminent le manque de compréhension qui paraît avoir joué un grand rôle dans l'affaire actuelle ».

Le CEAM revient « sur le fait que toutes les missions du Mirage supposent que cet appareil ne se livre pas à des virages serrés devant des avions d'une autre formule afin de ne pas se trouver en état d'infériorité » ; le CEV répond « que la formule n'est pas prévue pour en faire un avion spécialisé d'appui tactique ».

« Faut-il donc considérer le Mirage III comme absolument inapte aux missions d'appui tactique ? Le problème permanent de l'aptitude d'un avion de chasse à des missions variées est le suivant : en face d'un adversaire aérien dangereux, il est vital que l'avion de chasse soit apte avant tout au combat aérien ; une infériorité dans ce domaine lui supprime toute possibilité de se livrer sans risquer des pertes prohibitives à l'occasion

d'autres missions. Au contraire, dans l'action vis-à-vis du sol, le danger direct étant généralement moins grand, l'adaptation à la mission peut être moins parfaite. Il est constant que l'accroissement des performances se traduit toujours par une diminution de maniabilité mais il faut éviter deux erreurs courantes : d'une part, c'est une faute pour l'avion le plus rapide que d'accepter le combat tournoyant dans lequel son adversaire sera automatiquement le plus maniable. D'autre part, une telle forme de combat n'est pas nécessaire dans la mesure où l'armement permet de tirer de loin grâce à l'engin guidé sur lequel repose tout l'intérêt de l'intercepteur léger. Même si le Mirage III ne peut pas virer assez serré pour se placer à courte portée derrière un Mystère IV, il suffit que l'engin lâché à une distance convenable soit capable de suppléer à la maniabilité insuffisante du lanceur pour interdire au Mystère IV toute illusion face à un adversaire à la fois plus rapide et armé pour tirer de plus loin. Il est donc faux de dire que le Mirage III sera en état d'infériorité à moyenne et basse altitude devant les chasseurs de la génération précédente. En ce qui concerne l'assaut, son armement dans lequel un engin air-sol pourrait se substituer facilement à un air-air, lui permettra également d'agir dans des conditions favorables. Il est certain que la formule même du delta entraînera certaines limitations qu'un avion spécialisé en assaut ne connaîtrait pas, mais il est plus certain encore que l'avion d'assaut spécialisé serait en grand danger devant les chasseurs les plus récents, et même un peu plus anciens, par son inaptitude congénitale au combat aérien. L'expérience a montré que tous les chasseurs purs, même les plus poussés comme l'était en son temps le Spitfire par exemple, ont donné en assaut des résultats intéressants après une adaptation sommaire. Cette adaptation étant prévue dès le départ pour le Mirage III, il semble que l'on prépare actuellement le seul compromis vraiment acceptable en donnant la priorité à la forme d'action la plus directement dangereuse sans pour autant renoncer aux autres ».

L'EMAA est entièrement d'accord avec ce point de vue et insiste sur la nécessité de ne pas agir avec les machines modernes de la même façon qu'avec les avions de formule plus ancienne.

La DTI exprime son inquiétude devant la mission de chasse d'armée dont la notion est apparue à l'improviste dans les rapports du CEAM. Le CEMAA rappelle un document daté du 10 août 1953.

Le CEAM précise que la mission de chasse d'armée diffère essentiellement de celle de défense aérienne parce qu'elle s'adresse généralement à d'autres adversaires : en défense aérienne, on rencontre surtout des avions relativement lourds, à hautes performances, accompagnés de chasseurs d'escorte eux-mêmes relativement lourds vu leur mission. Dans le ciel de la zone de bataille, on trouve, au contraire, un grand nombre d'avions plus petits ou plus lents destinés au bombardement tactique à l'assaut, au transport de troupe, etc. Ces appareils évoluent à des altitudes beaucoup plus faibles que les précédents et certains d'entre eux sont beaucoup plus maniables. Il faut pouvoir les rattraper et les abattre tous. La grosse supériorité de vitesse avantageuse pour réussir une interception est ici l'ennemi, car l'accélération en virage varie avec le carré de la vitesse. L'EMAA fait remarquer qu'il s'agira de tirer des engins.

Le CEAM répond que ce sera effectivement la meilleure formule dans la mesure où l'engin est à la fois suffisamment maniable, compte tenu de sa vitesse particulièrement élevée, et suffisamment au point. Le CEV fait remarquer que si l'on s'en tenait à la lettre des conclusions de CEAM, il faudrait réduire le Mirage III au rôle de chasseur pur. En prenant une position moins brutale, il y a lieu de travailler en accord plus étroit entre le CEAM et le CEV afin que la mise au point de la formule soit suivie non pas sur le prototype qui n'aura pas le temps de se consacrer aux adaptations opérationnelles, mais sur un des avions de présérie.

L'EMAA demande qu'il soit tenu compte de la nécessité absolue pour l'avion de pouvoir emporter les charges pendulaires. Par ailleurs, la versatilité de la formule forcément incomplète donne tout son intérêt au concours NATO pour compléter s'il est possible, la gamme des avions à construire. Il estime qu'il y a lieu de revoir la conception des missions tactiques dans le cadre des possibilités même du matériel.

Le directeur de cabinet repose de façon formelle la question de savoir si le Mirage III devrait être considéré comme totalement inapte, à l'appui. Il fait ressortir la gravité que comporterait une réponse affirmative à cette question, étant donné les raisons qui ont fait choisir l'appareil.

Le CEAM indique que le Mirage III ne sera certainement pas inapte de façon totale, à l'appui tactique mais qu'il devra être engagé dans des limites étroites. Le directeur du CEAM fait une mise au point sur le sens de la note rédigée par le CEAM : ce document, rédigé quatre jours avant la réunion sur les clauses techniques, avait pour objet principal d'éviter que des sacrifices excessifs, notamment sur le poids de l'appareil, soient consentis pour une versatilité qui ne pourrait être parfaite.

Le cabinet demande comment se présente par rapport au Mirage III, le Trident qui apparaît toujours en nombre relativement important dans les plans, sans qu'aucune commande de série ne soit lancée.

L'EMAA insiste sur le caractère assez théorique des plans. L'intérêt du Trident est, d'une part d'atteindre un domaine d'altitude et de vitesse dans lequel il est seul, au moins tant que son concurrent Mirage III F ne sera pas réalisé, et, d'autre part, de préfigurer l'avion sans pilote qui pourra assurer la transition vers le pur engin. Par ailleurs, le Trident intéresse l'Allemagne, la Belgique et la Hollande. Il serait donc tout à fait inopportun de déclarer dès à présent que cette machine cesse de nous intéresser. Le CEV fait remarquer qu'il suffit de ne rien dire puisqu'en tout état de cause, la présérie est en cours de construction actuellement. Le Trident était tout à fait remarquable voici deux ans. S'il a perdu du temps dans sa mise au point, il demeure un avion intéressant.

Le STAé fait « remarquer qu'en raison de sa grande légèreté, le Trident restera certainement le meilleur avion aux très hautes altitudes. L'EMAA conclut qu'il faut le maintenir aux moins théoriquement dans les plans et attendre la sortie de la présérie avant de prendre une position quelconque ».

Le CEV demande, « pour conclure, qu'une position naisse de l'état-major concernant les priorités dans les essais du Mirage III. Faut-il maintenir la priorité dans l'adaptation à la mission d'interception ? »

« L'EMAA confirme cette priorité à la condition qu'il ne soit pas envisagé d'abandonner totalement l'aptitude à l'appui, mais seulement de faire passer en deuxième urgence l'adaptation correspondante. Le CEV propose alors d'envisager une nouvelle réunion le plus tôt possible, après le concours NATO des avions tactiques légers pour voir s'il y aura alors lieu de réviser les positions prises. Le STAé répond qu'une révision serait encore possible mais qu'il est douteux d'obtenir des assurances assez rapides en ce qui concerne le financement NATO. La DTI répond qu'il sera peut-être possible de voir clair vers le 15 octobre car l'entrée financière américaine sera commencée et les élections allemandes seront passées. L'EMAA conclut que la priorité pour le Mirage III doit toujours être donnée à l'interception et qu'il faudra faire pour le mieux vis-à-vis des autres missions ».

« Le BPM estime qu'il ne paraît pas indispensable d'obtenir une versatilité par transformation au niveau des formations mêmes. Après débat, le STAé conclut qu'il y a lieu de maintenir les données actuelles concernant la versatilité sans se montrer trop exigeant sur les résultats obtenus en ce qui concerne les délais de transformation ».

Un bref échange de vue a lieu sur l'intérêt que pourrait présenter la réunion d'une commission d'allègement. Ce projet est repoussé.

« Le 9 février 1959, l'EMAA reproche à la DTI que les cent premiers avions Mirage III livrés, ne seront pas dans les conditions les rendant absolument et entièrement polyvalents.

La DTI estime que ce reproche n'est pas fondé alors que plusieurs représentants de l'EMAA ont dénié au Mirage III son aptitude aux missions d'appui et que tout récemment encore l'EMAA a déclaré attendre une expérimentation au CEAM avant de se prononcer sur cette aptitude.

La DTI répond qu'elle a poursuivi avec ténacité la recherche d'une solution aérodynamique assurant cette aptitude. Les essais, sur le Mirage III – 01, d'une voilure cambrée – essais qui se déroulent à Istres – montrent qu'au moins en première analyse une solution a été trouvée. Les 100 premiers avions Mirage III sortiront donc dans une configuration qui assure leur polyvalence et comporteront l'ensemble des organes internes les rendant capables de tous les équipements des différentes missions ».

Le différend ne porte donc pas que sur la nature et l'importance des équipements qui pourront être achetés dans le cadre corset de 60 milliards. L'existence de ce corset n'a pas été ignorée de l'état-major dont les représentants ont assisté aux réunions qui ont permis de passer d'un montant initial de 69 milliards 900 millions à un montant total de 80 milliards comportant une provision de 4 milliards pour les modifications en cours d'exécution.

Que les équipements lancés jusqu'à maintenant se rattachent davantage à la mission « intercepteur », cela tient essentiellement à l'état d'esprit de l'état-major qui a douté des possibilités du Mirage III comme appui. Mais l'état-major ne peut déclarer avoir été laissé par la DTI dans l'ignorance de ce qui était commandé. En effet la note A/DTIA/STA du 1<sup>er</sup> octobre 1958, relative aux clauses techniques du Mirage III, s'exprime ainsi :

« Le marché en préparation est actuellement établi avec fourniture des seuls équipements montés en mission interception avec fusée. Il appartient à l'état-major de préciser le nombre d'équipements des autres missions (châssis canon, cheminées sous voilure...) dont il aurait besoin. Mais je dois signaler que la commande de ces équipements ne pourra être passée qu'en trouvant une contrepartie (diminution du nombre des fusées par exemple) ».

Répondant à cette note sur un point particulier, l'état-major confirmait, par la note 5821/EMAA/BPM/AI/S du 3 novembre 1958, que dans l'intervalle un accord verbal avait été donné par le Général chef d'état-major à diverses suppressions afin de permettre la présentation au marché, de clauses techniques telles que le prix des 100 appareils reste à l'intérieur des crédits autorisés.

La position de l'état-major apparaît encore moins compréhensible si l'on se souvient qu'il a refusé récemment de donner son accord à une lettre de résiliation portant sur 50 moteurs-fusées, résiliation qui lui aurait justement permis de constituer une provision sur laquelle aurait pu être lancés d'autres équipements tels que les châssis-canon ou les réservoirs de soute.

Le problème reste exactement celui qui a été posé à l'état-major : Les équipements de la mission « appui » pourront être achetés dans la limite où les suppressions auront été acceptées sur les équipements actuellement commandés ou dont la commande est prévue.

« Les conclusions de la réunion sont les suivantes :

- Le choix du Mirage III pour l'ensemble des missions auxquelles il est destiné est le meilleur possible dans la conjoncture actuelle.

- La formule du Mirage III entraîne de toute façon des limitations de ses possibilités en ce qui concerne la chasse à basse altitude et l'appui tactique.
- La mise au point du Mirage III sera poursuivie en maintenant la priorité donnée à son adaptation à la mission d'intercepteur. L'extension de ses possibilités aux autres missions prévues donnera lieu au minimum de sacrifices possible et ne devra pas retarder la mise au point du prototype actuel.
- Les limitations dans les possibilités du Mirage III aux altitudes basses et moyennes mettent en relief l'intérêt que présenterait l'adoption d'un avion tactique spécialisé si le financement pouvait en être assuré. Il y a donc lieu de présenter dans les meilleures conditions possibles au concours NATO tous les appareils ayant une chance de s'y imposer et de préparer, dès à présent, par des conversations préliminaires, les autorités NATO à nous apporter, le cas échéant, le maximum d'aide financière pour développer l'appareil français qui remporterait éventuellement le concours.
- Il est nécessaire de maintenir des contacts particulièrement étroits entre le CEV et le CEAM en ce qui concerne le développement du Mirage III.
- Une nouvelle réunion est à prévoir pour la deuxième quinzaine d'octobre, en vue de tirer les conséquences du concours NATO compte tenu de l'attitude des autorités alliées vis-à-vis des problèmes de financement des avions tactiques légers. ».

La commande de présérie Mirage III est notifiée. La commande de 100 avions de série Mirage III A est en préparation ; elle sera notifiée en octobre 1958.

Au départ, le Mirage III A est équipé de l'éclaireur-pointeur Aïda, conçu dans l'optique de l'intercepteur léger du programme de 1953 qui supposait l'existence d'un guidage sol précis et efficace. Or, le développement des matériels de téléaffichage vient d'être abandonné...

Il faut revoir la politique radar et ajouter les fonctions éclairage et dépointage ; c'est ce que Dassault propose avec Super Aïda.

La DTI propose de remplacer la pointe avant Cyrano par une pointe avant « navigation ». L'état-major refuse car il tient à conserver la pointe avant Cyrano (il n'y aura que 180 avions de combat en ligne en 1964 : il faut que les avions conservent la polyvalence).

L'état-major désire une version reconnaissance. Il faut, en effet, trouver les objectifs pour la première armée qui sera atomique au sol (cf. Pluton). L'état-major admet que ces appareils ne soient pas polyvalents et accepte la proposition DTI d'une pointe-avant « navigation ». L'état-major se déclare très partisan de la fusée en mission interception (temps de montée diminué, plafond très amélioré, rayon d'action non diminué).

La DTI rappelle que la mission « intervention » devra être acquise pour le 1<sup>er</sup> janvier 1960 au plus tard, faute de quoi, il faudra continuer sur le Mirage III C au-delà du centième, qu'elle est tenue par des contraintes budgétaires très strictes et que, les demandes de l'état-major dépassant largement les crédits disponibles, il ne sera donné satisfaction que dans la limite des crédits disponible. »

La définition du Mirage III intervention se fait un peu attendre ; les délais de livraison des nouveaux équipements sont plus longs que les cycles de fabrication cellule et moteur, il faut éviter la rupture de chaîne... et donner une désignation à la nouvelle version :

- III A a été déjà donné à la présérie
- III B concerne les biplaces
- III C concerne la série

- III D a été donné, un certain temps, à une version spécifique intervention
- III E convient, mais on joue sur les mots : on discute encore III E comme éventuel, E comme on envisage une version à équipement réduit, III E comme E epsilon. Et comme les avions risquent d'être livrés plus, on parle des équipements III E « à trous »...

### *Du Mirage III C au Mirage III E et au Mirage III R*

Au cours d'une réunion EMAA-DTI, le 4 décembre 1959, on rappelle qu' « à l'origine, il y avait deux programmes différents : intercepteur léger et appui tactique léger, que le Mirage III a été retenu pour être à la fois intercepteur et appui tactique, que le programme appui tactique a été abandonné, et que le Mirage III est certainement une réussite dans le domaine intercepteur, mais que cet avion, dans le domaine appui, s'il ne peut être équipé d'une bombe atomique, a un armement limité (2 canons de 30 mm, 1 missile AS 30 ou 1 bombe de 400 kg sous le fuselage, voire 2 en tandem, en cas d'emport de bidons supplémentaires de 625 litres ou de 1 300 litres – 2 lance-roquettes JL100 de 18 roquettes de 68 mm chacun, sous voilure, dans le cas où on n'emporte pas de bidons supplémentaires).

Si le missile AS 30 n'est pas atomique, doit-on bâtir une aviation tactique autour d'un avion n'ayant comme armement qu'une bombe classique de 400 kg ou qu'un engin de 250 kg de charge ?

L'Armée de l'air demande que les Mirage au-delà du centième soient capables d'emporter une bombe atomique et, comme il est peu vraisemblable qu'on dispose d'une bombe française pour le Mirage III, il faut s'axer sur la bombe américaine MK VII. Mais quel équipement de navigation faut-il prévoir ?

A l'état-major de l'Armée de l'air, les avis ne sont pas unanimes ; pour certains, la mission appui ou intervention éloignée nécessite Doppler, PHI et Tacan ; pour d'autres, la mission à haute altitude va devenir très dangereuse ; il va falloir s'orienter vers la basse altitude ; or, une telle mission, à grande vitesse et par mauvaise visibilité, est le problème le plus difficile à résoudre ; on ne sait même pas si une solution sera possible à bord d'un monoplace... ; il convient de prévoir, pour le proche avenir, que les missions d'appui se fassent initialement à vue, comme pour les Américains avec F100 atomiques, on rechercherait ensuite le « tous temps ».

Le 19 janvier 1960, le ministre des Armées décide qu'à partir de la deuxième tranche incluse, le Mirage III sera commandé dans la version intervention capable de l'emport de la bombe atomique tactique.

Le 6 avril 1960, la DTIA commande deux prototypes de Mirage III R et deux prototypes de Mirage III E construits par transformation de quatre avions Mirage III C qui, prélevés sur les cent commandés, ne seront pas remplacés (1 E 12 mois-1 R 14 mois-1 R 18 mois-1 E 19 mois, si la définition Mirage III E est acquise avant huit mois) et donne accord pour qu'un cinquième avion soit équipé d'un réacteur Rolls Royce Avon pour l'exportation. Le 8 septembre 1960, les prototypes de Mirage III E « intervention » sont commandés depuis 5 mois, mais la DTIA n'a pas encore reçu de l'EMAA une fiche programme qui définisse clairement les missions demandées pour cet appareil d'où pourrait découler une définition du système d'arme correspondant : pour une première date de livraison de série en mai 1963, la date limite de fourniture de la fiche programme est le 1<sup>er</sup> octobre 1960, pour que la maquette soit acceptée le 15 janvier 1961 et pour que la commande de série Mirage III E intervienne au plus tard le 1<sup>er</sup> mars 1961.

Le 30 décembre 1960, le ministre des Armées donne son accord à la procédure de lancement en série du Mirage III E qui lui a été proposée un mois plus tôt par la DTIA et l'EMA ; le système de navigation est basé sur une centrale à inertie ; une première tranche d'appareils « capables » de tous les équipements d'une version « évoluée » mais réservant le montage effectif de ces équipements jusqu'aux résultats d'une expérimentation de prototypes équipés du système d'armes complet (c'est le Mirage III E... « À trous »).

Mais la DTIA rend compte, le 22 mars 1961, au ministre des Armées, que la définition technique du système de navigation a évolué à cause de la « classification des centrales à inertie américaines ». Le nouveau système proposé comprend un radar doppler Marconi US, un calculateur Marconi-CSF, une centrale gyroscopique Bezu 180 (ou sperry UK, en repli), un radar Cyrano II ; certains de ces éléments sont identiques ou étroitement dérivés d'éléments Mirage IV : le système est plus classique et moins coûteux que celui qui était prévu. La solution proposée le 2 mai 1961 est la suivante :

- Lancement en 1961 de 65 Mirage III E avec système complet Doppler + calculateur + centrale gyroscopique, le préalable opérationnel n'étant maintenu à la demande de l'EMAA que sur le radar qui serait lancé en version Cyrano I ter.
- Lancement en 1963 de 65 autres Mirage III E complets si l'expérimentation Cyrano II est positive et rattrapage en Cyrano II des Cyrano I ter de la première tranche ; si l'expérimentation Cyrano II est négative, on en reste au Cyrano I ter.

#### Mirage III : fusées<sup>185</sup>

Le Mirage III, puisant ses lointaines bases initiales dans le programme de l'« intercepteur léger », qui visait à des emplois à haute vitesse et haute altitude, en a hérité d'être équipé d'une fusée d'appoint, qu'il était possible de monter sous le fuselage, à l'emplacement de certaines charges d'armement. Elle donnait à l'avion une poussée supplémentaire de 1 270 kilos, utilisable à la demande sur une durée totale de 230 secondes, ce qui lui donnait d'importantes possibilités au dessus de 50 000 pieds.

Étudiées et mises au point par SEPR, ces fusées ont été fabriquées, sur décision de la DGA, par HISPANO, et les livraisons n'ont abouti qu'un peu après la mise en service initiale des avions. Elles employaient comme comburant, emporté dans un réservoir de 200 litres, de l'acide nitrique fumant dont l'effet corrosif sur les aciers employés avait été maîtrisé. Leur poids était de 245 kg à vide, atteignant 650 kg avec les pleins.

Le Mirage III C était équipé de la fusée SEPR 841 dont le combustible, le TX, était particulier. Lorsqu'elles sont arrivées en service, les nouvelles possibilités qu'elles apportaient cadraient mal avec les caractéristiques de l'avion, et ce supplément de vitesse et d'altitude n'améliorait guère ses capacités pour les missions auxquelles il était adapté. Du fait des précautions à prendre pour la manipulation de l'acide, son emploi en est resté assez limité.

Le Mirage III E a bénéficié de la fusée SEPR 844 utilisant le kérosène comme combustible. Le supplément de poussée apportait de réelles possibilités nouvelles dans le domaine d'emploi de cette version, plus étendu que celui de la précédente. Il fut très apprécié des équipages qui l'utilisèrent couramment. Près de 20 000 vols ont ainsi été effectués.

<sup>185</sup> Par l'IGA Maurice Bommier.

### Des radars du Mirage III...

Les radars de tir destinés au Vautour ont été lancés en 1952 sous la désignation DRAC 23 (tir canon).

A la suite de diverses modifications, ils sont devenus DRAC 25 100 kW (tir canon et roquettes) qui ont équipé les 40 premiers Vautour N ; les DRAC 32 300 kW ont équipé le reste des Vautour N.

Le programme Intercepteur conduit à lancer en premier lieu des radars dits « éclaireurs-pointeurs » destinés à être associés à des engins à auto-directeur semi-passif (Matra 511). Les études sont confiées en 1955

A CFTH	DRAA-4A	(pour Durandal
A GAMD	DRAA-3A	(pour Mirage III)

Puis, en 1956, des préséries sont confiées

A GAMD	DRAA-3B (Aladin)	(pour 4 Trident)
A CFTH	DRAA-5A (F.J.)	(pour 2 Trident)

Les résultats obtenus par Dassault conduisent fin 1956 à lui commander des radars, dits « Aïda » :

DRAA – 7A	Pour Trident
DRAA – 7B	Pour Mirage

Les Aïda permettent :

- le tir d'engin à auto-directeur (comme Aladin),
- le tir d'engin télécommandé (Nard 5103),
- la télémétrie pour tir canon-roquettes.

Les premières mesures (liasse, outillage, premiers approvisionnements) pour une présérie d'Aïda sont prises en 1957.

Fin 1957, a été envisagé le lancement de commandes :

- d'un radar Super-Aïda, proposé par Dassault, qui ajouterait à l'Aïda une fonction recherche,
- de radars DRAC 35 A et DRAC 36 A correspondant aux engins télécommandés ou à auto-directeur pour les engins AA 25 et 26<sup>186</sup>.

En 1957, le programme Mirage III est lancé avec Aïda<sup>187</sup>

En novembre 1957, Dassault adresse une proposition d'étude et de fourniture de deux maquettes et de trois prototypes de Super Aïda.

En janvier 1958, la proposition est cependant encore très incomplète ; elle sert à « prendre date » : il apparaît que Super Aïda est très différent en fabrication de l'Aïda tel qu'il est prévu jusqu'à maintenant, mais qu'il serait très préférable à Aïda, pour permettre un fonctionnement satisfaisant de l'ensemble de la chaîne de guidage (radar, calcul, télécommande, fusée) et, en particulier, une acquisition plus sûre sans moyen de guidage sol spécialisé.

<sup>186</sup> Voir programme 1958.

<sup>187</sup> cf. clauses techniques, édition du 15 janvier 1958 comportant ce radar pour la fabrication prévue de 100 avions Mirage III A.

En mars 1968, Dassault propose que l'on décide que le Mirage III aura un gros nez » pour être capable de recevoir Super Aïda mais pense que les 80 ou 100 avions ne pourront être équipés que d'Aïda en version polyvalente ; ultérieurement, ces mêmes avions pourront être spécialisés et transformés, soit en intercepteurs (avec Super Aïda) soit en avions d'appui tactique ou de reconnaissance (avec Doppler) ; mais il faudrait que dès le départ, ils soient « gros nez », capables de Super Aïda.

En avril 1958, on envisage que tous les avions soient « gros nez » que les 50 premiers avions soient polyvalents avec Aïda, les avions suivants devant être équipés de Super Aïda ; mais la nécessité de mettre au point Aïda pour un si faible nombre d'avions est mise en doute.

Et on se demande comment respecter l'engagement que l'Étendard IV M ait le même radar que le Mirage III ?

La définition de l'avion intercepteur version C avec Super Aïda demande encore plusieurs mois de travail pour être précisée.

La définition de l'avion de pénétration D est loin de sa définition et l'EMAA met en doute la possibilité de transporter avec le Mirage III des bombes d'une efficacité suffisante.

L'EMAA critique a priori, semble-t-il, la solution proposée pour la version reconnaissance.

La définition de l'avion biplace (version B) est encore très imprécise.

Fin avril début mai 1958 est décidé :

- que les 100 Mirage III auront tous le fuselage élargi capable de Super Aïda,
- que les 50 premiers appareils seront en principe équipés, en version A polyvalente avec Aïda ; ces avions devront pouvoir être transformés en version C ; si une commande allemande intervient rapidement, priorité sera donnée à la version C, les 50 premiers avions seraient alors munis d'équipements simplifiés ;
- que les 50 derniers appareils devront, en tout état de cause, sortir en version interception C avec radar Super Aïda ; pour cette version, Dassault devra être responsable de l'ensemble avion-radar.

En juillet 1958, le STTA rappelle que, si le Mirage III doit être équipé dans sa version définitive de Super Aïda de la GAMD, il a, plusieurs fois, souligné le caractère imprécis de ce matériel (calculateurs en particulier) ; de plus la possibilité d'équipement des Mirage III repose sur la tenue d'un calendrier de sortie des radars dont les délais sont extrêmement tirés ne laissant place à aucun aléa : il juge utile de faire connaître les solutions de repli possible en cas d'échec ou de sortie tardive :

RA : 423	de CSF <sup>188</sup>
AI MK : 23	de Ferranti
Radar : US	du F 104

Entre juillet et octobre 1958, il est décidé de remplacer Super Aïda par le radar CSF « Cyrano ». Le 16 décembre 1958 la CSF est désignée maître d'œuvre pour la maintenance de l'ensemble conduite de tir Mirage III C.

<sup>188</sup> Prototypes livrés à la Suède début 1957 ; 1+69 exemplaires commandés par la Suède en avril 1957 - juillet 1957 ; premier exemplaire de série livré en mai 1958, les 69 autres devant être livrés à partir d'avril 1959 (8/mois) ; pourraient être disponibles pour Mirage III ; 3 ou 4 exemplaires avant mi 1959 et à 8 exemplaires mois à partir de fin 1959.

Le 28 janvier 1959, il apparaît que les 25 premiers Mirage III C seront livrés sans Cyrano dont les livraisons n'interviendront qu'à partir de janvier 1961.

Le 27 septembre 1961, constatant l'impossibilité d'obtenir un bon fonctionnement du radar Cyrano I bis dans ses fonctions les plus essentielles qui crée un préjudice important pour l'État (mise en œuvre tardive de ses moyens de défense et difficultés d'exportation non négligeables), la DTI annonce à la CSF l'application stricte des pénalités. La notice présentant les modes de réglage et de dépannage doit être livrée le 1<sup>er</sup> octobre 1961 au plus tard ; la reprise des recettes n'interviendra que si la notice selon laquelle les radars seront réglés et dépannés, est jugée acceptable.

## CHAPITRE 18

### PROGRAMMES D'AVIONS DE COMBAT DESTINÉS À L'ARMÉE DE L'AIR AMORCÉS OU LANCÉS DE 1961 À 1975<sup>189</sup>

#### GENERALITES

Quand on considère les différents programmes d'avions de combat destinés à l'Armée de l'air, de la fin de la Deuxième Guerre mondiale à aujourd'hui, de 1946 à 1990, il est possible de distinguer trois périodes successives d'une durée de quinze ans chacune, de 1946 à 1960, de 1961 à 1975 et de 1976 à 1990.

La présente étude concerne la période 1961-1975. Durant cette période, ont été fabriqués en série, pour la France (F) et, éventuellement, pour l'exportation (Export), les avions suivants dont les développements avaient été entrepris avant 1961 : le Mirage III, toutes versions :(F) + (Export) ; le Mirage IV A (F) – et pour mémoire, l'Étendard IV M et P (F), pour l'Aéronautique navale

Vers la fin de cette période, le Jaguar E et A : (France et Export), en coopération franco-britannique, et le Mirage F1 C et B : (France et Export) ont commencé à être produits en série, les avions suivants dont les développements avaient été entrepris après 1961.

Durant cette période, ont dépassé le stade d'avant-projet les développements des programmes suivants dont seul le dernier a abouti à une fabrication de série :

- le Mirage III V (hors coopération)
- le Mirage III F2 (hors coopération)
- le Mirage G-G3 (hors coopération)
- l'avion GV (en coopération Franco-britannique)
- le Mirage F3 (hors coopération)
- le Mirage G4-G8 (hors coopération)
- l'Avion de combat futur (hors coopération)
- et le Mirage 2000 (hors coopération), dont le développement a été décidé le 18 décembre 1975.

Deux avions ont également été lancés, au cours de cette période, et ont débouché ultérieurement sur une production en série :

- l'Alphajet, avion école avancée, pour l'Armée de l'air, en coopération France-RFA
- le Super Étendard pour l'Aéronautique navale

Le grand nombre de programmes d'avion de combat dont les développements ont été décidés et effectivement lancés (ou envisagés et pratiquement lancés) au cours de cette période et qui ont été arrêtés avant d'aboutir à une fabrication de série, sept sur huit, conduit à s'interroger sur les raisons des lancements et des abandons.

---

<sup>189</sup> Historique élaboré à partir de sources diverses, dont les notes de Jean Sandeau, Ingénieur général de l'armement (2<sup>e</sup> section)

## PROGRAMMES « MOTEURS »

Les programmes « Moteurs » sont traités avant les programmes « avions » parce que les avions sont définis à partir et autour des moteurs disponibles ou susceptibles de l'être dans les délais convenables et parce que le délai de développement du moteur est plus long que celui de l'avion.

Au cours de la période considérée, les moteurs à prendre en compte sont les suivants :

- pour la sustentation : le RB 108 (Coopération Royaume-Uni, France et RFA) et ses dérivés,
- pour la propulsion :
  - le JTF 10 (États-Unis) et ses dérivés,
  - le SPEY (Royaume-Uni) et ses dérivés,
  - l'Atar 9 K 40 du Mirage IV et ses dérivés,
  - le M 53-02 lancé en 1968 et ses dérivés

### *Moteur RB 108 et dérivés*

Le moteur RB 162 de 1600 kgf, dérivé du moteur RB 108 de 1 000 kgf de poussée développé par Rolls-Royce en coopération avec les Allemands, est développé en coopération par la Grande-Bretagne, l'Allemagne fédérale et la France, jusqu'à homologation, pour être utilisé pour la sustentation en vol stationnaire de l'avion à décollage vertical.

### *Moteur JTF 10 et dérivés TF 106 et TF 306*

En 1958-59, on estime que la famille Atar va prochainement atteindre la limite d'accroissement possible de performances ; il faut se préparer à disposer d'un moteur moderne plus puissant pour les avions des années post 1970.

En 1959, contre la cession de 10 % de son capital à Pratt et Whitney, la SNECMA signe un accord de licence du réacteur sans post-combustion JTF 10 dont elle compte dériver un moteur avec post-combustion, le TF 104 (qui propulsera le Mirage III V n°01).

En septembre 1960, Pratt et Whitney abandonne le JTF 10 pour lancer le TF 30 destiné au programme américain TFX (F 111).

En 1963, la SNECMA renouvelle ses accords avec Pratt et Whitney pour le nouveau moteur ; avec une post-combustion SNECMA, le TF 30 devient le TF 306 dont le développement se poursuit jusqu'en 1967.

En 1964, un accord est signé entre les États-Unis et la France : les États-Unis donnent des informations sur l'expérience acquise sur le TF 30 et la France donne des renseignements et des vols sur Mirage III V.

Des difficultés surviennent :

- le prix du moteur TF 30 augmente ; il atteint 6 millions de francs aux conditions économiques de 1968 soit 2,5 fois plus que le prix de l'Atar ;
- les possibilités d'approvisionnement ne sont pas garanties (Cf. priorité donnée par les États-Unis à la production des matériels utilisés au Viêt-Nam) ;
- enfin, le Département d'État américain fixe des limitations à l'exportation du moteur qui font craindre des entraves à l'exportation de l'avion français qui en sera équipé (sauf si le moteur est totalement fabriqué en France).

Début 1965, il faut penser à la motorisation du Jaguar d'une part, et à celles du Mirage III F2 et du Mirage III V d'autre part :

- le Mirage III F2 pourrait se contenter du moteur TF 30 mais le client étranger possible du Mirage III F, Israël, semble, dès maintenant, plus intéressé par le TF 306 que par le TF 30 ; il pourrait en effet disposer d'une poussée plus grande, intéressante compte tenu des conditions climatiques habituellement rencontrées dans le pays ;
- le Mirage III V lui, a absolument besoin du TF 306 ;
- pour ce qui concerne l'avion à géométrie variable, le projet initial d'avion de combat franco-français concernait un avion monomoteur vraisemblablement équipé d'un TF 30-TF 306 ;
- on constate que tous les projets envisagés (GV monomoteur, Mirage III V ou Mirage III F et leurs dérivés prévisibles avec un moteur d'une famille unique) justifiaient pleinement le lancement à la SNECMA de la fabrication complète du moteur.

En avril-mai 1965, le programme Mirage III V voit son déroulement retardé par les performances insuffisantes des réacteurs de sustentation d'origine britannique ; le programme franco-français de géométrie variable monomoteur va être remplacé sans doute par un programme franco-britannique à géométrie variable bimoteur pour lequel le TF 30-TF 306 est trop puissant et pour lequel les Britanniques n'imaginent pas d'autre motorisation que celle assurée par un nouveau moteur britannico-français. Seul le Mirage III F est susceptible alors d'utiliser le TF 30 – TF 306.

Si seul le Mirage II F doit utiliser le TF 30 – TF 306, on se demande si en face d'une série réduite, il est raisonnable de financer à la SNECMA un outillage d'industrialisation complète du moteur. De plus, le client étranger peut encore se porter sur le SPEY supersonique britannique réduisant encore la participation française. C'est pourquoi la DMA se propose d'étudier un partage de la fabrication du TF 30-TF 306 entre SNECMA et Pratt et Whitney, réservant à la société française la part nécessitant les investissements les plus rentables.

Pour ce qui concerne le Jaguar, deux binômes sont en compétition :

- SNECMA-BSEL (Bristol) ;
- Turboméca – Rolls Royce.

Les performances sont voisines ; la solution SNECMA-BSEL est plus complexe et va à l'encontre des solutions simples et rustiques qui sont demandées pour le programme ECAT.

Toutes les comparaisons possibles sont de plus en faveur de la solution Turboméca-Rolls Royce :

	Turboméca-Rolls-Royce	SNECMA-BSEL
Développement	200 MF	300 MF
Délai d'homologation	3 ans	4 ans
Date de disponibilité du moteur n°1 d'avant série	fin 1969	fin 1970
Prix unitaire de série	1	1,35
Outillage de série	1	3
Pour 200 avions ECAT	Po	Po + 220 MF

Par ailleurs, le plan de charge Turboméca en baisse a besoin d'un nouveau programme tandis qu'une charge supplémentaire pourrait surcharger la SNECMA (TF 30, Olympus et moteur GV).

C'est la solution Turboméca-Rolls-Royce qui est retenue. On ignore encore bien sûr les difficultés techniques, les retards et les augmentations de coûts qui vont survenir et qui devront être subis !<sup>190</sup>

Pour l'avion à géométrie variable, le moteur nécessaire « 3 tonnes de poussée sans PC – 5 tonnes avec PC » correspond très exactement à la version G du projet de moteur M45 de la SNECMA qui vient de faire l'objet d'un accord de coopération entre la SNECMA et Bristol (BSEL) et dont la version F sans PC donnerait un moteur civil dans une gamme de poussée intéressante ; la coopération SNECMA-BSEL profitera des connaissances technologiques acquises sur le TF 30 et permettra de s'introduire sur le marché civil. On retient donc un accord : SNECMA avec BSEL sans rupture de SNECMA avec Pratt et Whitney.

De mi-1965 à mi-1966, les discussions avec les Britanniques continuent : il apparaît que l'avion bimoteur prévu nécessite des moteurs très évolués ; le type de moteur relativement simple prévu, envisagé au moment de la signature du protocole, doit être abandonné et le développement long et coûteux d'un moteur complexe se révèle nécessaire. Un tel moteur qui associe un haut degré de complexité et une gamme de poussée modeste, risque d'avoir un champ d'application extrêmement limité.

Les Britanniques suggèrent alors l'emploi du turboréacteur RB 153 lancé chez Rolls Royce en 1962 par les Allemands et abandonné en 1965 après une mise au point préliminaire. Mais les États-majors estiment que l'avion avec RB 165 a des performances insuffisantes ; il faut un RB 165 développé mais qui resterait de technologie ancienne et qui ne présenterait pas de marge de développement ; sur le plan français, au lieu d'une coopération à part égale, le travail de la SNECMA dans le cadre nouveau se réduirait à une pseudo-licence : cette solution est jugée inacceptable pour la SNECMA d'autant plus qu'il faudrait mettre fin à la coopération avec Pratt et Whitney (Rolls-Royce ne veut pas travailler avec une société qui est alliée avec Pratt et Whitney et qui est ainsi la tête de pont en Europe d'une société américaine).

En 1967, la situation est finalement la suivante :

- Le programme Jaguar n'est pas remis en cause ; il se poursuit avec le développement du moteur Adour qui rencontrera des difficultés techniques, retards et augmentations de coûts ;
- Le programme d'avion GV franco-britannique est abandonné ;
- Le Jaguar n'étant pas remis en cause, les ressources budgétaires sont insuffisantes pour poursuivre les autres programmes ambitieux ; les limitations à l'exportation du TF 30-TF 306 annoncées par le gouvernement des États-Unis et l'augmentation de coût de ce moteur conduisent à l'abandon du Mirage F3 et au choix du Mirage F1 ; le développement et la fabrication en série d'un nouvel avion ne peuvent plus être envisagés à court terme : la filière TF 30-TF 306 est abandonnée.

---

<sup>190</sup> L'Adour de Turbomécano-Rolls-Royce aura finalement un prix de série égal à 0,65 fois le prix de série d'un Atar 9 k 50 de Mirage F1 et un coût d'entretien égal à 0,94 fois celui d'un Atar 9 k 50 mais un jaguar est propulsé par deux Adour et le Mirage F1 par un seul Atar 9 k 50 !



SNECMA C 450 Coléoptère



Dassault Balzac V

**PLANCHE XXX**



Les travaux effectués et les dépenses consenties sur le TF 106 et sur le TF 306 auront permis des progrès techniques et technologiques qui seront exploités ultérieurement :

- mise au point d'une post-combustion sur moteur double flux qui sera reprise sur le M53 ;
- acquisition de nouvelles techniques de fabrications (aubes coulées refroidies, par exemple) ;
- essais en vol de prototypes qui ont permis de développer la formule aérodynamique utilisée sur le Mirage F1 et d'étudier les problèmes posés par la géométrie variable.

### Moteur M 53

En 1968, le STAé propose dans le cadre du lancement du programme RAGEL le démarrage du développement d'un nouveau moteur, le M53 ; ce moteur est destiné à la propulsion du futur avion bimoteur à géométrie variable, à revaloriser le Mirage F1 mono 9 k 50 et à servir de base à un moteur M = 2,50 voire M = 3,0 ; sa poussée relativement modeste est limitée pour que ... le futur bimoteur ne soit pas un trop gros avion (et ne soit pas trop cher) et pour que ce moteur puisse être utilisé sur Mirage F1 ...).

Le développement entrepris fin 1968 est ralenti quand le programme RAGEL est abandonné, puis est réaccélééré quand le programme ACF est lancé.

### Le moteur TF 306

Le moteur TF 306 est monté sur quatre appareils prototypes :

- Mirage III V n°01 : moteur TF 106 (détruit le 08 septembre 1965)
- Mirage III V n°02 : moteur TF 306
- Mirage F2 n°01 : moteur TF 306
- Mirage G : moteur TF 306 (détruit le 13 janvier 1971)

Son montage a été prévu sur les avions prototypes suivants :

- Mirage F3 : moteur TF 306
- Mirage G3 : moteur TF 306.

### Caractéristiques principales des moteurs cités dans le présente chapitre

	Masse moteur, en kg	Poussée sans PC, en daN	Poussée avec PC, en daN
US TF 104 B	1454	4 400	6 400
US TF 106 A	1 650	4 300	7 650
US TF 30 P	1 740		8 230
US TF 30 (1 400°K)			9 800
TF 306 C	1 715	5 200	9 100
TF 306 (1 400°K)			10 100
UK Spey 168/25 R	1 690		9 330
M 45 G	935	3 160	5 400
M 53 02	1 450	5 450	8 300

## POUR MEMOIRE : ALPHAJET<sup>191</sup>

Le programme Alphajet n'est pas traité dans la présente étude parce c'est un avion-école, même s'il est proche d'un avion de combat dans la version exigée par les Allemands.

Il est quand même cité, pour mémoire, parce qu'il est l'avion-école que le Jaguar n'a pas été à cause de la pression des services britanniques et de la tolérance des services français. Il fallait qu'il fût cité parce que son développement à partir de 1970 a chargé financièrement la section budgétaire Air et a gêné la réalisation des autres programmes envisageables, à cette époque, pour les années à venir.

## MIRAGE III V

*Avion à décollage vertical « ADAV » : avion à décollage et à atterrissage vertical*

Les premières études françaises dans le domaine du décollage vertical furent effectuées par la SNECMA à partir de 1952 et se concrétisèrent par l'Atar volant puis par le Coléoptère qui effectua plusieurs vols libres avant d'être détruit en vol en 1959. Cet accident interrompit les études qui ne furent pas reprises à cause des inconvénients de la formule (décollage sur la queue).

Dans la note n°3635 en date du 24 novembre 1954, constatant que le rapport poussée sur poids des récents avions de combat pilotés étudiés en France s'approche de l'unité, surtout si l'on considère les avions munis de fusées et de réacteurs à post-combustion, on se demande si, pour certaines utilisations tout au moins, il ne faut pas envisager d'abandonner le décollage classique au profit d'un décollage vertical qui présenterait l'avantage de supprimer les pistes coûteuses et vulnérables. La note qui propose comme thème d'étude celui d'un intercepteur léger à décollage et à atterrissage verticaux est adressée à douze sociétés (SNCASO, SNCASE, SNCAN, Dassault, Breguet, SFECMAS, Hurel-Dubois, Leduc, Morane, Fouga, SIPA, SNECMA). L'avion est monoplace, spécialisé pour les grandes vitesses aux hautes altitudes ; il est porteur d'engin air-air destiné à l'interception et à l'attaque des bombardiers volant à très haute altitude et à grande vitesse ; la construction doit être légère et aussi simple que possible ; l'avion doit être d'un prix modeste et ne pas peser plus de 5 tonnes. Il doit monter à 15 000 mètres en 4 minutes.

Les besoins d'un avion d'attaque à décollage et atterrissage très court ou vertical apparaissent à l'État-major français en 1959. Des études sont alors lancées chez les principaux constructeurs français, pour un avion répondant à un programme dont les grandes lignes sont les suivantes :

Avion d'intervention tactique pour la pénétration à très basse altitude et à grande vitesse, sur des distances de l'ordre de 250 milles nautiques, l'avion étant par ailleurs capable de performances maximales équivalentes à celles des avions de combat actuels, à savoir : M = 2,2 vitesse 800 kts.

De nombreux projets sont proposés et pratiquement toutes les solutions susceptibles de permettre de répondre au problème posé sont envisagées par un ou plusieurs constructeurs ; c'est l'étude de ces nombreux projets qui conduit finalement au choix de la formule Mirage III V.

---

<sup>191</sup> Voir le Chapitre 6, consacré à l'Alphajet.

Le programme est décidé par le comité technique des programmes d'armement le 20 octobre 1960 dans le cadre de la préparation de l'« avion post 70 ». Il fait l'objet de la fiche programme EMAA diffusée par lettre n°7703 en date du 25 août 1960.

Le programme Armée de l'air concerne un avion de combat destiné à la pénétration, porteur d'arme nucléaire tactique. En 1960, le grand nombre d'avions tactiques et de missiles nucléaires à moyenne portée déployés par l'adversaire éventuel incite les responsables militaires occidentaux à rechercher, comme successeurs des avions tactiques entrant en service, des appareils dotés d'une excellente aptitude à la dispersion, donc capables de décoller de petites surfaces sommairement aménagées, donc à décollage vertical. L'OTAN s'intéresse au programme et met en compétition les deux formules qui paraissent techniquement possibles :

- le Harrier subsonique britannique à déviation de jet
- le Mirage III V supersonique français à réacteurs de sustentation.

Après l'arrêt du concours OTAN en 1961, la RFA se lance dans le programme à décollage vertical VJ 101, avion qui est motorisé par deux réacteurs basculants. Il dépasse M = 1 le 29 juillet 1964 et sera ensuite abandonné.

Les incertitudes au lancement en 1960 du programme d'avion à décollage vertical Mirage III V sont cependant importantes ; elles expliquent la prudence des commandes successives d'un avion expérimental à échelle ½, puis de deux avions prototypes ; elles expliquent que la formule choisie en France permette un éventuel repli sur un avion conventionnel utilisant le même réacteur de propulsion. Quoi qu'il en soit, rien ne permet de penser alors que la formule ne puisse aboutir vers la fin des années 60. Elle est certes ambitieuse – elle se révélera trop ambitieuse – puisqu'elle doit déboucher sur un avion, à la fois, supersonique et à décollage vertical.

Trois appareils sont réalisés dans le cadre du développement de l'« avion de combat VTOL à hautes performances » :

Phase préparatoire :

- un avion expérimental à échelle ½ : Mirage III V n°001 dit « Balzac »
  - Commande : février 1961, 1 x Orpheus + 8 x RB 108 (1 x 2200 + 8 x 1000) kgp
  - Premier vol : 18 octobre 1962, sans transition :
  - 19 mars 1963, avec transition
  - Accidenté : 10 janvier 1964
  - Détruit en vol : 8 septembre 1965
  - Il a réalisé au total 179 vols

Phase de préparation de la mise au point opérationnelle :

Deux prototypes :

- Mirage III V n°01
  - 1 x TF 104B + 8 x RB 162(1 x 6500 + 8 x 1800) kgp
  - 1 x TF 106 + 8 x RB 162(1 x 7500 + 8 x 1800) kgp
  - Premier vol : 12 février 1965, sans transition
  - 24 mars 1966, avec transition
  - Il a réalisé 41 vols
- Mirage III V n°02
  - 1 x TF 30 + 8 x RB 162 (1 x 8000 + 8 x 1800) kgp
  - Premier vol : 22 juin 1966
  - Détruit en vol : 28 novembre 1966
  - Il a réalisé 24 vols

Le 27 novembre 1962, l'Armée de l'air définit cinq options envisagées pour le Mirage III V allant du monoplace équipé de façon simple permettant seulement la navigation et l'attaque à vue, au biplace, complexe, équipé pour permettre la navigation et l'attaque tous temps.

Le 16 janvier 1963, le constructeur expose au STAé les difficultés rencontrées sur le Mirage III V et les moyens à envisager pour y remédier (devis de masse, exploitation des essais Balzac, poussée des réacteurs de sustentation, performances de l'avion avec propulseur TF 106 et masse augmentée de l'avion).

En juillet 1963, il apparaît que le Mirage III V n° 01 dont le premier vol était prévu pour novembre 1963, le fera en mars 1964 à cause des difficultés rencontrées sur la fabrication cellule et de retards SNECMA et Rolls-Royce (les moteurs RB 162-1 seront à la tolérance inférieure de la poussée : -8 % par rapport à la valeur nominale) ; le Mirage III V n°02 qui devait faire son premier vol le 15 avril 1964 aurait pu sortir en juillet 1964 mais il ne sort que fin 1964 car il ne reçoit son TF 106 (7 500 kg de poussée avec PC) qu'en octobre 1964.

En février 1964, le point est fait sur les moteurs de propulsion des avions Mirage III V et III F. Le développement du réacteur SNECMA TF 106 destiné au Mirage III V a pris du retard (retards de fabrication dus aux reports successifs dans son financement ; retards dans la mise au point du JTF 10 puis du TF 106).

Mi 1963, l'intérêt américain sur la formule Mirage III V paraît certain ; le gouvernement américain semble assez bien disposé à acheter deux avions biplaces dont les essais auraient lieu en France ; cette solution pourrait favoriser un intérêt allemand pour une coopération sur la formule française. Mais cela impliquerait l'abandon par les Allemands du VJ 101 D compte tenu du jugement très pessimiste porté par les experts français sur cette formule.

Le 10 février 1965, le ministre des Armées décide qu'un troisième avion prototype Mirage III V (n°:03) sera commandé en 1965 et que deux exemplaires prototypes supplémentaires devront l'être en 1966.

Le 12 février 1965, a lieu le premier vol du Mirage III V n°01.

Mais le programme suscite une inquiétude croissante sur ses chances d'aboutir. Les essais en vol conduisent rapidement aux conclusions suivantes :

- La poussée maximale effective des moteurs de sustentation est inférieure de 5 % à la valeur contractuelle ;
- Les pertes de poussée de sustentation sont, avec la formule retenue, supérieures aux prévisions, à savoir + 4 % sur l'effet de sol, + 4 % sur l'effet de « douche » et + 2 % de pertes d'installations, tout cela sur sol aménagé (Cf. fosse) à majorer de 4 % pour sol non aménagé ;
- Le supplément de poussée nécessaire pour assurer le décollage vertical à la masse prévue, doit finalement être de 6 % ;
- On constate qu'il n'est pas possible de réaliser un avion à décollage vertical ayant une valeur opérationnelle suffisante sans progrès techniques substantiels, en particulier sur les réacteurs de sustentation.

Par décision n°1259 en date du 28 mars 1966, le ministre des Armées demande d'examiner les conditions et modalités de l'arrêt du programme ADV (avion à décollage vertical) ; le ministre prescrit l'arrêt des études de développement mais la poursuite des vols d'essais est autorisée.

Le coût de l'appareil s'annonce en effet très élevé (moteur de propulsion très cher et ensemble de sustentation très coûteux). Mais il faut rappeler la vocation de l'avion qui, au départ, n'est pas d'être construit en grande série mais seulement en petit nombre, exclusivement comme porteur d'arme nucléaire tactique.

Le jugement devient de plus en plus sévère ; le prix du décollage vertical est aggravé par les performances insuffisantes, par la trop faible charge utile, par le rayon d'action trop limité, par la lourdeur de la logistique, conséquence de la dispersion des plates-formes ; le coût n'est plus cohérent avec l'intérêt de plus en plus faible porté à la réduction de vulnérabilité attendue du nouveau mode de mise en œuvre.

Le 3 juin 1966, après les premières transitions du prototype n°01, quelques jours avant le premier vol du prototype Mirage III V n°: 02, la DTCA estime cependant que l'arrêt des essais en juin 1966 serait inopportun ; une solution limitant au minimum les dépenses pourrait être la poursuite de l'expérimentation jusqu'à fin 1967 avec le seul appareil 02, le prototype 01 étant maintenu en réserve ; cela permettrait d'avoir une connaissance suffisante des possibilités offertes par la formule Mirage III V pour pouvoir reprendre ultérieurement l'étude d'un appareil à décollage vertical avec le minimum d'aléas. Il est signalé que le gouvernement français a passé au début de 1964 un accord de complémentarité avec le gouvernement des États-Unis : le gouvernement français donne des informations et accorde des vols sur Mirage III V et le gouvernement américain autorise Pratt et Whitney à faire bénéficier la SNECMA de son expérience sur le moteur TF 30 ; l'arrêt des essais Mirage III V ne permettrait pas d'honorer les engagements pris et risquerait de gêner la SNECMA dans la poursuite de son activité sur le moteur TF 306 et ses dérivés.

Le 22 juin 1966, a lieu le premier vol du Mirage III V n°:02 ; le 3 septembre 1966, les vols du prototype Mirage III V n°01 sont arrêtés. Le 28 novembre 1966, le prototype Mirage III V n°02 est détruit en essais en vol. Le programme est alors définitivement arrêté.

## MIRAGE III F2 – MIRAGE F2 – MIRAGE F

Dans le cadre du programme d'avion à décollage vertical, un avion banc d'essais du moteur TF 106 avait été décidé dès l'origine ; cet appareil, monoplace, dénommé Mirage III T (T comme TF 106) est directement dérivé d'un Mirage III C ; il fait son premier vol avec moteur TF 104 B à double flux le 04 juin 1964 puis avec TF 106 le 25 janvier 1965.

En 1961, un deuxième banc volant moteur, pouvant servir de banc volant d'essais système d'armes, était apparu nécessaire ; le ministre des Armées avait décidé son lancement le 30 juillet 1962 : c'était le Mirage III T2 (2 comme deuxième exemplaire de Mirage III T).

En 1962, la préoccupation est grande d'assurer la continuité des missions d'intervention et de pénétration au-delà du Mirage IV A dont les premiers exemplaires de série ne sont pas encore livrés : les possibilités offertes par un avion tel que le Mirage III T2 et celles offertes par un avion dérivé du Mirage IV A, avec moteurs de plus faible consommation spécifique que les Atar, sont examinées ; les conclusions de l'étude entreprise sont données le 12 février 1963.

Les retards affectant les moteurs TF 106 américains et les retards concernant les composants du système d'armes Mirage III V français sont « mis à profit pour améliorer » la définition du Mirage III T2 qui devait initialement différer peu du Mirage III T (n° 1) ; le lancement de sa fabrication est retardé.

En septembre 1963, la définition de l'avion Mirage III T2 a évolué ; elle est devenue la suivante :

- monoplace,
- monoréacteur,

- voilure delta avec empannage horizontal,
- masse au décollage : 15 600 kg,
- rayon d'action Bas-Bas à  $M = 0,9$  égal à 750 km ; la nouvelle dénomination est Mirage III F (n°2).

En octobre 1963, le financement de l'appareil qui devait initialement être exclusivement assuré par les redevances exportation dues à l'État par les industriels Dassault et SNECMA, est entièrement à la charge de la section budgétaire Air.

Fin 1963, le moteur TF 106 est arrêté par les Américains : il faut modifier le Mirage III F2 pour qu'il puisse recevoir le TF 30 (et être capable du TF 306) ; il est décidé de remplacer la voilure delta par une voilure en flèche. Aile en flèche et empannage horizontal répondent aux critiques exprimées sur le Mirage III et le Mirage IV, tous deux delta sans empannage, quant à leurs vitesses d'approche et d'atterrissage trop élevées.

La définition de l'avion Mirage F2 n°02 ainsi modifié et du programme d'avion opérationnel qui paraît pouvoir en résulter est la suivante :

- avion monovalent d'intervention basse altitude pouvant être également capable de l'interception à Mach maxi = 2,2
- biplace bipilotes
- monoréacteur TF 306
- voilure haute en flèche  $S = 36 \text{ m}^2$
- empannage bas
- masse à vide équipée 11 000 kg
- sortie en série prévue pour 1971-72.

Tout au long de 1964, les doutes croissent sur le bon aboutissement de la formule à décollage vertical pour l'attaque à basse altitude et l'opportunité apparaît de définir un autre avion, présentant la même monovalence, mais pouvant servir de solution de remplacement au décollage vertical.

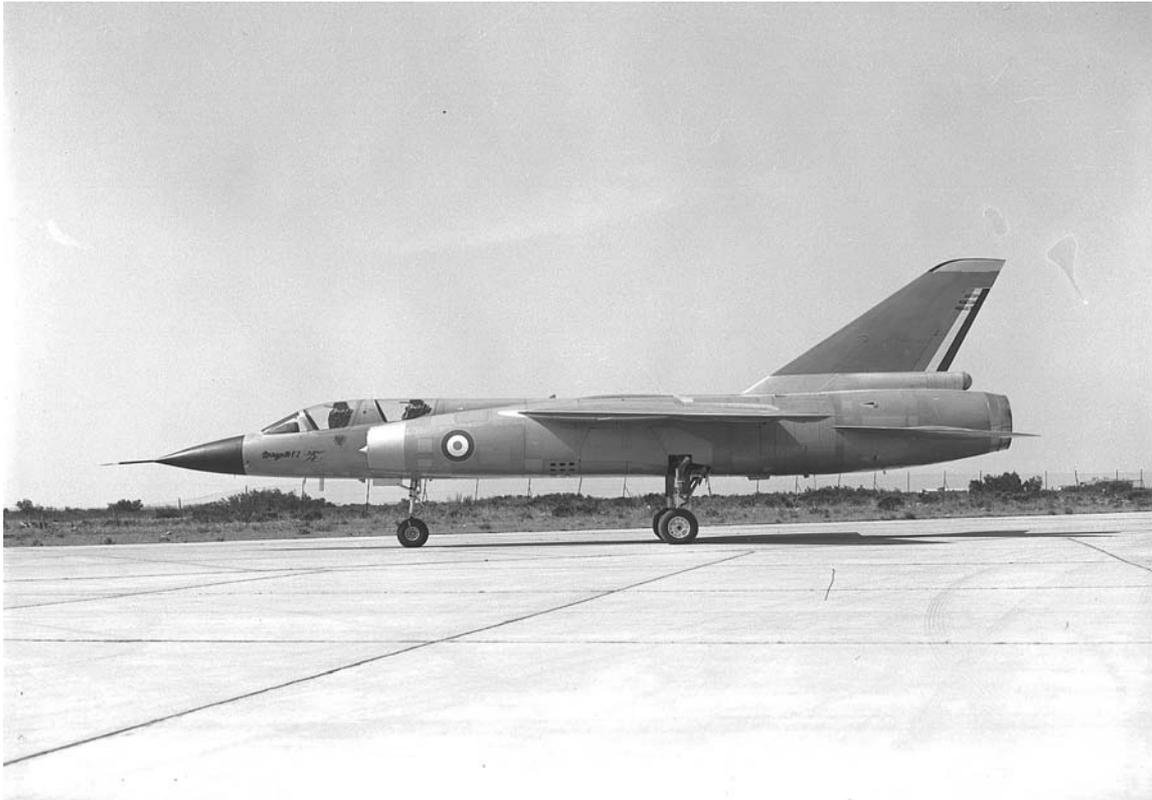
Le banc d'essai volant Mirage III T (n°01) fait son premier vol le 04 juin 1964.

En avril 1965, compte tenu de l'intérêt présenté sur le plan opérationnel par la nouvelle définition envisagée, est examinée la possibilité de commander deux prototypes supplémentaires de Mirage III F2 dès 1965, le prototype Mirage III V n°03 prévu commandé en 1965, ne devant alors l'être qu'en 1966. De plus, le programme Mirage III F2 offre des perspectives jugées très prometteuses d'exportation en Israël et en Afrique du sud.

En mai 1965, la situation est la suivante :

- Le lancement en série du Mirage III V n'est pas possible dans le cadre du plan à long terme, des progrès technologiques importants restant à accomplir ;
- Un projet de protocole franco-britannique est en cours de négociation ; il prévoit un avion de combat à géométrie variable devant entrer en service dans l'Armée de l'air et dans la Marine françaises en 1974 ;
- La continuité industrielle qui seule peut permettre de remplir les obligations prévues dans ce protocole exige :
  - soit de fabriquer des Mirage III E jusqu'en 1972,
  - soit de lancer en série un avion intérimaire qui ne peut être que le Mirage III F2.

La première solution a l'inconvénient grave de fabriquer tardivement des avions périmés et invendables à l'exportation et de faire chômer les bureaux d'études et ateliers prototypes trop longtemps pour qu'ils soient ensuite à



Dassault-Breguet Mirage F2 n°01

**PLANCHE XXXI**



même de participer à la géométrie variable. Il faudrait d'ailleurs que ces Mirage III E fussent lancés à plus de 3 par mois pour assurer la survie de l'industrie en cause ;

La deuxième solution est plus chère et n'est viable que si elle peut s'appuyer sur un relais de vente à l'étranger, ce qui est heureusement le cas.

Le lancement du programme Mirage F2 serait donc homogène à la signature du protocole franco-britannique sur le futur avion de combat à géométrie variable.

Le 12 juin 1965, la DTCA propose un programme Mirage III F à quatre appareils de développement F n°02 à n°05 à lancer au-delà du prototype F 01 (un prototype + quatre avions de présérie à comparer pour le Mirage III F monomoteur au prototype et aux trois avions de présérie du programme Mirage IV) ; la commande de l'avion de développement de reconnaissance n'est plus prévue, l'introduction de cette version étant repoussée à la deuxième tranche de 50 avions (vers fin 1972), la mise au point de cette version pouvant être envisagée en 1970 sur un des avions existants à cette date.

Le moteur TF 306 est un peu moins coûteux du fait d'une nouvelle hypothèse de la fabrication par SNECMA (50 %) ; ce moteur TF 306 est un moteur TF 30 auquel SNECMA adapte un canal de post-combustion différent ; la formule 306 a été jugée indispensable pour la motorisation de l'ADAV Mirage III V ; il apparaît que le Mirage III F pourrait se contenter du TF 30 d'autant plus qu'on peut sérieusement espérer que les performances du moteur ne pourront aller qu'en s'accroissant au cours des années.

De son côté, le client étranger du Mirage III F semble dès maintenant plus intéressé par le TF 306 que par le TF 30 car il lui procurerait une poussée supplémentaire intéressante, compte tenu des conditions climatiques rencontrées habituellement dans le pays (Israël).

Le 31 août 1965 il est décidé que la commande à notifier ne concernera qu'un deuxième Mirage III F2 pour servir de banc d'essais de système d'armes Mirage III F2 et aussi pour servir de prototype de définition de l'avion opérationnel bipilotes qui aurait pour mission essentielle l'intervention basse altitude tous temps : avion monovalent d'intervention basse altitude et reconnaissance capable de mission d'intervention à Mach 2.

- Monoréacteur TF 30 – TF 306
- Bipilotes
- Aile haute en flèche et empennage horizontal
- Masse à vide équipée : 11 000 kg
- Masse normale au décollage : 17 350 kg
- Masse maxi au décollage : 18 300 kg
- Mach maxi : 2,2
- Vc maxi : 800 nœuds.

Mais au cours du premier semestre 1966, l'Armée de l'air demande que l'avion opérationnel soit polyvalent ; cependant une priorité doit désormais être donnée à la défense aérienne (Cf. retrait de la France de l'OTAN) ; une version intervention réduite apparaît (système Mirage III E + évitement d'obstacle) à côté de la version optimale.

En fait, le Mirage F2 est trop « lourd », trop cher, trop orienté vers la mission intervention, il se mue en Mirage F3 plus léger et orienté vers la défense aérienne.

Le premier prototype de Mirage III F2 fait son premier vol le 12 juin 1966 ; son dernier vol aura lieu en mai 1969. Le deuxième prototype de Mirage III F2 est à transformer en prototype Mirage F3 ; sa fabrication sera arrêtée avant terminaison et sa commande sera résiliée.

#### Mirage III F2<sup>192</sup>

Avion à aile haute en flèche  $S = 36 \text{ m}^2$  et empennage horizontal

Monoréacteur TF 30 – TF 306

Monovalent :

Intervention basse altitude et reconnaissance :

Capable de l'interception à  $M = 2$  (Mach max. : 2,2) et  $V_o$  max. : 800 kts

Bipilotes

Masse à vide équipé : 11 000 kg

Masse normale au décollage : 17 350 kg

Masse maximale au décollage : 18 300 kg

Carburant interne : 5 060 l

Un prototype commandé en 1964

Premier vol effectué le 12 juin 1966

(Sortie en série prévue à partir de 1971-1972)

## MIRAGE F3

Tout au long de 1965, la définition du Mirage III F2 a évolué vers une réduction de performances ; l'avion est devenu un avion intérimaire d'intervention nucléaire qui doit prendre place entre le Mirage III E et l'avion de combat polyvalent à géométrie variable envisagé lors des accords franco-britanniques du 17 mai 1965.

La commande du deuxième prototype de Mirage III F2 est notifiée le 29 septembre 1965.

Fin 1965, la fabrication de ce prototype de Mirage III F2 est retardée par l'évolution du programme : la mission principale est toujours l'intervention mais pour réduire les coûts, l'appareil étant considéré comme intérimaire, n'est plus bipilotes mais biplace ; la surface de voilure est réduite à  $30 \text{ m}^2$  ; le rayon d'action est diminué ; le système d'armes comporte une version optimale compliquée mais aussi une version dite II, simplifiée, égale à celle du Mirage III E + radar d'évitement d'obstacles.

Début 1966, la France quitte l'organisation militaire de l'OTAN et elle doit acquérir les moyens de sa défense aérienne. Le budget Air ne peut assurer, en plus du programme Jaguar, à la fois le financement du programme Mirage III F2 et celui du programme franco-britannique d'avion à géométrie variable. Ce programme en coopération se heurte d'ailleurs à des difficultés techniques et industrielles.

Début mai 1966, il convient de prévoir, en cas d'échec du programme franco-britannique, un avion de combat polyvalent avec priorité « Défense aérienne » pouvant sortir en série à partir de 1972-73 ; ce pourrait être un dérivé du Mirage III F2 (Mirage III F) ou du Mirage G.

En mai 1966, tandis que l'EMAA estime que le Mirage III E sera déclassé en 1972, les décisions attendues en avril 1966 sur le moteur et en juin 1966 sur la

<sup>192</sup> Origine des informations : Note DTCA/40 en date du 6 mai 1965.

cellule sont repoussées à fin septembre 1966 ; l'avion ne pourra pas sortir en série avant 1974. Il faut se préparer activement à lancer le Mirage III F dès octobre 1966 si les discussions franco-britanniques échouent.

Le 12 juin 1966, le premier prototype Mirage F2 fait son premier vol avec TF 306 (son dernier vol aura lieu en mai 1969).

Le moteur est un TF 306 dont il est maintenant prévu que la SNECMA fabrique la totalité (sauf cependant les accessoires).

En juin 1966, les négociations franco-britanniques s'enlisent ; des difficultés s'annoncent pour ce qui concerne le plan de charge « Etudes » de Dassault et les plans de charge « Etudes » et « Fabrications » de SNECMA ; de toute manière, il sera impossible de financer simultanément le Mirage III F2 et l'avion franco-britannique GV si les discussions sur ce programme aboutissent. Il faut donc retenir un avion de type Mirage III F, redéfini et rebaptisé en conséquence : le Mirage F3, qui devient le futur avion de pointe de l'Armée de l'air pour la période 1970-78 ; allégé par rapport à la définition précédente, il doit maintenant être polyvalent, c'est-à-dire capable à la fois, d'abord des missions de Défense aérienne et de police du ciel mais aussi de la mission tactique nucléaire en aveugle. Si cet avion est financièrement incompatible avec le Jaguar, il faudra prévoir un avion intérimaire à sortir en série en 1972 et un avion hautes performances à sortir en série en 1978.

Prévu pour sortir en série en janvier 1972, le Mirage F3 présente les avantages opérationnels suivants :

- performances très améliorées par rapport à celle du Mirage III E ;
- possibilité d'emport et de tir aveugle de l'arme nucléaire type 22 du Mirage IV A ;
- possibilité d'interception à très basse altitude à partir de 1974 grâce à la mise en œuvre d'un nouveau radar pulse doppler.

Deux versions sont demandées : une version monoplace (2 avions sur 3) et une version biplace (1 avion sur 3) destinée à certaines missions difficiles et à la formation des pilotes. La sortie en série est prévue début 1972, avec radar classique et en 1974 avec radar doppler.

La surface de référence est  $S = 27 \text{ m}^2$ . La masse à vide équipée est 9 200 kg. Le moteur est le TF 306.

Le programme de développement doit comporter, outre l'avion de servitude Mirage F2 n°01, sept avions de développement (F3 02 à F3 08) à livrer de fin 1968 à début 1971, plus deux avions à prélever sur les premiers exemplaires de série.

La série est envisagée pour 150 avions (hypothèse EMEA) et pour 100 avions (hypothèse DTCA) et pour différentes valeurs de cadence mensuelles ; une série de 50 à 60 exemplaires est citée mais nécessite une étude de coût particulière qui n'est pas entreprise.

Le 29 août 1966, intervient la commande du premier avion prototype Mirage F3 (n°2) en remplacement du deuxième exemplaire précédemment commandé de Mirage III F2 ; réserve est faite sur le deuxième avion prototype et sur la cellule d'essais.

La définition de l'avion est précisée dans la fiche-programme n°193 EMA « avion de combat 1972 » de plus en plus nécessaire vers 1972 que les difficultés s'accumulent et que les retards augmentent sur le programme GV franco-britannique ; l'hypothèse de 150 avions avec une version monoplace et une version biplace est retenue ; l'arrivée d'un avion plus évolué vers 1977-1978 est prévue.

En octobre 1966, on constate que dans le cadre de la coopération franco-britannique le programme Jaguar est mené activement mais que, par contre, le déroulement des études préparatoires relatives au programme d'avion à géométrie variable est tel que les chances d'aboutir sont faibles : le programme « Mirage F », dans sa version avion de combat à hautes performances, doit être poursuivi activement.

Le 23 décembre 1966 on constate que, finalement, le programme Mirage F3 homothétique du Mirage F2, plus petit et donc moins cher est cependant encore très coûteux et qu'il ne peut certainement pas être conduit simultanément avec le programme Jaguar. Par ailleurs, les limitations aux ventes à l'étranger imposées par les États-Unis pour le moteur (sauf s'il est totalement fabriqué en France) empêcheront l'exportation qui est une nécessité...

Le processus de lancement du Mirage F1, de performances plus modestes que le Mirage F3 est en cours...

Le 31 mars 1967, le ministre des Armées prend les décisions suivantes :

- La réalisation du prototype Mirage F3 n°02 est arrêtée ;
- La commande du prototype Mirage F3 n°3 et celle de la cellule d'essais statiques sont définitivement suspendues ;
- La phase développement Mirage F1 sera lancée dans les meilleurs délais ;
- La phase série Mirage F1 sera lancée avant fin 1967.

Le 20 avril 1967 prend fin le programme Mirage F3 avec la résiliation du premier prototype (Mirage F3 n°02).

Pendant plusieurs années les études de radar pulse doppler vont être suspendues et l'on se retrouvera début 1976, pour le Mirage 2000, presque au point où l'on était en 1967 pour le Mirage F3.

#### Mirage F3<sup>193</sup>

Avion à aile haute en flèche  $S = 27 \text{ m}^2$  et empennage horizontal

Monoréacteur TF 306 (9810 da N – 5670 da N)

Monoplace (66 avions) et biplace (34 avions)

Missions :

- Interception
- Défense aérienne à  $M = 2,2$  avec pointes à  $M = 2,4$
- Police du ciel
- Intervention tactique nucléaire (emport et tir aveugle bombe nucléaire)

Masse à vide équipée : 9 200 kg

Masse normale au décollage : 14 300 kg

Masse maximale au décollage : 17 100 kg

Carburant interne : 5 000 l

Rayon d'action :

- Sans bidon bas-bas : 600 km
- Avec bidons bas-bas : 950 km

Deux prototypes commandés le 29 août 1966, (sortie en série prévue pour *début 1972*)  
résiliation le 20 avril 1967

<sup>193</sup> Origine des informations : Note DTCA/40 en date du 26 octobre 1966.

## MIRAGE F1

En 1964, pour le programme ECAT, le projet Breguet a été retenu contre ceux de Sud Aviation, de Nord Aviation, de Potez et de GAMD (Générale Aéronautique Marcel Dassault).

En 1965, GAMD lance sur fonds propres, le Mirage F 1<sup>194</sup>, Mirage III E à voilure de formule F2 et avec Atar 9 K de Mirage IV. Cet avion, en air-sol, est pratiquement aussi performant que le Jaguar ; mais c'est également un intercepteur, guère plus performant que le Mirage III E mais avec une beaucoup plus grande autonomie. Ni l'Armée de l'air, ni les services ne veulent s'y intéresser. Il ne correspond à aucun programme : pour l'interception, le Mirage III E ne paraît pas encore devoir prochainement être dépassé ; l'Armée de l'air souhaite en pénétration un futur avion beaucoup plus ambitieux (Mirage III V ou Mirage F2) ; le Jaguar a été engagé et se poursuit en coopération franco-britannique et il est inutile de lancer un avion correspondant au même créneau en air-sol et guère plus performant que le Mirage III E en air-air. Le progrès modeste en air-air pourrait être obtenu avec le Mirage III C2 (delta avec réacteur Atar 9 K).

L'avion prototype fait son premier vol le 23 décembre 1966

Le Mirage III V et le programme ADV ont été abandonnés ; le Mirage III F2 a évolué vers la formule Mirage F3 ; le plan de charge études de Breguet est convenable mais sa charge fabrication Atlantic va chuter ; le plan de charge fabrications de Dassault est bon (cf. Mirage III) mais sa charge études tombe à zéro (Mirage III V, Mirage F2 - F3 abandonnés ou incertains).

Dassault propose le programme Mirage F1 qui serait polyvalent et dont le développement serait très peu coûteux (fuselage et système d'armes Mirage III E). C'est un avion totalement franco-français ; c'est un Mirage C2 de formule Mirage III F mais de surface alaire et de coûts réduits.

Le 3 février 1967, le Conseil de défense décide que le programme intérimaire Mirage F1 sera lancé.

Le programme n'est pas lancé « parce que l'avionneur le demande » mais parce que les contraintes financières (et les limitations américaines à l'exportation) ont contraint au repli sur un avion intercepteur moins ambitieux que celui de l'Armée de l'air souhaitait avoir. L'avionneur aurait, de toute évidence, préféré lui aussi la poursuite de programme plus ambitieux - à condition de conserver des droits à l'exportation. Si l'avionneur ne l'avait pas lancé deux ans plus tôt, au moins une année aurait été perdue, ou bien il aurait fallu se contenter de poursuivre la fabrication de Mirage III E ou de lancer celle du Mirage III C2.

Le 15 mars 1967, « le gouvernement ayant décidé le Mirage F1 », l'Armée de l'air dans sa fiche-programme précise ce qu'elle estime qu'il doit être : le coût de développement double.

Le 31 mars 1967, le ministre des Armées décide que la phase développement Mirage F1 sera lancée dans les meilleurs délais et que la phase série interviendra avant fin 1967.

Le 18 mai 1967 le prototype Mirage F1 n°01 est détruit en vol (flutter).

En juin 1967, peu de temps après qu'il ait été « imposé par le gouvernement » et défini sous la contrainte pour satisfaire au moins mal les besoins de l'Armée de l'air (mais la plus faible vitesse d'approche - Cf. formule F2 – et la beaucoup plus grande

---

<sup>194</sup> Sans doute dérivé du projet Cavalier proposé mais non retenu dans la compétition ECAT.

autonomie répondaient aux critiques exprimées par les utilisateurs sur les Mirage), la compatibilité entre le programme Mirage F1 et les programmes futurs à lancer dès maintenant se pose. EMAA et STAé conviennent que, dans les perspectives actuelles, il est impossible de lancer dans des conditions convenables tout programme d'avion moderne si l'opération Mirage F1 est maintenue : cela est jugé si important que deux notes EMAA et STAé doivent porter cet avis à la connaissance des autorités ; la note STAé dans ce sens étant encore en préparation, la note EMAA diffusée reflète une position absolument opposée et estime financièrement réalisable un programme particulièrement ambitieux qui superpose à l'opération F1 non seulement un avion GV moderne mais encore les études d'un réacteur Mach 3 ; l'EMAA tient au Mirage F1 plus qu'elle ne le dit... mais peut-être était-ce parce que « un tiens », même mauvais, valait mieux que « deux tu l'auras » plus ambitieux !

Le 13 août 1967 intervient la commande de trois prototypes Mirage F1 n°2, n°3 et n°4, tous monoplaces.

Le 14 mai 1968, le ministre des Armées donne son accord pour le lancement de l'industrialisation.

En juillet 1968, après les événements de mai 1968, devant les difficultés financières rencontrées et la priorité accordée au Jaguar, l'Armée de l'air envisage l'abandon du Mirage F1 et son remplacement par le Mirage III E DA (Mirage III E + Atar 9 K 50 + Cyrano 32 bis) à livrer en série à partir de fin 1971 (Mirage III E DA moins coûteux que le Mirage F1).

Le 20 mars 1969 le prototype Mirage F1 n°02 fait son premier vol.

Le 28 mars 1969, l'Armée de l'air rédige une fiche sur les conséquences budgétaires de l'abandon éventuel du Mirage F1 et de son remplacement par des Mirage III E ou des Mirage E'.

Le 10 décembre 1969, est commandée la première tranche de 30 avions de série et le 11 août 1971, la seconde tranche de 55 exemplaires de série. Le premier Mirage F1 de série est livré le 15 mars 1973. La troisième tranche de 20 avions de série est commandée en décembre 1973.

Le premier escadron est constitué officiellement à Reims, le 31 janvier 1974, lors d'une cérémonie présidée par le ministre. Au total, 246 exemplaires pour la France et 479 pour l'exportation seront fabriqués.

## AVION A GEOMETRIE VARIABLE FRANCO-BRITANNIQUE - AVION GV F-UK

La géométrie variable avait fait l'objet d'études et d'essais en soufflerie depuis plusieurs années, en particulier aux États-Unis<sup>195</sup>, en Grande-Bretagne et en France. Il s'agit de faire varier en vol la configuration de la voilure pour disposer d'un appareil offrant de bonnes performances dans un large domaine d'utilisation, au décollage et à l'atterrissage, à basse altitude à grandes vitesses, à haute altitude à faibles vitesses corrigées ainsi qu'à nombres de Mach élevés.

Début 1965, la loi-programme récemment votée comporte, en matière d'équipements aéronautiques, les matériels correspondant à deux besoins fondamentaux de l'Armée de l'air :

- un avion de combat à vocation nucléaire tactique,
- un avion d'entraînement à vocation tactique conventionnelle.

---

<sup>195</sup> L'avion Bell X5 US fait son premier vol le 27 juillet 1951 ; cet avion dérive d'un Messerschmitt P 1101 découvert par les Américains à Oberammergau, en Allemagne, en 1945.



Dassault-Breguet Mirage F1

**PLANCHE XXXII**



C'est ainsi qu'on y trouve, pour la première mission :

- l'exploitation des chaînes de fabrication en cours (avion de la classe Mirage III), tant qu'il est estimé que ce matériel reste compétitif sur le plan opérationnel et sur le plan commercial ;
- l'étude de l'avion de combat destiné à relever le Mirage III : c'est l'avion à décollage vertical, à vocation nucléaire tactique épaulé, en raison des incertitudes techniques, par un appareil de même classe mais plus conventionnel ;
- l'évocation d'une étude d'une formule nouvelle, en principe monomoteur, d'avion à géométrie variable sans que la place de cet appareil dans l'Armée de l'air soit définie dans le temps.

Peu de temps après le vote de la loi-programme apparaît un fait nouveau très important : la relance d'une coopération franco-britannique - à l'initiative de la France.

Après le changement de majorité intervenu en Grande-Bretagne en octobre 1964 (victoire des Travailleurs) l'arrêt du programme britannique très ambitieux TSR 2 (mission intervention) est décidé le 06 avril 1965. Selon des avis exprimés avec amertume par des responsables britanniques du ministère et du Centre d'essais de Farnborough, les États-Unis imposent à la Grande-Bretagne l'arrêt de certains programmes aéronautiques – avions et autres, concurrents de systèmes américains – en contrepartie du soutien qui leur est demandé pour la livre sterling. La Grande-Bretagne se tourne naturellement vers les États-Unis pour acquérir des avions Phantom américains de défense aérienne qui seront, « quand même », propulsés par des moteurs britanniques SPEY.

En face des engagements industriels et commerciaux pris par le Royaume-Uni à l'égard des États-Unis pour l'équipement à court terme de la Royal Air Force et de la Royal Navy en remplacement des programmes britanniques abandonnés, la France cherche aussitôt à élargir le domaine de coopération avec la Grande-Bretagne déjà ouvert avec le missile air-sol AS 37 et la signature le 29 novembre 1962 de l'accord pour la construction d'un avion de transport civil supersonique (Concorde) ; elle a le souci d'éviter à long terme la mainmise américaine sur l'équipement militaire britannique et de promouvoir une industrie aéronautique à l'échelle européenne (« on est au premier semestre 1965 ! »).

Le 17 mai 1965, est signé le protocole de coopération dans le domaine aéronautique Franco-britannique.

Outre les hélicoptères Puma-Gazelle et Lynx, il s'agit :

- du lancement de la phase prototype cellule et de la phase prototype moteur de l'avion ECAT « école et appui tactique », qui deviendra Jaguar.
- et, à la demande de la France, il faut le rappeler, du lancement de la phase préétude cellule et de la phase prototype moteur de l'avion GV (à géométrie variable).

Désormais, la France doit tenir compte, pour ses programmes futurs, des engagements qu'elle vient de prendre, en particulier pour ce qui concerne l'ECAT et la GV.

L'ECAT franco-britannique est jugé équivalent à l'ECAT de la loi de programme, donc n'entraîne aucune perturbation : mise en service prévue en 1970.

L'avion de combat à flèche variable, devenu bimoteur, programme valable aussi bien pour l'Armée de l'air que pour l'Aéronautique navale, s'accorde moins bien avec

la planification telle qu'elle vient d'être approuvée. La négociation avec les Britanniques à son sujet vise une date de mise en service en 1974/75, soit deux ans plus tard que la date visée par les Français ; de ce fait, il faut que la France choisisse soigneusement l'avion intermédiaire qui assurera la continuité avec le Mirage III.

Il faut observer que le 7 avril 1965, à peine plus d'un mois avant la signature du protocole avion GV franco-britannique, la D.T.I.A. précise les points suivants :

- Le programme ECAT est urgent et doit conduire à mettre en service en France 150 avions à partir de 1970 ; en coopération franco-britannique, il sera développé et fabriqué en France par Breguet avec une part importante confiée en série à Sud-Aviation qui dans la compétition a proposé sous licence la fabrication de l'avion américain F5.
- le programme d'avion de combat bimoteur à géométrie variable doit conduire à mettre en service en France environ 150 avions pour l'Armée de l'air et 50 pour la Marine à partir de 1974 ; il est noté que les besoins britanniques en nombre sont d'un ordre de grandeur analogue mais décalés dans le temps de deux à trois ans par rapport aux besoins français ; on fait remarquer que l'avion GV ne donnera pas de travail de série avant 1972-73 et qu'il n'est guère question de faire des Mirage III E jusqu'à cette date : il faut donc un avion intérimaire aussi nécessaire pour l'Armée de l'air que pour l'industrie. Cet avion ne peut être que le Mirage III F2 dont le prototype doit voler en 1965 et qu'un soutien étranger (Israël) devrait permettre de lancer dans des conditions financières et industrielles raisonnables.

Au milieu de 1965, la question se pose encore : que peut-être cet avion intérimaire, intermédiaire ?

Le choix doit se faire entre l'avion de combat à décollage vertical et son remplaçant éventuel : soit entre le Mirage III V et le Mirage III F2. A la limite, et pour des considérations financières, l'avion intermédiaire pourrait être le Mirage III E.

Le Mirage III V reste, certes, la solution militaire la meilleure en tant que véhicule porteur d'une arme nucléaire tactique mais, financièrement et techniquement, il est hors de portée dans les délais compatibles avec ceux de l'avion intermédiaire recherché. Ce programme, dans l'état de la technique prévisible pour 1970, ne peut convenir mais l'état-major de l'Armée de l'air souhaite que l'étude soit poursuivie en France en attendant qu'une évolution technologique, déjà perceptible dans le domaine des propulseurs, permette d'en dériver une véritable formule opérationnelle. Le programme passe cependant désormais en deuxième urgence.

Le Mirage III F2 dont le prototype doit voler en 1965 se présente comme une solution intermédiaire très valable du point de vue opérationnel ; il constitue une suite logique à l'avion d'intervention basse altitude Mirage III E en améliorant sensiblement son efficacité : rayon d'action doublé, capacité tous temps, à basse altitude, emport d'une arme nucléaire tactique dérivée directement de l'arme Mirage IV. Au point de vue technique, il n'exige pas le lancement de nouvelles études majeures ; il peut être équipé soit du TF 30, soit du TF 306. Il n'est pas d'ailleurs exclu non plus de retenir le réacteur UK Spey et dans ce cas d'abandonner la coopération avec Pratt et Whitney. Le lancement en série de l'avion est possible avant 1970 et permet un relais industriel correct de la série des avions Mirage III. Les besoins de l'Armée de l'air sont de l'ordre de 60 à 80 appareils.

Quoi qu'il en soit, avant même que soit signé le protocole avion GV F-UK, il apparaît qu'en plus de cet avion, en parallèle avec les premiers travaux, un avion intérimaire franco-français est nécessaire...

L'avion GV est un appareil polyvalent destiné à la Royal Air Force, à l'Armée de l'air, à la Royal Navy et à l'Aéronautique navale. Les caractéristiques principales sont les suivantes :

- biréacteur,
- biplace,
- polyvalent : interception-intervention,
- sortie en série : 1975 (Cf. développement indispensable d'un nouveau moteur).-

	Version tenant compte des contraintes aéronavales	Version « fiche- programme » commune
Masse à vide	11 600 kg	13 000 kg
Equipée	12 700 kg	14 300

Le lancement de la phase prototype avion est prévu pour le 1<sup>er</sup> juin 1966.

Le 9 juin 1965, se tient la première réunion du comité directeur : création d'un sous-comité technique « moteur » et d'un sous-comité d'étude du programme qui est présidé par un « opérationnel » et dont le mandat est de rédiger une fiche-programme commune aux États-majors Air et Marine, français et britanniques, pour un lancement d'étude d'avant-projet avant le 1<sup>er</sup> février 1966.

Le 5 août 1965, le STAé écrit aux industriels pour orienter les travaux d'étude sur base VSTORL dérivée des études NA FAG de l'OTAN (En août 1965, le ministre des Armées donne des directives pour que les études préliminaires françaises déjà entreprises soient orientées vers la définition d'un prototype expérimental dont un exemplaire sera commandé dès que possible ; par ailleurs, les pré-études du projet franco-britannique doivent être conduites de façon à aboutir en mars 1966).

Le 31 octobre 1965, les réponses des industriels donnent lieu à critique immédiate : les estimations de performances sont optimistes, l'emport engin est insuffisant.

Début 1966, après de longues études préliminaires, un avion est défini pour satisfaire simultanément les exigences fondamentales britanniques d'interception et les exigences fondamentales françaises d'intervention.

En février 1966, les industriels, en réponse à la demande exprimée par le groupe de travail « système d'armes », créé le 22 septembre 1965, présentent une « carte » à neuf solutions (radar, système de navigation, engins...).

En mars 1966, on constate que l'avion « 16 tonnes » ne peut satisfaire la fiche-programme ; pour s'en rapprocher, il faut recourir à un moteur de technique très évoluée.

Toujours en mars 1966, à la suite d'un changement de majorité politique en Grande-Bretagne intervenu quelques mois plus tôt, est publié un « Livre blanc » britannique. On observe qu'il n'y a plus de besoin Royal Navy à prendre en considération et que les spécifications de la Royal Air Force s'inversent : la priorité est donnée désormais, comme en France, à l'intervention : l'approche d'un compromis est ainsi facilitée. Cependant, la France garde le souci d'une masse limitée pour permettre la version embarquée à laquelle la Grande-Bretagne ne s'intéresse plus.

Il s'en suit une orientation vers une définition d'avion plus réaliste. Les Britanniques parlent alors du moteur Rolls-Royce RB 153 ; une étude est demandée aux industriels dont les résultats sont connus le 6 avril 1966.

Le 28 avril 1966, le comité directeur fait approuver par les ministres la fiche-programme commune établie sur la base de ces résultats ; les ministres demandent une évaluation financière qui est fournie fin juin 1966.

Peu de temps après le changement de priorité des Britanniques, parce qu'elle a quitté l'organisation militaire de l'OTAN et parce qu'elle doit désormais assurer sa défense aérienne, la France donne la priorité à l'interception haute et basse altitude tout en accordant beaucoup de poids à l'intervention, en particulier pour la pénétration nucléaire : l'avion doit être polyvalent avec « priorité interception » !

Le 5 mai 1966, le STAé cite les difficultés rencontrées sur le choix du moteur RB 153 proposé par les Britanniques (performances insuffisantes de l'avion pour la version de base du moteur, nécessité de dériver un moteur utilisant des températures dépassant largement ce que l'on sait faire, handicap d'une technologie ancienne et dépassée, lourde et compliquée, remplacement pour SNECMA d'une coopération à part égale par une pseudo licence). Il propose un avion GV monomoteur TF 306 (satisfaction de la fiche-programme, coûts plus faibles, délais plus courts, sortie en 1972, trois ans plus tôt que la GV F-UK, continuité de l'effort SNECMA, monomoteur avec un moteur plus sûr, meilleure garantie de masse pour la version navalisée, continuité de charge industrielle, monomoteur moins coûteux que bimoteur).

Le 27 juillet 1966, les ministres examinent l'évaluation financière qui leur a été présentée ; ils se posent des questions sur les prix, sur les performances, sur les conditions de vente à l'exportation ; les systèmes d'armes sont différents ; par symétrie avec le Jaguar, la maîtrise d'œuvre cellule est britannique et la maîtrise d'œuvre moteur est française ; des difficultés subsistent sur la coopération avec Dassault, sur le rôle et sur la part accordés à la SNECMA ; le moteur pose un problème : M 45 ou RB 153 ?

Sur la recommandation des ministres, des tentatives sont faites en vue de réduire le coût de l'opération :

- avion bimoteur plus « petit »,
- utilisation de divers moteurs envisageables,
- avion monomoteur,

Aucune de ces solutions n'est admise par les États-majors.

L'état-major de l'Armée de l'air utilise la période d'« inaction » pour revoir sa fiche-programme. Elle demande un avion très performant en interception (Mach 2,5).

Les motoristes pendant ce temps ont relâché leurs efforts sur le moteur à hautes performances et envisagent désormais le moteur G 10 moins performant...<sup>196</sup>

Le 27 octobre 1966, le STAé renouvelle sa proposition d'avion GV mono TF 306 E réalisé hors coopération Franco-britannique : la coopération Franco-britannique est la solution la plus longue, la plus coûteuse, la plus aléatoire. La coopération Franco-britannique est une aventure. Il est nécessaire qu'un avion de combat moderne sorte en série vers 1972 si l'on veut conserver à la France le rang qu'elle occupe dans l'aéronautique ; cet avion doit être monomoteur TF 306, soit à géométrie variable (dérivé du Mirage G), soit à ailes fixes (Mirage F3) si l'on veut éviter tout aléa technique et limiter les dépenses et les délais.

---

<sup>196</sup> Acceptable pour les besoins « intervention » des Britanniques mais inacceptable pour les besoins « interception » des Français.

Le 19 décembre 1966, le Conseil de défense français décide cependant de poursuivre l'opération tandis que le STAé demande à Dassault et à SNECMA d'optimiser le couple cellule-moteur.

Les ministres se rencontrent à nouveau le 16 janvier 1967 et décident que l'étude des avant-projets est à poursuivre pour décision avant le 01 avril 1967 ; en même temps un groupe technique restreint représentant le comité directeur est créé pour coordonner l'action des industriels dans les travaux d'études d'avant-projets.

Le 3 avril 1967, le STAé fait encore connaître son point de vue :

- Le tonnage de l'avion qui satisfait la fiche-programme franco-britannique est de l'ordre de 20 tonnes avec tendance à la hausse ; cet avion nécessite un moteur de 7 000 daN environ de poussée avec PC ; il n'est évidemment pas navalisable ;
- La navalisation ne peut être obtenue qu'avec diminution des exigences des États-majors ; cela conduit à un devis de masse difficile à tenir (compromis entre tendances divergentes des États-majors français et britannique, entre les techniques AMD et BAC, entre les règlements des deux pays) ;
- Les Britanniques semblent avoir renoncé aux manœuvres de diversion qu'ils mènent depuis près d'un an (RB 153 puis moteur simplifié type G9) ; ils n'acceptent pas le moteur proposé par le côté français, G6, mais soutiennent par prudence technique le G10 certes voisin du G6 mais qui coûte 500 kg de masse sur l'avion (cette divergence, à côté des autres, peut être considérée comme secondaire) ;
- On ne peut passer sous silence une grave divergence sur l'architecture de la cellule : les Français accordent certains avantages à la cellule Dassault mais souhaitent que les industriels présentent ensemble un projet ; les Britanniques, avec des arguments de qualité discutable, tiennent à affirmer dès maintenant la supériorité écrasante de la conception BAC : le but semble être d'introniser BAC comme maître d'œuvre ;
- La date de sortie en série des premiers avions de série reste début 1972 : début 1976 serait sans doute plus réaliste ;
- Les ordres de grandeur des frais de développement sont sous-estimés, les valeurs plausibles sont 3 100 millions de francs pour le « petit » avion et 3 400 millions de francs pour l'avion « fiche-programme » ; ceci correspond pour la part française, taxe comprise, à 1 750 millions de francs et 2 000 millions de francs, soit environ la moitié du prix du développement Concorde estimé en avril 1967.

Il convient de noter que, peu de temps après que le protocole Franco-britannique ait été signé, le 17 mai 1965, le ministre des Armées décide de lancer le 27 août 1965 les études et la fabrication d'un avion expérimental biplace à géométrie variable Mirage G avec moteur TF 30 GE de 10 350 kgf de poussée au sol ; cet avion fera son premier vol le 18 novembre 1967 ; il est détruit lors de son 317<sup>ème</sup> vol, le 13 janvier 1971. Cet avion expérimental est décidé pour « préparer la définition du futur avion à géométrie variable franco-britannique ».

*Comparaison : Le GV F-UK en 1967 et l'avion de combat européen en 1985<sup>197</sup>*

Si l'on compare la situation en 1985 pour l'avion de combat européen (France, Royaume-Uni, RFA, Italie, Espagne) et la situation en 1967 pour l'avion à géométrie variable franco-britannique, on note en 1967 comme en 1985 un accord des États-majors sur une fiche-programme commune mais : en 1967, la France privilégie la défense aérienne après avoir donné la priorité à l'intervention tandis que la Grande-Bretagne privilégie l'intervention après avoir donné la priorité à l'interception ; le besoin de l'Aéronautique navale française « tire » la masse vers le bas alors que le partenaire tire la masse vers le haut ; les industriels (avionneurs et motoristes des deux pays) ne s'entendent pas sur les propositions techniques, mais la difficulté est particulièrement grande pour le moteur et la situation de SNECMA, défendue par le STAé. Le programme finalement réalisé sera beaucoup plus modeste (Cf. Mirage F1) mais le programme de remplacement envisagé par la suite sera aussi ambitieux sinon plus (Cf. Ragel G4-G8).

En 1985, la France privilégie l'attaque au sol (Cf. remplacement des Jaguar) tandis que les partenaires ne considèrent que l'interception mais une fois le Rafale lancé et l'étalement du programme rendu nécessaire, la priorité au moins du point de vue calendaire est donnée à l'interception pour satisfaire les besoins les plus pressants de l'Aéronautique navale (le besoin de remplacement urgent des Jaguar de l'Armée de l'air est satisfait par la transformation des Mirage F1 C devenus insuffisants en Défense aérienne, acquis finalement en trop grand nombre, et remplacés par les Mirage 2000 C et Mirage F1 CT d'appui tactique). Les contraintes de l'Aéronautique navale française fixent une limite vers le haut que les spécifications des partenaires obligeraient à dépasser. Les industriels s'entendent mal entre eux, mais c'est la SNECMA soutenue par la DGA qui propose une suite franco-française avec participation financière importante de l'industrie pour la rendre possible dans un cadre national. Le programme Rafale ; une fois décidé pour une masse à vide Air au plus égale à 8 500 kg, dérive vers des masses à vide Air monoplace à 9 200 kg et biplace à 9 500 kg ; heureusement la masse à vide Marine uniquement monoplace reste compatible avec la mise en œuvre sur les porte-avions *Foch* et *Charles de Gaulle*.

Sortie en série prévue pour 1975	Avion de masse limitée par les possibilités des porte-avions français	Avion répondant complètement aux spécifications de la fiche-programme commune
	Avion à géométrie variable	Avion à géométrie variable
	Biréacteur	Biréacteur
	Biplace	Biplace
	Intervention-interception	Intervention-interception
Masse à vide équipée	De 11 600 kg à 12 700 kg	De 13 000 kg à 14 300 kg
Masse au décollage « Intervention » sans bidon – charge 1 200 kg	De 17 100 kg à 18 300 kg	De 20 000 kg à 22 000 kg
R bas-bas	De 540 km à 520 km	De 770 km à 750 km
Masse au décollage « intervention » avec bidons – charge 1 800 kg	de 20 700 kg à 22 000 kg	De 24 200 kg à 25 800 kg
R bas-haut-bas	De 1400 km de à 1250 km	De 1750 km à 1640 km
Masse au décollage « interception » 2 missiles Air-Air	De 16 500 kg à 17 700 kg	De 19 900 kg à 21 000 kg
Temps de montée à M = 2,2 et Z = 50 000 pieds	De 6,4 mn à 7,1 mn	De 6,4 mn à 7,1 mn
Temps de poursuite	2,2 mn	6,5 mn

<sup>197</sup> Source : troisième rapport du groupe technique restreint au comité directeur en date du 4 avril 1967.

## MIRAGE G

Le protocole d'accord franco-britannique portant en particulier sur un avion de combat à géométrie variable est signé le 17 mai 1965.

Trois mois après la signature de ce protocole, par décision n°3478 MA/CC en date du 27 août 1965, le ministre des Armées décide la commande du prototype expérimental Mirage G biplace, monoréacteur devant permettre de préparer la définition de l'avion GV franco-britannique dont le programme est en cours de discussion.

Cette décision est tenue secrète pendant un certain temps. Quand elle est connue, cette décision laisse penser aux interlocuteurs britanniques, que la volonté de la France de réussir la coopération n'est pas aussi grande qu'elle le dit. En France d'ailleurs, beaucoup doutent de l'intérêt de la coopération ; les chances de succès sont jugées faibles dès le départ, non seulement par l'avionneur mais aussi par le motoriste et par les services français.

Le projet décidé a pour but de « gagner du temps », de permettre aux industriels français de se mieux placer vis-à-vis de leurs partenaires et de disposer, ainsi, d'une solution de rechange en cas d'échec de la coopération ; il convient de noter que l'opportunité de réaliser un avion expérimental avant d'entreprendre le développement proprement dit, était déjà apparue au moment où fut décidé le programme d'« avion à décollage vertical ».

Le 18 novembre 1967, six mois après l'arrêt des travaux en coopération sur le programme GV F-UK, l'avion expérimental Mirage G (01) fait son premier vol.

Du 31 octobre 1968 au 13 novembre 1968, une mission US Navy séjourne en France dans le but d'effectuer une évaluation en vol de l'avion expérimental ; cette opération se déroule dans le double cadre d'un échange US Navy-Aéronautique navale française et de l'accord de coopération liant LTV et la société Dassault ; les résultats sont très favorables.

Du 27 juin 1969 au 4 juillet 1969, une évaluation en vol complémentaire est effectuée par une mission de l'US Navy pour juger de l'état d'avancement de la mise au point de l'avion ; elle correspond à l'intérêt tout particulier porté à l'avion après l'évaluation entreprise en octobre-novembre 1968 et depuis le choix par l'US Navy de l'appareil F14 à géométrie variable répondant au programme VFX.

Au cours du deuxième trimestre 1969, Dassault propose un avion monoréacteur à géométrie variable directement issu de l'avion expérimental Mirage G, destiné à être un avion d'attaque basse altitude par beau temps et d'interception (S = 20 m<sup>2</sup>, réacteur M53 de 8,5 tonnes de poussée, système d'arme identique à celui du Mirage F1, MVE = 7 845 kg).

Du 27 juin 1969 au 9 juillet 1969, une évaluation en vol est faite par une mission de l'US Air Force dans le cadre d'un échange USAF – Armée de l'air – CEV.

Le 21 mai 1970, l'Aéronautique navale précise son intérêt pour un monoréacteur à géométrie variable pouvant satisfaire les besoins de la Marine à partir de 1977-1978 s'il est construit autour du moteur M53 et sensiblement plus tôt s'il est construit autour du moteur américain J 79 ; la Marine estime qu'un tel avion aurait de grandes chances d'être exportable ; il est dénommé G1 M. Il s'agit avec le J 79 d'accélérer le programme G1 M pour assurer la relève, non seulement des Crusader, mais aussi des Étendard et d'avoir une solution de rechange en cas d'abandon du M53. Les missions prévues sont la supériorité aérienne, l'interception, la détection et l'attaque de bâtiments à la mer et l'intervention. La fabrication en série de 50 exemplaires est envisagée.

Le Mirage G poursuit ses essais en vol dans le cadre de l'étude de la géométrie variable. Le 13 janvier 1971, l'avion est détruit par accident en vol.

Pour mémoire, le devis de masse Mirage G, en kg, est le suivant :

- planeur :	5 950
- propulseur :	2 155
- servitudes :	1 147
- équipements :	1 123
- <i>sous-total</i> :	10 375
- équipage :	190
- masse décollage lisse :	4 850
- total :	15 415

Début 1969, l'idée fait son chemin d'un avion G1 mono Atar 9 K 50 susceptible d'être ensuite équipé de M53.

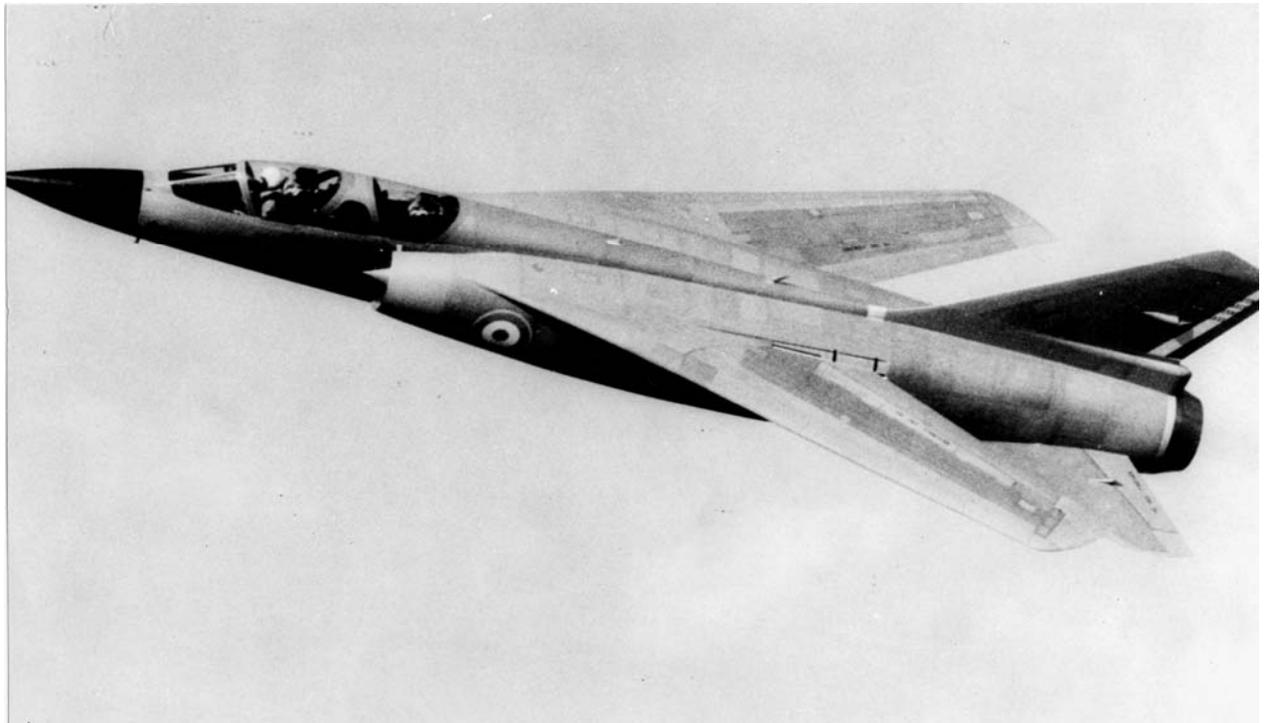
En juin 1969, AMD propose le développement du G1 mono M 53, d'abord banc volant M 53, mais qui ensuite, en série, composerait avec le G4 bi M 53 une gamme complète d'avion.

Le 1<sup>er</sup> août 1969, le STAé précise les points suivants :

- Le Mirage G1 peut être envisagé comme un successeur du Mirage F1 9 K 50 ; par rapport à un éventuel F1 M 53, il présente une nette supériorité dans le domaine des basses vitesses compensée par un prix plus élevé ;
- Le Mirage G1 ne peut être considéré comme un remplaçant du Mirage G4 ou du G3, ses performances d'intervention et ses capacités d'emport étant nettement insuffisantes ;
- le Mirage G1 peut être utilisé comme banc volant M 53 (après mise au point du moteur sur banc volant relativement lent bimoteur) mais compte tenu du coût, cela n'aurait d'intérêt que si était envisagée une suite opérationnelle au G1 ;
- Le moteur M 53 paie sa simplicité par une consommation spécifique relativement élevée ; compte tenu de la quantité de carburant, il faut un tonnage minimal avion conséquence de la quantité de carburant à emporter. Augmenter la poussée du M 53 ne permet pas à un monomoteur les performances d'intervention minimales demandées ; deux M 53 à 8,5 tonnes de poussée permettent à un bimoteur - de masse au moins égale à celle du G 4 - les performances convenables.

## AVION A GEOMETRIE VARIABLE G4 PUIS G8 - RAGEL

Le programme d'avion polyvalent à géométrie variable franco-britannique a été abandonné en 1967. Dès le 5 septembre, par note n° 3255 EMAA/BPM, l'Armée de l'air donne les éléments de définition d'un avion à géométrie variable, biréacteur, de reconnaissance lointaine et d'intervention. Le 21, par note n°3123 EMM/SCAéro, la Marine définit un programme d'appareil embarqué, monomoteur, monoplace, optimisé pour l'interception, avec version dérivée pour la reconnaissance et l'intervention tous temps. Le 2 octobre, l'Armée de l'air exprime ses besoins en définissant un programme d'« avion de reconnaissance lointaine et d'intervention à hautes performances ». Le 18 novembre 1967 l'avion expérimental G 01 fait son premier vol ; il fera son centième vol le 9 décembre 1968.



Dassault-Breguet Mirage G

**PLANCHE XXXIII**



Dassault-Breguet Mirage G8

**PLANCHE XXXIV**

Le groupe de travail « Programme de remplacement de l'avion à géométrie variable franco-britannique », le 21 décembre 1967, fait les propositions suivantes :

- À côté du Mirage F1 - 9 K 50 essentiellement intercepteur, il faut un nouveau programme d'avion à hautes performances indispensable pour remplir les missions de reconnaissance, d'attaque et de guerre électronique lointaines RAGEL, biplace, biréacteur en partant d'un réacteur existant (Atar 9 K 50), à géométrie variable (Cf. rayon d'action et caractéristiques de décollage), version attaque et version reconnaissance ;
- Il faut lancer le développement du réacteur M 53, interchangeable avec l'Atar 9 K 50 pour valoriser plus tard le Mirage F1 et le nouveau programme biréacteur, et pour donner naissance ultérieurement au réacteur Mach 3. (Le moteur ne doit pas avoir une trop forte poussée pour rester compatible avec le Mirage F1 et pour ne pas conduire à un avion bimoteur trop gros qui serait trop coûteux).

Le 11 mai 1968, le STAé propose de commencer le programme RAGEL par un programme expérimental comportant essentiellement en 1968 le lancement d'un avion à géométrie variable bi-Atar 9 K 50 et le démarrage du moteur M 53.

En réponse à la demande exprimée par l'EMAA à l'EMA de lancer deux prototypes expérimentaux RAGEL (Mirage G4), le ministre des Armées répond, le 10 mars 1968, que la décision de lancement de deux avions expérimentaux est grave et qu'elle doit être mûrement réfléchie ; il demande un dossier complémentaire sur les points « militaire » et « financier ».

La DMA fournit les informations complémentaires ; le marché relatif à l'étude et à la fourniture de deux avions expérimentaux G4 est notifié le 06 septembre 1968 : les objectifs sont la poursuite de la mise au point de la formule à géométrie variable entreprise sur le Mirage G, la préparation de la définition d'un avion d'arme biréacteur à géométrie variable et la mise au point des éléments du système d'armes RAGEL. Un mois plus tard, le 11 octobre 1968, l'Armée de l'air diffuse la fiche de spécifications techniques provisoires de l'avion de reconnaissance, d'attaque et de guerre électronique lointaines (RAGEL).

Les caractéristiques du programme sont les suivantes : (elles préfigurent la définition de l'avion de série RAGEL équipé de moteurs M53) :

	G4 A	G4 B
Masse à vide équipée	16 610 kg	15 510 kg
Surface alaire	37 m <sup>2</sup>	37 m <sup>2</sup>
Motorisation biplace	2xAtar 9 K 50	2xM 53

Des versions de  $S = 31 \text{ m}^2$  et de masse à vide équipée égale à 13 850 kg sont envisagées ; une motorisation avec le moteur britannique Spey est examinée.

Les études paramétriques se succèdent pour une sortie en série fin 1977 ; l'avion est toujours biplace.

	G4	G4	G4	G3
Motorisation	2 X Atar	2 X M 53	2 X M 53	1xTF 306
Surface, en m <sup>2</sup>	31	34	37	25
Masse à vide équipée, en kg	14 550	14 490	15 390	10 310

Début 1970, la nécessité de la géométrie variable est remise en cause ; il est de plus en plus question d'avion à aile fixe en flèche ; la DGA/DTCA propose d'arrêter la fabrication du prototype G4 n° 02 en attendant une définition plus précise de l'ACF « avion de combat futur ».

Le 17 septembre 1970, le ministre d'État chargé de la Défense nationale décide l'arrêt du programme mais autorise la poursuite de la fabrication des deux avions expérimentaux G4 auxquels la nouvelle dénomination G8 est donnée :

- le G8 n° 01 (ex G4 n° 01) reste biplace ;
- le G8 n° 02 (ex G4 n° 02) est transformé en monoplace capable de l'installation d'un système d'armes simplifié (Jaguar + Mirage F1) pour être proposé à l'exportation.

Le 13 janvier 1971, l'avion expérimental G 01 est détruit en vol. Le 8 mai 1971, l'avion G8 n° 01 fait son premier vol.

Le 1<sup>er</sup> juin 1972, l'Armée de l'air diffuse le projet de fiche-programme ACF (avion de combat, bi M53, monoplace, *défense aérienne* et couverture, attaque et *reconnaissance*). C'est un avion à aile en flèche, fixe. L'Armée de l'air ne veut pas examiner de solution à aile delta : elle ne veut pas retrouver les inconvénients des Mirage III et des Mirage IV que les commandes électriques ne permettent pas encore d'éviter (Cf. Mirage 2000). Le 13 juillet, l'avion G8 n° 02 fait son premier vol.

Petit à petit, le programme à géométrie variable d'intervention et de reconnaissance laisse place à un nouveau programme d'avion de combat futur. L'avion G8 n° 01 est arrêté en juin 1973 et le G8 n° 02 en septembre 1974.

Le programme G4-G8 a permis de réaliser deux prototypes d'un appareil très performant et très ambitieux sur le plan cellule et aérodynamique ; il a permis de fixer... l'angle de flèche optimal à donner à l'aile fixe de l'ACF ; il aura donné l'occasion de lancer des composants nouveaux de système d'armes air-sol.

Le programme G4-G8 s'est révélé finalement trop ambitieux trop lourd, trop coûteux, inutilement compliqué (Cf. Géométrie variable).

#### Comparaison des différentes formules G4<sup>198</sup>

Avion	G4	G4	G4	G3
Motorisation	2 X Atar 9 K 50	2 X M 53	2 X M 53	1 X TF 30
Aile à géométrie variable Surface de référence	34 m <sup>2</sup>	34 m <sup>2</sup>	37 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>
Biplace				
Reconnaissance attaque et guerre électronique lointaines				
Masse à vide équipée	14 550 kg	14 490 kg	15 390 kg	10 310 kg
Masse au décollage avec charge de 1 200 kg sans bidons	23 940 kg	24 590 kg	26 690 kg	16 810 kg
R bas-bas	510 km	650 km	740 km	790 km
Masse au décollage avec charge 1 200 kg avec bidons	30 600 kg	30 600 kg	33 300 kg	19 110 kg
R bas-bas	930 km	1 030 km	1 130 km	1 070 km
R bas-haut-bas	1 530 km	1 670 km	1 840 km	1 700 km

Sortie en série envisageable à partir de fin 1977.

<sup>198</sup> Origine des informations : note DTCA/40 en date du 10 septembre 1969.

## Comparaison G4A-G4B<sup>199</sup>

Avions à géométrie variable	G4 A	G4 B
Surface de l'aile	37 m <sup>2</sup>	37 m <sup>2</sup>
Motorisation	2 X Atar 9 K 50	2 X M 53
Biplace		
Reconnaissance, attaque et guerre électronique lointaines		
Masse à vide équipée	15 610 kg	15 510 kg
Masse au décollage, sans bidon, sans soute	27 600 kg	27 700 kg
Masse au décollage, avec soute	28 400 kg	28 500 kg
R bas-bas, avec soute	670 km	750 km
R bas-bas, sans soute	720 km	800 km
Temps de montée M = 2-Z = 50 000 pieds	7,9 mn	6,1 mn
Masse au décollage avec bidons	34 300 kg	34 300 kg
R bas-bas	1 050 km	150 km
R bas-haut-bas	1 800 km	1 900 km

Sortie en série envisageable à partir de fin 1975.

## « AVION DE COMBAT FUTUR » - « A.C.F. », DIT PARFOIS « SUPER MIRAGE »

Le programme RAGEL (reconnaissance, attaque et guerre électronique lointaines) a été arrêté en 1970 ; début 1972, il se confirme que les performances en interception du Mirage F1 seront insuffisantes vers la fin des années 70.

Le 1<sup>er</sup> juin 1972, l'EMAA établit un projet de fiche-programme d'avion de combat monoplace, bi-M-53, « *Défense aérienne* et couverture, attaque et reconnaissance ». Cet avion de combat futur doit être, en principe, monoplace, à aile fixe avec 55° de flèche (parce que la géométrie variable n'est plus jugée indispensable pour obtenir les performances désirées et qu'elle est plus coûteuse qu'une géométrie fixe : la flèche est de 55° parce que l'expérience acquise sur le programme GV a montré que cet angle représente le meilleur compromis) ; il est bi-M53 (M53<sup>200</sup> parce qu'il n'y a pas d'autre moteur disponible et bi pour avoir la poussée totale indispensable et parce que la sécurité sera meilleure et le taux d'attrition plus faible que pour un mono moteur) ; il devra avoir un fuselage assez gros pour qu'il puisse être équipé d'une antenne radar d'assez grand diamètre.

Le 28 juillet 1972, le ministre d'État chargé de la Défense nationale demande que soit dressé l'inventaire des mesures à prendre pour que le nouveau programme puisse être lancé sur des bases opérationnelle, technique et financière valables.

En août 1972, un groupe de travail DMA-EMA-EMAA est créé pour définir les objectifs d'une phase de définition (en particulier, « formule F1 bimoteur », ou « géométrie variable » ou « géométrie fixe »).

Le 14 novembre 1972, le ministre d'État chargé de la Défense nationale décide le lancement de la phase de définition. Le 1<sup>er</sup> février 1973, le ministre fait connaître sa directive sur les missions de l'Armée de l'air dans le domaine de l'avion piloté.

<sup>199</sup> Origine des informations : fiche STAé.

<sup>200</sup> M53-02 Poussée : 5 440 daN sans PC, 8 300 daN avec PC.

Le 11 mai 1973, sont connus les premiers résultats des travaux entrepris au titre de la phase de définition : il est proposé d'organiser le développement ACF pour atteindre les objectifs suivants :

- livraison des avions en version Défense aérienne avec radar classique, à partir de mai 1980 ;
- livraison des avions en version Pénétration, à partir de mi-1983 ;
- remplacement sur la version Défense aérienne du radar classique par un radar pulse doppler, à partir de 1985.

En juillet 1973, le Conseil de défense décide de faire réaliser un premier prototype dont le premier vol doit intervenir en 1976 ; le contrat correspondant est notifié le 5 décembre 1973 ; l'organisation étatique et l'organisation industrielle sont approuvées par le ministre, respectivement le 13 décembre 1973 et le 15 janvier 1974.

Dans un cadre général de développement prévoyant la réalisation de quatre prototypes et d'une cellule d'essais statiques, le premier exemplaire prototype, monoplace, est commandé en décembre 1973 pour un premier vol prévu pour juillet 1976, ultérieurement repoussé au 4 octobre 1976.

Le 22 janvier 1974, l'EMAA propose une nouvelle orientation du programme ACF :

- version pénétration, dès 1980,
- version Défense aérienne avec radar pulse doppler, à partir de 1983 ;

Ce changement d'orientation est la conséquence des éléments nouveaux suivants :

- les essais encourageants de la campagne d'essais nucléaires au CEP en 1973 permettent d'envisager, plus tôt que prévu, une tête militaire suffisamment miniaturisée pour réaliser un missile air-sol destiné à la version Pénétration ;
- il n'y a pas d'obstacles importants à ce que le système d'armes Pénétration soit prêt dès 1980 ;
- pour ce qui concerne la Défense aérienne, la meilleure connaissance des radars pulse doppler incite à avancer cette solution de 1985 à 1983 et à économiser la solution transitoire radar à impulsion initialement envisagée pour 1980 (note n°043 EMEA/BPM).

En février 1974, la décision est prise de lancer le développement du missile air-sol nucléaire destiné à l'ACF. Les 27 février et 14 mars 1974, la DTCA fait connaître les résultats de l'analyse des répercussions sur le programme ACF des orientations « Défense aérienne d'abord » et « Pénétration d'abord ».

Le 28 mars 1974, le ministre prend les décisions suivantes :

- La première version à mettre en service sera la version « Pénétration et Attaque à basse altitude » : les premiers avions de série devront être disponibles avant le 1<sup>er</sup> janvier 1980 ;
- L'avion de Pénétration et d'Attaque à basse altitude sera doté dès 1981 d'un missile air-sol à tête nucléaire ; ce missile fera l'objet d'une phase de définition (caractéristiques, délais, coûts) à lancer immédiatement de sorte que le développement proprement dit puisse commencer au plus tard avant la fin de 1974 ;

- Les travaux de développement de l'ACF seront poursuivis et les premiers contrats relatifs au deuxième prototype seront lancés dès 1974 ; les décisions complémentaires concernant l'ensemble du programme ACF seront prises au vu des résultats de la phase de définition du missile équipé de sa charge.

En juillet 1974, après les élections présidentielles, le projet de budget 1975 ne comporte pas les crédits permettant d'avancer la sortie des premiers avions de mi-1980 à 1979. La date-objectif de livraison du premier avion de série reste mai 1980.

Le 25 juillet 1974, l'Armée de l'air confirme que l'ACF, monoplace en Défense aérienne, devra en version Pénétration être biplace (note n°557 EMAA/BPM).

En octobre 1974, il apparaît que l'industrialisation ACF ne pourra être lancée en 1975 ; il ne peut donc pas y avoir d'ACF série avant 1981 ; par ailleurs, les AP 74 et les AP 75 relatives au missile air-sol moyenne portée (ASMP) sont insuffisantes pour que le missile sorte en série avant 1981. D'une manière générale, les travaux de préparation du 4<sup>ème</sup> plan (76-80) conduisent à revoir les conditions de réalisation du programme ACF.

Il est décidé :

- que le programme ACF se poursuit jusqu'à nouvel examen (version Pénétration d'abord, version Défense aérienne ensuite) ;
- que le lancement du prototype ACF n°02 est autorisé ;
- que les études de radars doivent être poursuivies sans désespérer (défense aérienne) ;
- que la version Défense aérienne doit être privilégiée dans les choix techniques à faire.

Le 26 novembre 1974, est notifié le marché relatif à la commande du prototype n°02 version « Pénétration-biplaces » pour un premier vol prévu pour juin 1977, et ensuite retardé pour le 26 octobre 1977.

En janvier 1975, les difficultés rencontrées dès les premiers travaux de préparation du budget 1976 sont telles qu'il apparaît qu'un réexamen du programme ACF est inévitable ; le cabinet du ministre demande de réduire le montant desancements de crédits.

En février 1975, diverses hypothèses sont examinées :

- ACF P : mi 1980 et ACF DA : mi 1983
- ACF P : mi 1982 et ACF DA : mi 1985
- ACF DA : mi 1983 et ACF P : mi 1985

En avril 1975, le projet de budget 1976 se précise : il n'y a d'AP pour l'ACF que pour couvrir les hausses économiques ; il n'y a rien pour couvrir des « commandes nouvelles » (Cf. poursuite des travaux de développement). En mai, le ministre estime qu'une décision sur l'ACF ne peut être prise qu'en fonction de l'équipement des forces et en fonction de leurs missions.

Le ministre de la Défense, le 2 juillet 1975, demande que soit poursuivi l'effort entrepris sur les équipements et sur la technologie au bénéfice de l'ACF ou à celui du programme de remplacement ; il demande d'arrêter les travaux sur le prototype ACF n°02 et de ralentir l'activité sur le programme.

De mai à septembre 1975, de nombreux calendriers ACF et de nombreuses versions d'ACF et de programmes de remplacement sont étudiés :

- ACF DA simplifié, M53.02, radar Cyrano : premier semestre 1981 avec ou sans rattrapage ultérieur M53-10-radar pulse doppler à partir d'octobre 1983.

- ACF DA simplifié, M53.10, radar pulse doppler : octobre 1983 ;
- Autres programmes F1 M53, avion delta, mono M53 ;
- Radar classique sur monomoteur et radar pulse doppler sur bimoteur (Cf. énergie électrique, conditionnement, dimensions de l'antenne) ; radar classique d'abord, radar pulse doppler plus tard.

Le 18 décembre 1975, le programme ACF Super Mirage bi M53 trop ambitieux, trop gros, trop cher, est arrêté ; la fabrication du seul prototype ACF n°01, encore en fabrication, est arrêtée et le contrat est résilié ; en même temps est lancé le programme Mirage 2000 (delta, S = 41 m<sup>2</sup>, M53 – 02 ou 5), pas de précision sur le type de radar. Depuis près de deux ans le Centre de prospective et d'évaluation (C.P.E.) exprimait l'avis que les ressources budgétaires prévisibles n'étaient pas compatibles avec un nombre d'avions bi M53 en ligne égal à 450 ; beaucoup d'autres organismes partageaient cette opinion mais l'admettre concourrait à rendre certain et inéluctable l'abandon de l'ACF.

Peu de temps avant la décision du Conseil de défense du 18 décembre 1975 relative à l'abandon de l'ACF et au lancement du Mirage 2000, M. Dassault est reçu, sur sa demande, par le Président de la République auquel il propose, si le programme ACF bimoteur continue à être développé par l'État, de développer (pour l'exportation et peut-être pour la France), sur fonds propres, le Mirage 2000 monomoteur. Selon lui, le Président répond que l'État financera le Mirage 2000 monomoteur mais que le constructeur pourra, à ses frais, développer l'ACF bimoteur. M. Dassault à la sortie de la réunion observe « ce n'est tout de même pas la même chose ! »

## MIRAGE 2000

Le 18 décembre 1975, le programme ACF (avion de combat futur, à aile fixe en flèche, biréacteur M 53) est arrêté. Un nouveau programme est décidé :

« L'Armée de l'air sera équipée d'un intercepteur monomoteur à hautes performances ; les caractéristiques de l'appareil devront être rapidement précisées de sorte que la production puisse commencer au début de 1980 ; outre de meilleures chances à l'exportation, le choix du monomoteur a été dicté, en particulier, par la possibilité d'avoir un plus grand nombre d'appareils : il y a donc lieu de prévoir pour l'Armée de l'air une série d'au moins 150 appareils ».

Le programme Mirage 2000 (à aile delta, monoréacteur M 53) est ainsi lancé ; il s'agit d'un avion destiné aux missions de défense et de supériorité aériennes ; il est monoplace ; son système d'armes n'est pas défini de manière précise mais il est estimé en coût et performances égal à 1,3 fois celui du Mirage F1 ; il doit sortir en service à partir de début 1982.

Dans la note adressée à Dassault par le STAé, le 5 février 1976, il est demandé au constructeur de fournir avant fin février 1976 un dossier traitant, sous les aspects définition technique, moyens et calendrier de développement, évaluation et programmation financières, aspects industriels, et en prenant compte le besoin exportation :

- la définition générale et les performances,
- la définition de l'avionique et des fonctions assurées,
- le choix du diamètre d'antenne radar,
- la comparaison Mirage 2000 avec radar classique Cyrano 6,

- l'installation de versions développées du M 53,
- l'équipement en dispositifs de contre-mesures,
- les versions ultérieures envisageables (possibilités de dériver une version biplace, une version avec emport de missile air-sol, une version reconnaissance, etc.).

« De façon arbitraire et pour simplifier », deux hypothèses sont envisagées :

- la version Mirage 2000 destinée à l'Armée de l'air est équipée d'un radar « doppler à impulsions » et le besoin exportation conduit au développement d'une version équipée d'un radar de la famille Cyrano.
- la première version Mirage 2000 destinée à l'Armée de l'air est équipée d'un radar de la famille Cyrano et l'exportation démarre dans la même définition.

Le 26 mars 1976 est lancée l'industrialisation du moteur M 53 dont le développement a été entrepris fin 1968 pour valoriser un jour le Mirage F1 – Atar 9 k 50 et pour motoriser l'avion RAGEL (bimoteur à géométrie variable de reconnaissance, d'attaque et de guerre électronique lointaines) (valorisation du Mirage F1 qui n'intéresse pas l'Armée de l'air et motorisation en attente après l'abandon du RAGEL et l'abandon de l'ACF qui a succédé au RAGEL).

Le 1<sup>er</sup> avril 1976, plus de trois mois après la décision de lancement du programme, est diffusée par l'état-major de l'Armée de l'air la fiche-programme de l'« avion de combat monomoteur » Mirage 2000.

Le 20 mai 1976, le STAé fait le bilan des premiers travaux de définition du Mirage 2000.

L'Armée de l'air souhaite disposer, à partir de 1982, d'un avion de combat à hautes performances pour assurer le remplacement des appareils de type Mirage III actuellement en service. Cet avion aura une vocation privilégiée de défense et de supériorité aériennes.

Les ressources budgétaires disponibles ou prévisibles ne permettant pas de développer et de produire en série, en nombre suffisant, un avion de combat bimoteur, le choix s'est donc porté sur une formule d'avion monomoteur.

Ce choix devrait permettre par ailleurs de « renouveler » le créneau du monomoteur de combat à l'exportation, objectif important de la politique nationale. Ce deuxième aspect, qui s'insère dans un contexte concurrentiel international particulièrement difficile, rend hautement souhaitable de disposer le plus tôt possible d'une production livrable à l'exportation.

La poursuite des deux objectifs, production nationale et production pour l'exportation, ne pose pas en général de problèmes difficiles. Le « produit » national sert de support et de « version de base » pour l'exportation initiale, les versions ultérieures « export » dérivant ensuite par modifications plus ou moins fondamentales de cette version de base expérimentée pour les besoins nationaux.

L'opération Mirage 2000 pose, par contre, un double problème de structure qu'il importe de souligner compte tenu de son impact sur le programme de développement et de livraison série.

L'Armée de l'air, consciente de la vulnérabilité du réseau de détection, souhaite disposer d'un avion ayant une certaine autonomie de recherche vis-à-vis des hostiles pénétrant à basse altitude. Seul, un avion équipé d'un radar « doppler à impulsions » permet de répondre à cette demande opérationnelle. Le développement d'un tel radar constitue le chemin critique de l'opération ; c'était déjà

le cas dans le programme du biréacteur Super Mirage ACF. La livraison à l'Armée de l'air des premiers avions équipés de radars de série ne peut être envisagée avant juillet 1983.

Il est admis que :

- d'une part, les premiers avions de série, livrés à partir de 1982 ne peuvent être équipés de radars de série ;
- d'autre part, une version « exportation » équipée d'un radar « doppler à impulsions » ne pourrait être éventuellement livrable avant la mi-1984.

Le premier problème impose de concevoir des programmes de développement, d'expérimentation opérationnelle, de production série, qui atténuent au mieux les répercussions sur la mise en service dans les unités de l'Armée de l'air, dues à l'impossibilité « technique » de livrer des avions complètement équipés dès le démarrage de la série.

Le second problème conduit les industriels (AMD-BA et TH-CSF) à proposer d'équiper les premiers avions destinés à l'exportation avec un radar dont le délai de développement est compatible avec une livraison dans le second semestre 1982, date qu'ils se sont fixés comme objectif.

Le 25 août 1976 quatre prototypes monoplaces sont commandés. L'état-major de l'Armée de l'air demande, le 15 septembre 1976, qu'un cinquième prototype, de préférence biplace, soit prévu dans le programme de développement (en décembre 1976, l'Armée de l'air demande qu'une commande d'avions Mirage F1 biplace soit prévue ; cette version a été initialement développée par le constructeur pour l'exportation).

Le 10 février 1977, le Comité des armements nucléaires demande à la DGA d'étudier l'adaptation du missile air-sol moyenne portée (ASMP) à l'avion Mirage 2000.

Le 11 mars 1977, l'EMAA demande que soit prévue la commande en série d'avions Mirage 2000 biplace d'entraînement avancé.

En août 1977, le ministre donne son accord au lancement du prototype Mirage 2000 biplace et aux modalités de financement avec participation des industriels proposées par la DTCA le 11 mai 1977. Le 19 décembre 1977 est notifiée la commande de la préindustrialisation du Mirage 2000 ; le 29 décembre 1977, est commandé le cinquième prototype de Mirage 2000 (biplace) : études à la charge de l'État, fabrication à la charge des industriels.

Le 1<sup>er</sup> février 1978, l'état-major de l'Air diffuse un projet de fiche-programme d'une version d'attaque au sol et de reconnaissance, monoplace, du Mirage 2000.

Le 10 mars 1978, le prototype Mirage 2000 n°01 fait son premier vol.

En mars 1978, le gouvernement décide de développer le missile nucléaire air-sol moyenne portée pour qu'il soit adapté en priorité au Mirage 2000 – et non pas l'avion au missile.

Le 18 septembre 1978, le prototype Mirage 2000 n°2 fait son premier vol.

En septembre 1978, compte tenu des résultats des premiers essais en vol (conditions de réception juste satisfaites mais performances inférieures aux prévisions) la décision est prise de faire des modifications (entrées d'air et fuselage) pour améliorer les performances en vol supersonique).

Le 23 février 1979, pour les missions ASMP sur Mirage 2000, l'EMAA retient la version biplace dérivée de la version Défense aérienne.

Le 26 avril 1979, le prototype Mirage 2000 n°03 fait son premier vol ; le 02 mai 1979, les essais en vol du prototype Mirage 2000 n° 01, après modification pour amélioration des performances en supersonique, reprennent.

Le 12 juillet 1979, l'EMAA diffuse la fiche-programme du Mirage 2000 N, adapté aux missions ASMP ; le ministre décide le lancement du développement du Mirage 2000 N le 10 septembre 1979.

L'industrialisation du Mirage 2000 est commandée le 23 novembre 1979.

Le 24 janvier 1980, en raison des retards constatés dans le développement du radar RDI, le ministre décide que les premiers avions Mirage 2000 de série de l'Armée de l'air seront équipés du radar RDM, développé jusqu'alors par les industriels pour le Mirage 2000 exportation, le RDI ne devant pas, lui, être exporté.

La commande des premiers avions de série Mirage 2000 Défense aérienne intervient le 10 avril 1980.

Le 12 avril 1980, le prototype Mirage 2000 n°04 fait son premier vol ; le 10 octobre 1980, le prototype Mirage 2000 biplace fait son premier vol. Les prototypes n°01, n°02, n°03 sont réceptionnés en décembre 1980, les prototypes n°04 et B n°01 le sont en novembre 1981.

Le programme se déroule dans l'ensemble convenablement mais de très grandes difficultés sont rencontrées dans la mise au point du radar RDI (difficultés dont on prend conscience très tôt) et dans l'équipement de trop nombreux avions en radar RDM (dont il est admis trop tardivement qu'il équipera les premiers avions – l'admettre dès que cela paraissait indispensable aurait peut-être retardé la mise au point du radar RDI).

Le programme se heurtera d'une part à l'extérieur aux difficultés à l'exportation, et d'autre part à l'intérieur aux réductions budgétaires. Il donnera lieu aux versions 2000 C, 2000 B, 2000 N, 2000 D et 2000-5.

## POUR MEMOIRE : MIRAGE MILAN – MIRAGE S<sup>201</sup>

Ce programme de Mirage III équipé d'un empennage avant est cité bien qu'il ne soit pas une réponse à une demande des services, bien qu'il n'ait pas reçu de financement de l'État, hormis certains essais en vol, et bien qu'il n'ait pas débouché en série ; en effet, il correspond à un premier pas vers la génération ultérieure d'avions français à empennage canard, fixe ou mobile (Mirage 2000, Mirage 4000, Rafale).

En 1967, la Suisse désirant remplacer ses avions Venom et Hunter utilisés en particulier pour l'attaque au sol, Dassault en coopération avec la société helvétique Emmen, propose des avions Mirage III équipés d'un empennage avant. La présence de ces « moustaches » permet de raccourcir la distance de décollage (de 600 m), d'augmenter la charge utile, de diminuer le rayon (- 25 %) de virage dans les vallées et de réduire la vitesse d'atterrissage (de 25 à 30 nœuds).

Le Mirage III A n°09 modifié et équipé d'un empennage canard fixe fait son premier vol en septembre 1968.

Le Mirage III R n°344 modifié et muni de « moustaches » escamotables fait son premier vol le 24 mai 1969 et prend la suite des essais en vol de l'avion précédent.

---

<sup>201</sup> S comme Suisse.

Les essais des deux avions permettent de définir le Mirage Milan S 01 dont le premier vol a lieu le 29 mai 1970 (avec Atar 9 K 50 de 7 200 kg de poussée avec PC).

Mais une fois au point, l'avion n'est pas retenu par la Suisse. Son système de bombardement en piqué, identique à celui du Jaguar A, est, par ailleurs, jugé trop rustique et très insuffisant, surtout en comparaison des matériels proposés par l'industrie américaine.

## POUR MEMOIRE : MIRAGE III C2

La nécessité de donner un successeur au Mirage III comme intercepteur performant apparaît en 1963-1964.

En novembre 1964, on examine la possibilité de dériver un avion nouveau à partir du Mirage III C ; ce pourrait être un Mirage III C avec Atar 9 K (moteur du Mirage IV A), avec ou sans radar pulse doppler.

En décembre 1964, un Mirage III E est mis en chantier de transformation Atar 9 K ; il prend la dénomination Mirage III C2.

En février 1965, devant les difficultés prévisibles de réaliser en France un radar pulse doppler, une coopération avec Hughes USA est envisagée sur ce sujet.

En mai 1965, l'Armée de l'air renonce au Mirage III C2. Mais en décembre 1965, il est décidé de poursuivre les essais du Mirage III C2 jusqu'à fin 1966.

En juillet 1968, devant les difficultés budgétaires et la priorité donnée au Jaguar, l'EMAA envisage l'abandon du Mirage F1 et son remplacement par le Mirage III E DA moins coûteux que le Mirage F1 et à livrer à partir de fin 1971 (Mirage III E + Atar 9 K 50 + Cyrano 32 bis).

Finalement, le Mirage III C2 n'est pas acheté pour l'Armée de l'air mais il fera l'objet de commandes à l'exportation avec des livraisons, en particulier, à l'Afrique du Sud.

## POUR MEMOIRE : F1 M 53

Il convient de rappeler que le développement du moteur M53 est décidé début 1968 : il doit être « interchangeable avec l'Atar 9 K 50, pour revaloriser plus tard le Mirage F1 et le nouveau programme biréacteur (Ragel-G4) et pour donner naissance ultérieurement au réacteur Mach 3 ».

Un avion prototype tel que le Mirage F1-M 53 trouve donc sa place et sa justification d'une part comme « banc d'essais volant dans un large domaine de vol » pour la mise au point du moteur lui-même (en complément du banc d'essais volant subsonique Caravelle dont l'un des deux moteurs normaux est remplacé par un M 53) et d'autre part pour préparer l'avion d'armes « Mirage F1 revalorisé M 53 ».

L'Armée de l'air qui craint que le Mirage F1 M 53, s'il existe, soit une solution de repli facile pour qu'un matériel moins performant que celui dont elle estime avoir besoin, lui soit imposé à la première difficulté budgétaire, ne veut pas entendre parler de cet avion.

Les conséquences de cette attitude seront les suivantes :

- le moteur M 53 va évoluer sans que son interchangeabilité totale sur Mirage F1 soit conservée,



Dassault-Breguet Milan S

**PLANCHE XXXV**



- le Mirage F1, plus lourd que le Mirage III, conservant son moteur Atar 9 K 50, va se révéler vite insuffisamment motorisé,
- le moteur M 53, prévu pour propulser un bimoteur, se révélera un peu faible même avec sa poussée deux fois augmentée (M 53-5 puis M 53 P2) pour la propulsion du Mirage 2000, dans l'environnement qui sera celui de sa mise en service, quand il faudra renoncer au bimoteur et se satisfaire du Mirage 2000 mono M 53.

Malgré les dispositions rappelées ci-dessus, le programme F1 M 53 est un « programme pour l'exportation », lancé à l'initiative des Avions Marcel Dassault, avec participation de l'État selon les protocoles signés entre l'État et les deux principaux industriels concernés AMD-BA et SNECMA, le 16 mars 1973.

Le Mirage F1 M 53 fait son premier vol le 22 décembre 1974 ; il est « dérivé » du Mirage F1 K 50, la voilure, les empennages et le train étant conservés mais le fuselage étant « refait » pour pouvoir recevoir le moteur M53 : il apparaît donc que la spécification d'interchangeabilité M 53 - Atar 9 K 50 n'a pas été respectée dès l'origine. Or, les spécifications d'ensemble et en particulier la relativement faible poussée (liée à la technique de l'époque dans le cadre des dimensions limitées imposées) qui se révélera insuffisante pour le Mirage 2000, étaient la conséquence de la volonté de « valoriser plus tard le Mirage F1 et du souci que le biréacteur en préparation ne soit pas « trop gros » (et pas trop cher) ».

Le M 53, initialement conçu pour être capable un jour de Mach 2,50 et plus tard de Mach 3, se révélera quand même bien adapté aux missions haute altitude du Mirage 2000 C mais pas très bien adapté (Cf. consommation spécifique trop élevée) aux missions basse altitude du Mirage 2000 NC.

L'Armée de l'air continue à refuser de porter quelque intérêt au Mirage F1 qui pourrait être l'occasion ou le prétexte pour les Autorités de préférer le F1 M 53 au RAGEL puis à l'ACF au moins deux fois plus coûteux.

Le 14 novembre 1974, un mois avant le premier vol de l'avion prototype, le ministre de la Défense propose l'avion au Consortium OTAN (Belgique - Pays-Bas - Norvège - Danemark) pour le remplacement des F 104 de ces pays en concurrence avec le F 16 américain (« La France s'engage à acheter dès maintenant 50 appareils F1 M 53 ») ; la promesse d'achat ne rencontre qu'incrédulité, l'Armée de l'air la soutenant d'autant plus mollement que le programme ACF est de plus en plus gravement remis en cause. Par ailleurs, le M 53 n'étant pas interchangeable avec l'Atar 9 K 50, l'industrialisation du nouveau fuselage nécessite, pour sa fabrication de série, une industrialisation jugée trop coûteuse. Non seulement le programme F1 M 53 n'est pas « crédibilisé » par une commande nationale mais il est certainement moins performant que son concurrent américain (planeur, moteur, radar, prix).

De mai à juin, lors de la remise en cause de l'ACF et de la recherche d'un programme de remplacement, le Mirage F1 M 53 est l'une des solutions étudiées.

En septembre 1975, le Mirage F1 E (E comme exportation c'est-à-dire Mirage F1 M 53) est préféré - sans qu'une suite soit donnée - au Mirage 50, nouvelle appellation du Mirage III C2 (Mirage III + Atar 9 K 50).

En octobre 1975, l'ACF est sur le point d'être abandonné et AMD renonce à promouvoir à l'exportation le F1 E à la place duquel il propose le Mirage 1000 (delta - S = 35 m<sup>2</sup> - M 53-02).

Le 26 janvier 1976, le ministre de la Défense donne son accord pour le « rachat » du prototype F1 M 53 n°01 pour qu'il soit utilisé comme banc volant M 53 dans le cadre du développement du programme Mirage 2000.

## POUR MEMOIRE : MIRAGE 4000

L'avion de combat futur ACF dont le développement est commandé par l'État à AMD/BA mi-72 et qui est arrêté fin 1975, était un bi-M53 à aile en flèche dénommé quelquefois Super Mirage.

Après l'arrêt de l'ACF, l'État commande le développement du mono M53 à aile delta et commandes électriques Mirage 2000. Cet avion est depuis longtemps considéré par le Centre de prospective et d'évaluation comme le seul possible compte tenu des ressources budgétaires prévisibles si l'on veut conserver le niveau de 450 avions de combat en ligne pour l'Armée de l'air ; cet avion est d'ailleurs proposé depuis quelques mois par le constructeur, depuis qu'il s'est rendu compte que l'ACF n'a plus de chance de réalisation.

Depuis le lancement du Mirage 2000, AMD/BA éprouve en effet le regret de ne pas disposer dans son catalogue, d'un avion bimoteur de hautes performances (toutes choses égales par ailleurs un bimoteur est environ deux fois plus cher mais plus performant qu'un monomoteur).

En avril 1977, AMD/BA décide, avec les autres industriels concernés, de lancer la réalisation d'un prototype bi-M53, le Mirage 4000. Ce prototype fait son premier vol le 9 mars 1979.



Dassault-Breguet Mirage 4000 N

**PLANCHE XXXVI**





Dassault-Breguet Mirage F1 b

**PLANCHE XXXVII**

# CHAPITRE 19

## LE PROGRAMME MIRAGE F1

Par Robert Finance<sup>202</sup>

### GENESE DU PROGRAMME

Des le début des années 1960, les services officiels se préoccupèrent de la succession du Mirage III en explorant différentes filières :

- Une filière à décollage vertical : l'avion expérimental Balzac vola en 1962, suivi par deux prototypes Mirage III V qui firent leur premier vol en 1965 et 1966, équipés d'un moteur principal TF 106 et de 8 moteurs de sustentation RB.162. Cette filière coûteuse, dont la capacité VTOL pénalisait beaucoup les autres performances, fut abandonnée dès 1966. Le deuxième prototype Mirage III V 02 équipé d'un moteur TF306 fut détruit lors d'essais en vol dérapé le 28 novembre 1966.
- Une filière « classique » (aile en flèche fortement hypersustentée et empennage arrière) se démarquant de la formule du delta pur pour diminuer les vitesses de décollage et d'atterrissage : un prototype Mirage III F fut commandé en 1963 ; renommé Mirage III F2 après décision de l'équiper d'un moteur TF30 à la place du TF106 initialement prévu, il fit son premier vol le 12 juin 1966. Il préfigurait un avion opérationnel biplace d'intervention à longue distance dont la masse à vide serait proche de 10 tonnes. Mais, à la suite du retrait de la France de l'organisation militaire de l'OTAN, l'Armée de l'air fut amenée à donner la priorité à la mission de défense aérienne. Le développement du Mirage F3 (F2 équipé d'un moteur TF306) fut alors engagé : deux prototypes et une cellule d'essais statiques furent commandés. En parallèle, l'industrie (à l'initiative de la société GAMD) lança en 1965 la réalisation d'un avion prototype plus petit, monoréacteur, le Mirage F1 01, qui, doté d'un moteur ATAR 9K 31 effectua son premier vol le 23 décembre 1966.
- Une filière à flèche variable : l'avion expérimental Mirage G 01 équipé d'un moteur TF306 vola à la fin de 1967 ; dans le cadre du programme RAGEL, deux prototypes Mirage G4 devant être équipés de deux réacteurs ATAR 9K50 furent commandés en 1968. Les objectifs du programme furent revus en 1970, et ces prototypes furent rebaptisés G8 01 (biplaces) et G8 02 (monoplace). Ils volèrent en 1971 et 1972 mais ne furent pas commandés en série à la suite de la décision de lancer le programme ACF/Super Mirage (1972)

En parallèle la France avait recherché avant le milieu des années 60 à monter des coopérations avec le Royaume-Uni : le lancement du programme Jaguar en 1965 fut suivi d'une tentative de coopération en vue de réaliser un biréacteur à flèche variable (AFVG). La France renonça finalement à cette coopération en 1967.

---

<sup>202</sup> Avec les contributions de Messieurs Durbec, Gaudillet, Tauzia, Tasseau, Bayle, Bascary, Perrier, Charberet (DGA), Berthet (EMAA) et de Messieurs Hironde et Bonny (AMD-BA). La description de la genèse du programme est largement inspirée d'un exposé fait par l'IGA Marcel Benichou lors du colloque CHAE 1985.

Les autorités françaises se trouvèrent donc en 1967 dans la situation où il n'y avait pas d'autre solution pour d'une part équiper l'Armée de l'air en intercepteurs et d'autre part assurer le plan de charge de l'industrie, dans les contraintes financières du moment, que celle consistant à lancer un programme d'avion de défense aérienne basé sur le Mirage F1 (Conseil de défense du 3 février 1967).

## LE LANCEMENT DU PROGRAMME

La décision de lancement du développement du programme était clairement une décision de politique industrielle, subie comme telle par l'Armée de l'air.

L'Armée de l'air publia rapidement une fiche-programme, en date du 15 mars 1967, qui commençait par la phrase suivante : « Le gouvernement a décidé de doter l'Armée de l'air d'avions de type Mirage F1... » et précisait que « le Mirage F1 est destiné à succéder au Mirage III E essentiellement en défense aérienne. Il est conçu pour apporter au moindre coût une amélioration sensible par rapport au Mirage III E... »

En matière d'armements air-air, cette fiche-programme évoquait le missile MATRA 530 et des missiles de combat rapproché « du type Sidewinder ».

Si le développement de l'avion lui-même avait déjà été dégrossi grâce au prototype 01, il fallait cependant, pour réaliser un avion d'armes, lancer un certain nombre de travaux complémentaires. C'est ainsi que furent lancés les développements de la version 9K50 du moteur ATAR 9K qui équipait le Mirage IV et celui du radar Cyrano IV ; en parallèle étaient menés les développements des missiles air-air Magic et Super530.

La phase de développement lancée sur cette base comporta l'étude et la réalisation de trois prototypes (02, 03,04) et d'une cellule d'essais statiques qui furent commandés par un marché de septembre 1967. En parallèle, pour des raisons de maintien de plan de charge industriel, furent préparés des actes contractuels destinés à engager l'industrialisation et les commandes de série, avec la perspective de commander deux tranches de 30 puis 55 avions.

On pouvait alors penser que le programme était définitivement engagé. Cependant, au début de 1969, le processus de lancement de la production fut un moment interrompu. Un point détaillé de la situation fut établi par la DTCA, qui faisait apparaître que le programme se déroulait favorablement du point de vue technique, et que, en dépit des difficultés financières de l'époque, il était préférable de poursuivre que de remettre à nouveau en cause l'orientation prise deux ans plus tôt, par exemple au profit d'une nouvelle version de Mirage III E spécialisée dans les missions d'interception et de police du ciel (désignée Mirage III E')

## LE DEVELOPPEMENT

Le début de la phase de développement fut marqué par un événement grave : la perte du prototype F1 01 et de son pilote René Bigand le 18 mai 1967, suite à l'entrée en flottement de l'empennage horizontal au cours d'un vol à basse altitude et grande vitesse. Cet accident, après analyse et traitement, n'entraîna cependant pas de conséquences fâcheuses sur la suite du développement.

Le Mirage F1 02 (avec ATAR 9K-31) fit son premier vol le 20 mars 1969 ; essentiellement utilisé pour la mise au point de la plateforme et du moteur, il fut rejoint par le F1 03 (avec ATAR 9K-50) le 18 septembre 1969 ; ce dernier fut utilisé

pour les essais de port, de la ergage, de vrilles, puis pour les tirs Magic et 530. Le F1 04 fit son premier vol le 17 juin 1970, équipé d'un SNA réputé représentatif de la série et fut principalement utilisé pour les essais SNA et radar. En mars 1973, le premier avion de série fut également utilisé en essais en vol (SNA, radar, canons). Cet avion fut restitué à l'Armée de l'air en 1978. Enfin en juin 1973, le F1 05 vint compléter cette flotte d'avions d'essais pour la mise au point des conduites de tir canon, Magic et Super 530.

L'activité d'essais en vol fut très importante dans la période 1973-1977. En 1977, le F1 02 fut loué aux AMD-BA pour les essais nécessaires aux versions exportées.

De 1969 à 1977, les avions prototypes effectuèrent 3100 heures de vol. De nombreux essais de systèmes furent effectués sur divers avions de servitude, pour un volume global de 1600 heures.

L'organisation adoptée pour le développement était conforme aux errements de l'époque.

Les travaux de développement des équipements importants (classés « B ») étaient menés par les industriels sous contrat direct de l'État, leur avionage étant confié aux AMD-BA. La maîtrise d'œuvre globale du système d'armes était assurée par la DTCA (STAé avec le soutien du STTA et du CEV et la participation active des officiers de marque du BPM et du CEAM). La possibilité de confier la maîtrise d'œuvre à l'avionneur avait cependant été examinée à l'origine du programme compte tenu du caractère « intérieur » dont il était qualifié à l'époque.

La vérification du dimensionnement statique de la structure fut effectuée pour l'essentiel sur la cellule d'essais statiques installée au CEAT. Ces essais se déroulèrent sans incident et mirent souvent en évidence des marges significatives. Pour le comportement en fatigue, il avait été considéré au début du programme qu'un essai partiel limité à la zone de liaison de la voilure au fuselage serait suffisant. Cette époque d'ailleurs aucun essai de fatigue sur une structure complète d'avion d'armes n'avait été réalisé, sauf aux États-Unis pour le F 111<sup>203</sup> ; le principe d'un essai sur structure complète avait cependant été retenu pour le programme Jaguar). Cet essai, réalisé au CEAT, a rapidement en évidence une zone critique au niveau de la ferrure d'attache en acier « Maraging » de la voilure au fuselage, qui cassa après 2120 vols simulés. Ce fut une cause sérieuse d'inquiétude, qui entraîna le renforcement de la zone de structure concernée et, ultérieurement, de nouveaux essais de fatigue, l'équipement de tous les avions avec des accéléro-copteurs ainsi que la mise au point par l'AIA de Clermont-Ferrand de méthodes de contrôle non destructif appropriées.

Durant le développement initial (jusqu'en 1973) plusieurs modifications significatives de définition furent introduites :

- adoption des missiles Magic et S530 en lieu et place des Sidewinder et 530
- installation d'un enregistreur d'accident
- adjonction de quilles
- becs de bord d'attaque automatiques
- fragilisation de la verrière
- ailerons en fibres de carbone

<sup>203</sup> Sur le F 111, l'essai de fatigue avait mis en évidence dès 1968 le mauvais comportement en fatigue du caisson central en acier. En dépit de restrictions sévères du domaine de vol, un F 111 se tait rompu en vol en 1969...

Sur ce dernier point, il s'agissait moins de répondre à un besoin opérationnel que d'installer pour la première fois sur un avion de combat une pièce de structure en carbone pour en étudier le comportement en conditions réelles (ce pas ne fut franchi qu'après de nombreux essais de fatigue-vieillessement effectués au CEAT).

Ultérieurement, d'autres évolutions de définition furent introduites, et notamment l'utilisation des volets en combat, le ravitaillement en vol (avions du type – 200) et l'amélioration des CCME du radar (version Cyrano IVM).

Globalement, le développement initial de la version F1 C fut mené avec une grande économie de moyens et de ressources budgétaires puisque le coût de développement représenta environ 50 fois le coût unitaire moyen des 100 premiers avions.

## INDUSTRIALISATION ET PRODUCTION EN SERIE

Pour des raisons de plan de charge industriel, des premiers travaux d'industrialisation furent commandés dès la fin de 1967. L'industrialisation complète fut commandée en septembre 1968 dans la perspective d'une production de série de volume limité avec une cadence mensuelle de production de 2 avions. Les deux tranches prévues furent commandées en fin 1969 (30 avions) puis en août 1971 (55 avions).

La livraison du premier avion de série était prévue en juin 1972. En fait cet événement fut retardé de 9 mois pour deux raisons : l'une technique résultait de la modification des becs, l'autre industrielle, du fait des difficultés de tous ordres rencontrées dans le transfert de la fabrication du fuselage avant de Hurel-Dubois à la SNIAS. Ce transfert, décidé pour des raisons de plan de charge, donna lieu à des négociations difficiles au plan financier, et nécessita une forte implication de la DTCA.

Les décisions successives d'abandon des programmes G4, G8 et plus tard ACF conduisirent naturellement à prolonger les commandes de série : 20 appareils fin 1973, puis 11 en 1976, 24 en 1977 et enfin 24 en 1978. Par cette dernière commande, L'Armée de l'air se voyait donc dotée de 164 F1 C, dont la moitié étaient ravitaillables en vol.

Les premières ventes à l'exportation intervinrent très tôt, dès 1971, et les prises de commandes se succédèrent à un bon rythme : la cadence de production monta rapidement

De 2 avions par mois en 1973 à 6 avions par mois en 1976, puis 7 avions par mois en 1980. Durant toute cette période la décroissance des coûts de production fut bonne (conséquence probable de la nécessité de produire plus que prévu malgré un niveau initial d'industrialisation assez modeste : les coûts d'industrialisation supportés par l'État se situèrent au niveau de 25 fois le coût unitaire moyen des 100 premiers avions)

## MISE EN SERVICE DANS L'ARMEE DE L'AIR

La mise en place du premier escadron opérationnel intervint en décembre 1973, au sein de la 30<sup>ème</sup> Escadre de chasse à Reims ; un deuxième escadron fut équipé en juin 1974. La montée en puissance dans l'Armée de l'air fut ensuite ralentie en dépit de l'augmentation de la cadence de production. En effet plusieurs pays étrangers avaient passé commande très tôt.

Parmi ces pays, la Grèce souhaitait des délais de livraison courts, et à la demande de l'industrie, le ministre de la Défense autorisa en 1974 le prélèvement au profit de ce pays d'avions français. La 5<sup>ème</sup> Escadre de chasse, stationnée à Orange, fut dotée de deux escadrons en 1975, et la 12<sup>ème</sup> Escadre de Cambrai fut également équipée de deux escadrons en 1977.

Durant cette période, de nombreuses difficultés furent rencontrées au plan de la logistique du fait des engagements pris à l'exportation.

Un troisième escadron fut constitué à Cambrai en 1980, tandis que l'escadron 1/10 « Valois » fut le dernier à être constitué à Creil.

## LA VERSION BIPLACE F1 B

Dés 1973, AMD-BA avait proposé de développer une version biplace, et demandé une aide au titre de l'article 90 ; mais l'ampleur de l'opération dépassait les possibilités offertes par cette procédure...Ce fut donc la commande par le Koweït en 1974 qui permit à AMD-BA de lancer le développement de cette version, dont le premier vol eut lieu le 26 mai 1976.

L'Armée de l'air fit part de son intérêt pour cette version en septembre 1976, et, après études de plusieurs possibilités, retint une définition proche de celle du Koweït, avec cependant la possibilité de monter une perche « sèche » pour l'entraînement au ravitaillement en vol et un siège éjectable 0/0 SEMMB mk 10.

L'Armée de l'air envisageait initialement l'achat de 15 biplaces. Ils furent commandés en deux tranches de 6 puis 9 avions en 1976 et 1978. 5 appareils supplémentaires furent commandés en 1979, portant la dotation de l'Armée de l'air à 20 appareils.

La participation de l'État aux frais fixes engagés par l'industrie fut établie dans l'hypothèse d'une production globale de 50 biplaces. Ce nombre fut finalement légèrement dépassé.

## CR LA VERSION RECONNAISSANCE F1 CR

Le lancement de cette version à la fin des années 1970 résulta de la conjonction de plusieurs facteurs :

- La nécessité de remplacer à terme les Mirage III R et RD,
- L'arrivée prévue des Mirage 2000 de défense aérienne en 1983 : la programmation 1977-1982 prévoyait, par continuité, de nouvelles commandes de Mirage F1C. Le maintien de cette orientation aurait conduit à disposer de trop d'avions de défense aérienne,
- Enfin, les AMD-BA et leurs coopérateurs avaient développé et commençaient à livrer des versions export basées sur un système de navigation et d'attaque largement numérisé, d'un niveau proche de celui en cours de développement pour le Mirage 2000. Ce système, basé sur un radar modernisé et doté de fonctions air-sol, comprenait notamment un calculateur principal, un bus numérique, une centrale inertielle et un viseur cathodique performant. Il équipait la version F1 EH destinée au Maroc. Pour ce même pays, les AMD-BA développait une nacelle de reconnaissance « COR 2 ».

L'Armée de l'air avait été tenue informée de ces développements. Elle prit l'initiative de discussions exploratoires en juin 1978, et demanda officiellement au

STAé en août de la même année d'engager une étude de définition pour une version de reconnaissance capable d'emporter en interne des appareils photographiques, et de recevoir d'autres capteurs (radar à antennes latérales, capteur infrarouge) ; cela dans la perspective d'engager un marché de série dès 1979.

La phase de définition engagée immédiatement par la DTCA fut très agitée, avec des changements d'orientation notamment au sujet du radar et de la position du capteur infrarouge. Elle se déroula en trois phases successives, et la définition fut finalement arrêtée en septembre 1979. La DTCA avait dans l'intervalle pris des dispositions pour éviter toute interruption des fabrications dans l'industrie, en passant un marché préliminaire d'industrialisation en Juillet 1979, et en entamant la négociation d'un marché de série sur la base des éléments connus... Ce marché fut notifié le 31 décembre 1979 ; il commandait une première tranche de 18 avions et prévoyait une tranche supplémentaire de 23 appareils, qui fut commandée en 1980. En 1981, une troisième tranche de 21 avions fut commandée.

Par ailleurs, pratique tout à fait inhabituelle, le contrat d'industrialisation comprenait la transformation de 2 Mirage F1 C en « avions de définition » F1 CR.

Si, durant cette courte période, il fut possible d'engager le développement et la production de série des avions Mirage F1 CR, ce ne fut pas sans difficultés, car au plan des compétences et des ressources humaines, ce programme arrivait en concurrence avec le programme Mirage 2000, plus important, plus difficile et donc prioritaire.

L'organisation adoptée pour le développement fut dans l'ensemble similaire à celle adoptée antérieurement pour le Mirage F1 C, à deux dispositions près :

- Certains équipements relativement importants, et habituellement commandés par le STTA, furent commandés par AMD-BA pour le seul développement, pour des raisons de délais (équipements repérés C\*).
- AMD-BA fut chargé de mettre en place et de faire fonctionner une « équipe de coordination système » rassemblant les industriels contribuant au SNA, équipe qui apporta une contribution positive au bon déroulement du développement, même si aucune responsabilité de maîtrise d'œuvre ne lui avait été contractuellement transférée.

Le premier avion de définition fit son premier vol le 20 novembre 1981. L'Armée de l'air avait entre temps défini un certain nombre de besoins complémentaires :

- stations d'exploitation du renseignement au sol, en novembre 1980,
- avion d'entraînement à l'emploi du système d'armes, basé sur un Mystère 20 modifié (avril 1981)
- nacelles de reconnaissance spécialisées (décembre 1979)

Le déroulement des travaux de développement au sol et en vol apporta son lot habituel de problèmes à résoudre, et, compte tenu du calendrier de livraison des avions de série, trois standards de systèmes furent définis.

Le premier escadron opérationnel (2/33 « Savoie ») fut constitué à Strasbourg en 1983. Les avions disposaient de leur équipement de reconnaissance de base : caméras OMERA 33 et 40, capteur infrarouge, installé dans une des soutes canon, SAT « Super Cyclope »

Plusieurs capteurs spécialisés emportés en nacelles vinrent progressivement compléter cet équipement initial :

- nacelle radar à antennes latérales « Raphaël-TH »



Dassault-Breguet Mirage F1 CR

**PLANCHE XXXVIII**



Dassault-Breguet Mirage F1 CT

**PLANCHE XXXIX**

- nacelle de reconnaissance électronique « ASTAC »
- nacelle « Presto » (pour prises de vues photographiques à haute altitude et distance de sécurité)

Les Mirage F1CR furent fréquemment engagés dans des opérations extérieures, notamment « Epervier » au Tchad en 1986 et « Daguet » en Arabie Saoudite en 1990.

## LA VERSION TACTIQUE MIRAGE F1 CT

Pour les raisons déjà exposées au paragraphe précédent, l'Armée de l'air envisagea au début de 1980 de commander 21 Mirage F1 dans une nouvelle version « Tactique ». Elle considérait en effet, à juste titre, que le SNA du F1 CR constituait une bonne base de départ pour produire une version très proche, capable de tirer des missiles antiradar et des armements air-sol.

Par ailleurs, l'avancement du programme Mirage 2000 conduisait à penser que l'Armée de l'air pourrait à terme disposer d'un nombre relativement important de Mirage F1C récents et ayant encore peu d'heures de vol.

La DTCA engagea donc une étude dans les deux hypothèses : achat d'avions neufs ou modernisation de 50 F1 C. Les résultats de cette étude furent présentés au Chef d'état-major au début de 1981. Cette étude concluait sans surprise que si la définition d'un éventuel Mirage F1 « Tactique » restait très homogène à celle du Mirage F1 CR, la faisabilité dans des conditions économiques raisonnables était acquise ; d'autre part que la transformation de F1 C était également réalisable, avec une incertitude à lever sur la durée de vie structurale des avions transformés pour une utilisation principalement en basse altitude<sup>204</sup>.

Les conditions pratiques permettant de lancer l'opération de transformation ne pouvant pas être réunies avant plusieurs années, l'Armée de l'air décida de laisser l'ensemble de l'opération en attente.

La DTCA continua cependant dans les années qui suivirent de rassembler les éléments permettant de traiter la question de la durée de vie structurale. Un essai de fatigue d'une structure complète fut lancé en 1982, dont les résultats, regroupés avec les informations fournies par les accéléro-compteurs installés aussi bien sur les Mirage F1C de défense aérienne que sur les Jaguar de la Force Aérienne Tactique, permit de conclure à une durée de vie probablement supérieure à 5 000 heures de vol.

Il ne fut plus question officiellement de cette opération pendant plusieurs années...Il est vrai que durant cette période, on parlait beaucoup du futur Avion de Combat Tactique (ACT). Evoquer en parallèle un Mirage F1 « Tactique » aurait pu faire douter de la volonté de l'Armée de l'air d'engager rapidement ce nouveau programme...

En juillet 1987, une étude de rénovation du F1 C (sans utiliser le terme « tactique ») fut redemandée par le BPM, et l'opération fut finalement lancée en fin 1988, en vue de transformer 55 F1 C-200 en F1 CT. La transformation d'un premier avion fut réalisée par AMD-BA à Biarritz, et cet avion y fit son premier vol le 3 mai 1991. AMD-BA réalisa également un avion « modèle » qui, transporté par la route à

---

<sup>204</sup> L'objectif initial de durée de vie structurale était de 3 000 heures de vol, pour des missions de défense aérienne.

l'AIA de Clermont-Ferrand, fut utilisé comme référence pour transformer tous les autres avions. Cette opération fut effectuée de 1991 à 1994. Un premier escadron fut constitué dans l'Armée de l'air en 1992.

Cette version du Mirage F1 est capable d'un large éventail de missions, puisque tout en conservant les capacités de tir des armements air-air, elle peut tirer la plupart des armements air-sol classiques et des armements guidés laser. En matière d'emports externes, elle utilise des capacités qui avaient été développées pour l'exportation, dont un gros réservoir ventral de 2 200 litres, et l'utilisation des deux points d'emports médians de voilure pour des nacelles de contre-mesures. Le radar Cyrano IV M a été conservé, et l'adjonction d'un télémètre laser a permis d'obtenir de bonnes performances en air-sol. Cette version dispose également de lance-leurres « Corail » et d'un détecteur d'alerte « Sherlock ».

## LES MIRAGES F1 EXPORT

Le Mirage F1 suscita l'intérêt de plusieurs pays étrangers avant même qu'il soit en service dans l'Armée de l'air française ; ce furent d'abord des versions adaptées à la défense aérienne qui furent exportées, mais très rapidement l'industrie développa une version capable de missions air-sol sous la dénomination F1 A. Cette version était équipée d'un radar EMD « AIDA » et d'un ensemble d'équipements permettant une navigation et une conduite de tir précise en air-sol, en conditions visuelles. Elle disposait par ailleurs d'une capacité interne de carburant accrue. Cette version fut commandée par l'Afrique du Sud, puis par la Libye.

Constatant que la demande pour des avions multirôle était importante, l'industrie développa ensuite, sous la dénomination F1 E, une nouvelle version qui reprenait le radar Cyrano IV du F1 C, et était équipée d'équipements numériques de dernière génération (centrale inertielle, calculateur central, viseur cathodique ...). Ce fut une mutation très importante à laquelle la Division systèmes d'armes d'AMD-BA contribua grandement.

Les versions les plus capables furent celles livrées à l'Irak durant les années 1980, dans les définitions successives EQ2/4 puis EQ5/6. Cette dernière version était capable d'exécuter des missions de défense aérienne, des missions de reconnaissance aérienne, et des missions air-sol aussi bien avec des armements classiques qu'avec des armements spécialisés ( missiles anti-radar, anti-navire, à guidage laser ...). On sait que ces avions furent largement utilisés, avec succès, en opérations réelles.

Le programme Irak fit l'objet d'un engagement du gouvernement français d'assurer le suivi technique de ce programme comme un programme national. Un « Contrôleur de programme » fut nommé à cet effet, et le premier fut l'Ingénieur en chef René Audran.

## LE « MARCHE DU SIECLE » ET LE MIRAGE F1 M 53

Dés 1970, AMD-BA proposa d'examiner la possibilité d'équiper le Mirage F1 d'un moteur plus puissant, dont la SNECMA avait lancé l'étude, et dont des démonstrateurs tournaient au banc : le moteur double flux M 53, destiné au futur ACF.

En 1973, lorsque la Belgique, le Danemark, les Pays-Bas et la Norvège exprimèrent le besoin de remplacer leurs avions de combat F.104, le gouvernement français décida de soutenir le lancement d'une version de Mirage F1 équipée d'un M 53. Un premier prototype fut réalisé et vola dès le 22 décembre 1974. Cet avion, baptisé F1 E (comme « Europe ») entra donc en compétition avec le YF 16 de General Dynamics et le YF 17 de Mac Donnell Douglas (qui était eux-mêmes en compétition aux États-Unis dans le cadre du programme Light Weight Fighter), pour ce qui était présenté dans les médias comme le « marché du siècle ». Les compétiteurs américains bénéficièrent eux- aussi d'un important soutien de leur gouvernement, avec l'annonce en fin 1974 d'une commande initiale de 650 avions, puis en janvier 1975 du choix du F 16. En dépit des qualités réelles du F1 E et des annonces faites par les autorités françaises de leur intention d'en commander, les quatre pays choisirent finalement le F 16 en 1975. Le programme F1-M 53 fut abandonné, et le prototype, racheté par l'État, servit de banc d'essai volant pour le nouveau moteur.

## CONCLUSION

Le Mirage F1 fut d'abord une plateforme particulièrement réussie, dotée de commandes de vol remarquables, d'un excellent pilote automatique, d'un moteur simple, robuste et performant. L'important volume de carburant emporté en interne, et l'architecture de ses points d'emports externes lui conféraient beaucoup de possibilités.

Doté successivement de systèmes d'armes de plus en plus numérisés, il fut progressivement capable de remplir toutes les missions d'un avion d'armes

Il fut souvent présenté comme un avion « de transition » ou « intérimaire » (en attendant l'ACF...). S'il mérite encore ce qualificatif, c'est uniquement parce que, au fil des différentes versions développées, il fut le support et le bénéficiaire du passage progressif des technologies analogiques au tout numérique. Mais, produit à plus de 700 exemplaires durant une période où le plan de charge généré par les programmes aéronautiques civils était encore limité, il contribua de façon importante au développement de l'industrie aéronautique française, et mérite bien d'être considéré comme un programme majeur particulièrement réussi.

## ANNEXE 1 DESCRIPTION TECHNIQUE SOMMAIRE

- Voilure haute, mince, en flèche, équipée de becs et de volets, d'une surface de 25 m<sup>2</sup>
- Empennage horizontal monobloc
- Un moteur ATAR 9K-50 de 6 830 daN de poussée (en PC)
- Carburant interne 4 300 litres (3850 litres pour F1B) ; capable d'emporter des réservoirs externes de 1 200 litres en 3 points ; éventuellement un réservoir de 2200 litres sous fuselage (CT) ; ravitaillable en vol par perche rétractable (sauf F1B)
- Masse à vide équipée : 7 800 kg pour le F1C ; 8 060 kg pour le F1B ; 8 050 kg pour les F1CR et CT
- Masse maximale au décollage : 16 200 kg
- Trois points d'emports externes sous chaque voilure ; un point d'emport fuselage
- Siège éjectable Martin-Baker Mk 4 (F1C) - Mk10 sur F1B, CR et CT
- Monographie détaillées des Systèmes d'Armes : voir VI 11

### *Capacités opérationnelles principales*

F1C : avion monoplace de défense aérienne,

- capable d'emporter deux missiles Matra S 530F et deux Magic 2 ; équipé de deux canons de 30mm DEFA 553 ;
- capable de missions d'appui tactique (Tir de roquettes, bombes lisses et freinées)

F1B : avion de défense aérienne et de transformation des pilotes, avec les mêmes capacités que le monoplace F1C (sauf capacité de carburant interne, perche de ravitaillement « sèche » et absence de canons internes)

F1CR : avion de reconnaissance tactique et d'assaut conventionnel,

- emportant de nombreux capteurs en interne (appareils photographiques OMERA 33 et 40, capteur infrarouge SAT « Super-cyclope ») ou en nacelles sous fuselage ;
- armé d'un canon de 30 mm et de deux Magic 2 pour l'autodéfense ; capable de missions d'assaut conventionnel avec bombes lisses et freinées.

F1CT : avion d'assaut conventionnel et de défense aérienne, qui, doté d'un système de navigation et d'attaque modernisé, est capable de tirer une grande variété d'armements air-sol ; par rapport au F1C il dispose d'un système d'autoprotection contre les menaces infrarouge et électromagnétiques et conserve les mêmes capacités air- air.

## ANNEXE 2 BILAN DE LA PRODUCTION

La production totale de Mirage F1 a été de 725 appareils, dont 718 ont été livrés :

FRANCE	164 C <sup>1</sup>	20 B	62 CR
AFRIQUE DU SUD	16 CZ	32 AZ	
ESPAGNE <sup>2</sup>	45 CE	6 BE	22 EE
KOWEIT	27 CK	6 BK	
GRECE	40 CE		
LYBIE	16 AD	6 BD	16 ED
MAROC	30 CH	20 EH	
IRAK	15 BQ	106 EQ	
EQUATEUR	16 JA	2 JE	
JORDANIE	17 CJ	2 BJ	17 EJ
QATAR	12 DDA	3 EDA	

<sup>1</sup> Dont 2 transformés en prototypes CR, et 55 en CT.

<sup>2</sup> L'Espagne a complété sa dotation initiale en achetant 12 appareils au QATAR et 5 à la France.

## ANNEXE 3 UTILISATION DANS L'ARMEE DE L'AIR FRANÇAISE

### *Unités dotées de Mirage F1*

Furent équipés de Mirage F1 les escadrons suivants :

F1C / B :

- A Reims : 1/30 Valois ; 2/30 Normandie-Niemen ; 3/30 Lorraine
- A Orange : 1/5 Vendée ; 2/5 Ile De France ; 3/5 Comtat Venaissin
- A Creil : 1/10 Valois
- A Cambrai : 1/12 Cambresis ; 2/12 Picardie ; 3/12 Cornouaille
- A Mont De Marsan : 24/118 Ceam

F1CR :

- A Strasbourg : 1/33 Belfort 2/33 Savoie ; 3/33 Moselle

Avec la mise en service des Mirage 2000, les F1.C furent progressivement retirés ou transformés en F1.CT. En 2005 la situation est la suivante :

F1C / B :

- A Reims : 3/ 33 Lorraine
- A Djibouti : 4/30 Vexin Devenu 4/33 Vexin

F1CR :

- A Reims : 1/33 Belfort ; 2/33 Savoie

F1CT/B :

- A Colmar : 1/30 Alsace ; 2/30 Normandie-Niemen

### *Gestion de la configuration*

Pour l'ensemble des versions, c'est un peu plus de 1200 modifications qui ont été adoptées, dont environ 1100 durant la période où l'avion était classé en « évolutif ».

## *Accidents en service*

Jusqu'en 2005, c'est un peu plus de 50 appareils qui ont été détruits par accidents dans l'Armée de l'air française, pour une activité aérienne globale approchant un million d'heures de vol.

Paradoxalement pour un avion dont le comportement en approche était a priori plus facile que celui de son prédécesseur le Mirage III, le premier appareil détruit le fut à la suite d'un atterrissage dur survenu en fin 1974. Un accident semblable se produisit deux ans après, entraînant le montage d'un « Détecteur d'Atterrissage Dur ». Aucun avion ne fut plus ensuite perdu dans ces circonstances... 12 appareils ont été perdus à la suite de problèmes dans lesquels le moteur a été impliqué. Enfin, un avion fut perdu en 1986 à la suite d'une sortie dissymétrique du train principal causée par l'application erronée d'une modification ...

A la suite de cet accident la Direction du STPA fit engager une étude exhaustive de pannes sur l'avion Rafale dès le début de son développement.

### ANNEXE 4 PRINCIPAUX RESPONSABLES ÉTATIQUES (1970 – 1992)

<b>Directeurs de programme</b>			<b>Ingénieurs de marque</b>		
IP Bruere	SPAé	1971-1974	IP De Bignicourt	STAé	1970-1973
IP Durbec	SPAé	1974-1977	IP Gaudillet	STAé	1973-1978
IP Tasseau	STAé	1978-1980			
IC Finance	STPA	1980-1984	ICT Tauzia (avec IP Malavielle pour production)	STPA	1978-1988
IC Bayle	STPA	1984-1985			
IC Bascary	STPA	1985-1986			
IC Cornand	STPA	1986-1992	IPETA Perrier	STPA	
IC Delor	STPA	1992	IPETA Lejeune	STPA	
<b>Contrôleurs de programme</b> (Exportation)			<b>Officiers de marque</b> (EMAA / BPM puis BPSA)		
IC. Audran STTE jusqu'en 1985			Colonel Mercier		
IC. Finance 1985-1988			Colonel Olivier		
			Lieutenant-colonel Mozer		
			Colonel Robert		
			Lieutenant-colonel Archambault		
			Colonel Beaudoux		
			Lieutenant-colonel Cocault		
			Colonel Bricka		

#### *Présidents de la « Commission Locale de modifications Mirage F1 »*

IG. Begni, jusqu'en 1974  
IC. Bruere 1974-1978  
IC. Durbec 1978-1989

## CHAPITRE 20

### L'AVION FRANCO-BRITANNIQUE JAGUAR

Par Georges Givois et Roger Monnier

#### ORIGINE DU PROGRAMME

En 1964, pour remplacer les T33, le F-100 Super Sabre et les Mystère IVA, l'état-major de l'Armée de l'air a établi une fiche programme pour un avion devant exister en deux versions : une version biplace en tandem d'Ecole d'entraînement avancé et une version monoplace d'appui tactique (programme ECAT). Il devait être rustique, facile de mise en œuvre et d'entretien et peu onéreux. Il devait avoir des capacités de décollage court et d'utilisation de terrains sommairement aménagés. Il n'avait aucune prétention de performances supersoniques mais il devait avoir un rayon d'action d'au moins 500km à très basse altitude sur réservoirs internes. Ses capacités d'emport d'armement devaient être importantes mais son système d'armes devait rester simple et fiable. Pour des raisons de sécurité, il était demandé qu'il soit biréacteur.

La société Dassault a alors proposé son avion Cavalier, assez voisin du Northrop F5, mais cet appareil était loin de répondre aux exigences de la fiche programme. Sur les bases de cette dernière, un concours a donc été lancé auprès des constructeurs français Breguet, Dassault, Nord Aviation, Sud Aviation et Potez. Finalement, en janvier 1965, c'est le projet de Breguet (dénommé Breguet 121) qui a été retenu par les services officiels français. Le moteur choisi pour équiper cet avion était le Rolls-Royce/Turboméca RB 172.

De leur côté, les services officiels britanniques étaient confrontés au remplacement des avions Folland GNAT, Hawker Hunter et Canberra et désiraient un avion école supersonique pour lequel la BAC avait établi un projet (P45).

Compte tenu d'une certaine convergence des besoins des deux pays et espérant réduire le coût global du programme, les deux ministres (M. Messmer pour la France et Mr Healey pour le Royaume-Uni), signèrent un accord de coopération en mai 1965. Les discussions entre États-majors aboutirent à la rédaction d'une fiche programme commune en vue de la réalisation d'un avion capable de voler à Mach 1,5 et dont la version biplace devait présenter une place arrière surélevée assurant une bonne visibilité.

Il fallait ensuite trouver un nom qui soit commun aux deux langues et qui convienne à l'appareil rapide et fougueux qu'on se proposait de réaliser ; c'est finalement le nom du Jaguar qui a été retenu. Quant au moteur qui devait être réalisé en coopération entre Rolls Royce et Turboméca, il fut baptisé Adour, nom de rivière existant dans les deux pays.

#### ORGANISATION DE LA COOPERATION.

La réalisation de la cellule et de ses équipements a été placée sous la responsabilité d'une agence exécutive française tandis que la réalisation du moteur était placée sous la responsabilité d'une agence exécutive britannique.

Du côté des services officiels, le programme a été géré par un comité directeur franco-britannique dont la présidence était alternée et qui était assisté par plusieurs sous-comités spécialisés :

- le sous comité Avion, sous présidence française, chargé de la réalisation et de la mise au point des prototypes ;
- le sous comité Moteur, sous présidence britannique, chargé de la réalisation et de la mise au point du réacteur ;
- le sous-comité Production, sous présidence, chargé de toutes les questions relatives à la fabrication des avions de série ;
- le sous-comité administratif, sous présidence, chargé des aspects contractuels et administratifs.

Du côté des Industriels, les avionneurs ont créé, en mai 1966, une société anonyme de droit français, la SEPECAT, partagée paritairement entre Breguet Aviation (ultérieurement AMD-BA) et la British Aircraft Corp (ultérieurement British Aerospace). Les responsabilités y sont réparties de façon permanente et, suivant l'objet, le responsable est l'un des partenaires, l'autre tenant le rôle d'adjoint. Trois administrateurs ont été désignés par chacun des deux Industriels et le Conseil d'administration est présidé en alternance annuelle par un haut responsable de l'un ou l'autre industriel.

Pour la mise au point et la réalisation du moteur Adour, une organisation analogue a été mise en place avec création en juin 1966 d'une société commune Rolls-Royce/Turboméca Ltd, celle-ci étant de droit britannique.

Cette organisation tant des services officiels que des Industriels reposait sur une maîtrise d'œuvre française pour la cellule et britannique pour le moteur mais en fait cette maîtrise d'œuvre est restée très théorique car toutes les décisions importantes ont été prises d'un commun accord, ce qui a quelquefois entraîné des discussions difficiles mais n'a jamais conduit à des blocages.

## LA PHASE DEVELOPPEMENT.

Le Jaguar devait être réalisé en plusieurs versions pour répondre aux exigences particulières des différents utilisateurs opérationnels :

- Jaguar A : appui tactique monoplace destiné à l'Armée de l'air française
- Jaguar E : école biplace destiné à l'Armée de l'air française
- Jaguar M : appui tactique monoplace destiné à l'Aéronavale française
- Jaguar S (dénommé GR1 en série) : appui tactique monoplace destiné à la Royal Air Force
- Jaguar B (dénommé T2 en série) : école biplace destiné à la Royal Air Force

Pour le développement de ces différentes versions et la mise au point en vol du moteur, un nombre important de prototypes a dû être réalisés. Il y en a eu 8 au total : E01 et 02 biplaces, A03 et 04 monoplaces, M05 version Marine, S06 et 07 monoplaces britanniques et B08 biplace britanniques.

Le prototype E01 a effectué le premier essai de roulage le 11 avril 1968 et son premier vol à Istres le 8 septembre 1968 aux mains de Bernard Witt, chef pilote d'essai de Breguet Aviation. Le prototype E02 a effectué son premier vol le 11 février 1969 et a été essentiellement consacré à la mise au point du réacteur. Le prototype monoplace A03 a effectué son premier vol le 23 mars 1969 mais a été détruit dans un accident lors de son 6<sup>ème</sup> vol, le 8 mai 1969. Le prototype A04 a fait

son premier vol le 27 mai 1969, cette fois aux mains du chef pilote d'essai britannique Jimmy Dell. Le 14 novembre 1969, c'est le prototype Marine M05 qui a fait son premier vol aux mains du pilote Breguet, Jacques Jessberger.

Le prototype A06, premier appareil construit en Grande Bretagne, a décollé de Warton le 12 octobre 1969 aux mains de Jimmy Dell. Le prototype S07, équipé du système d'armes britannique a effectué son premier vol le 12 juin 1970. Le B08, dernier prototype, a effectué son premier vol à Warton le 30 août 1971 ; c'était le premier biplace sortant des chaînes britanniques et très proche de la définition série.

Fin 1971, l'ensemble des prototypes avait effectué environ 2300 heures de vol. Le développement technique et opérationnel allait se poursuivre sur les premiers avions de série. Le Jaguar E1 a fait son premier vol le 2 novembre 1971 et le E2 le 4 mai 1972. Quant aux avions de série destinés à la Royal Air Force, les Jaguar S1 et S2 ont fait leur premier vol respectivement le 12 octobre et le 16 novembre 1972. Le Jaguar pouvait alors entamer sa carrière opérationnelle.

## DESCRIPTION DE L'AVION.

Le Jaguar est un biréacteur à aile haute monobloc placée sur le dessus du fuselage et ayant une flèche de 40°. Des becs de bord d'attaque à fente occupent les 2/3 extérieurs de l'envergure tandis que le bord de fuite est occupé par des volets à double fente. La voilure n'a pas d'ailerons ; le gauchissement est assuré par des spoilers sur l'extrados ainsi que par le braquage différentiel de l'empennage horizontal monobloc.

### *Principales caractéristiques*

	Version A	Version E	Version S	Version B
Envergure, en m	8,69			
Longueur, en m	16,83	17,57	16,83/15,52	16,42
Hauteur, en m	4,82		4,89 4,92	
Surface alaire, en m <sup>2</sup>	24,18			
Masse à vide équipée, en kg	7 500	7 500	7 000	
Masse au décollage maximale, en kg	10 600		10 950/10 430	
Masse maximale au décollage, en kg	15 000	15 000	15 700	
Emport de carburant interne, en litres	4 200	3 360		
Emport de carburant maximal, en litres	7 800	5 270		
Vitesse maximale, en nœuds	650			
Nombre de Mach maximal	1,35			
Plafond opérationnel, en m	12 000	12 000	14 000	
Rayon d'action basse altitude, en km	600	850		
Distance de convoyage, en km	3 500		4 200	
Capacité d'emport de charges, en kg	4 500		4 760	

L'avion est propulsé par deux moteurs Adour. Les entrées d'air sont carrées sans piège à couche limite et sont pourvues de trappes additionnelles sur leur côté.

Le train d'atterrissage massif s'escamote dans le fuselage ; il permet l'utilisation de terrains sommairement aménagés.

Les aérofreins, en pétales et percés de trous, sont placés derrière le train principal.

L'avion comporte un point d'accrochage sous le fuselage et deux points sous chaque demi-voilure.

Un parachute frein est placé à l'arrière du fuselage ainsi qu'une crosse d'arrêt de secours capable d'une décélération de 2g.

Les monoplace possèdent une perche de ravitaillement en vol rétractable sur le côté de la pointe avant. La version biplace française peut aussi être ravitaillée en vol mais la perche latérale escamotable est remplacée par une perche fixe dans le nez de l'avion.

### *La version Marine.*

Cette version a reçu des modifications importantes pour l'adapter à la navalisation. Le train d'atterrissage a été renforcé ainsi que la structure qui le supporte. Les dispositifs hypersustentateurs ont été modifiés. Le crochet d'arrêt de secours existant sur les autres versions a été remplacé par une véritable crosse d'appontage à commande hydraulique. Des crocs de catapultage ont été installés sous la voilure. Le siège Martin Baker Mk4 a été remplacé par un siège zéro-zéro Martin Baker Mk9. L'avion a été rendu capable du ravitaillement en vol grâce à une perche rétractable montée sur le flanc droit. Il est d'autre part équipé d'un télémètre LASER dans la pointe avant.

Après son premier vol, le 14 novembre 1969 à Melun-Villaroche, le prototype M05 a été convoyé à Istres où il a effectué plusieurs campagnes d'essais, utilisant en particulier les installations d'appontage simulé existant à la base aéronavale de Nîmes-Garons. Ces essais ont été surtout destinés à étudier le comportement à basse vitesse et ont permis de mettre au point une configuration aérodynamique satisfaisante.

En avril 1970, l'avion a été convoyé à Bedford en Angleterre où existe la seule installation européenne de catapultes. Les essais de catapultage et d'appontage se sont montrés concluants et ont permis la mise au point définitive de la configuration des hypersustentateurs.

Le prototype a pu alors effectuer une première campagne d'essais à la mer en juillet 1970 sur le porte-avions *Clemenceau*. Après une nouvelle série d'essais d'appontages simulés à Bedford en juin et juillet 1971, le prototype est retourné sur le *Clemenceau* en octobre 1971 pour une deuxième série d'essais à la mer avec emport de charges externes.

Ces essais ont mis en évidence la sous-motorisation lors de l'appontage dans certaines configurations avec charges extérieures en cas de panne d'un moteur. Pour améliorer la vitesse d'approche à l'appontage, il a été envisagé d'agrandir la voilure mais cette modification n'a jamais été testée en vol. D'autre part, un système de PC modulée a été étudié permettant de régler la puissance de façon continue jusqu'à un niveau très supérieur au plein gaz sec tout en conservant la manette des gaz dans le secteur « sec ». Cette PC modulée a été testée sur le M05 lors d'essais d'appontages simulés en octobre 1972.

Finalement, compte tenu des limitations de performances à l'appontage sur un moteur de la version navalisée et des dépenses supplémentaires qu'elle aurait entraînées, l'état-major de la Marine a décidé en janvier 1973 d'abandonner le programme Jaguar.

### *Le moteur Adour*

Le moteur Adour est le fruit de la coopération entre Rolls-Royce et Turboméca. C'est un réacteur double flux avec post-combustion. Dans sa version initiale (Mk 102), sa poussée maximale est de 2320 kgp moteur sec et de 3315 kgp avec post-combustion. Une version plus performante a été ensuite adoptée pour les avions britanniques (Mk 104) et pour le Jaguar International (Mk 804) avec une poussée maximale de 2415 kgp moteur sec et de 3645 kgp avec post-combustion. L'installation de ce moteur sur les avions français a été envisagée et même lancée au début des années 1980, puis rapidement abandonnée.

Le système de PC modulé, mis au point pour la version navalisée a été retenu en série.

### *Le système d'armes*

Pour les équipements de base de l'appareil (équipements C fournis et installés par l'Avionneur), après des discussions souvent difficiles pour trouver les meilleures solutions entre les propositions des Equipementiers français et britanniques, un choix unique a pu être fait pour les versions françaises et britanniques. Il n'en est pas allé de même pour les équipements B fournis par l'État et installés par l'Avionneur ; il s'agit essentiellement des équipements radio, des sièges éjectables, des canons et, en particulier, du système d'armes.

Pour ce dernier, les positions des États Majors des deux pays étaient profondément divergentes. Le côté français désirait s'en tenir à un système simple, facile de mise en œuvre et basé sur des technologies éprouvées. Le côté britannique désirait au contraire bénéficier des progrès techniques les plus récents.

L'Avionique de la version d'appui tactique française comprend :

- un ensemble de cap et de verticale avec une centrale bi-gyro
- une centrale aérodynamique fournissant l'altitude, la vitesse propre, le nombre de Mach et la vitesse verticale
- un ensemble de navigation basé sur un radar doppler avec calculateur analogique
- un ensemble VOR/ILS/TACAN
- un radio-altimètre
- un pilote automatique simplifié pour faciliter la tâche du pilote en vol à basse altitude
- une caméra à balayage latéral horizon-horizon dans la pointe avant
- un calculateur de tir avec, à partir du A81, un télémètre Laser

Ultérieurement, le système a fait l'objet d'une modification majeure avec l'introduction de la capacité de tir de bombes et missiles guidés Laser (pod ATLIS monté sous fuselage servant à la désignation et à la poursuite de l'objectif).

Le système de contre-mesures comprend :

- un détecteur radar passif secteur avant monté en haut de dérive
- des pods lance leurres (Phimat) et des pods de contre-mesures actives (Baracuda, Barax) montés aux points externes de voilure

- ultérieurement, un lance leurres plaqué contre le fuselage sous l'emplanture de l'aile a été utilisé ainsi que des lance leurres infrarouge dans le carénage du parachute de queue.

Pour les missions de reconnaissance, un bidon photo monté sous fuselage et doté de 4 caméras, a été mis au point par l'Armée de l'air à partir d'une structure de bidon de carburant de 1 200 litres.

La version Ecole française ne dispose que d'une Avionique réduite au minimum mais conserve la capacité de délivrer les armements classiques.

L'avionique des avions britanniques est très développée et comprend, en particulier :

- un système de navigation et d'attaque numérique basé sur une centrale à inertie
- un calculateur numérique
- un viseur tête haute
- un système Laser de télémétrie et d'acquisition d'objectif
- un radio-altimètre
- une présentation active de cartes
- un détecteur radar passif.

Pour les missions reconnaissance, l'avion reçoit un pod ventral contenant 5 caméras classiques et une caméra infrarouge.

La version Ecole britannique dispose de la même avionique à l'exception du détecteur radar et du système Laser.

Par la suite, les avions britanniques ont reçu progressivement une avionique plus moderne comprenant, en particulier, un système de navigation par satellites (GPS), une capacité de suivi de terrain, des lunettes de vision nocturne, un viseur de casque ainsi que des présentations haute et basse améliorées.

### *L'armement*

Tous les avions comprennent deux canons de 30 mm qui sont intégrés de chaque côté de la partie inférieure du fuselage avant sauf la version Ecole britannique qui ne possède qu'un seul canon. Les goulottes ont été spécialement étudiées pour éviter que le tir ne vienne perturber le fonctionnement des moteurs. Les avions français sont équipés du canon DEFA type 553 tandis que les avions britanniques ont le canon ADEN.

Pour les armements externes, l'avion possède cinq points d'emport :

- un point sous fuselage avec une capacité d'emport de 1090 kg
- deux points internes sous voilure ayant une capacité d'emport de 1090 kg
- deux points externes sous voilure ayant une capacité d'emport de 635 kg

Ces points d'accrochage permettent l'emport d'une très grande variété d'armes. Celles-ci sont évidemment différentes pour les avions français et britanniques car ce sont des équipements A fournis et installés par l'État qui ne sont généralement pas spécifiques du Jaguar. Il s'agit de tous les types de bombes jusqu'à 1000 kg, de roquettes, de missiles Air-Air, du missile anti-radar Martel sous fuselage (mission de base du programme). Le point sous fuselage et les points internes sous voilure peuvent emporter des réservoirs externes de carburant. L'appareil peut recevoir jusqu'à 4500 kg de charges extérieures.



SEPECAT Jaguar E

**PLANCHE XL**



SEPECAT Jaguar

**PLANCHE XLI**

La version française possède aussi la possibilité d'emport sous fuselage de l'arme nucléaire tactique AN 52 de 15 kilo-tonnes qui a été expérimentée avec succès au Centre d'essais du Pacifique en 1974.

Les avions britanniques ont des variétés d'emport analogues. Les versions ultérieures ont reçu aussi différents dispositifs de contre-mesures.

## LA PRODUCTION EN SERIE

La fiche programme a prévu l'acquisition par l'Armée de l'air de 40 avions Ecole biplaces (version E) et de 160 avions d'appui monoplaces (version A). La RAF prévoyait de son côté l'acquisition de 35 avions Ecole biplaces (version B) et de 165 avions d'appui monoplaces (version S). A cela devait s'ajouter la commande de 100 avions navalisés (version M) pour l'Aéronavale mais ce projet a été abandonné en 1973. La commande de série pour 400 avions a été signée par les services officiels des deux pays en janvier 1968.

La production de l'avion a été répartie de façon équilibrée entre les deux Avionneurs, chacun réalisant les éléments de sa responsabilité en source unique pour l'ensemble des appareils. La partie avant et le fuselage central sont produits par Breguet à Toulouse et Biarritz ; la voilure, la partie arrière du fuselage et les empennages sont produits par la BAC à Warton. Par contre, chaque pays assure l'assemblage final des avions qui lui sont destinés.

Le premier appareil de série E1 a fait son premier vol à Toulouse-Blagnac le 2 novembre 1971 suivi le 15 mars 1972 par le Jaguar E2 lequel a été remis au CEAM de Mont de Marsan le 4 mai suivant. Le A1 a volé le 20 avril 1972. Parallèlement, les Jaguar S1 et S2 ont fait leur premier vol à Warton respectivement les 12 octobre et 16 novembre 1972.

A la fin 1981, la totalité des avions destinés à l'Armée de l'air et à la Royal Air Force avait été livrée.

### *Le Jaguar dans les unités*

Dans l'Armée de l'air, le Jaguar a équipé :

- la 7<sup>ème</sup> Escadre de chasse de St Dizier à partir de 1972
- la 11<sup>ème</sup> Escadre de Toul à partir de 1974
- un Escadron de la 3<sup>ème</sup> Escadre de Nancy.

En 2002, il restait 25 Jaguar (20 monoplaces et 5 biplaces) tous regroupés à l'Escadron 1/7.

Dans la Royal Air Force, l'avion est entré en service en 1973 et a équipé jusqu'à 8 escadrons au Royaume Uni et en Allemagne.

En 2000, la Royal Air Force avait encore 55 appareils opérationnels tous regroupés à la base de la RAF de Coltishal.

## LE JAGUAR EN OPERATION

Le Jaguar appui tactique a participé à de nombreuses opérations militaires :

- Opération Lamentin en octobre 1977 : interventions contre le front Polisario en Mauritanie
- Opération Tacaud au Tchad à partir d'avril 1978
- Opération Mamba en République Centre africaine en 1983

- Opération Epervier en 1986
- Opération Turquoise au Rwanda en 1988
- Opération Daguet en janvier 1991 : missions au-dessus du Koweït et au sud de l'Irak
- Opération Aconit à partir de mai 1991 : surveillance du nord de l'Irak
- Opérations Balbuzard, Crécerelle et Salamandre à partir de janvier 1993 : interventions dans les Balkans
- Opération Alysse à partir de septembre 1992 : surveillance du sud de l'Irak
- Opération Trident à partir d'octobre 1998 : interventions au Kosovo

### *L'exportation*

Sur le plan français, l'exportation s'est heurtée à la concurrence du Mirage F1, avion d'interception réalisé par la Société Dassault et mis en service dans l'Armée de l'air en 1974.

C'est donc uniquement des avions dérivés des versions britanniques qui ont été exportés. Ceux-ci, d'autre part, étaient équipés d'un système d'armes plus moderne répondant mieux aux désirs des utilisateurs étrangers.

La version destinée à l'exportation a bénéficié d'un certain nombre d'améliorations telles que :

- des réacteurs à poussée plus élevée (Adour Mk 804)
- l'installation au choix d'un radar Agave ou du système Laser britannique
- l'emport de missiles air-air Magic sur l'extrados de l'aile
- la capacité de tir de missiles air-mer (Sea Eagle, Harpoon, Exocet, Kormoran)
- une augmentation des capacités d'emport d'armements

L'avion Jaguar International a été adopté par plusieurs pays :

- L'Equateur a acquis 10 monoplaces et 2 biplaces
- En 1974, le Sultanat d'Oman a commandé 10 monoplaces et 2 biplaces et un deuxième contrat pour 12 appareils a été signé en 1980.
- Le Nigeria a commandé 13 monoplaces et 5 biplaces
- L'Inde a signé un contrat en avril 1979 pour l'achat de 40 avions tandis que 132 autres devaient être construits sous licence par l'industrie aéronautique indienne (Hindustan Aeronautics Ltd à Bangalore). Dénommé Shamser (qui signifie « Epée de Justice »), cette version a reçu un système d'armes plus moderne que l'équipement Marconi initial.

Il est à noter que les Japonais ont aussi été intéressés par le Jaguar et s'en sont beaucoup inspirés pour réaliser le Mitsubishi F1, propulsé par le même moteur Adour.

De son côté, le moteur Adour a fait l'objet de différentes variantes avec ou sans post-combustion qui ont intéressé différents pays en dehors du programme Jaguar : le Canada, l'Australie, l'Indonésie, la Malaisie, les États-Unis, la Finlande, le Zimbabwe, l'Arabie saoudite, le Koweït, l'Afrique du Sud. Au total, le moteur Adour a été commandé à près de 3000 exemplaires et adopté par une vingtaine de forces aériennes. Il est devenu le moteur standard le plus utilisé dans le créneau de poussée 5000-8000 livres.

## CONCLUSION

Après 30 ans de bons et loyaux services, le Jaguar est toujours en service dans l'Armée de l'air à la 7<sup>ème</sup> Escadre de chasse. Il sera remplacé par le Rafale à partir de 2006.

Pour la Royal Air Force, leurs appareils, après avoir reçu plusieurs modernisations concernant le moteur et le système d'armes, devraient rester en service au moins jusqu'en 2008 pour être remplacés ensuite par l'Eurofighter.

Au cours de nombreuses interventions opérationnelles, il a été apprécié pour sa robustesse, sa fiabilité et sa versatilité d'emport d'armements très variés, en particulier les armements modernes et précis tels que l'AS30L et les bombes guidées Laser.

Il a été l'occasion d'une coopération exemplaire entre les services officiels et les Industriels des deux pays qui ont su surmonter toutes les difficultés d'une telle entreprise.



Dassault-Breguet Mirage 2000

**PLANCHE XLII**

# CHAPITRE 21

## LE MIRAGE 2000 1975 – 2006...

Par Bruno Berthet

### GENESE ET LANCEMENT DU PROGRAMME MIRAGE 2000

Au début des années 1970, l'Armée de l'air rédige une « fiche-programme » d'où va émerger « l'Avion de Combat Futur », destiné a priori au remplacement des Mirage IIIC et IIIE. Dans ces années de guerre froide, deux missions clairement définies sont assignées à cet aéronef, l'interception et la frappe dans la profondeur. Le résultat est le projet d'un biréacteur lourd à ailes fixes à forte flèche, à long rayon d'action et capable de voler à M 2.5 ; certains le comparent au F-15 américain... mais en plus gros. Cet avion est présenté comme devant coûter plus de deux fois plus que l'avion précédent, le Mirage F1 qui vient juste d'équiper les deux premiers escadrons de l'Armée de l'air ; le contexte économique devient clairement défavorable avec l'impact du premier choc pétrolier.

Or, en parallèle, Marcel Dassault a décidé d'autofinancer des études visant au développement d'un chasseur monoréacteur, plus léger, plus économique ; la motivation affichée concerne essentiellement le marché export pour lequel le constructeur considère l'ACF surdimensionné, alors que 1500 Mirage monoréacteur ont été exportés et que le prestige de l'industrie aéronautique française est élevé. L'idée de disposer éventuellement en temps utile d'une solution de repli – dont les services officiels ne veulent pas entendre parler – à l'ACF n'est cependant sans doute pas totalement absente.

Finalement, lors du Conseil de Défense du 18 décembre 1975, le président de la république, monsieur Giscard d'Estaing, décide l'abandon de l'ACF et le lancement d'un nouveau programme d'avion monomoteur. Après plusieurs hésitations, l'Armée de l'air adoptera le nom de Mirage 2000, pour désigner l'avion qui la ferait entrer de plein pied dans le 21<sup>ème</sup> siècle. Une fiche programme est formalisée le 26 mars 1976.

Le développement est alors très rapide. Un premier prototype est assemblé en 27 mois. Au printemps 1977, l'Armée de l'air exprime le besoin d'une version biplace, et la décision formelle de lancement du Mirage 2000B est datée du 1<sup>er</sup> août 1977. La nécessité de mieux formaliser le suivi d'un tel programme apparaît. Le 16 mai 1977, 17 mois après la décision de lancement, le délégué général pour l'armement, Monsieur Jean Martre, écrit au ministre de la Défense « il n'existe actuellement aucune directive précise d'un degré de classification assez bas pour que les services du ministère de la Défense puissent s'y référer afin d'établir le calendrier de l'opération Mirage 2000. Le seul document qui soit diffusé et qui traite de ce sujet est le rapport sur la programmation des dépenses militaires et des équipements des forces armées pour la période 1977-1982 ; il y est indiqué que l'avion sera mis en service en 1982 et que cent vingt sept appareils seront commandés de 1977 à 1982 et dix livrés en 1982. » Le délégué propose donc au ministre, en accord avec le chef d'état-major de l'Armée de l'air, de retenir le 31 mars 1982 comme date objectif de la livraison à l'Armée de l'air du premier appareil de série. La disponibilité du radar est

clairement identifiée comme critique. Il est donc précisé que « les premiers avions de série pourront être équipés de radars doppler à impulsions prototypes », mais que « le premier avion de série équipé d'un radar doppler à impulsions de série sera livré le 30 juin 1983 au plus tard ».

## LES ESSAIS EN VOL DU MIRAGE 2000DA

Les essais en vol débutent par un premier vol le 10 mars 1978 ; Jean Coureau réalise un vol d'1heure 05, dans un domaine allant jusqu'à une altitude de 40 000 pieds et une vitesse de M 1.3, et au cours duquel il perd une partie du bord de fuite de l'élevon interne gauche. Cet incident est considéré comme un cas d'espèce, lié à un défaut lors de la fabrication de cette pièce en composite. Le quatorzième vol, le 29 mai 1978, est réalisé par un pilote du centre d'essais en vol, Alain Rabion. Cette première phase montre rapidement que la définition aérodynamique retenue conduit à des performances en supersonique assez notablement inférieures aux performances escomptées. Il est donc décidé de modifier l'avion en vue de réduire sa traînée, au cours d'un chantier de sept mois<sup>205</sup>, qui entraîne un décalage du programme d'une durée équivalente<sup>206</sup>. Le fuselage et les entrées d'air sont modifiés, et une nouvelle dérive, moins haute et plus large, est notamment créée. Différentes alternatives de solution pour les aérofreins resteront cependant longtemps un sujet récurrent des réunions de programme.

Les prototypes Mirage 2000 débutent leurs vols avec un réacteur SNECMA M53-2, de 7500 daN de poussée avec postcombustion, puis sont équipés de la version destinée à la série, le M 53-5 de 9000 daN de poussée avec postcombustion. Une version plus évoluée, le M 53-P2 volera pour la première fois sur le Mirage 2000 n°01 le 1<sup>er</sup> juillet 1983 ; délivrant 9700daN, il est adopté par les services officiels pour équiper les Mirage 2000 à partir du rang C38.

Par ailleurs, la mise au point du radar doppler à impulsions s'avère beaucoup plus complexe et longue qu'il n'avait été anticipé, alors même qu'elle avait été, dès le lancement du programme, identifiée comme critique. Des phénomènes intrinsèques au fonctionnement du radar à haute fréquence de récurrence (HFR) sont (re)découverts, et les lois de l'électromagnétisme s'avèrent plus têtues que les planificateurs du service technique. Le nombre d'avions susceptibles d'être livrés sans radar devenant trop important, il est décidé le 24 janvier 1980 d'équiper la première escadre, soit 45 avions, avec des radars doppler multifonctions (RDM), développés par Thomson-CSF pour l'exportation.

Le programme utilisera quatre prototypes et trois avions de série.

Le Mirage 2000 n°01 effectuera 1201 vols d'essais, avant d'être versé au musée de l'air le 28 juin 1988.

Le Mirage 2000 n°02 volera pour la première fois le 18 septembre 1978, piloté par Guy Mitaux-Maurouard, et fera les premiers essais de ravitaillement. Lors de son 513<sup>ème</sup> vol, le 9 mai 1984, Jean-Marie Saget est confronté en basse altitude à une perte de poussée, due à une anomalie de fonctionnement du régulateur carburant, et il doit s'éjecter. Le pilote est indemne, mais l'avion complètement détruit. Ce vol étant réalisé dans le cadre d'une campagne export, AMB/DA le remplace en juin 1987 par le Mirage 2000 X7, avion qu'elle avait autofinancé pour

---

<sup>205</sup> Octobre 1978 à avril 1979, à Cazaux.

<sup>206</sup> Le premier avion de série sera finalement livré le 3 décembre 1982.

les travaux de développement de systèmes d'armes export. Ce dernier sera finalement affecté au développement du missile MICA le 2 novembre 1989.

Le Mirage 2000 n°03, plus particulièrement dédié aux essais système et notamment d'intégration des missiles Super 530 et Magic, effectue 647 vols entre le 26 avril 1979 et le 3 août 1988. Il est finalement transféré fin mai 1992 à l'école des mécaniciens de l'Armée de l'air à Rochefort.

Le Mirage 2000 n°04, préfigurant l'avion de série, effectue son premier vol le 12 mai 1980. Il est affecté aux essais d'intégration du missile MICA à partir de mars 1990.

Un prototype de biplace, le Mirage 2000B 01, sera en partie financé par AMB/DA. Après un premier vol le 11 octobre 1980, directement équipé du réacteur M 53-5, et après avoir permis d'étudier les spécificités de la version biplace, il servira essentiellement à des vols d'emport de divers armements (dont le missile ASMP), et à des démonstrations export de standards customisés. Il sera ultérieurement transformé en avion banc d'essais pour le radar RDY, destiné à la version Mirage 2000-5.

Les Mirage 2000 C1, C2 et B501 sont essentiellement utilisés pour la mise au point du radar RDI et du système d'autoprotection de l'avion, après que le C2 ait permis la mise au point du nouveau réacteur M 53 P2. Ils fréquentent assidûment la base d'essais de Brétigny. Le Mirage 2000 B501 est ensuite reconverti pour servir d'avion banc d'essais du radar RBE 2, destiné au Rafale.

## LES COMMANDES DE SERIE DE MIRAGE 2000 DA

La décision du conseil de défense de fin 1975 mentionnait une série « d'au moins 150 avions ». Les hypothèses de 1977 sur lesquelles le programme a été construit reposaient sur une production totale pour la France de 200 avions, 180 monoplaces et 20 biplaces. En fait, les contraintes budgétaires se sont faites lourdement sentir sur la totalité du déroulement du programme. Dès les premières années, les quantités visées ne peuvent être tenues. Les commandes 1980 – 1982, initialement dimensionnées à 23, 43 et 44 sont ramenées à 22, 22 et 25.

Ce sont finalement 168 Mirage 2000 DA qui auront été commandés jusqu'en 1990. Ce volume sera finalement ramené à 153, 124 monoplaces et 29 biplaces<sup>207</sup>, les 15 derniers ayant été transformés en commandes de 15 Mirage 2000D, en application d'une décision du 29 janvier 1993. Les dernières livraisons seront en outre étalées sur deux années supplémentaires par rapport aux commandes notifiées, en raison des fortes annulations ayant pesé sur l'exécution budgétaire 1993.

L'avion doit être capable d'effectuer toutes les missions de défense et de supériorité aérienne, toutes altitudes, y compris en ambiance de guerre électronique. C'est bien un avion monomoteur (SNECMA M.53), supersonique (M 2.2), à voilure delta, capable d'être ravitaillé en vol qui est construit. Sa masse à vide équipée est de 7473 kg pour le monoplace, 7662 kg pour le biplace. Son système d'armes, organisé autour des radars (RDM puis RDI, développés par Thomson-CSF et pour le dernier en partie par Dassault Electronique), est animé par un ordinateur principal (Dassault Electronique). Le Mirage 2000 est le premier avion

---

<sup>207</sup> Auxquels il convient d'ajouter une unité, le B501 utilisé dans le cadre du développement ayant été compensé en 1991 par une commande spéciale financée au titre de l'opération « investissements exceptionnels flotte CEV ».

de combat conçu dès l'origine pour être doté d'un système d'autoprotection interne, composé d'un détecteur passif omnidirectionnel (Serval, de Thomson-CSF), d'un détecteur-brouilleur (Sabre, de Dassault Electronique), et d'un coffret de compatibilité (C3M, de Thomson-CSF) ayant vocation à lui permettre un fonctionnement hautement intégré à celui du reste du système d'armes ; des mesures sont prises pour rendre les avions capables du système interne de leurrage (Matra), à partir du 38<sup>ème</sup> monoplace. Il emporte également en interne deux canons DEFA 554, de 30mm, et peut être doté de deux missiles infrarouge Magic et de deux missiles électromagnétiques semi-actifs S.530D (le S.530F équipant les Mirage F1 est repris pour les premiers avions dotés de RDM). Il peut emporter des réservoirs supplémentaires (1300 l en ventral, 1700 l puis 2000 l aux points 1 de la voilure) et divers armements air/sol. Le Mirage 2000 est aussi le premier et le seul avion français capable du « téléaffichage », qui doit faciliter les interceptions, et dont la mise au point est enfin acquise juste au moment où l'état-major de l'Armée de l'air décide de l'abandon de ce matériel et du concept d'emploi.

Le premier escadron est mis en service opérationnel à Dijon le 2 juillet 1984, marquant ainsi le cinquantième anniversaire de l'Armée de l'air française. Quinze avions sont alors en ligne à l'EC 01/002 « Cigognes », au standard S3<sup>208</sup>, équipés du radar RDM. L'EC 03/002 aligne à son tour quinze Mirage 2000 DA le 19 juillet 1985, puis l'EC 02/002 fin juin 1986.

A partir de 1988, les avions sont enfin livrés avec le radar RDI et le moteur M 53 P2, au standard S4. Les standards se succèdent rapidement et S4.1 remplace S4. L'Armée de l'air refuse de mettre en service opérationnel le standard S4.2. Ce constat d'échec dégradera encore un peu plus pendant quelques années les relations entre l'état-major de l'Armée de l'air et la direction des constructions aéronautiques, qui n'étaient alors pas vraiment apaisées. Les avions sont finalement rétrofités et mis en service opérationnel au standard S4.2a qui, stabilisé, reprendra l'appellation de S4 fin 1993. Enfin, le standard S5, caractérisé essentiellement par des versions nouvelles du radar RDI et du système d'autoprotection (brouillage Sabre et système de leurrage Spirale en particulier) est implanté sur les avions sortant de chaîne à partir de l'automne 1991.

La mise en service du Mirage 2000 est indubitablement difficile, alors que des commandes exports sont enregistrées très tôt ; le radar prévu n'est pas au rendez-vous et son remplaçant est lui-même en retard. Les premières versions ne peuvent pas, pour des raisons de qualification de standard du système d'armes, être équipées du brouilleur d'autoprotection Sabre. Mais les versions successives permettent de pallier toutes les déficiences, et le Mirage 2000 se révèle un avion exceptionnel, capable de nombreuses évolutions. La préparation du conflit du Golfe fin 1990 donne lieu à des adaptations « urgent opérations », en particulier dans le domaine de l'armement et de l'autoprotection. Le retour d'expérience, formalisé mi-1991, conduit à :

- améliorer encore le système d'autoprotection, entre autres avec l'installation en soute parachute du lanceur Eclair, développé par les spécialistes du CEAM, ainsi que les modes brouillés du radar RDI et du missile S.530D,

---

<sup>208</sup> La petite histoire veut que les noms des standards aient été choisis d'après le patronyme de l'ingénieur de marque du service technique des programmes aéronautiques (DGA/DTCA/STPA) en charge du programme Mirage 2000: le S des standards Mirage 2000DA est emprunté à Jacques Sandeau, le K des standards Mirage 2000N à Denys Caraux (le C a été rejeté afin d'éviter les confusions avec le M.2000C...), le R des standards Mirage 2000D à Dominique Regnault.



Dassault-Breguet Mirage 2000 B

**PLANCHE XLIII**



- poursuivre l'adaptation d'armements air-sol (EU2 SFA, mais surtout les bombes américaines Mk82),
- intégrer des nacelles de ravitaillement ; début 1994, huit Mirage 2000 RDI ont été rendus capables de l'emport de trois nacelles – évolution qui ne sera finalement jamais utilisée.

Les avions S3 seront finalement rétrofités à partir de 1994 au standard S4.

## LES COMMANDES EXPORT

Le Mirage 2000 connaît un succès rapide, continu et géographiquement diversifié à l'exportation. Chaque pays bénéficie de spécificités dans la définition de son système d'armes. Les versions françaises du radar et du système d'autoprotection ne sont jamais exportées.

Dès la fin de l'année 1981, l'Egypte passe commande de 20 Mirage 2000, 16 monoplaces (EM) et 4 biplaces (BM), qui seront livrés entre 1984 et 1988.

En octobre 1982, l'Inde passe commande de 40 Mirage 2000, qu'elle complète en 1986 de neuf avions. 42 monoplaces (H) et 7 biplaces (TH) sont livrés entre 1984 et 1988. En 2002 enfin, 7 avions supplémentaires, dits d'attrition, sont commandés dans un standard très proches, en vue de compenser les pertes subies. Une licence devant permettre à l'Inde d'en fabriquer localement 110 avait été négociée, mais cette option fut abandonnée en 1984... avant de revenir d'actualité dans de nouvelles négociations concernant une nouvelle commande dans les années 2003 et suivantes, qui débouchèrent fin 2005 sur l'annonce par Dassault Aviation de l'arrêt définitif de la chaîne des Mirage 2000.

En décembre 1982, le Pérou signe un contrat pour 26 Mirage 2000. De lourdes difficultés économiques le contraignent cependant à le renégocier, et c'est finalement 12 avions, 10 monoplaces (P) et 2 biplaces (DP), fabriqués entre 1984 et 1986, qui seront livrés à partir d'août 1987 par bateau.

Les Emirats Arabes Unis notifient à leur tour deux contrats de 18 avions chacun, en mai 1983 et mi-1985. Fabriqués entre 1985 et 1988, leur réception donne lieu à un contentieux délicat, et ils ne seront finalement pris en charge par le client qu'entre 1989 et 1990. Ces 30 monoplaces (22 EAD et 8 RAD) et 6 biplaces (DAD) se distinguent notamment d'une part par un système d'autoprotection franco-italien SAMET (Thomson-CSF et Elettronica) imposé par le client et d'autre part par l'intégration de munitions air-sol spécifiques. Les industriels et services officiels français font la connaissance d'un jeune pilote abu-dhabien, qui allait devenir plus tard chef d'état-major de son Armée de l'air, le major Khaled bin Addullah. Le Mirage 2000 lui doit sans aucun doute beaucoup. D'ailleurs, en 2001, une version évoluée de cet avion, peut-être la plus aboutie, le Mirage 2000-9, fait l'objet d'une nouvelle commande de la part des EAU, pour 32 avions neufs (20 monoplaces et 12 biplaces) et le rétrofit de 30 avions de la commande précédente. L'avion bénéficie alors d'une architecture nouvelle, orchestrée par un nouveau calculateur central, un EMTI (Thales) du même type que celui devant équiper le Rafale. Le radar, le RDY2, est une extrapolation de la version dotant les derniers Mirage 2000 français ; le système d'autoprotection (IMEWS, développé par Elettronica et Thales) est particulièrement ambitieux et comprend une fonction targeting. Cet avion réellement multirôle est le premier porteur de la version infrarouge du MICA, et peut emporter le missile de croisière Black Shaheen. En outre, pour la première fois, il est prévu que le second standard de l'avion (SAD92) sera qualifié directement par le client, qui

aura largement contribué à son développement – processus qui vient de s'achever dans de très bonnes conditions.

Entre-temps, la Grèce commande, en novembre 1984, 40 avions, qui sortent d'usine entre 1988 et 1991. L'acceptation de ces avions s'avère très complexe ; un contentieux, portant essentiellement sur les performances du radar, le RDM, suspend la livraison des 12 derniers avions pendant de longs mois, jusqu'en 1993. Le clutter particulier de la plaine de Larissa, à proximité de laquelle est située la base de Tanagra où sont implantés les 36 Mirage 2000 monoplaces (EG) et 4 biplaces (BG) nécessite une adaptation des traitements du RDM. Un Mystère XX banc d'essais radar du Centre d'Essais en Vol devra même aller y acquérir des enregistrements haute densité au profit des radaristes de Thomson-CSF pour leur permettre d'appréhender les particularités de cet environnement. En 2002, La Grèce passe une nouvelle commande pour 25 Mirage 2000-5 Mk2 (dont dix sont des avions rétrofités), version dérivée du Mirage 2000-9. Leur acceptation se heurte à nouveau en 2005 à des difficultés qui se cristallisent autour des performances du système d'autoprotection ICMS Mk3.

Taiwan commande 60 avions (48 monoplaces EI et 12 biplaces DI) en 1993, qui sortiront d'usine entre 1996 et 1998 en version Mirage 2000-5, dotés du système d'autoprotection ICMS (Mk1), du radar RDY, et capables du missile électromagnétique actif MICA.

Le Qatar enfin, en 1994, achète 12 Mirage 2000-5, 9 monoplaces (EDA) et 3 biplaces (DDA).

Au total, ce sont donc 293 Mirage 2000 neufs qui auront été vendus à des clients étrangers, alors que la série française comprend également au total environ 300 avions. L'Armée de l'air française bénéficie de cette diffusion, à la fois au travers des travaux de développement financés par ces clients export, mais aussi par la richesse d'un retour d'expérience diversifié compte tenu d'une utilisation variée avec des concepts d'emploi originaux et des environnements contrastés dans ces sept pays clients, situés sur quatre continents.

Même si la chaîne de fabrication est semble-t-il définitivement arrêtée, le Mirage 2000 va poursuivre sa carrière. En juillet 2005, l'Armée de l'air française a cédé au Brésil 12 Mirage 2000 S4 (10 monoplaces et 2 biplaces), dont les premiers arriveront au Brésil dès l'automne 2006. On notera que ce sera là la première exportation du RDI. Au moment où les planificateurs de l'Armée de l'air française examinent comment piloter la décroissance de la flotte des Mirage 2000DA, d'autres besoins du même type émergent de plusieurs pays...

## LE MIRAGE 2000-5

En 1993, la perspective d'une importante commande de Taiwan, le caractère obsolète des premiers Mirage 2000 livrés à la France (ceux au standard S3, équipés de RDM) et le report annoncé de la mise en service du Rafale conduisent les services officiels français à moderniser un nombre limité de Mirage 2000DA dans un standard très proche de celui conçu pour Taiwan. La France fait ainsi l'économie des coûts de développement, hors spécificités nationales, modernise sa flotte et donne un signe fort en faveur de l'exportation.

Il est ainsi initialement prévu de transformer les 37 derniers Mirage 2000 RDI monoplaces commandés en implantant le nouveau système d'armes comprenant le radar multicibles RDY, la conduite de tir multicibles du missile électromagnétique actif MICA, avec la capacité d'en emporter 4 sous fuselage, et une cabine entièrement reconfigurée, avec notamment cinq ensembles de visualisation synthétiques. Les 37 Mirage 2000 S3 doivent être transformés en S4 et 37 S4 en S5, au titre du programme Mirage 2000DA.

Le dossier de lancement de la réalisation est approuvé par le ministre de la Défense le 5 mars 1993.

L'état-major de l'Armée de l'air décide a contrario en mars 1994 de transformer en Mirage 2000-5 34 Mirage 2000 S4 et 3 avions S5 (les avions C38 à C77, à l'exception du C64), pour des raisons économiques. Un chantier est ainsi évité, les avions S3 ne seront pas remotorisés en M 53 P2 et les provisions financières ainsi dégagées permettent des évolutions du système d'armes, qui se traduiront par le standard SF1.

Le premier « avion de série avancé » effectue son premier vol en février 1996, le premier avion de série est livré à l'Armée de l'air en décembre 1997 ; le dernier avion est livré en février 2000, alors que le premier escadron équipé de M.2000-5 est déclaré opérationnel le 15 février 2000.

L'originalité de ce programme est qu'il repose sur un contrat unique avec cinq principaux industriels cotraitants (Dassault Aviation, Thomson-CSF, Matra Défense, Dassault Electronique, SNECMA) pour le développement des spécificités françaises, la fourniture des nouveaux équipements et la transformation des 37 avions DA en 2000-5 France.

La préparation de ce contrat a conduit à définir en détail une méthodologie pour coordonner les développements France et export et les garanties de performances données par les industriels, alors que l'intégration du système d'armes export était dans une phase préliminaire. Les négociations ont conduit à un décalage de près de cinq mois par rapport aux dates initialement envisagées. Un réaménagement de la phase de développement et de production a permis de limiter le décalage des dates clés par une réorganisation des premiers travaux de développement et une imbrication plus grande des phases de développement et de série.

Au-delà du programme lui-même, les premiers retours d'expérience issus de l'expérimentation ont conduit à améliorer le système avec le standard SF1c, notamment dans le domaine des communications, de l'IFF, des CCME du radar RDY, et de la conduite de tir MICA. Enfin, le standard SF1IR, mis en service opérationnel en 2006, donne au Mirage 2000-5 France la capacité MICA IR. Le Mirage 2000-5 ainsi obtenu constitue un très remarquable avion de supériorité aérienne. Envisagée à plusieurs reprises, la commande d'une série complémentaire ne s'est malheureusement jamais concrétisée.

## LE MIRAGE 2000 N

Très tôt dans l'histoire du programme Mirage 2000, apparaît la nécessité de dériver de l'avion de défense aérienne une version capable de pénétrer les défenses ennemis pour porter dans la profondeur l'arme nucléaire. Néanmoins, la gestation n'est pas linéaire. Le 1<sup>er</sup> février 1978, l'état-major de l'Armée de l'air édite une fiche programme (qui serait sans aucun doute qualifiée aujourd'hui d'exploratoire) qui débute par « le Mirage 2000 est retenu pour assurer la mission de pénétration avec le missile Air-sol moyenne portée... »

La formule monoplace est choisie. Une version biplace d'entraînement équipée de systèmes d'armes est demandée suivant les mêmes principes que pour l'avion de défense aérienne. Les missions prévues sont variées : attaque nucléaire longue distance, reconnaissance, attaque avec armements classiques (huit bombes de 250 kg), reconnaissance haute altitude.

Le 20 mars 1978, la décision de lancement du développement du missile Air Sol Moyenne Portée (ASMP) est prise. Le 20 juillet 1978, le lancement du développement du Mirage 2000N est approuvé. Une nouvelle fiche-programme est officialisée le 12 juillet 1979. L'avion demandé est maintenant un Mirage 2000 biplace ; son système d'armes doit être organisé autour du radar de suivi de terrain et de navigation Antilope 5 TC. Il doit pouvoir emporter l'ASMP sous poutre centrale de fuselage, des armements classiques, deux missiles Magic pour son auto-défense, deux canons montés en externe, ainsi qu'une caméra panoramique de reconnaissance. Un système d'autoprotection complet est demandé : détecteur passif omnidirectionnel, brouilleur interne, étude pour l'implantation d'un détecteur de départ missile et de lance-leurres électromagnétiques et infrarouges.

En fait, la position de l'Armée de l'air quant à la nécessité de missions secondaires conventionnelles évoluera plusieurs fois. Le 1<sup>er</sup> septembre 1982, l'état-major de l'Armée de l'air indique à la direction de programme que la mission « assaut avec armement conventionnel » a été abandonnée ; en avril 1983, l'EMAA décide la suppression des canons externes et de la caméra panoramique. Cependant, l'avion est resté capable de l'emport des armements air-sol conventionnels, et en mai 1987 puis en septembre 1988, l'EMAA décide de rendre opérationnelles les conduites de tir de ces armements sur l'ensemble des avions 2000N, ce qui conduit à des modifications matérielles à partir de 1990.

Par ailleurs, dès mars 1983, l'EMAA décide l'adoption du moteur M 53 P2, à la place du M 53-5 initialement prévu. Une nouvelle fiche programme est diffusée le 14 mars 1984 ; de nouveaux réservoirs largables, d'une contenance de 2000 l, sont adoptés, améliorant le rayon d'action initialement prévu. La production de série est lancée en juillet 1984, le premier avion de série vole le 3 mars 1986 et est livré le 19 février 1987 et le premier escadron de Mirage 2000N est mis en service opérationnel le 1<sup>er</sup> juillet 1988. Le premier tir d'un missile ASMP sous Mirage 2000N avait eu lieu en mars 1985.

La loi de programmation 1984-1988 prévoyait la commande de 85 avions Mirage 2000N. Un complément à 112 était ensuite envisagé. Fin 1987, 75 avions ont été commandés ; leurs livraisons s'étaleront jusqu'en 1992. Une commande de 8 Mirage 2000N est notifiée en 1988, mais elle est modifiée, suite à la décision du ministre de la Défense du 9 mai 1989, en commande de Mirage 2000 N' (2000D). Ce sont donc finalement 75 Mirage 2000 N qui seront livrés à l'Armée de l'air. Les avions initialement fournis dans un premier standard K1, seront retrofités au standard unique K2, qui connaîtra quelques évolutions mineures.

Deux prototypes ont été construits pour ce programme. Le Mirage 2000N n°01 effectuera 615 vols entre le 3 février 1983 et le 2 mars 1990, avant de subir un chantier pour devenir le prototype D n°01. Le Mirage 2000D n°02 réalisera 493 vols entre le 21 septembre 1983 et le 26 avril 1990 avant d'être modifié en prototype M.2000D n°02. Le premier avion de série, le Mirage 2000N3 01 sera également affecté au développement.

La mise au point du système de navigation et d'attaque du Mirage 2000N aura connu des aléas. Certaines difficultés techniques avaient sans aucun doute été sous-estimées lors du lancement du programme. La mise au point du radar Antilope se révèle complexe. La définition des logiques de suivi de terrain et de sécurité



Dassault-Breguet Mirage 2000 N

**PLANCHE XLIV**



Mirage 2000 D

**PLANCHE XLV**

associées est ardue et laissera des plaies dans les organismes d'essais en vol. Le détecteur de départ missile se fera attendre de longues années.

Le résultat global est néanmoins remarquable. Le Mirage 2000N tient toutes ses promesses et sa capacité à pénétrer à très grande vitesse, très basse hauteur par tous temps est remarquable. Cet avion deviendra le pilier de la composante aéroportée de dissuasion, et est destiné à le rester encore plusieurs années.

## LE MIRAGE 2000 D

Le vieillissement de la « flotte des avions tactiques adaptés aux missions air-sol » et l'objectif des premières livraisons de l'ACT en ... 1996 conduit au lancement le 23 décembre 1988 (approbation du dossier de lancement du développement) par le ministre de la Défense, Jean-Pierre Chevènement, d'un nouveau programme, le Mirage 2000 N'. Ce dernier doit être un « proche dérivé des Mirage 2000N ». Le programme prévoit d'en commander 70, « destinés à équiper trois escadrons de la FATAc à partir de 1992 ». Ces commandes doivent s'étaler de 1988 (10 dès la première année) à 1993, les livraisons intervenant entre 1992 et 1998.

Cette décision faisait suite à des études étalées entre 1987 et 1988 ; dès juillet 1987, l'acquisition d'une version dérivée du Mirage 2000N est privilégiée. Ce nouvel avion doit bénéficier de performances de navigation et de capacités de calcul accrues en vue de permettre le tir en aveugle d'armements modernes tirés à distance de sécurité, ainsi que les armements conventionnels déjà en dotation dans l'Armée de l'air. L'avion doit néanmoins rester capable du tir du missile ASMP. Pour minimiser les coûts et les délais de développement, il conserve la formule générale du Mirage 2000 N – cette homogénéité devant également favoriser la gestion du parc des avions de combat.

Un premier projet de spécifications opérationnelles est officialisé le 31 décembre 1987 ; à l'issue d'une analyse technique et financière complémentaire, l'Armée de l'air amende ce projet le 14 septembre 1988, puis le 11 juillet 1989. Le Mirage 2000N' devient le M.2000D<sup>209</sup> mi-1990. Des évolutions du besoin seront ensuite communiquées le 30 janvier 1991, le 7 novembre 1991, le 19 octobre 1992, le 2 décembre 1993, le 14 mars 1994 et le 3 août 1994. Enfin, la 18<sup>ème</sup> revue des programmes Mirage 2000 du 14 décembre 1995 entérina certaines évolutions complémentaires.

Les dates prévues dans le dossier de lancement furent globalement tenues, après avoir connu une dérive au début des travaux. Le premier essai des équipements au banc fut réalisé le 15 octobre 1990 au lieu du 1<sup>er</sup> juin, le premier vol prototype le 19 février 1991 au lieu du 1<sup>er</sup> septembre 1990, mais finalement le gel de la définition du logiciel et l'identification du premier standard de série n'accusaient que quinze jours de retard par rapport au calendrier initial. Le dossier de lancement de la production avait été approuvé le 24 octobre 1989.

Les deux prototypes utilisés, les Mirage 2000D n°0 1 et 02 étaient les prototypes Mirage 2000 N n°:01 et 02, remis à hauteur. Ces deux avions firent un nombre limité de vols d'essais au profit du nouveau programme, confirmant la maturité du système retenu : environ cent trente au total.

Conçu comme l'avion tactique de transition, en attendant l'ACT, destiné à emporter et tirer les munitions air-sol de l'Armée de l'air, le développement du Mirage 2000 N', puis D, se déroule alors que la situation géostratégique mondiale

---

<sup>209</sup> D comme diversifié

évolue très profondément. Le programme Mirage 2000D sera donc marqué par ce changement et par le retour d'expérience des différents conflits des années 1990.

Initialement prévu pour une série de 70, le volume cible a été rapidement (décision du ministre du 9 mai 1989) augmenté à 105, puis ramené en octobre 1992 à 90, dont 15 par modification d'une commande de Mirage 2000DA, et finalement limité à 86 en 1996, dans le cadre des travaux de programmation 1997-2002.

Lors du lancement du programme, les besoins exprimés comportaient essentiellement trois facettes :

- emport et tir de l'ASMP, comme le Mirage 2000N,
- emport et tir en aveugle d'armements air-sol,
- emport de systèmes de reconnaissance montés en pod.

Le développement du missile Apache a été décidé le 31 juillet 1989. Son intégration est naturellement prévue sur le Mirage 2000 N'.

Une revue de définition s'est tenue en décembre 1990 et janvier 1991, en vue de prendre en compte les nouvelles demandes liées à l'évolution du contexte mondial et au premier retour d'expérience de la préparation des opérations dans le golfe. Elle s'est concrétisée par une hiérarchisation des priorités, visant notamment à améliorer l'autoprotection de l'avion et sa sécurité dans les phases d'attaque air-sol. En novembre 1991, l'Armée de l'air demande que tous les M2000D aient la capacité de tir des armements guidés laser, avec la nouvelle nacelle de désignation à caméra thermique (PDL/CT) à la place de la nacelle ATLAS. Mi-janvier 1992, elle demande une adaptation accélérée de ce PDL/CT à six avions, qui seront dans l'état R1N1L<sup>210</sup>. Ils seront livrés le 29 juillet 1993, et le premier escadron complet au standard R1 sera déclaré opérationnel le 1<sup>er</sup> avril 1995. Fin 1993, l'intégration d'un système d'autoprotection de nouvelle génération est décidée au titre du standard R3, et en août 1994, il est décidé d'améliorer l'autoprotection de l'aéronef dès le standard R1. Dans le contexte de la préparation de la loi de programmation 1997-2002, il est décidé fin 1995 d'abandonner le système d'autoprotection de nouvelle génération et de regrouper dans un standard unique R2 les autres fonctions initialement prévues pour R3. Une évolution assez profonde de ce système, avec notamment un nouveau détecteur d'alerte radar, est cependant décidée en 1998 ; il sera livré à partir de mi-2001. Un premier escadron au standard R2 sera déclaré opérationnel en juillet 2001, et le dernier Mirage 2000D sera livré le 31 janvier 2002.

Les interventions en ex-Yougoslavie conduisent à des adaptations d'armements en urgence opération ; c'est en particulier le cas des bombes guidées laser américaines de type GBU12, 16, 22 et 24.

Le périmètre du programme aura donc fortement évolué au cours de son déroulement. Certains emports initialement prévus n'ont jamais émergé, et n'ont donc pas été intégrés ; c'est le cas du missile anti-radar, mais aussi du pod de reconnaissance<sup>211</sup>. A contrario, les capacités de tir laser ont été très largement développées. Le missile de croisière SCALP est intégré hors programme, dans le cadre d'une opération complémentaire « post-R2 ». Les capacités obtenues font du Mirage 2000D un remarquable bombardier dont les capacités ont été illustrées dans différentes opérations.

---

<sup>210</sup> L pour laser, mais beaucoup dirent aussi pour Lanata, du nom du chef d'État-major de l'armée de l'Air.

<sup>211</sup> Il faut noter qu'à ce jour l'intégration du pod de reconnaissance de nouvelle génération (RECO-NG) n'est pas prévu sous M.2000D.

Il convient également de souligner que ce programme se déroule alors que les méthodes d'acquisition de la délégation générale pour l'armement évoluent fortement. Le standard R1 avait ainsi été contractualisé sous la forme d'un marché de développement à bons de commande, qui a permis de juxtaposer différentes fonctions de manière souple. A contrario, le standard R2 a fait l'objet d'un marché forfaitaire avec engagement de résultat, et la prise en compte des urgences liées aux opérations a dû être négociée.

## LE MIRAGE 2000 EN OPERATIONS

Le Mirage 2000 connaît son baptême du feu en 1991 dans le Golfe, dans le cadre de l'opération « Desert Storm ». Quatorze Mirage 2000C RDI, basés à Al Asha, participeront au maintien de la supériorité aérienne et à l'escorte des missions d'assaut. Les adaptations indispensables au cadre d'emploi donneront lieu à d'intenses travaux préparatoires au Centre d'Expérimentations Aériennes Militaires de Mont de Marsan.

Les enseignements seront très riches, pour les Mirage 2000 de défense aérienne, mais aussi pour l'ensemble de la famille. Le programme Mirage 2000D en particulier évoluera profondément ; les Mirage 2000-5 bénéficieront très directement de cette période. Une modernisation du système d'autoprotection de tous les Mirage 2000 est également étudiée, mais sera finalement abandonnée, puis sera reprise type d'avion par type d'avion.

Le Mirage 2000 participera ensuite à toutes les opérations dans lesquelles l'Armée de l'air sera engagée. Au Tchad, dès le début de 1992, au-dessus de l'Irak dans le cadre des résolutions de l'ONU, mais surtout au-dessus de l'ex-Yougoslavie.

Le 30 août 1995, un Mirage 2000N est abattu au cours d'une passe de tir air-sol dans la région de Palé, fief bosno-serbe, dans le cadre de l'opération Deliberate Force. Son équipage, le capitaine Frederic Chifeau et le lieutenant José Souvignet, sont faits prisonniers et devront attendre de longs mois pour revenir en France.

En 1999, les Mirage 2000D seront largement mis à contribution au-dessus du Kosovo ; pour la première fois, les détecteurs de départ missile (DDM) complètent les systèmes d'autoprotection au-dessus d'un théâtre d'opérations. L'adaptation en urgence des bombes guidées laser américaines GBUX (essentiellement 12, 16, 22 et 24) leur donne une efficacité accrue et renforce leur interopérabilité.

Des Mirage 2000, DA et D, sont positionnés à Djibouti au début des années 2000.

Les Mirage 2000D seront également présents en Afghanistan dès 2001, et continuent actuellement en 2006, au fil des détachements, à participer à des opérations au profit des forces de l'Alliance. De nouveaux retours d'expérience, centrés sur leur emploi en CAS (close air support) très essentiellement au profit des forces spéciales, conduisent à les faire évoluer, pour améliorer encore leurs capacités sur ce type de théâtre, dans un contexte interallié.

## L'HISTOIRE N'EST PAS TERMINEE...

La flotte de Mirage 2000 a encore de très belles années devant elle. En juillet 2005, la France et le Brésil ont convenu de la cession à ce pays de douze Mirage 2000DA au standard S4, dont les premiers seront acheminés avant la fin de l'année 2006. Ce sera là la première exportation du radar RDI, près de vingt ans après sa

mise en service opérationnel en France. D'autres opérations du même type pourraient suivre dans les prochaines années.

Les Mirage 2000-5 et Mirage 2000D constituent actuellement le fer de lance de l'aviation de combat française. Ils bénéficient d'adaptations et d'évolutions, notamment en fonction des retours d'expérience des opérations réelles. Les principaux domaines d'amélioration concernent les armements, la mise en réseau de ces plateformes, ainsi que leur protection. Certaines évolutions sont également réalisées au titre des standards exports (intégration d'armements spécifiques, liaisons de données hors OTAN, ...).

Le Mirage 2000N quant à lui bénéficie depuis 2003 d'un nouveau programme d'armement, en vue de l'amener au standard K3. Il constituera ainsi, armé du missile air-sol moyenne portée amélioré (ASMP-A), l'ossature de la composante aéroportée de dissuasion pendant encore plus d'une décennie.

La durée de vie globale des Mirage 2000 dans l'Armée de l'air française devrait être de l'ordre de trente cinq à quarante ans, mais la dimension export de cette flotte devrait lui permettre de largement dépasser cette durée, tout en demeurant un redoutable combattant.

## ANNEXE 1 LES VERSIONS DE MIRAGE 2000

2000B : version biplace d'entraînement du Mirage 2000C.

2000C : version de base, intercepteur monoplace,

Doté pour radar :

- Soit d'un RDM (jusqu'à la fin des années 90),
- Soit d'un RDI.

2000D : version biplace air-sol, capable de pénétration tous temps, très basse altitude, très grande vitesse, pour attaque conventionnelle.

2000E : appellation générique de la version monoplace export. Elle est déclinée client par client

2000ED : appellation générique de la version biplace export (idem).

2000EAD : version EAU ; RAD.

2000EDA : version Qatar.

2000EG : version Grèce.

2000EH : version Inde

2000EI : version Taiwan

2000EM : version Egypte

2000EP : version Pérou

2000N : version biplace air-sol, capable de pénétration tous temps, très basse altitude, très grande vitesse. Spécialisée pour la mission nucléaire (Mission conventionnelle en mission secondaire).

2000R : version monoplace de reconnaissance, proposée à l'export

2000S : version du Mirage 2000D proposée à l'export

2000-5 : version développée au milieu des années 90. Initialement pour les missions air-air, puis multirôle

2000-9 : version multirôle développée au début des années 2000 pour les EAU

ANNEXE 2  
 LES DIRECTEURS DE PROGRAMME MIRAGE 2000  
 (DELEGATION GENERALE POUR L'ARMEMENT)

1975 – 1980	Pierre Tamagnini <sup>212</sup>	2000 DA, N
1980 – 1984	Yves Michot	DA, N
1984 – 1987	Hervé Groualle	DA, N
1988 – 1990	Jean-Luc Monlibert	DA, N, D
1990 – 1991	François Flori	D
1990 – 1996	Pierre Bascary	DA, -5, D (à/c 92)
1996 – 1997	Bruno Delors	- 5, D
1997 – 2000	Patrick Dufour	- 5, D
2000 – 2002	Bruno Berthet	D
2003 -	Franck Leclerc	N K3
Mirage 2000	Lancement	Clôture
DA	12/75	7/94
N	7/78	6/90
D	12/88	6/02
- 5	3/93	4/00
N K3	2003	<i>programme en cours</i>

---

<sup>212</sup> Etait responsable des études ACF depuis 1973.

# CHAPITRE 22

## LE RAFALE

Par Roger Guénod, Georges Bousquet et Jean-Luc Monlibert

### AVERTISSEMENT

*Le lancement industriel du programme d'avion de combat Rafale a été décidé en janvier 1988, après une longue phase de travaux préparatoires, commencés treize ans plus tôt.*

*En 2006, alors que l'Armée de l'air vient de déclarer opérationnelle sa première unité dotée du Rafale, la phase de développement n'est pas terminée et il reste à construire la majeure partie des avions de série attendus.*

*Les faits relatés dans le présent chapitre ne portent que sur la phase initiale du programme. Ils sont trop récents pour être analysés avec le même recul que ceux des chapitres précédents. Le présent chapitre comporte en particulier une analyse des tentatives de coopération européenne, fondée sur le témoignage des acteurs français. Il reviendra aux historiens de confronter cette analyse aux témoignages d'origine étrangère.*

*Les travaux engagés en amont du développement pour permettre aux industriels de maîtriser les technologies nouvelles nécessaires à sa réalisation ont fortement contribué à limiter les aléas techniques. Grâce à cette anticipation, le programme Rafale a connu peu de difficultés techniques et donne l'image d'une opération facilement conduite.*

*Cette nouvelle approche de la conduite des programmes d'armement consistant à ne lancer leur réalisation effective qu'après avoir acquis une bonne maîtrise des innovations techniques s'est maintenant généralisée. Sans apporter de garantie absolue, elle contribue, par un meilleur respect des objectifs de performances, de délais et de coûts, à la réussite des programmes. Elle demeure toutefois sans effet sur les aléas qui ne sont pas d'origine technique, notamment ceux liés aux contraintes budgétaires, qui perturbent parfois leur déroulement.*

*Le programme Rafale a lui-même connu, postérieurement à la période couverte par le présent chapitre, de telles perturbations.*

### LES ACTIONS PREPARATOIRES

#### *Les premiers travaux*

Les premières réflexions sur un projet d'avion de combat tactique destiné à remplacer le Jaguar ont été engagées dès 1975 à l'initiative du CPE (centre de prospective et d'évaluations du ministère de la Défense), avant même que soit lancé le développement du Mirage 2000.

Cet organisme était une structure légère rattachée au ministre de la Défense, composée d'officiers des armées et d'ingénieurs travaillant en « binômes », pour conduire des études prospectives et des travaux d'orientation stratégique.

L'initiative du CPE était innovante. Il s'agissait d'explorer les possibilités de réalisation d'un appareil entièrement nouveau et de définir les travaux à engager à

court et à moyen terme pour y parvenir, alors que les pratiques antérieures consistaient, pour le lancement d'un nouveau programme, à s'inspirer du programme précédent en améliorant les performances par étapes successives mais sans rupture technologique.

Les industriels, AMD-BA et la SNECMA (qui avait engagé quelques années plus tôt une réflexion stratégique sur son potentiel d'innovation et renforcé ses capacités dans ce domaine), étaient préparés à un tel changement. Les réflexions du CPE se sont appuyées sur ces capacités nouvelles, qui ont été mobilisées pour réaliser des études paramétriques dans le cadre de marchés portant sur l'avion et sa motorisation.

Deux types de missions, pénétration et appui tactique d'une part, supériorité aérienne d'autre part, étaient pris en considération, se traduisant par la nécessité de disposer d'un avion très manoeuvrant, doté de grandes capacités d'emport, d'un système d'armes polyvalent et d'un moteur ayant une faible consommation kilométrique et une forte poussée spécifique.

Les travaux des industriels, commencés en 1976, ont permis de définir les lignes directrices d'avant-projets d'avion et de moteur qui ont servi de base à tous les travaux ultérieurs, à savoir :

- pour l'avion, un appareil bimoteur mono-dérive, doté d'une voilure delta, d'un empennage canard et d'entrées d'air semi-ventrales sans dispositifs mobiles,
- pour le moteur, une architecture double corps double flux, un fort taux de compression et des températures d'entrée turbine élevées.

Ainsi étaient définis, dès 1978, les principales caractéristiques du futur avion et de son moteur, le M 88, dont la mise en service était alors envisagée à la fin des années 80.

### *Les programmes de démonstration*

Il apparaît d'emblée que le haut niveau de performances à atteindre et l'importance des innovations techniques qui en découlent impliquent un important effort de recherches, d'études et de développements exploratoires pour démontrer la faisabilité du projet.

Démontrer que les innovations techniques propres à chaque composant peuvent être maîtrisées et que les performances visées peuvent être atteintes grâce à des expérimentations en grandeur réelle devient ainsi, pendant toute la phase qui a précédé le lancement industriel du programme une préoccupation permanente.

Engagés pour les premiers dès 1976, les travaux se répartissent en trois catégories, concernant l'avion, le moteur et le système d'armes, en particulier le radar.

Concernant l'avion, ont ainsi été réalisés :

- des simulations numériques pilotées de combat (1976-1986),
- des essais en soufflerie (1978-1984),
- l'expérimentation en vol d'une voilure en composite sur un Falcon 10 (1978-1981),
- un développement exploratoire portant sur l'organisation du poste d'équipage (1979-1981),
- à partir de 1982, l'étude et la réalisation d'un avion expérimental, l'ACX, suivies de son expérimentation en vol dès l'été 1986.



Dassault-Breguet Rafale A

**PLANCHE XLVI**



La préparation du développement du moteur a fait l'objet d'un programme complet de développements exploratoires commencé en 1976. Portant d'abord sur chaque composant (turbine haute pression, chambre de combustion, corps haute pression, compresseur basse pression), les démonstrations se sont achevées par l'essai au banc d'un moteur complet à partir de 1983. Un développement exploratoire spécifique portant sur une régulation numérique préfigurant celle du futur moteur a été réalisé à partir de 1988<sup>213</sup>.

Concernant le radar, après des travaux sur les composants (émetteur, antenne à balayage électronique) a été lancé en 1981 un développement exploratoire dénommé RACAAS (radar de combat aérien et appui sol).

## L'ACX

### *L'objectif de la démonstration*

Proposée par la société AMD-BA en 1981, la réalisation de l'avion expérimental ACX est décidée par le ministre de la Défense en avril 1983.

L'objectif de l'opération est de démontrer, sur un appareil préfigurant l'avion à développer, la validité des orientations prises en amont pour atteindre les performances opérationnelles visées, à savoir des performances élevées en supériorité aérienne, des distances d'atterrissage courtes et la capacité à effectuer soit des missions de supériorité aérienne, soit des missions de pénétration.

L'avion comporte de nombreuses innovations. Parmi celles-ci, outre les innovations aérodynamiques déjà citées doivent être mentionnés :

- le recours à grande échelle aux matériaux composites,
- l'utilisation de commandes de vol numériques,
- une augmentation significative de l'inclinaison du siège du pilote (32°) pour améliorer la tolérance aux facteurs de charge élevés, associée à de nouveaux concepts d'interface pilote-système,
- un système avionique fortement intégré, organisé autour d'une ligne d'échange numérique bi-directionnelle et d'un cœur centralisé.

La propulsion est assurée par deux moteurs General Electric F 404, objet d'un contrat de location passé par la SNECMA avec le constructeur américain, des dispositions étant prises pour faciliter la transformation ultérieure de l'ACX en banc d'essai volant pour le M 88.

### *La réalisation du programme*

Le programme est rapidement mené.

Les fabrications commencent en avril 1984.

Les essais au sol sont réalisés en milieu industriel et dans les centres d'essais de la DGA, notamment au Centre d'essais aéronautique de Toulouse (structures, soufflerie basse vitesse, conditionnement d'air, atterrisseurs...), au Centre d'essais des propulseurs (caractérisation des moteurs, essais du turbo-générateur d'air...), au Centre d'essais en vol (équipements pilote, centrifugeuse...), au centre d'essais des Landes (siège éjectable), ainsi que dans les souffleries de l'ONERA et de Saint-Cyr.

---

<sup>213</sup> Un historique détaillé des actions préparatoires au développement du M 88 figure dans l'ouvrage du COMAERO consacré aux moteurs.

Le premier vol a lieu le 4 juillet 1986. Le domaine de vol est rapidement ouvert. La campagne d'essais en vol se déroule remarquablement bien, les performances atteintes étant conformes aux objectifs fixés.

Les expérimentations sont variées. Celles portant sur la maîtrise des signatures seront particulièrement utiles dans les travaux de définition du Rafale. Est par ailleurs démontrée, par des appontages simulés sur piste et par des approches sur le porte-avions *Clemenceau* en avril 1987, l'aptitude de la formule générale de l'avion à l'embarquement.

460 vols sont réalisés avant la transformation de l'avion en banc d'essais M 88 à partir de juillet 1989. Le premier vol dans la nouvelle configuration (M 88 à gauche, F 404 à droite) a lieu le 27 février 1990. A son retrait en janvier 1994, l'ACX totalise 867 vols.

## LE M 88<sup>214</sup>

Les études et démonstrations engagées à partir de 1976 ont grandement facilité le développement du moteur M 88, les objectifs ambitieux fixés au moment du lancement des études ayant été validés lors des essais réalisés sur les différents composants et sur le démonstrateur. Fin 1985, les conditions du lancement du développement du M 88 sont ainsi réunies.

Les travaux de développement commencent en 1986. La poussée initiale est fixée à 75 kN. Les travaux se déroulent sans difficulté majeure, conformément aux spécifications et au calendrier fixé. Le premier essai au banc a lieu en février 1989 et le premier vol un an plus tard. L'homologation est obtenue en décembre 1995.

## LA RECHERCHE D'UNE POSSIBILITE DE COOPERATION

### *Les premiers contacts*

La recherche de la possibilité d'établir une coopération entre divers constructeurs européens pour le développement et la construction d'un nouvel avion de combat qui, pour la France, viendrait après le Mirage 2000, commence très tôt dans l'histoire de la définition de ce programme. C'est en effet en 1977 (année de salon à Paris) qu'un premier contact sur ce thème s'établit entre AMD-BA et Dornier. La DTCA avalise la poursuite de ces contacts. En RFA les deux constructeurs, MBB et Dornier, auraient reçu la même incitation des autorités. Mais à cette époque la définition des objectifs opérationnels était encore trop imprécise pour constituer une base pour des discussions approfondies. En outre, la disparition accidentelle du président de MBB contribue à interrompre les contacts personnels.

### *Les discussions tripartites*

La situation change en 1979. En France, l'état-major de l'Armée de l'air française communique à la DGA en mars un « projet de spécifications opérationnelles pour un avion de combat tactique à l'horizon 1992 ». Vers la même époque (mais on ne

---

<sup>214</sup> Le développement du M 88 est traité de façon détaillée dans l'ouvrage du COMAERO consacré aux moteurs. Ne sont rappelées ci-dessous que les principales étapes de ce développement.

possède pas de références précises sur ce point), sont définis par les documents AST 403 (air staff target) et TKF 90 (taktisches Kampfflugzeug) les besoins respectifs des armées de l'air britannique et allemande. En septembre la DGA demande à AMD-BA de prendre contact avec les constructeurs britanniques et allemands afin d'étudier la possibilité de développer et construire en commun un avion de combat tactique avec un objectif de livraison en série au début de la décennie 90. Les autorités britanniques et allemandes font de même.

En octobre de la même année, l'assemblée de l'Union de l'Europe Occidentale (UEO) organise un colloque à Bruxelles sur le thème de la politique européenne d'armement. Le Groupe Européen Indépendant des Programmes (GEIP) débat de la réalisation d'un éventuel « Avion de Combat Européen » (ECA).

Pour étudier les questions soulevées par un tel projet et répondre aux demandes des autorités des trois pays alors impliqués, les industriels constituent un groupe de travail chargé, dans un premier temps, d'évaluer la possibilité de définir un avion et un système d'armes conformes aux besoins des trois pays. Un rapport est remis en avril 1980.

Malgré quelques divergences initiales, l'accord se fait assez rapidement sur le choix d'une formule bimoteur avec voilure delta et empennage « canard » et des commandes de vol numériques. Mais cet accord très général englobe des différences importantes sur des sujets essentiels comme la définition des entrées d'air, la structure ou la conception du train d'atterrissage. Et surtout, la taille et la masse à vide apparaissent rapidement comme des sujets de désaccords importants.

A ce stade des travaux, les trois états-majors concernés n'avaient pas encore engagé de discussions en vue de l'établissement de spécifications opérationnelles communes. Mais d'autres considérations, relatives au coût du programme et au choix des moteurs, viennent accentuer les divergences.

Côté français, services officiels et constructeurs veulent limiter la masse pour des raisons de coût (afin de limiter le poids budgétaire du programme et de favoriser les exportations) mais également pour préserver la possibilité de réaliser une version Marine bien qu'aucune décision n'ait encore été prise à ce sujet (elle ne le sera que beaucoup plus tard). Le moteur prévu serait le M 88 en cours d'étude à la SNECMA.

La Grande-Bretagne conçoit un avion plus grand en insistant sur des possibilités d'aménagement plus importantes mais surtout elle a besoin d'un nouveau moteur de la taille du RB199 pour équiper la version ADV (Air Defense Variant) du Tornado qui exige une poussée plus forte que la version initiale de cet avion.

L'Allemagne met en priorité la mission de supériorité aérienne. Sa préférence va au moteur F 404 déjà éprouvé du F 18.

Compte tenu de ces divergences, les études se poursuivent alors sur des bases nationales. Les contacts tripartites se poursuivent néanmoins. C'est ainsi qu'en février 1981, un groupe d'experts composé de représentants des industriels conclut à la nécessité, pour abaisser les coûts, d'adopter un moteur commun et une avionique commune (ce qui paraissait évident !) mais leur étude, dont l'objectif est purement technique, n'aborde pas les aspects industriels.

En avril 1981, constatant l'absence de progrès tangibles, l'Assemblée générale de l'UEO intervient à nouveau en recommandant aux gouvernements une démarche d'harmonisation des spécifications des états-majors.

Au cours de l'année 1981 et du premier semestre de l'année 1982, les travaux tripartites engagés en 1979 ne font l'objet d'aucune directive et sont pratiquement

interrompus. Dans le même temps, il est prêté au consortium Panavia qui regroupe les constructeurs britannique, allemand et italien du Tornado l'intention de lancer un nouveau programme pour pérenniser leur coopération.

C'est dans ce contexte que la société AMD-BA propose en décembre 1981 à la DCAé de réaliser l'avion expérimental ACX sur la base des spécifications françaises. La décision de construire cet appareil est prise par le ministre de la Défense français en avril 1983, étant apparu que la Grande Bretagne avait lancé sans en informer ses partenaires son propre programme expérimental, l'EAP (*Experimental Aircraft Programme*).

L'interruption des discussions tripartites ne met pas fin aux contacts bilatéraux entre la France et l'Allemagne, qui se poursuivent au niveau des états-majors et des services ainsi qu'entre AMD-BA, MBB et Dornier. Un accord sur les objectifs opérationnels semble alors assez proche, malgré des différences d'appréciation portant sur l'importance de la mission de défense aérienne relativement aux autres spécifications. Les constructeurs, de leur côté, élaborent un avant-projet conforme aux spécifications communes mais également une proposition d'appareil plus petit pour l'exportation. La reprise des discussions multilatérales en 1983 conduit à l'abandon de ces projets.

### *Les études à cinq partenaires*

Les contacts tripartites reprennent en avril 1983. Ils s'élargissent un peu plus tard à l'Italie et à l'Espagne. Pour l'Italie qui participe au programme Tornado, c'est une évolution naturelle. Pour l'Espagne, qui rejoindra la communauté européenne en 1986, c'est une occasion de développer ses liens avec ses voisins en participant à un projet européen.

Les discussions entre partenaires industriels doivent donc reprendre, mais à cinq. Un préalable à cette reprise est l'harmonisation des besoins opérationnels. C'est pourquoi les ministres de la défense des cinq pays demandent aux chefs d'états-majors d'établir des spécifications communes. Cette demande est satisfaite en décembre 1983 par la signature d'un « projet de spécifications européennes » dénommé OEST (*Outline European Staff Target*) pour un avion devant entrer en service en 1995.

Les travaux des industriels reprennent activement. Les partenaires se réunissent périodiquement sur différents sites pour évaluer l'avancement des travaux mais dès le premier semestre 1984, il apparaît clairement que les spécifications de l'OEST laissent subsister un désaccord sur l'objectif de masse à vide, évalué par les représentants français à 8,5 tonnes quand les Britanniques estiment nécessaire d'atteindre la valeur de 12 tonnes.

De nouvelles directives fixant la masse maximale à 9,5 tonnes sont adoptées par les ministres de la Défense, réunis à Madrid en juillet 1984. Des spécifications opérationnelles conformes à cet objectif sont élaborées. Le moteur RB 199 est ainsi écarté.

Les questions industrielles ne sont pas abordées.

Après cet accord, les travaux reprennent sur des bases ne remettant pas en cause les spécifications initiales du projet M 88. La demande britannique justifiait néanmoins aux yeux de Rolls Royce le lancement d'un nouveau moteur (projet X 40 dénommé par la suite EJ 200).

Mais les difficultés ne tardent pas à ressurgir. En application des décisions de Madrid, les chefs d'états-majors s'accordent sur un projet plus élaboré de spécifications opérationnelles, l'EST (*European Staff Target*). Ce document est

signé à Rome en octobre 1984. Mais au texte principal sont jointes des annexes rappelant les objectifs nationaux. Par ailleurs, aux cours des réunions de travail, certains partenaires contestent fréquemment la limitation de masse.

Après des rencontres à Madrid et à Preston, les représentants des industriels se retrouvent à Munich en janvier 1985 pour un long séminaire. Un nouveau compromis est présenté mi-février, fixant à 9,5 tonnes la masse à vide et à 8,5 - 8,8 tonnes la plage de poussée, laissant de côté le choix du moteur devant équiper les premiers prototypes. La définition du système d'armes n'est de surcroît qu'ébauchée.

Après une réunion des directeurs d'armement, les ministres se retrouvent à Rome en mai 1985. Ils décident de faire poursuivre l'étude avec la possibilité d'augmenter la masse de 250 kg.

Ce compromis sur un élément aussi fondamental que la masse de l'avion révèle l'importance des désaccords. Techniquement, en dehors des incertitudes sur le choix des moteurs et la définition du système d'armes, il y a deux projets de cellules, l'un élaboré par AMD-BA, l'autre par les industriels du consortium Panavia, avec des différences fondamentales quant à la conception de la structure, la position des canards, la définition des entrées d'air, et l'implantation du train d'atterrissage. Doté d'un train principal fixé à la voilure, l'appareil conçu par les industriels du consortium Panavia apparaît difficilement « navalisable ».

Concernant le programme de développement, services et industriels français estiment pouvoir disposer en temps utile du moteur M 88 pour en équiper les premiers prototypes. Nos partenaires jugent indispensable le choix d'un moteur intérimaire ayant déjà fait ses preuves.

Des désaccords subsistent par ailleurs concernant l'organisation industrielle du développement. L'expérience d'AMD-BA est mise en avant pour demander une centralisation de la direction technique sous sa maîtrise d'œuvre. Aucune perspective d'accord ne se dessine concernant le partage des responsabilités entre Rolls Royce et la SNECMA.

D'autres questions concernant la production et la prise en compte des besoins liés aux exportations demeurent en suspens.

Les industriels du consortium Panavia, confrontés aux perspectives d'achèvement du programme Tornado, sont désireux d'obtenir rapidement de nouvelles activités à conduire, avec si possible la même organisation industrielle. Ils sollicitent des appuis gouvernementaux pour accélérer le processus de décision. L'industrie espagnole se joint à cette initiative qui va conduire à la rupture.

#### *La fin des tentatives de coopération à cinq*

C'est au cours de l'été 1985 que prennent fin les tentatives pour élaborer un projet de programme d'avion de combat européen associant les cinq partenaires. En juin de cette année-là, la situation est la suivante.

Il existe deux projets, l'un présenté par les industriels français, l'autre par les industriels du consortium Panavia, bientôt rejoints après hésitation par les industriels espagnols. Ces deux projets diffèrent sensiblement, par leurs aspects techniques comme par l'organisation industrielle proposée.

Malgré la similitude apparente des formules adoptées (delta avec empennage canard), les différences techniques sont profondes. La nécessité d'un nouveau moteur est reconnue, mais sans accord sur le niveau de poussée. La définition du système d'armes est très superficielle. Il n'est pas prévu de radar commun et seules

des réserves de masse sont prises. Les masses à vide des deux appareils sont bien évidemment conformes à la limite fixée, mais la crédibilité des devis de masse n'est pas la même. La France avait, dès le début des discussions, affirmé son intention, pour des raisons de coûts, de limiter autant que possible la taille de l'avion. Il fallait aussi préserver la possibilité de réaliser une version Marine. Les représentants britanniques avaient, au contraire, indiqué leur préférence pour un appareil plus grand, donc plus lourd.

Il devient évident qu'une décision de démarrage rapide du programme ne peut pas résulter de la fusion, au prix d'ajustements mineurs, des deux projets. Il faut choisir l'un ou l'autre.

Les divergences sont également importantes pour ce qui concerne l'organisation industrielle. La France souhaite une direction technique centralisée intégrant des représentants des partenaires, l'avionneur français paraissant de son point de vue le mieux placé pour assurer cette direction. Elle souhaite que les essais en vol portant sur la cellule et les moteurs s'effectuent sur un site unique. Le côté français estime enfin pouvoir commencer les vols du premier prototype avec le nouveau moteur alors que les autres partenaires jugent nécessaire de commencer avec un moteur existant, en fait le RB 199 du Tornado. Concernant le moteur à développer, une autre divergence existe. La SNECMA, forte des résultats des développements exploratoires en cours, estime avoir la capacité de développer les parties chaudes et revendique la responsabilité du corps haute pression mais Rolls Royce, s'appuyant sur son expérience, a la même revendication. Aucun compromis ne semble se dessiner.

L'organisation de la production est également l'objet de divergences. Nos partenaires prévoient une chaîne d'assemblage dans chaque pays, ce qui est évidemment très coûteux. La répartition de la charge de travail engendrée par la production des pièces primaires ou des sous-ensembles est également controversée.

On est ainsi loin d'avoir rassemblé les éléments nécessaires pour conclure un accord. Il est clair, en revanche, que l'orientation prise par nos partenaires ne permet pas de progrès sensible dans la voie de la réduction des coûts et limite fortement l'intérêt d'une coopération pour un pays capable de réaliser seul, à un coût budgétaire comparable, le programme convenant à ses besoins.

De leur côté (à l'exception de l'Espagne qui se prononcera plus tard), les autres partenaires estiment avoir réuni des éléments suffisants pour un accord. Il est de surcroît important pour eux de combler par des activités nouvelles la baisse de charge de travail engendrée par l'achèvement du programme Tornado. La réussite à l'exportation des avions français est en outre pour eux un fort stimulant.

Les industriels du consortium Panavia tentent dès lors d'obtenir, par des actions concertées auprès de leurs gouvernements respectifs, une décision rapide de lancement sur la base définie par eux. Dans leur argumentaire, le côté français est rendu entièrement responsable de l'absence de progrès significatif au cours de la dernière année alors même que des concessions importantes ont été faites, en particulier sur la masse de l'avion.

Ces actions (dont il n'est pas possible de mesurer si elles ont ou non un effet déterminant) ont pour résultat que, lors de la conférence des négociateurs des cinq pays qui se tient à Turin le 1<sup>er</sup> août 1985, le président de séance présente au nom de la Grande Bretagne, de l'Allemagne et de l'Italie un projet d'accord sur les bases définies par ces seuls pays, ajoutant que cet accord est prêt à être signé en l'état. Invitées à signer le document au cours de la rencontre, les délégations se voient

accorder la possibilité de se joindre ultérieurement aux signataires, mais aux conditions fixées et dans un délai de 15 jours. N'ayant pas été associés à la rédaction de ce texte qui est du type « à prendre ou à laisser », les négociateurs français demandent des éclaircissements. La discussion qui s'ensuit dure tout l'après midi et une bonne partie de la nuit. Aucun amendement significatif n'étant obtenu, les représentants de la France déclarent ne pas être en mesure de signer sans consultation complémentaire le texte proposé, qui demeure trop éloigné des limites de négociation acceptables. Ils demandent que les autorités politiques soient informées sur le champ de la situation, ce que font les différentes délégations. Les représentants français et espagnols souhaitent que de nouvelles négociations aient lieu à ce niveau. La réunion prend fin sur ce constat.

Quelques heures plus tard, La Grande Bretagne, L'Allemagne et l'Italie annoncent par un communiqué commun le lancement du programme « européen », en le plaçant d'emblée dans le cadre de l'OTAN, organisation qui n'est sans doute pas totalement étrangère à cette issue. Quelques semaines après, le gouvernement espagnol annonce qu'il se joint à l'accord.

On retiendra, parmi les causes principales de la rupture, le manque de convergence des besoins militaires d'une part et le poids des alliances et des intérêts industriels d'autre part, qui ont conduit à l'isolement de la France, attachée à limiter la taille de l'avion, face à des partenaires désireux de préserver le modèle de coopération adopté pour le programme Tornado.

### *Les autres tentatives*

Mise devant le fait accompli, la France, qui ne renonce pas pour autant à toute coopération, explore alors deux voies distinctes.

Si, d'évidence, deux avions vont désormais être réalisés pour satisfaire les besoins des quatre pays coopérants d'une part et ceux de la France d'autre part, qui doit, en plus des besoins de l'Armée de l'air, disposer d'une version « Marine », il demeure théoriquement possible de coopérer sur les équipements et les systèmes d'armes. Une mission de haut niveau se rend dans les pays concernés pour tenter de définir les bases d'une telle coopération. Cette démarche reçoit partout un accueil froid, voire hautain sinon méprisant, et la mission s'achève sans succès, conduisant la France à lancer son programme sur d'autres bases. Malgré cela, des contacts à haut niveau se poursuivent pendant plusieurs années mais sans résultats significatifs.

Sont également explorées les possibilités de coopération avec les pays de l'Europe du nord équipés de F 16. Des contacts s'établissent ainsi avec la Norvège et surtout la Belgique.

Avec la Norvège, les échanges sont rapidement interrompus, étant apparu que ce pays n'envisageait pas de remplacer ses appareils dans un avenir prévisible.

Avec la Belgique, les relations s'établissent à haut niveau dès l'automne 1985. Le projet de programme est présenté en février 1986 par la DCA au chef d'état-major de la Force aérienne belge. En mars, des représentants du GIE constitué par les industriels français rencontrent le ministre de la Défense belge et le chef d'état-major. En mai 1987 est ratifié par les deux pays un accord permettant l'échange d'informations et l'examen des possibilités de coopération. Deux groupes de travail sont constitués dans le cadre de cet accord, l'un à vocation technico-opérationnelle, l'autre chargé des aspects économiques et industriels. Les rapports de ces groupes sont remis en juin et en juillet 1988. Dans l'intervalle, en février 1988, le projet de coopération a été présenté aux autorités et aux industriels belges par M. Jacques

Bénichou, représentant du ministre de la Défense français. Les deux ministres de la défense se rencontrent en juin 1988. Mais peu de temps après, la Belgique est amenée à réexaminer ses objectifs de défense à moyen terme. En février 1989, le nouveau ministre de la Défense annonce que son pays n'a pas l'intention de participer au développement d'un nouvel avion de combat. Les industriels des deux pays, notamment AMD-BA et SONACA, n'écartent cependant pas la possibilité de travailler ensemble. En mars 1990 le délégué général pour l'armement se rend en Belgique pour cautionner les accords en préparation mais, en juin, l'exécutif wallon l'informe de sa décision de ne pas participer au financement des dépenses non récurrentes du programme Rafale.

Cette décision met un terme aux tentatives de coopération sur le Rafale en Europe.

## LA REALISATION INDUSTRIELLE

### *La préparation du lancement du programme national*

Immédiatement après la rupture des négociations à cinq s'engage en France une phase de réflexion sur les actions nouvelles à conduire.

Le 9 septembre 1985, le ministre de la Défense demande au délégué général pour l'armement et aux chefs d'états-majors de l'Armée de l'air et de la Marine de définir une gamme d'avions susceptibles de satisfaire les différents besoins opérationnels. Le délégué s'étant prononcé en faveur d'un avion bimoteur d'au plus 8,5 tonnes doté d'une large polyvalence, il demande en novembre 1985 que soit approfondi le choix entre une formule bimoteur et une formule monomoteur.

Le choix de la formule bimoteur est finalement adopté en février 1986.

Un projet de fiche de caractéristiques militaires est établi par l'état-major de l'Armée de l'air le 22 juin 1987.

Le 20 juin, lors du salon du Bourget, le Premier Ministre annonce le lancement du programme d'avion de combat tactique et d'avion de combat Marine ACT-ACM avec comme objectifs la réalisation du premier vol du premier prototype avant la fin 1990 et la livraison du premier avion de série à mi-1996.

La poussée du moteur est fixée en juillet à 75 kN. Une proposition de définition de l'avion est remise par AMD-BA à la DCA le 30 septembre.

L'état-major de la Marine fait connaître les caractéristiques militaires de l'avion de combat Marine le 1<sup>er</sup> décembre. Enfin, le 24 décembre est approuvée par la DCA et par l'état-major de l'Armée de l'air la définition de l'ACT.

Les caractéristiques de l'appareil s'inspirent directement de celles de l'ACX. La taille de l'avion est toutefois légèrement réduite et des modifications destinées à réduire sa vulnérabilité, notamment l'augmentation du niveau de discrétion dans l'ensemble du spectre électromagnétique ont été introduites.

### *Le lancement du développement*

Le 26 janvier 1988 est confirmé par le Premier Ministre, lors d'un comité interministériel, le lancement effectif du développement de l'avion.

Le marché de développement est notifié le 21 avril. Pour tenir compte des perspectives d'exportation, il a été accepté par les industriels la prise en charge de 25% des dépenses.

Le 22 novembre, le ministre de la Défense prend la décision de confier à une

structure juridique dont le chef de file sera Thomson CSF la réalisation du radar RBE2 (radar à balayage électronique deux plans) de l'ACT-ACM, sur la base d'une répartition de deux tiers des travaux à Thomson et un tiers à ESD.

### *Les structures de conduite du programme.*

Pour assurer la maîtrise d'ouvrage est constituée autour du directeur du programme, une équipe de spécialistes appartenant aux services de la DCAé ainsi qu'aux autres entités de la DGA impliquées. La gestion des interfaces avec les autres programmes est assurée par des contacts suivis et des rendez-vous périodiques avec les responsables de ces derniers.

Les officiers de programmes de l'Armée de l'air et de la Marine sont associés aux travaux de l'équipe.

Sur proposition de la DGA, le ministre de la Défense décide en mai 1989 la création d'un comité directeur, instance de concertation chargée, sous la présidence du délégué général pour l'armement, de superviser le déroulement du programme.

AMD-BA est l'architecte industriel du programme. Une association des coopérants majeurs (SNECMA, Thomson CSF, ESD, Aérospatiale, Matra) couvre l'ensemble des activités du programme.

Un groupe industriel système, dirigé par AMD-BA et comprenant des représentants des principaux industriels associés à la réalisation du système d'armes (Aérospatiale, ESD, Matra Défense, Thomson CSF, Le GIE radar), veille à la coordination des travaux.

La réalisation du radar est assurée par le GIE radar, structure juridique créée en février 1989 par Thomson/CSF et ESD en application de la décision du ministre de la Défense du 22 novembre 1988.

A partir de juin 1989 une commission de gestion de la configuration, présidée par le directeur du programme, veille à la maîtrise de la définition de l'ensemble des appareils et gère le processus de mise en œuvre de toutes les modifications.

### *Le programme de développement*

Après la notification des marchés de développement, les travaux s'enchaînent rapidement.

Il était initialement prévu de construire cinq prototypes (deux monoplaces et un biplace air, deux monoplaces Marine) ainsi qu'une cellule d'essais mécaniques. La construction du deuxième prototype de la version Marine sera finalement abandonnée.

Quatre avions bancs d'essais sont affectés au programme (un Mirage 2000 et trois Mystère XX).

Le premier vol du prototype C01 a lieu le 19 mai 1991. En juillet 1992 s'effectue le premier vol d'un radar RBE2 sur un Mystère XX banc d'essais. En mars 1993 ont lieu le premier tir canon et le premier tir d'une maquette de missile Magic.

Le système de mission, qui devait, à l'origine, comprendre trois versions successives, est désormais développé en deux versions :

- le standard F1, doté uniquement de capacités air-air (capacité de tir canon, Magic, Mica électromagnétique) et limité aux premiers avions de série destinés à la Marine,
- le standard F2, standard polyvalent doté de capacités air-air supplémentaires (Mica IR, optronique secteur frontal) et de capacités air sol, disponible dans un deuxième temps pour équiper le premier escadron de l'Armée de l'air.

## LE RAFALE MARINE

Le principe de la réalisation d'une version Marine pour remplacer le Crusader et l'Étendard IVP puis le Super-Étendard a été envisagé dès le début des études préparatoires au lancement du programme. Le besoin de disposer d'une version embarquée a en particulier été pris en compte par le côté français dans les négociations en vue d'une coopération européenne.

L'intervention de l'état-major de la Marine dans le processus de préparation du programme a cependant été tardive. Ce n'est qu'en décembre 1983, alors que les discussions en vue d'une coopération étaient déjà engagées, que l'état-major de la Marine fait connaître ses besoins. Sans être directement associée aux discussions, la Marine sera néanmoins tenue régulièrement informée de leur déroulement.

Son implication dans les travaux nationaux est en revanche totale. En 1985, l'urgence du remplacement des Crusader est alors telle que la Marine ne manque pas de demander que soit examinée, comme alternative au lancement d'un programme national, l'achat ou la location de F18.

Cette option étant finalement écartée, se confirme la nécessité de développement d'un avion commun à l'Armée de l'air et à la Marine.

Parmi les différentes solutions examinées pour satisfaire les différents besoins, un compromis est trouvé pour que les deux avions aient un maximum de caractéristiques communes. Aux dispositifs de catapultage et d'appontage près (atterrisseurs surdimensionnés, crose d'appontage, atterrisseur avant doté d'une barre de catapultage), la structure des deux avions sera ainsi la même, cette solution permettant un gain de coût global (au prix il est vrai d'un surcroît de masse pour la version Air).

Les travaux de mise au point et de qualification de la version Marine se déroulent sans difficulté majeure.

Les premiers essais à terre de catapultage et d'appontage du Rafale M01 s'effectuent en juillet 1992 aux États-Unis, sur les bases de l'US Navy de Lakehurst (New Jersey) et de Patuxent River (Maryland). Trois campagnes d'essais seront conduites aux États-Unis pour mettre au point les dispositifs de catapultage et d'appontage et valider les modifications introduites pour garantir le bon fonctionnement de l'avion lors du catapultage et de l'appontage.

Le premier appontage sur le porte-avions *Foch* a lieu en avril 1993. La qualification complète sur porte-avions s'obtient sans difficulté majeure.

## LE SYSTEME D'ARMES

Les travaux préparatoires dans le domaine du système d'armes ont été très importants, comme ils l'ont été pour l'avion et le moteur.

L'initiative en revient à l'ensemble des services officiels et des industriels concernés qui cherchaient à mettre en œuvre les nouvelles technologies disponibles, mais avec le souci de ne pas se lancer dans les développements sans explorations et validations préalables.

Dans ce qui suit, l'accent sera mis surtout sur le radar et les équipements opérationnels les plus caractéristiques du système d'armes Rafale. Le radar constitue un équipement essentiel du système, indispensable pour assurer la polyvalence recherchée ; il a fait l'objet d'un ensemble de travaux préparatoires très



Dassault-Breguet Rafale M

**PLANCHE XLVII**



Dassault-Breguet Rafale B



Dassault-Breguet Rafale C

**PLANCHE XLVIII**

complet et d'une très âpre compétition industrielle<sup>215</sup>.

Mais il ne faut pas oublier les travaux entrepris souvent très en amont, qui ont trouvé pleinement leur application avec le programme Rafale :

- la maîtrise progressive des techniques numériques (et le rôle joué à l'origine par les services STAé et STTA),
- le développement des méthodes et des moyens de simulation à la fois dans les centres d'essais officiels et chez les constructeurs (et tout particulièrement l'avionneur),
- la mise en œuvre de nouveaux moyens pour les essais au sol et en vol (« stimulation », équipes intégrées...),
- les travaux associés aux problèmes de plus en plus complexes de l'interface homme-machine (notamment sur la base de contrats passés par les services officiels, OPE<sup>216</sup> pour les avions militaires),
- la recherche d'une intégration de plus en plus poussée des systèmes (et des systèmes à l'avion)<sup>217</sup>.

Les aspects concernant plus directement le système d'armes Rafale sont présentés en deux parties :

- l'une consacrée aux phases préparatoires,
- l'autre aux derniers choix (radar) et à la définition du système d'armes au moment du lancement du développement de l'avion,

### *Phases Préparatoires*

Les tentatives de coopération européenne à cinq ont à peine abordé les aspects relatifs aux systèmes d'armes et fait surtout apparaître des raisons de divergence.

En revanche, on s'est préoccupé très tôt, au plan national, de la préparation de l'avenir. Cette nécessité a été reconnue tant par les services officiels que par les industriels. L'expérience malheureuse, vécue lors du développement des radars du Mirage 2000, était dans tous les esprits<sup>218</sup>.

#### • *Radar*

Dès le début des années 1980, au moment où l'on commençait à parler de la génération suivante de radars pour l'équipement des dernières versions du Mirage

---

<sup>215</sup> Pour le radar, on a utilisé tout particulièrement les sources suivantes : addendum de J. Bousquet, dans le fascicule *Electronique* du COMAERO ; AICPRAT (Association amicale des Ingénieurs, Cadres et Personnels Retraités, Anciens de Thalès), *Les Radars de Thales*, t. 2, Radars aéroportés, coordination assurée par P. Baratault ; G. Rousseau (RBE2), « Le radar du Rafale », *Revue de l'Armement*, mai-juin 1995. En outre, la contribution personnelle de F. Flori a permis de reconstituer certaines périodes clés de l'historique du radar.

<sup>216</sup> OPE, pour Organisation du Poste d'Equipage.

<sup>217</sup> Pour les systèmes et équipements, de nombreuses indications figurent déjà dans l'ouvrage *Équipements* du COMAERO, avec, notamment, dans le tome 2, une importante participation de D. Lerouge, ancien Directeur technique des systèmes, Dassault Aviation.

<sup>218</sup> Le lancement du RDI s'était fait sans qu'aient pu être menées les études préliminaires indispensables, d'où les difficultés rencontrées lors du développement. Pourtant, dès le milieu des années 1960, le STTA avait opportunément lancé des travaux préparatoires dans le domaine des radars doppler à impulsions (maquettes de radar aéroporté HFR-haute fréquence de récurrence-et-BFR-basse fréquence de récurrence, lancées en 1966 par le STTA chez CSF et EMD conjoints et solidaires) ; mais malgré d'excellents résultats, ces travaux n'avaient pas pu être poursuivis.

2000 ou de son successeur, le STTE définit avec l'industrie une liste aussi exhaustive que possible des travaux nécessaires.

L'objectif était ambitieux, car on pouvait maintenant envisager des radars vraiment polyvalents susceptibles de remplir à la fois les missions air-air (avec prise en compte de plusieurs cibles simultanément) et air-sol (visualisation et même cartographie, recalage de navigation, etc.).

Il s'agissait de maîtriser aussi bien les technologies de base (miniaturisation et performances des composants, nouveaux types d'antennes, puissance de calcul disponible...) que l'architecture d'ensemble des futurs matériels.

Dans le tableau de tous les travaux à entreprendre, il y avait une étape intermédiaire particulièrement importante, celle du RACAAS (radar aéroporté de combat aérien et appui sol), une maquette aéroportée destinée à dégrossir l'ensemble des problèmes susceptibles de se poser lors du développement du matériel définitif.

Le développement exploratoire RACAAS a été lancé par le STTE en 1981, après un accord du délégué général pour l'armement sur l'ensemble des travaux proposés.

Il va comporter trois phases d'études, qui ont débuté en 1982<sup>219</sup> :

- recherche par enregistrement en vol (avec une structure de type RDM) des données nécessaires aux simulations et évaluations,
- essai de différentes formes d'onde,
- enfin, réalisation d'un véritable démonstrateur de radar, qui sera équipé d'antennes à balayage électronique un plan, utilisant soit le procédé Radant, soit des déphaseurs à ferrite.

Dans le domaine des antennes, des études avaient été soutenues depuis longtemps par la DRET, puis le STTA, pour développer le procédé Radant. Ce procédé utilisait des diodes que l'on pilotait en ouverture-fermeture pour fournir un faisceau à l'émission ou à la réception. Pour arriver à en développer et en exploiter tout le potentiel d'application, un rapprochement, favorisé par le STTA, a eu lieu entre la société Radant et Thomson-CSF. Radant est devenue une filiale de Thomson et le radar du Rafale a pu utiliser une antenne à balayage électronique avec cette formule.

De nombreuses études amont ont été également nécessaires, notamment dans le domaine des composants, des algorithmes de traitement du signal et de l'information, des matériaux, etc. Plusieurs directions de la DGA, dont la DRET, y ont alors contribué.

Comme on l'a déjà indiqué, une concurrence très vive régnait à l'époque entre les deux seules sociétés capables de postuler pour la conduite du programme radar, à savoir Thomson-CSF et EMD. Elles furent consultées l'une et l'autre à la fois sur les aspects techniques et financiers, mais aussi sur la participation aux dépenses qu'elles seraient disposées à consentir. Les réponses techniques furent de bon niveau l'une et l'autre, mais seule la société Thomson-CSF accepta d'apporter une contribution financière aux travaux. L'arbitrage fut rendu par le délégué général pour l'armement, Henri Martre, en faveur de Thomson-CSF.

Ce choix conduisit à confier la plus grande partie des études préparatoires, dont le développement exploratoire RACAAS, à Thomson-CSF.

Mais, comme on le verra par la suite, la concurrence reprit ultérieurement entre les deux sociétés.

---

<sup>219</sup> Cf. AICPRAT, *Les Radars de Thales*, t. 2, Radars aéroportés, p. 192.

- *Optronique Secteur Frontal (OSF)*

Le Rafale comporte une nouvelle composante du système d'armes, l'optronique secteur frontal complémentaire du radar auquel elle est étroitement associée. L'intérêt d'une telle formule avait été reconnu par le Groupe Armement, créé en 1980 par le STTE, avec les principaux industriels concernés, pour rechercher les meilleures techniques et associations d'équipements en vue de répondre, le mieux possible, aux besoins exprimés.

Mais de longs travaux préparatoires ont été nécessaires avant de pouvoir passer à la réalisation.

Au cours des décennies postérieures à 1960, au sein de la DMA, puis de la DGA, l'optronique fit l'objet d'un important effort de recherche dans deux grandes voies : le laser et la détection infrarouge.

La DRME, dès sa création en 1961, s'attacha à faire fructifier les travaux des Professeurs Kastler et Brossel, sur le pompage optique, dans leur laboratoire de l'Ecole Normale Supérieure, et fit entreprendre des réalisations de lasers à Grenat d'Yttrium-Aluminium (lasers YAG) émettant à 1,06 micromètre et de lasers à gaz carbonique émettant à 10,6 micromètres. Ces recherches, effectuées par les industriels CGE, SAG, Thomson-CSF, avec le soutien de la DRET et des directions techniques, aboutirent à des applications militaires très nombreuses : télémétrie, détection d'obstacles, désignation d'objectifs et guidage de grande précision. Le programme ATLIS<sup>220</sup>, lancé au cours des années 1970, fut une grande réussite et valorisa pleinement le Jaguar dans ses missions d'attaque au sol, avec des armements guidés par laser.

La détection passive en infrarouge présentait un intérêt majeur pour les opérations militaires, qu'elles soient terrestres, navales ou aériennes. Sous l'impulsion de la DRET, il fut créé, en 1978, au sein du LETI (Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Informatique) du Commissariat à l'Energie Atomique, le Laboratoire Infrarouge (LIR) qui avait pour mission d'entreprendre les études de base de prototypes de détecteurs IR, dans les bandes de transparence atmosphérique 3-5 et 8-12 micromètres. Cette technologie fut transférée en 1986 à la société SOFRADIR créée à cet effet. Ainsi fut constitué un pôle « détection et imagerie en infrarouge » comprenant le LIR, SOFRADIR, Thomson-CSF et SAT. Ce pôle, associant étroitement un laboratoire de pointe et des industriels de très haut niveau, s'avéra rapidement tout à fait compétitif au plan mondial.

Plus directement liés à l'OSF, il y a eu :

- les développements exploratoires ASPIC (SAT) et DIVA (Thomson-CSF) concernant respectivement la veille-détection infrarouge et l'identification-poursuite TV (de 1981 à 1986),
- des expérimentations air-air effectuées par le CEV avec ATLIS, expérimentations qui ont validé les fonctions d'identification et de télémétrie laser, grâce à la précision de la poursuite air-air sur imagerie vidéo.

Les résultats de ces travaux et les progrès considérables des technologies optroniques ont ainsi autorisé la décision, lors du lancement du programme Rafale, d'incorporer dans le système d'armes un capteur optronique polyvalent, partie prenante de la conception matérielle et fonctionnelle de l'avion.

---

<sup>220</sup> Voir Jean Dansac, « Système d'armements guidés laser air-sol (AGL) », dans *L'optronique militaire en France*, Actes du colloque du 16 mai 2002, Paris, CHEAr/DHAr, 2004.

Le développement lui-même n'est intervenu que postérieurement à cette décision, de 1991 à 1997 (sociétés Thomson-CSF et Sagem).

Il faut enfin signaler les efforts qui ont été faits, tout particulièrement par Thomson-CSF (RCM) pour permettre d'implanter l'OSF dans la pointe avant. En reportant vers l'arrière divers coffrets électroniques du radar, il a été possible de libérer un volume suffisant et un emplacement particulièrement approprié pour l'OSF.

L'OSF comprend un capteur multispectral et regroupe sous un faible encombrement les fonctions de veille infrarouge bispectrale, d'imagerie infrarouge avec poursuite, d'imagerie TV avec poursuite et de télémétrie laser, en modes air-air, air-sol et air-mer.

• *Système de contremesures SPECTRA*.<sup>221</sup>

Le besoin exprimé pour le système d'autoprotection du Rafale constituait un saut considérable par rapport à celui du Mirage 2000, lui-même déjà très performant<sup>222</sup>.

La satisfaction de ce besoin nécessitait de réaliser un véritable système intégrant les différents équipements de détection, de brouillage et de leurrage, avec une présentation synthétique, sur une « visualisation contre-mesures » spécifique, de la menace et des actions préconisées ou déclenchées automatiquement ; de plus, il était demandé au système une fonction complémentaire de gestion des compatibilités électromagnétiques de tous les émetteurs et récepteurs de l'avion.

Dans le domaine des contre-mesures électroniques, Dassault Electronique et Thomson-CSF se partageaient l'essentiel de l'activité et des compétences. Contrairement au cas du radar, les services n'ont pas rencontré de difficulté pour répartir de manière sensiblement équilibrée les études amont et les développements exploratoires entre les deux sociétés.

Des études amont portaient sur les composants hyperfréquences, les circuits intégrés très haute vitesse, les algorithmes de traitement, les nouvelles techniques de brouillage (brouillage coopératif...).

Des développements exploratoires ont eu pour objet :

- L'analyse spectrale numérique (Dassault Electronique),
- L'interférométrie large bande (Thomson-CSF),
- Le développement de modules actifs de brouillage à large bande en arséniure de gallium (Thomson-CSF)<sup>223</sup>.

Pour la réalisation du système, les services ont fait le choix de la complémentarité entre les deux industriels.

Une proposition commune pour une étude de définition a été demandée à Thomson-CSF et Dassault Electronique, associés à la société Matra pour les

---

<sup>221</sup> SPECTRA : Système de Protection et d'Évitement des Conduites de Tir pour Rafale. Texte établi à partir d'informations fournies par François Flori (en coopération avec Gérard Dugard).

<sup>222</sup> Le besoin à prendre en compte devait couvrir :

- des menaces de systèmes d'armes plus diversifiées,
- des scénarios de pénétration des défenses du pacte de Varsovie (grand nombre de menaces simultanées),
- et, pour ce faire, une analyse fine de la menace en fréquence et en direction avec identification du système adverse.

<sup>223</sup> La mise au point de modules actifs AsGa présente, dans le cas du brouillage, moins de difficultés que pour l'application aux radars de bord (puissance plus faible et, surtout, nombre de modules beaucoup plus réduit). Les modules actifs d'émission large bande AsGa permettent un brouillage directionnel.

composantes optronique et la fonction de leurrage électromagnétique et infrarouge du système. L'étude de définition a été notifiée aux trois industriels co-traitants (dont les parts respectives étaient d'environ 40 %, 40 % et 20 %). Une équipe intégrée de direction de projet a été constituée, avec Thomson-CSF comme chef de file.

La définition retenue a largement utilisé les études et développements exploratoires préalablement lancés (la détection infrarouge de départ de missiles a été confiée à la société SAT, sous-traitant de Matra dans SPECTRA ; cet équipement est le fruit de travaux de très longue haleine conduits chez SAT par les services de la DTCA).

En liaison avec sa complexité, on notera que le système SPECTRA a atteint des niveaux de prix tout à fait comparables à ceux du radar RBE2, niveaux dont on était très loin dans les programmes précédents, même si l'on constatait une augmentation régulière de l'importance accordée aux contre-mesures

Les difficultés à arrêter les caractéristiques du système, en raison de l'évolution rapide tant des menaces à contrer que des technologies utilisées, ont entraîné un retard de l'opération SPECTRA par rapport au calendrier général du programme Rafale<sup>224</sup>. Ainsi, le développement de SPECTRA n'a pu être notifié que début 1990, avec un an de retard sur le radar RBE2. De ce fait, tout au long de l'opération, les crédits ont été difficiles à dégager dans le budget du programme. Mais, grâce aux efforts consentis, le Rafale a pu être doté d'un système d'autoprotection particulièrement performant.

#### • *Visualisations*

L'ergonomie des postes de pilotage est progressivement devenue un objectif de recherche majeur. Le Rafale a bénéficié de possibilités accrues dans différents domaines concernant ce problème, et notamment dans celui des visualisations :

- collimateur tête haute (CTH),
- collimateur tête moyenne (CTM),
- viseur/visuel de casque (VVC),
- visualisations de planche de bord.

Il s'agit d'une très longue évolution dans laquelle, services officiels et industriels ont été étroitement associés. Dès le début des années 1970, la DTCA a organisé une coordination des efforts entre opérationnels, services et industrie en vue d'aboutir à des ensembles optimisés de planches de bord modernes (symposiums, groupes de travail, comités techniques, lancement d'études générales amont sur les postes de pilotage...). Nécessitant un travail continu avec les pilotes, ces études se

---

<sup>224</sup> Au début du développement en 1988, les principales fonctions et les composants physiques de SPECTRA étaient bien identifiés, mais le problème était de trouver des emplacements appropriés pour installer l'ensemble des antennes du système. Les industriels qui devaient participer (Thomson-CSF, ESD, MATRA) se disputaient les emplacements disponibles, en trop petit nombre. Après plusieurs mois d'études non concluantes, menées dans un climat de rivalité, il devint évident que cette situation allait mettre en péril le lancement du développement de SPECTRA, et aussi le calendrier de l'avion. La solution fut obtenue grâce à la création, demandée par le STPA, d'un bureau d'études commun regroupant les industriels précités et AMD-BA dans un local neutre loué à cet effet. Cette disposition fut efficace et, en quelques semaines, des "balcons" adaptés furent trouvés, notamment à l'emplanture des canards (en augmentant quelque peu leur épaisseur) et sur les flancs des manches d'entrées d'air. La solution définitive fut adoptée lors d'une réunion qui eut lieu au Bourget lors du Salon 1989, mais il y avait eu, sans doute, dans ces difficultés, une cause supplémentaire de retard pour le lancement de SPECTRA.

sont appuyées sur les techniques de simulation du vol piloté, utilisant en particulier le simulateur de vol du CEV à Istres, dont la réalisation avait démarré en 1965 sous l'impulsion du STAé, mais aussi différents avions d'expérimentation du CEV.

Dans le domaine militaire, l'étude appelée OPE (Organisation du Poste d'Equipage) fut lancée en 1972 par le STAé : elle a trouvé des applications sur les avions les plus récents, et tout spécialement le Rafale<sup>225</sup>.

A ces études générales, il faut associer toutes les évolutions technologiques intervenues dans le domaine des viseurs et des écrans plats (avec un rôle très important joué par les applications dans l'aviation civile pour la diffusion de ces technologies).

Comme il n'est pas question de revenir ici sur l'historique de ces évolutions, l'accent sera mis, pour le Rafale, sur le collimateur tête haute.

Le viseur tête haute est devenu l'instrument principal de pilotage des avions de combat modernes. Il est l'héritier d'une longue lignée d'appareils à laquelle appartiennent à la fois les viseurs de tir et les instruments de planche de bord. L'emploi des technologies holographiques permet d'obtenir un champ d'image très élargi et une meilleure transparence, tout en conservant des valeurs de luminance et de contraste élevées<sup>226</sup>.

La DRME, puis la DRET, ont eu un rôle important en holographie (en collaboration avec l'ISL). Le premier contrat de la DRME remonte à 1977 et le premier viseur tête haute holographique étudié et réalisé par Thomson-CSF a pu être présenté au Salon du Bourget en 1983.

La DGA a continué à soutenir, toujours chez Thomson-CSF, non seulement les études, mais aussi le passage aux réalisations industrielles (contrats STTE, puis SPAé) pour aboutir :

- à la mise en place d'un atelier-laboratoire de fabrication des hologrammes (fabrication des hologrammes du Rafale),
- au développement complet du viseur du Rafale.

L'ACX a pu être équipé dès son premier vol du collimateur tête haute holographique grand champ, mais aussi du collimateur tête moyenne en couleurs.

La juxtaposition l'un au dessous de l'autre du CTH et du CTM, en quasi-continuité de champ, au centre de la planche de bord, crée une importante surface virtuelle de présentation d'informations et facilite la transition avec la vision du monde extérieur.

---

<sup>225</sup> Voir COMAERO Equipements, t. 1, p. 50-51 ; t. 2, p. 22-23, 36-37, 87 à 89. Voir Olivier Fourure (STTE), « La cabine de pilotage : vers une meilleure ergonomie », *L'Armement*, mai-juin 1991.

<sup>226</sup> Dans le viseur holographique, le rôle de la lame semi-transparente, qui équipe les viseurs classiques, est assuré par un composant holographique. Celui-ci, élaboré à partir d'une matière transparente (gélatine bichromatée), laisse passer la lumière, sans affaiblissement, sauf pour une longueur d'onde, celle du tube cathodique dont la lumière est alors réfléchi. L'hologramme assure aussi le renvoi de l'image à l'infini. Enfin, on obtient un champ élargi en formant, grâce à une optique appropriée dans le corps du viseur, une image intermédiaire virtuelle, proche de l'œil.

## *Derniers choix et définition du système d'armes*

Les tentatives de coopération de toutes sortes étant restées infructueuses, les solutions ont été recherchées au plan national.

En 1986, suite au changement de majorité parlementaire, le ministre de la Défense a repris l'ensemble du dossier de l'avion, avec l'intention d'examiner à nouveau toutes les solutions possibles.

### • *Choix du radar*

Dans le domaine du radar, cela s'est traduit par la décision de rouvrir la compétition entre Thomson-CSF et ESD, alors que, précédemment, une orientation favorable à Thomson-CSF avait été prise et qu'en outre Thomson avait une avance certaine dans le cadre des études préparatoires, notamment avec RACAAS<sup>227</sup>.

Comme le souligne Francois Flori dans son témoignage sur cette période :

« Un des points majeurs pour la définition du futur radar était l'ensemble avant, émetteur et antenne. En effet, il était demandé au radar de posséder toutes les fonctions air-air, vision du sol avec cartographie précise, suivi et évitement de terrain en basse altitude, modes de combat rapproché... Regrouper en un seul radar des fonctions jusque-là attribuées à des radars de bord spécialisés était un défi, d'autant qu'il était également demandé une certaine simultanéité des fonctions, comme, par exemple, la détection air-air des hostiles pour l'autoprotection pendant les phases de pénétration basse altitude. L'agilité de faisceau d'une antenne à balayage électronique était indispensable pour satisfaire ces demandes, et le choix de la solution technique dans ce domaine était crucial. »

Les deux sociétés Thomson-CSF et ESD furent donc amenées à répondre à une consultation lancée par le STTE fin 1986 :

- Thomson-CSF proposa le projet RDX dans une version à balayage électronique « deux plans » Radant à antenne fixe, tandis qu'une variante à balayage électronique dans un seul plan, mais moins performante, était également présentée.
- ESD avait considéré le procédé Radant comme trop risqué au plan des délais et, de toute façon, n'y avait plus accès depuis le rachat de la société Radant par Thomson. ESD proposa le projet Antilope 60 avec un ensemble avant fixe à balayage électronique « deux plans » utilisant des déphaseurs passifs à ferrite. Par ailleurs, ESD contestait fermement l'adaptation du balayage « un plan » au besoin exprimé.

Le nouveau délégué général pour l'armement, Jacques Chevallier, s'interrogeait sur la faisabilité des solutions proposées. Il demanda à ses homologues américains, qui acceptèrent, de faire un audit sur le sujet. Celui-ci eut lieu avec la participation des représentants du STTE.

Le résultat ne fit pas apparaître d'impossibilités de principe. Il fallut cependant convaincre les techniciens américains de la validité du procédé Radant qu'ils ne connaissaient pas. Le STTE a pu, heureusement, fournir en avril 1987 des résultats probants, conformes aux prévisions, sur les diagrammes de l'antenne Radant « deux plans ».

---

<sup>227</sup> De son côté, ESD avait conduit, sur fonds propres, depuis 1982, des études sur un concept de radar à fonctions simultanées, puis lancé ultérieurement un radar maquette dit « Antilope 50 » qui a effectué une phase d'essais en vol des fonctions air-air au CEV. Cf. AICPRAT, *op. cit.*, p. 193-196.

Mais le problème du choix restait toujours posé. Après différentes propositions des industriels et un dernier tour de consultation en 1988, la DGA choisit une définition du radar, basée sur la proposition de Thomson-CSF, avec l'ensemble avant Radant « deux plans », mais reprenant certains éléments de la proposition d'ESD, en particulier l'émetteur.

Comme il est dit plus haut, le ministre, dans sa décision du 22 novembre 1988, retient la proposition de création d'une structure juridique dont le chef de file sera Thomson-CSF et qui sera chargée de la réalisation du radar sur la base d'une répartition : 2/3 Thomson, 1/3 ESD.

En application des orientations fixées, les deux industriels constituèrent le GIE Radar ACT/ACM Rafale. La proposition résultant de l'accord est le REG, très proche du RDX de Thomson-CSF, avec l'ensemble Radant « deux plans » et pour lequel l'émetteur, le pointeur d'antenne, la structure et des éléments du récepteur pilote sont réalisés par Dassault Electronique.

Une lettre de commande sera passée au GIE en avril 1989. Le REG<sup>228</sup> est devenu le RBE2 (pour radar à balayage électronique deux plans).

On sait que par la suite les deux sociétés se sont trouvées réunies au sein du groupe Thalès.

### *Définition du système d'armes*

Le système d'armes devait répondre au concept de polyvalence élargie défini par l'Armée de l'air<sup>229</sup>.

La définition de l'avion ACT-Rafale D, présentée par AMD-BA en mars 1987, avait été jugée par l'Armée de l'air insuffisamment ambitieuse en ce qui concerne le système d'armes.

A la suite d'une nouvelle expression des besoins en juin 1987, la DCAé a entrepris d'établir avec AMD-BA les bases d'une définition susceptible de répondre à l'ensemble des demandes opérationnelles (Air, Marine et certains pays coopérants potentiels)<sup>230</sup>. C'est, pour l'essentiel, la définition qui sera retenue pour les premiers avions après que le choix du radar soit intervenu<sup>231</sup>.

La formule avion dérive directement de celle qui a été expérimentée sur l'ACX-Rafale A. Avec elle, on trouve :

- des commandes de vol électriques numériques à haut niveau de sécurité couplées à l'ensemble du système d'armes (le pilote automatique, en tant qu'équipement séparé, ayant, pour la première fois, disparu),
- des circuits avion (hydraulique, électrique, carburant et conditionnement) couplés au système avionique pour leur gestion,
- une nouvelle ergonomie de la cabine, le siège incliné vers l'arrière permettant au pilote de mieux supporter les facteurs de charge.

---

<sup>228</sup> REG pour radar du GIE.

<sup>229</sup> La polyvalence élargie est la capacité pour les avions – tous identiques – d'un raid (en quelque sorte « banalisés ») d'assurer les différentes missions air-air ou air-sol. Elle est rendue possible par les caractéristiques du radar RBE2. (Pour une formulation plus précise et complète de la demande opérationnelle correspondante, il y a lieu de se reporter aux fiches-programmes du Rafale).

<sup>230</sup> Cf. lettre de l'ingénieur général Sandeau, Directeur des constructions aéronautiques, au Délégué général pour l'armement (24 décembre 1987).

<sup>231</sup> Nous reprenons pratiquement sans changement les termes de Robert Finance, ingénieur en chef de l'armement, Directeur du programme. Cf. Robert Finance, « Le programme ACT-ACM/Rafale », *L'Armement*, mai 1989.

- *Radar*

A l'issue de la compétition, le radar RBE2 sera développé par le GIE constitué à cet effet. Il permettra de traiter plusieurs cibles simultanément en combat aérien, ou, en mission de pénétration en très basse altitude et très grande vitesse, de fournir au système les informations nécessaires pour l'évitement des obstacles tout en surveillant le ciel en vue de se défendre contre des appareils ennemis ; c'est donc, à terme, une véritable simultanéité d'exploitation des modes air-air et air-sol qui sera mise à la disposition du pilote.

- *OSF (Optronique Secteur Frontal)*

Installé à proximité du radar, ce nouveau capteur (passif), qui travaillera dans plusieurs gammes de fréquences, permettra, même en ambiance électromagnétique dense ou brouillée, d'assurer la veille, la poursuite, l'identification, la télémétrie sur des cibles aériennes. En mission air-sol, il pourra contribuer à la navigation et à la conduite de tir des armements.

- *Contre Mesures*

Ce système sera entièrement interne et n'occupera donc pas de point d'emport au détriment des charges militaires. Il donnera à l'avion une forte survivabilité face à des menaces sol-air ou air-air extrêmement diverses par les techniques employées pour la détection ou le guidage. Il permettra de détecter et d'identifier les menaces, qu'il mémorisera pour les missions ultérieures.

- *Réseau numérique de traitement et de transmission de données*

Véritable système nerveux de l'avion, ce système véhiculera, traitera et transmettra des données venant des capteurs de bord, des commandes de vol, des moteurs et même des circuits de la plateforme. Organisé autour de deux calculateurs principaux gérant des lignes à débit moyen (standard 1553B) ou haut débit (standard 3910), il assurera l'acheminement des informations entre les divers abonnés, la synchronisation des traitements effectués par les divers équipements, mais aussi la transmission de données vers le sol ou un autre avion à travers un terminal OTAN de type MIDS (système multifonctions de distribution de l'information).

- *Interface Pilote-Système.*

Le haut niveau d'intégration de l'ensemble du système d'armes allègera la charge de travail du pilote, afin de lui permettre de se consacrer à l'exécution de sa mission. Délivré de tout souci lié au fonctionnement de la plate-forme, pouvant utiliser sa machine sans restrictions apparentes, le pilote recevra, par l'intermédiaire de plusieurs visualisations occupant la quasi-totalité de la planche de bord, des informations lui permettant d'apprécier sa situation dans l'ensemble de l'environnement tactique et d'en déduire les actions à mener à court ou long terme. Il dialoguera avec son système par des commandes placées sur le mini-manche latéral ou sur la manette des gaz. Il pourra aussi intervenir au niveau des diverses visualisations, donner des ordres à la voix ou désigner une cible grâce à un viseur de casque.

Dans le cas de la version navale, certains dispositifs ou modes particuliers viendront s'ajouter au système d'armes de base : dispositif d'alignement de la navigation, aides à l'appontage, appontage automatique...



## CHAPITRE 23

# DES ÉQUIPEMENTS AUX SYSTEMES LES SYTEMES D'ARMES

Daniel Lerouge et Georges Bousquet

La question des Systèmes d'Armes figure déjà dans l'ouvrage du COMAERO sur les *Équipements* et notamment son tome 2, en raison de l'importance prise par la notion de système dans l'évolution des équipements. Il y a donc lieu de s'y reporter pour plus de détails concernant en particulier les méthodes et moyens utilisés, la contribution des différents partenaires, mais aussi les applications aéronautiques sortant du cadre des avions militaires (hélicoptères, avions civils).

Cependant, le concept de système d'armes, son évolution et les exemples d'applications devaient aussi trouver place dans le fascicule Avions militaires lui-même. Ce qui suit comporte donc des textes, soit issus directement du fascicule *Équipements* tome II, soit ayant servi à son élaboration.

### INTRODUCTION<sup>232</sup>

Quelle que soit l'importance des équipements eux-mêmes, on ne peut plus aujourd'hui faire abstraction de la notion de système. Cette notion, qui n'existait pas en aéronautique au début de la période considérée, s'est progressivement généralisée.

Avec l'approche « système », on recherche une réponse globale, en termes de « fonctions », opérationnelles ou techniques, aux problèmes posés par l'exécution d'une mission. Il ne s'agit plus d'une juxtaposition d'équipements, mais d'un ensemble organisé, qui doit être réalisé en vue de son optimisation, tant au plan des performances que de la sécurité de fonctionnement et des coûts.

Cette approche s'est imposée dans tous les domaines aérospatiaux. Cependant, si elle est apparue très vite par exemple dans le domaine des missiles balistiques, où elle a été reconnue d'emblée comme la seule possible, elle s'est manifestée plus progressivement sur les avions du fait de la présence d'un équipage et, au début, d'une moindre complexité.

Cependant, les évolutions techniques et opérationnelles ont conduit, en définitive, à ce que l'aspect système devienne une caractéristique essentielle des programmes militaires et civils.

Des organisations spécifiques ont dû être créées pour prendre en charge les problèmes nouveaux qui se posaient à tous les acteurs de la communauté aéronautique française (armées, services de l'État, avionneurs et équipementiers). L'évolution des systèmes d'armes durant la période considérée est illustrée dans ce qui suit, aussi bien sous l'angle des technologies que des programmes. On peut ainsi voir les progrès intervenus.

---

<sup>232</sup> Par Georges Bousquet.

Néanmoins, comme les monographies ne concernent, sauf exception, que les programmes qui ont pu être menés à leur terme, il paraît souhaitable de faire quelques remarques préliminaires.

En règle générale, ces monographies font ressortir une démarche plutôt prudente (limitation des risques acceptés, contrainte budgétaire). D'où une évidente difficulté à adopter les solutions plus innovantes<sup>233</sup>

Le nombre de programmes ayant donné lieu à une production en série est en définitive assez réduit, surtout vers la fin de la période, ceci étant très largement compensé par un nombre important de versions, au plan national ou à l'exportation. D'où une impression de continuité, d'ailleurs très réelle, due également à la permanence des équipes dans l'industrie.

Mais à côté de ces programmes, des projets, beaucoup plus ambitieux ont été élaborés au fil des années et, le plus souvent abandonnés, précisément parce que trop ambitieux et trop chers. Ces programmes correspondaient à des objectifs d'état-major clairement justifiés et à des systèmes d'armes très performants. Ils ont eu leur utilité dans la mesure, notamment, où ils ont permis d'initier des études de systèmes ou d'équipements dont les retombées à plus long terme ont été très significatives.

#### Exemple de retombée à long terme de programmes ambitieux mais abandonnés

Pour les missions d'intervention (pénétration à basse altitude)

Le lancement en 1962-1963, l'occasion du Mirage III V, des études de radars de détection d'obstacle (Antilope chez EMD et Cobra chez CSF) et du radar à antennes latérales RAFAL chez CSF.

Le thème de l'intervention à basse altitude sera repris à propos du Mirage F2, puis du Mirage G4 et du RAGEL.

Aucun de ces programmes n'a eu de suite, mais les études lancées ont permis d'accumuler les résultats, y compris au stade des expérimentations en vol, et de disposer, le moment venu, d'acquis très importants.

Pour les missions d'interception.

Où la situation a été moins favorable, le choix de la solution doppler à impulsion et les efforts nécessaires ayant été longtemps différés, c'est à l'occasion d'un programme majeur, finalement abandonné, l'avion de combat à géométrie variable franco-britannique, qu'on pu être lancée, en 1966, deux maquettes de radar doppler à impulsion.

Cet avion, polyvalent interception toutes altitudes et intervention, devait être équipé, dans la version française d'un radar doppler à impulsion et radar RAFAL.

Le thème de l'interception sera notamment repris à propos du Mirage F3

Enfin, il faut souligner le cas particulier du Rafale. Même s'il est évidemment trop tôt pour pouvoir juger des résultats de ce programme, on doit noter que l'approche adoptée a été très différente.

Il s'agit, en effet, d'un programme ambitieux, mais dont le développement a été précédé d'une phase de préparation particulièrement soignée dans tous les domaines, ce qui a permis d'introduire des solutions très novatrices.

Le programme marque ainsi une réelle rupture, accentuée par le caractère de très grande polyvalence qui a été recherché.

---

<sup>233</sup> Voir à ce sujet la note 012243/dtca/01 du 10 décembre 1974 adressée au délégué ministériel pour l'armement et comportant une analyse sur les avions de combat de l'armée de l'Air des vingt années précédentes.

Les équipements des avions sont les moyens utilisés à bord pour que l'équipage puisse assurer les missions qui lui ont été assignées. Ils sont inclus globalement dans le « segment AVION » d'un système d'armes, soit pour réaliser des fonctions techniques de cet avion (par exemple : la propulsion, les commandes de vol ...), soit des fonctions opérationnelles plus spécifiques de la mission (par exemple : la conduite de tir air-air, la reconnaissance, la détection électromagnétique).

Deux démarches ont été utilisées dans les développements des systèmes d'armes : soit l'association d'équipements et la définition des compléments nécessaires à l'exécution des missions, soit la démarche d'« approche-système » permettant, par une succession d'analyses et de synthèses opérationnelles d'optimiser la définition et le développement des éléments du système.

C'est cette deuxième approche qui a le plus souvent été utilisée (avec plus ou moins de rigueur !) en France depuis 1960.

Rappelons la définition du segment Avion d'un système d'armes : « C'est l'ensemble des moyens embarqués, conçus et/ou organisés permettant à un équipage d'assurer ses missions avec la meilleure efficacité possible (ou le meilleur rapport efficacité/coût) ». Ce « segment Avion » est lui-même inclus dans un dispositif plus général et complexe comprenant tous les éléments interconnectés entre eux par des moyens de communication d'un Système de Défense.

Les moyens de communication, d'identification, de contre-mesures passives et actives... et même de commandes de vol et de propulsion sont maintenant « intégrés » avec les équipements dits « de mission » et sont donc à considérer dans les études d'optimisation. Il en est de même pour les moyens de formation, d'entraînement, de maintenance, puisqu'ils participent à l'efficacité et au coût du segment Avion du système d'armes.

Historiquement, en France, la conception des avions en tant que « segment » aéroporté d'un Système d'Armes remonte aux années 1958/1960 avec le Mirage IV pour la mission d'attaque nucléaire haute altitude et le Mirage III C pour la mission de défense aérienne avec missile air-air semi-actif. L'intégration était alors limitée aux équipements liés à la mission.

Le Mirage III E est le premier exemple d'un Système intégré multimitations : il s'agissait d'un système analogique orienté vers les missions de défense aérienne et d'attaque air-sol.

L'habitude était déjà prise à l'époque d'effectuer une analyse opérationnelle des besoins et de mettre en œuvre des documents et rendez-vous techniques entre les différents acteurs : Armée de l'air, services techniques de la DTI et industriels ; citons fiche-programme, visites de maquettage, plans de développement technique (PDT) clauses techniques, dossiers de présentation, évaluations de performances globales, essais des éléments sur avions de servitude, avions d'intégrations partielles, etc.

Tous ces moyens permettaient de résoudre des « points durs » pour l'optimisation de l'intégration. Dans le cas du Mirage III E on peut citer :

- les volumes de soute et l'installation critique de certains équipements (en particulier l'antenne du radar Doppler de navigation pour minimiser les conséquences sur la traînée de l'avion),
- l'interface pilote-système (critique pour la pénétration aveugle à basse altitude avec la détection d'obstacles du Radar Cyrano II),

---

<sup>234</sup> Par Daniel Lerouge.

- l'énergie électrique et le conditionnement d'air,
- l'antiparasitage et la précision des transmissions d'informations entre équipements (création d'une alimentation électrique centrale filtrée 26 volts – mise en œuvre de bancs d'intégration – règles de câblage – spécifications générales communes des équipements électroniques, etc.),
- la sécurité du vol manuel aveugle à très basse altitude (500 ft),
- la précision de l'attaque air-sol nucléaire.

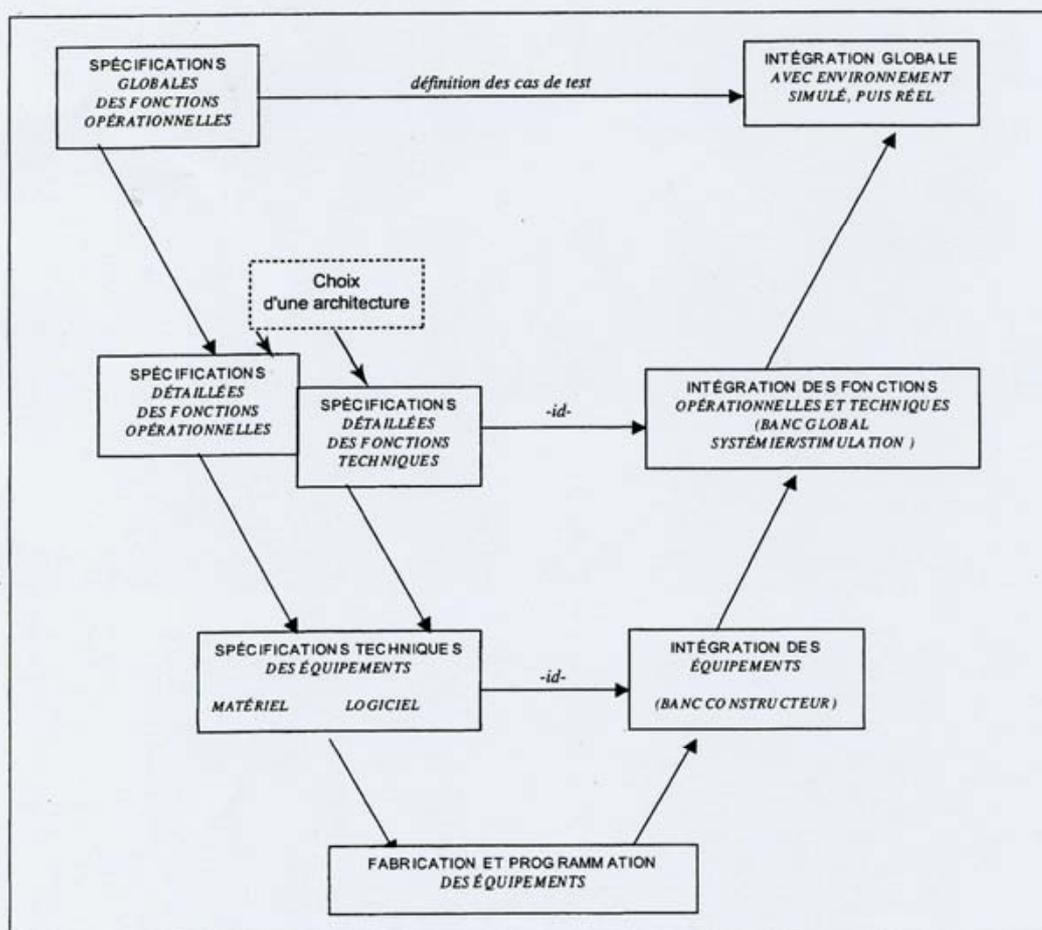
Tous ces points durs ont fait l'objet d'études particulières, de méthodes et moyens de démonstration et de mise au point adaptés. Les technologies existaient pour la plupart et ont fait l'objet d'adaptations et améliorations particulières (en particulier les « centrales » gyroscopique et aérodynamique).

Dans le cas du Mirage IV deux objectifs majeurs étaient à atteindre :

- la portée du vecteur à Mach 2 haute altitude
- la précision et la probabilité de réussite de tir de l'arme.

Le premier point a conduit à la définition d'une arme intégrée à la structure de l'avion pour réduire la traînée. Le deuxième point, après revue des technologies existantes et accessibles, a conduit au choix et/ou à la définition des équipements nécessaires (radar Doppler de navigation – radar de recalage - calculateurs de navigation et de bombardement – arme...).

Les autres points durs sont les mêmes que pour le Mirage III E en y ajoutant la sûreté nucléaire et la maintenance particulièrement importante pour les performances à remplir dans un environnement thermique très défavorable.



LE "V" MÉTHODOLOGIQUE (diagramme simplifié)

Depuis l'époque de ces « ancêtres » des systèmes d'armes aériens intégrés, la démarche utilisée a toujours été la même : celle qui a été appelée, chez Dassault « V méthodologique » (voir la planche ci-contre) et qui a été adaptée en fonction des progrès de technologie des systèmes embarqués et des moyens de développement, plus particulièrement l'arrivée de l'informatique sol et bord.

En ce qui concerne les avions Dassault les grandes dates clés d'évolutions technologiques des systèmes sont résumées ci-après :

- Système analogique intégré d'attaque nucléaire haute altitude : MIR IV 1959  
*A noter : poste navigateur intégré, tensions de calcul centralisées, arme intégrée optimisée, « centrales » gyroscopique et aérodynamique*
- Système analogique intégré polyvalent Mirage III E : 1961-1964  
*A noter : le Système de navigation genre PHI (Position and Homing Indicator), Thomson : Marconi, les boîtiers centralisés de distribution des informations*
- Apparition des équipements utilisant des technologies numériques :
  - Jaguar 1968
  - Calculateur de navigation Crouzet*
  - Calculateur de bombardement Thomson*
  - Radar Doppler de navigation ESD*
- 1966 – 1970 : Banc SDECIAA<sup>235</sup> lancé en support du Mirage F 2 utilisé pour étudier les besoins de technologie pour les systèmes intégrés numériques.  
*A noter : les premières études de digibus, les moyens centralisés de codage et décodage, les moyens de « stimulation » des systèmes, les premiers essais de commandes et visualisations numériques.*
- 1973-1974 : Expérimentation sur Milan d'une centrale à inertie Litton LN 72 avec calculateur numérique de navigation et d'attaque air-sol intégré et d'un collimateur tête haute cathodique.
- 1974-1977 : Super Étendard : premier système français avec centrale à inertie et calculateur numérique d'attaque (Kearfott-SAGEM)
- 1978-1983 : Mirage 2000 : premier système numérique centralisé avec digibus, calculateurs centraux, têtes haute et basse TV couleur multiplexées, systèmes de contre-mesures passifs EM intégrés, radars de détection air-air basse altitude RDM et RDI.

## L'ÉVOLUTION DE LA TECHNOLOGIE DES SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES DES AVIONS MILITAIRES, DE 1960 A 2000<sup>236</sup>

Le développement de l'aéronautique militaire française après la guerre a été très fortement marqué par la volonté d'indépendance politique et économique affirmée dès les années cinquante et proclamée plus ouvertement encore lors du retour au pouvoir du général De Gaulle en 1958. Cette volonté correspondait au désir profond de M. Marcel Dassault de créer de nouveaux avions, toujours plus performants dans la lignée historique de l'aéronautique française d'avant-guerre. Cette volonté d'indépendance (relative, car il n'était pas question de tout développer ex nihilo en France) a eu des conséquences importantes sur toute l'industrie aéronautique française.

Parmi les conséquences générales nous pouvons citer :

---

<sup>235</sup> SDECIAA : Système de Développement, d'Échanges et de Calculs d'Informations Analogiques et Arithmétiques.

<sup>236</sup> Par Daniel Lerouge, ancien directeur technique des systèmes à Dassault Aviation.

- Une politique permanente de nouveaux programmes prototypes permettant d'entretenir et développer les connaissances scientifiques et techniques, de créer des équipes d'ingénieurs concepteurs, de mettre au point les moyens et techniques de conception, de fabrication et d'essais (ceci en collaboration entre l'État et les industriels) ;
- La recherche permanente du meilleur rapport entre coût et efficacité dans le choix des formules d'avions et des architectures des systèmes d'armes : l'option, par exemple, de réservoirs supplémentaires et d'armements externes « intégrés » aérodynamiquement à la cellule de base permet de limiter la taille de l'avion, tout en offrant une panoplie de configurations répondant à la variété des missions des utilisateurs et avec une répercussion minimale sur les performances ;
- La recherche de clients à l'exportation intéressés par ces formules économiques mieux adaptées à la taille de leurs forces aériennes : ces programmes dérivés ont permis l'application, par petits pas, des évolutions technologiques, en particulier pour les équipements électroniques, en amortissant les investissements sur un nombre plus important d'exemplaires et en finançant des évolutions de technologie non appliquées sur les avions français. Cette politique fournissait en même temps le moyen de maintenir les équipes de conception et de fabrication, en attendant le lancement des programmes de série français.

### *Technologie des systèmes*

Dans le cadre général exposé ci-dessus, les orientations technologiques des systèmes et les choix de technologie des équipements répondaient aux objectifs généraux de coût-efficacité du système d'armes global.

Pour le système embarqué, cela conduisait à l'application des critères suivants :

- masse minimale ;
- consommation électrique minimale ;
- réduction des masses de câblages ;
- réduction de traînée aérodynamique des antennes et charges externes ;
- souplesse d'adaptation aux différentes configurations et missions, tant des commandes et visualisations que des échanges d'informations ;
- réduction de la charge de travail de l'équipage (en particulier, par le choix systématique de l'intégration des commandes et visualisations et l'optimisation des commandes en temps réel) ;
- fixation, pour chaque programme, des règles de conception et des standards pour éviter des adaptations inutiles et faciliter l'instruction et la maintenance ;
- application systématique de règles de développement, d'essais et d'intégration communes à tous les équipements et sous-systèmes ;
- développements exploratoires préalables aux choix des technologies nouvelles, par exemple : techniques numériques (banc SDECIAA), organisation des postes d'équipage, commandes de vol numériques, stabilité variable, commandes à la voix, radars CW et pulse-doppler, missiles actifs, attaque air-air multi-cibles, etc.

Ces travaux ont été généralement réalisés en coopération étroite entre les industriels concernés, quelquefois reliés par une coordination, et les services de l'État (services techniques, CEV, laboratoires).

En matière de systèmes et équipements, les principes ci-dessus ont été appliqués, chaque fois que possible, de manière volontariste par tous les

coopérants. Des séminaires, symposiums, conférences (nationaux et internationaux) ont permis les échanges d'informations et de points de vue nécessaires pour l'orientation des choix ; il faut dire que, pendant de nombreuses années, le peu d'obstacles mis par les États-Unis aux échanges d'informations dans le cadre de l'OTAN a beaucoup facilité la tâche. De même, l'obtention, à des moments critiques, de technologies nouvelles dans de nombreux domaines a permis le progrès quasi continu des systèmes d'armes de nos avions de 1945 à 2000 !

### *Caractéristiques et grands axes des évolutions technologiques des systèmes*

Étant donné le cadre et les objectifs exposés ci-dessus, les évolutions technologiques des systèmes se classent dans les grandes catégories suivantes :

- miniaturisation : transistorisation, circuits imprimés, circuits intégrés, couches épaisses, couches minces, etc. ;
- numérisation : la volonté de numériser les équipements et les systèmes se manifeste dès le début des années soixante ! Lors du concours OTAN pour un avion d'attaque air-sol VTOL ou STOL (devant remplacer le FIAT G 91), Dassault avait proposé un système organisé autour d'un ordinateur central numérique (1962-1963). Ce choix, un peu futuriste pour l'époque, même aux États-Unis, découlait des avantages basiques qu'on pouvait espérer et qui se sont révélés exacts par la suite... mais beaucoup plus tard. Il n'empêche, l'orientation était donnée et elle a été suivie pas à pas de manière constante depuis 1965. Des réunions organisées par les services officiels ont permis aux aviateurs et industriels d'équipements d'aborder ensemble cette nouvelle période technologique... qui dure encore !

Parmi les avantages escomptés de la numérisation étaient cités :

- la souplesse de reconfiguration et d'adaptation ;
- la précision des calculs indispensable à certaines fonctions : les centrales à inertie n'ont pu, par exemple, atteindre leurs performances que grâce aux ordinateurs numériques associés ;
- la capacité de « mise en mémoire » ;
- l'amélioration de la fiabilité (disparition des pertes de performances dues aux dérives des systèmes analogiques) ;
- la réduction, à terme, des masses et des consommations, un même équipement effectuant des fonctions jusque-là réparties entre de nombreux autres équipements ;
- la capacité d'optimisation des commandes et visualisations à chaque mission et à chaque phase de mission ;
- l'aptitude à la préparation et à la restitution de mission.

La numérisation s'est d'abord appliquée, en interne aux équipements sur Jaguar (ordinateurs de navigation et de bombardement), sur le super Étendard (centrale à inertie et ordinateur de bombardement), puis sur les versions d'exportation du Mirage F1 (première apparition d'un ordinateur central) ; l'application de la numérisation n'a pu se généraliser par la suite qu'avec les liaisons numériques multiplexées et les visualisations intégrées sur tube cathodique (Mirage 2000).

### *Multiplexage-liaisons numériques*

La numérisation a permis la généralisation du multiplexage, c'est-à-dire l'emploi des mêmes supports et outils physiques pour de nombreuses et différentes fonctions et échanges.

Parmi ces applications, au niveau du système, le développement des liaisons numériques multiplexées sur support cuivre ou fibre optique a donné une approche tout à fait nouvelle des systèmes permettant le transfert de la plus grande partie des développements de systèmes du matériel au logiciel. Il en est résulté des gains de masse de câblages considérables ainsi qu'une aptitude à la maintenance embarquée de l'ensemble du système électronique.

Le multiplexage et la reconfiguration ont également permis une augmentation considérable des combinaisons possibles des commandes et visualisations, à masse et volume constant, la seule limite étant celle des capacités d'adaptation des équipages !

Premières études sur banc SDECIAA vers 1968. Application du digibus GINA d'ESD sur les versions d'exportation du Mirage F1 et sur le Mirage 2000 DA (Armée de l'air française).

### *Technologie des visualisations*

La recherche du meilleur rapport entre coût et efficacité a conduit, compte tenu des motorisations dont nous disposons en France, à limiter la taille des postes d'équipage. La technologie a permis, par étapes successives, l'exploitation quasi complète de l'angle solide accessible par les yeux du pilote : collimateurs à tube cathodique monochrome et couleur ; miroirs et optiques holographiques ; générateurs de symboles ; matrices CCD monochromes et couleur ; écrans plats monochromes et couleur à cristaux liquides ; collimateurs « tête moyenne » avec présentation des images des capteurs dits « temps réel » ; etc.

Premier collimateur « tête haute » à tube cathodique sur le Super Étendard (1977). Collimateur « tête moyenne » et viseur holographique sur Rafale A (1986).

### *Technologie des commandes*

Dans cette catégorie, il faut citer les commandes à la voix, la reconnaissance vocale, la synthèse vocale, etc.

Application de la synthèse vocale sur Mirage 2000. Application de la commande vocale sur Rafale.

### *Technologie des antennes*

Longtemps négligés, les développements récents sur les antennes « conformes » et réparties » ainsi que sur toutes les catégories d'antennes synthétiques ouvrent des horizons nouveaux permettant de traiter en émission et en réception tout l'environnement électromagnétique des avions qui devient ainsi programmable, tout en réduisant considérablement les conséquences sur la traînée aérodynamique et la « signature » de l'aéronef. Tous ces progrès ne sont évidemment possibles que grâce au développement en parallèle des circuits et traitements hyperfréquences qui mériteraient à eux seuls un exposé complet des spécialistes.

Applications sur Rafale M et C : antenne du radar et du système de contre-mesures SPECTRA.

### *Technologie des systèmes optiques*

Outre les développements cités plus haut pour les systèmes de visualisation, la période 1960-2000 aura été marquée par l'application des lasers : télémétrie ; éclairage des cibles ; gyroscopes statiques ; instruments de reconnaissance ; autodirecteurs ; mémoires ; visualisations ; caméras d'observation ; etc.

Télémètre laser sur Jaguar (laser CGE 1968). Pods de désignation optique pour armement guidé laser : Jaguar, Mirage F1 EQ, Super Étendard (Thomson-CSF). Désignation par caméra thermique sur Mirage 2000-3.

### *Technologie des logiciels*

Cette technologie est devenue fondamentale pour le développement des systèmes puisque l'essentiel des études de fonctions techniques et opérationnelles est, depuis le Mirage 2000 et l'Atlantique 2, traité sous forme de logiciels. L'évolution des volumes de logiciels est due, en grande partie, à la multiplication des possibilités apportée par la numérisation.

Les développements des langages de haut niveau (LTR 2 sur Atlantique 2 et LTR 3 sur Mirage 2000, ADA sur Rafale, langage C++ orienté objet sur les dernières versions Rafale), les « ateliers » de spécifications et d'écriture des logiciels, les moyens de maquettage et de test sur machines de laboratoire puis sur équipements de vol réels, ont jalonné depuis 1975 l'histoire du logiciel embarqué en France.

L'approche française du développement des logiciels système « temps réel » s'est surtout révélée dans les applications aéronautiques militaires. Dans ce domaine, étant donné l'imbrication étroite des équipes de développement et des outils, une expérience propre est indispensable et ne peut pas être acquise entièrement à l'extérieur : c'est ce qui s'est produit en France et ce qui permet de disposer maintenant en support du programme Rafale d'un ensemble organisé d'équipes humaines et matérielles particulièrement performant. Pour plus de détails sur cette partie, un exposé plus détaillé des spécialistes serait nécessaire.

### *Technologie de la simulation*

En matière de système, la simulation est devenue un outil indispensable depuis l'étude jusqu'à la formation et l'entraînement. Les progrès de la technologie, à mi-chemin entre les moyens informatiques terrestres et les moyens embarqués, ont permis une « fusion » des moyens de développement des systèmes sol et bord.

### *État actuel des technologies*

Le tableau suivant donne la liste des dernières technologies appliquées sur le programme Rafale dans ses derniers standards (F2, F3, F4).

Cabine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- écrans tactiles</li> <li>- jumelles de vision nocturne</li> <li>- commande vocale</li> <li>- viseur de casque</li> <li>- toutes commandes sur manche et manette</li> </ul>
Capteurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- radar à balayage électronique 2 plans</li> <li>- antenne active (émetteurs répartis)</li> <li>- « radar » optronique sur cibles aériennes et cibles au sol multispectral</li> </ul>
Navigation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS</li> <li>- centrales à inertie à gyroscopes laser sans cardans (strapdown)</li> <li>- application des filtrages d'hybridation multiples</li> </ul>
Architecture système	<ul style="list-style-type: none"> <li>- électronique modulaire</li> <li>- programmation « objet »</li> <li>- langage objet C++</li> </ul>
Avion cellule	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réduction des signatures radar et optique</li> <li>- intégration générale des gouvernes</li> </ul>

## ANNEXE MONOGRAPHIES DE SYSTEMES<sup>237</sup>

### Armée de l'Air Et Export

#### Systèmes Analogiques

Mirage IV<sup>238</sup>, Mirage III C, Mirage III E, Mirage F1C

#### Systèmes de transition Analogique-Numérique

Jaguar, Milan, Mirage F1EH, Mirage F1EQ, Mirage F1CR, Mirage IVP

#### Systèmes Numériques

Mirage 2000 DA, Mirage 2000 Export radar RDM, Mirage 2000 N, Mirage 2000 D,  
Famille Mirage 2000-3, -5, -9, Mirage 2000-5, Rafale

### Aéronautique Navale

Étendard IV M – Super Étendard

ATL 1 Atlantic – ATL 2 Atlantique

## ARMEE DE L'AIR ET EXPORT

### LES SYSTEMES ANALOGIQUES

(MIRAGE III C, MIRAGE III E, MIRAGE F1C)

#### *Le Mirage III C*

Le Mirage III C est le premier avion de la classe Mach 2 construit en série en Europe. Il répond à une fiche-programme de l'Armée de l'air pour un intercepteur capable d'interdire la pénétration d'attaquants ennemis haute altitude.

#### • *Missions opérationnelles*

La mission principale est l'interception des cibles pénétrant à haute altitude de manière à interdire la destruction des installations sensibles – plus particulièrement celles qui participent à la défense. La première détection est assurée par des radars et des installations de guidage au sol, les ordres étant transmis aux intercepteurs par phonie ou transmission de données (téléaffichage).

Les missions secondaires sont : la supériorité aérienne ; l'attaque air-sol manuelle avec bombes freinées, roquettes et canon 30 mm.

#### • *Fonctions opérationnelles*

- Conduite de tir de missile air-air Matra R 530 : il s'agit d'un missile comportant deux versions complémentaires d'autodirecteur : électromagnétique semi-actif et infrarouge.

---

<sup>237</sup> Les monographies ont été rédigées par Daniel Lerouge, sauf pour Jaguar : Georges Bousquet, à partir d'éléments fournis par Marcel Berjon, Super Étendard (partie Sagem) : Georges Bousquet, à partir d'éléments fournis par Daniel Dupuy, ATL1/ATL2 : Marcel Berjon.

<sup>238</sup> Pour le Mirage IV, voir chapitre 10.

- Conduite de tir canon air-air à vue avec télémétrie radar.
- Conduite de tir canon air-sol à vue avec télémétrie radar.
- Conduite de tir roquettes air-sol.
- Conduite de tir de bombes freinées.

- *Fonctions techniques*

Les principales fonctions techniques pour assurer les fonctions opérationnelles ci-dessus sont :

- détection par radar des cibles aériennes, accrochage automatique sur pré-désignation, poursuite et éclairage de la cible pour permettre l'accrochage de l'autodirecteur du missile et le guidage jusqu'à l'impact ;
- visée « Tête haute » pour les conduites de tir « à vue » ;
- communications phonie et transmission de données sol-air ;
- harmonisation électronique radar et missiles.

- *Architecture matérielle*

Le Mirage III C est équipé d'un ensemble d'équipements intégré pour la partie qui concerne la conduite de tir air- air : la responsabilité de cette fonction opérationnelle avait été confiée à CSF en coopération avec Matra et Dassault. Le viseur constitue une première approche du pilotage en « tête haute ». Les paramètres aérodynamiques sont élaborés dans une centrale aérodynamique, la première conçue et réalisée en France par Crouzet.

- *Technologies - principaux équipements*

Tous les équipements du Mirage III C sont analogiques et font encore appel pour beaucoup de fonctions à des tubes « subminiatures » : radar, communications, amortisseurs. Les transistors sont encore au germanium, ce qui pose quelques problèmes de refroidissement pour cet avion Mach 2. Les liaisons sont du type *selsyns* ou par *resolvers* ou par potentiomètres de précision.

- radar : Cyrano I bis de CSF
- coffret d'harmonisation et missile : Matra 530
- centrale gyroscopique et indicateur sphérique BEZU
- centrale aérodynamique : Crouzet Type 20
- viseur : électro-optique CSF type 95
- téléaffichage (prototype) : Sintra.

- *Moyens de développement*

Avions de servitude pour le radar et le missile au CEV. Pas de banc d'intégration pour ce système.

- *Moyens de mise en œuvre et de maintenance*

Le système du Mirage III C n'a pas bénéficié d'études approfondies de maintenabilité : l'essentiel s'effectuait par débranchement des liaisons opérationnelles, substitution de boîtiers de tests et échanges *a priori* d'équipements.

- *Place du système aéroporté dans le système d'arme global*

Le Mirage III C est le premier exemple en France d'un ensemble intégré des moyens aériens et des moyens de détection et de guidage au sol.

## *Le Mirage III E*

Le Mirage III E est la version multimitations du Mirage III. Il est destiné à l'équipement de l'Armée de l'air pour les missions d'interception et d'attaque air-sol avec pénétration à basse altitude par tout temps.

Sa date de conception (1962) lui permet de profiter des techniques en cours de développement pour le Mirage IV ainsi que des progrès technologiques apportés par l'emploi des transistors au silicium. Il est le premier système français polyvalent bénéficiant des méthodes d'approche-système. Son principal concurrent était le F104 G qui a équipé les armées de l'air d'Allemagne, Belgique et Hollande.

### • *Missions opérationnelles*

Les missions air-air sont celles du Mirage III C. Les missions air-sol conventionnelles sont les mêmes que celles du Mirage III C mais sont précédées d'une navigation en aveugle à basse altitude. Un calculateur de bombardement conventionnel avait été envisagé mais n'a jamais été installé. L'avion devait être capable de l'emport d'une bombe nucléaire tactique OTAN.

### • *Fonctions opérationnelles*

Air-Air : Voir Mirage III C.

Air-Sol : Pénétration aveugle à basse altitude (500 pieds), au dessus de la hauteur maximum des crêtes, pour le tronçon de navigation considéré, soit en évitant les obstacles en pilotage manuel, soit en ligne droite en pilotant la pente du vecteur vitesse pour passer au-dessus des crêtes à la hauteur minimum sélectionnée.

Conduites de tir sommaires comme sur Mirage III C à vue.

### • *Fonctions techniques*

Par rapport au Mirage III C, les fonctions nouvelles sont :

- Navigation autonome avec présentation sur indicateur combiné type PHI avec sélection de buts pré-enregistrés ;
- Recalage manuel de la navigation ;
- Fonctions « découpe iso-altitude » et « découpe vecteur-vitesse » du radar, avec présentation sur indicateur tête basse : radioaltimétrie 0-2500 ou 0-5000 pieds ; mise en œuvre de l'armement spécial ; compte-rendu de mission par appareil photographique.

### • *Architecture matérielle*

L'architecture matérielle a été choisie pour réduire au maximum les masses et les coûts d'installation et en optimisant la charge de travail du pilote. Les caractéristiques essentielles de cette architecture sont les suivantes.

- Centralisation des tensions de référence 26 volts utilisées pour les calculs et les échanges d'informations.
- Groupement des organes de transmission des informations dans deux boîtiers de copie des informations d'attitude et des informations aérodynamiques : par ce moyen, les organes capteurs et d'élaboration primaire d'information préservent leur précision et ne sont pas modifiés par des évolutions ultérieures des fonctions techniques.
- Standardisation des principales caractéristiques des équipements : normes applicables, conditions d'environnement, procédures et réalisation des échanges, câblages, conditions de réception, etc. Cette démarche s'est

concrétisée par la rédaction d'un document de référence « spécifications générales applicables aux équipements électroniques ». Cette approche réalisée en coopération entre l'avionneur et les principaux coopérants a été appliquée par la suite sur tous les systèmes d'armes des avions Dassault.

- Centralisation des commandes du système par une approche mission sur un nombre limité de postes de commande, à commencer par le manche et la manette de gaz pour les commandes dites « temps réel ». Les postes de commande centralisés principaux sont le poste de commande de navigation et le poste de commande d'armement.
- Le viseur est de plus en plus utilisé pour permettre toutes les phases de mission « à vue » en « tête haute ».

C'est pour le développement du système d'armes du Mirage III E qu'a été inaugurée une coopération industrielle originale : la Coordination générale du développement du système d'armes sous la conduite de l'avionneur et avec la participation des industriels chargés de la conception des principaux équipements : radar, centrale aérodynamique, centrale gyroscopique, missiles, viseur, capteur et calculateur de navigation, etc. Cette coordination était chargée de traiter les problèmes de définition, conception, développement liés à l'intégration des différents éléments pour répondre aux objectifs fixés par la fiche - programme et aux clauses techniques de l'avion. Cette coordination concernait aussi bien les matériels commandés par l'État que ceux commandés par l'avionneur. Elle rendait compte de ses travaux aux représentants de l'État, maître d'ouvrage, qui constituaient eux-mêmes une équipe de conduite de programme menée par l'Ingénieur du STAé section Avion.

Cette méthode de coopération a par la suite été appliquée à tous les programmes d'avions Dassault suivants en étant l'objet d'extensions successives à tous les types d'équipements et à toutes les phases de conception et de production.

#### • *Technologie - Principaux équipements*

Par rapport au Mirage III C on constate la quasi-disparition des tubes subminiatures sauf pour les communications radio, IFF, etc. Les transistors au silicium remplacent les transistors au germanium. Les organes de transmission : *selsyns*, *resolvers*, potentiomètres et d'asservissement : moteurs, génératrices sont de taille plus réduite : on passe progressivement de la taille 15 à la taille 8 selon les performances demandées.

- Radar : Cyrano II A – Antenne Cassegrain stabilisée - presque entièrement transistorisé - commandes des fonctions par un manche radar.
- Viseur TH-CSF type 97
- Centrale aérodynamique et boîte de recopie associée : Crouzet type 22
- Centrale gyroscopique et boîte de recopie associée : BEZU SFIM CCV 180
- Indicateur sphérique BEZU SFIM
- Radar Doppler de Navigation : CSF licence Marconi ; il s'agit du même matériel de base que celui du Mirage IV dont l'antenne était installée sous le poste de pilotage : cette antenne comportait quatre faisceaux et était asservie sur le vecteur vitesse. Le radar fournit la vitesse sol et la dérive au calculateur de navigation. Précision : 0,7 % de la vitesse, 0,1 pour la dérive<sup>239</sup>.

---

<sup>239</sup> Remarque : dans un premier temps il avait été envisagé d'équiper le Mirage III E d'une centrale à inertie dont le développement commençait à donner des résultats aux États-Unis : une mission mixte État-industriels s'était rendue en juin 1960 aux États-Unis

- Calculateur de Navigation Marconi CSF : ce calculateur a été étudié par Marconi spécialement pour le Mirage III E car les équipements du Mirage IV ne pouvaient pas convenir pour un avion monoplace. Ce calculateur -original par la nature de ses intégrateurs et organes de calcul- définissait les buts programmés par des languettes perforées à lecture optique avec un sélecteur rotatif et présentait les données de navigation sur un indicateur avec rose de cap, index de route et distance au but.
- *Moyens de développement*
    - Avion de servitude pour le radar et le système de navigation.
    - Banc d'intégration (installé à Villaroche) : c'est le premier système d'armes développé en coordination qui a utilisé ce moyen très efficace de mise au point, bien qu'il ait été réduit à cette époque à un banc de câblages avec possibilité de « piquages » de mesure.
    - Banc d'intégration des systèmes de série installé à Mérignac près de la chaîne de sortie des avions.
  - *Moyens de mise en œuvre et de maintenance*  
Moyens classiques de « valises » de test par « interposition ».
  - *Place du système aéroporté dans le système d'armes global*  
Voir Mirage IIIC.
  - *Versions export*  
Le Mirage III E pour l'Australie a été développé en même temps que le Mirage III E. Au niveau du système certains équipements sont différents :
    - Radar (Doppler Canadian Marconi) ;
    - Calculateur de navigation (PHI de Canadian Devices of Canada) ;
    - Radioaltimètre (Bendix au lieu de CSF).

Le Mirage III S a été équipé d'un système très semblable dans son principe à celui du Mirage III E mais avec des équipements américains tous différents des matériels français et, surtout spécialement développés pour cet avion : il en est résulté des frais de développement et de mise au point très élevés mais une réussite technique indiscutable qui a validé les méthodes françaises. Il en est aussi résulté, malheureusement pour Dassault, une réduction de 116 à 57 exemplaires de série !

Mirage III R. La version Reconnaissance du Mirage III a été conçue à la même époque. Les appareils photographiques (OMERA) étaient installés dans le nez. Le système de Navigation était entièrement « à l'estime » sans radar Doppler : le

---

pour étudier l'avancement technique de ces matériels. Les sociétés Litton, Librascope, Honeywell, Kearfott avaient été visitées.

Cette enquête a montré que les performances des centrales à inertie, sans couplage avec un radar Doppler, étaient insuffisantes et que leur volume et leur masse étaient prohibitifs pour le Mirage III E. Seule la centrale Litton LTN3 pouvait donner satisfaction (avec une performance de 2 NM/heure) mais son état de développement était insuffisant : elle a été retenue pour équiper les F 104 G mais les performances de précision et de fiabilité ont été catastrophiques pendant les premières années d'utilisation opérationnelle.

calculateur de Navigation type 51 a été réalisé par Crouzet. Centrale aérodynamique Crouzet type 21.

Malgré les défauts du système de navigation, le Mirage III R a remporté beaucoup de succès dans les concours OTAN de reconnaissance.

### *Le Mirage F1 C*

Le Mirage F1 C est le successeur du Mirage III C dans la mission d'interception. Sur une cellule et une motorisation entièrement différentes a été installé un système d'armes embarqué modernisé, mais dans une période de transition où les nouvelles technologies numériques tant pour les fonctions de calcul que pour les hyperfréquences ne sont pas encore disponibles en France.

- *Missions opérationnelles*  
(Voir Mirage III C)

- *Fonctions opérationnelles*

- Conduite de tir de missile air-air à autoguidé semi-actif Matra Super 530 F et du missile de combat infrarouge Magic.
- Conduite de tir canon air-air à vue avec télémétrie radar.
- Conduite de tir canon air-sol à vue avec télémétrie radar.
- Conduite de tir de roquettes air-sol.
- Conduite de tir de bombes freinées.

- *Fonctions techniques*

Les principales fonctions techniques pour assurer les fonctions opérationnelles ci-dessus sont :

- Détection par radar des cibles aériennes, accrochage automatique sur prédésignation manuelle ou par téléaffichage de la station STRIDA, poursuite et éclairage de la cible pour permettre l'accrochage de l'autoguidé du missile et le guidage jusqu'à l'impact ;
- Conduite de tir pour missile de combat rapproché à autoguidé infrarouge Magic ;
- Visée et guidage en « tête haute » pour toutes les conduites de tir ;
- Communications phonie et transmission de données sol-air ;
- Harmonisation électronique radar et missile.

- *Architecture matérielle*

Le système du Mirage F1 C est entièrement analogique et son architecture est semblable à celle du Mirage III E.

- *Technologies principaux équipements*

- Radar Cyrano IV. Ce radar dérivé du Cyrano II est entièrement nouveau : l'antenne est du type Cassegrain inversé pour obtenir le diamètre le plus grand possible dans le nez très effilé (angle au sommet de 20°) de l'avion. L'antenne, très légère permet des performances de balayage et de poursuite très améliorées par rapport aux radars précédents.
- Collimateur tête haute couleur Thomson-CSF 196 avant de passer à la technologie tube cathodique (qui ne pouvait alors être que monochrome, telle

que développée en Grande-Bretagne par Smiths et Elliott), une tentative avait été faite d'améliorer les collimateurs optiques.

- Centrale gyroscopique et indicateur sphérique SFIM.
- Centrale aérodynamique Crouzet, type 60 à capteurs de pression modulaire.
- Communications : après pas mal de retard une nouvelle technologie de postes radio a été développée pour le Jaguar et le Mirage F1 (TRT).

- *Moyens de maintenance*

Sur demande de l'Armée de l'air, pour faire face aux difficultés de recrutement de personnel spécialisé en électronique, un moyen de dépannage automatique de piste a été développé : le SDAP (Système de dépannage automatique de piste) réalisé par Matra et ESD sous la maîtrise d'œuvre de Dassault. Ce moyen devait permettre la vérification du fonctionnement du système et la désignation de l'URP (unité remplaçable en piste) à changer. Le développement de ce système a été très difficile et long mais a fini par être réalisé complètement puis amélioré dans des versions d'exportation. Cet exercice, non satisfaisant par le volume et le poids du matériel final, a « éveillé » tous les coopérants pour approcher convenablement les problèmes de maintenabilité et de maintenance des matériels électroniques.

Les difficultés d'application provenaient de la nature analogique des matériels. La numérisation permettra le développement des tests intégrés et fera faire sur les avions suivants des progrès considérables.

- *Place du système aéroporté dans le système d'arme global*

C'est sur cet avion qu'a pu être réalisée la mise en œuvre complète des conduites d'interception avec Strida.

## SYSTEMES DE TRANSITION ANALOGIQUE-NUMERIQUE

(JAGUAR, MILAN, MIRAGE F1EH, MIRAGE F1EQ, MIRAGE F1CR, MIRAGE IVP)

### *Le Jaguar*

Le programme franco-britannique Jaguar est né de la convergence de deux programmes nationaux :

- du côté français : ECAT (Avion-école de combat et d'appui tactique, qui avait abouti au choix du projet Breguet 121 en 1964 ;
- du côté britannique : Avion-école supersonique (projet BAC P45).

Si la définition des cellules et des équipements fonctionnels fut, à quelques exceptions près, la même pour les deux pays, il y eut, hélas, divorce total pour les systèmes d'armes. En conséquence, ils furent traités sur un plan purement national, tant du point de vue des équipements (classés B) que des essais d'intégration au sol et en vol.

Nous nous limiterons dans ce qui suit au cas du système d'armes de la version A.

- *Généralités sur le système d'armes*

Le Jaguar A est un avion monoplace d'appui tactique, réalisé dans un souci d'économie et de rusticité, mais avec des capacités d'emport d'armements très importantes. La ligne directrice choisie par les services officiels français était d'utiliser les technologies éprouvées en France en 1965, pour éviter toute dépense

importante de développement de nouveaux équipements. En particulier, pas de radar de pointe avant, pas de centrale à inertie.

Cela conduisait à exclure les missions à basse altitude de nuit et par mauvaise visibilité de jour et ne permettait qu'une précision limitée des armes. Une des missions principales était le tir du missile MARTEL, développé lui aussi en coopération franco-britannique.

Tardivement dans le programme intervint la modification majeure de l'introduction de l'Armement guidé laser (AGL), qui lui donna des possibilités d'attaques de précision par engins et bombes guidés.

- *Le système de navigation et d'attaque*

La navigation autonome était assurée par un ensemble constitué :

- d'une centrale de cap et de verticale SFIM 2501,
- d'une centrale aérodynamique ELDIA type 12 Jaeger ;
- d'un radar doppler EMD RDN 72 ;
- d'un calculateur Crouzet type 91.

Ce calculateur représente, en 1968, le premier cas d'application de calculateur numérique à bord d'un avion militaire français. A ce titre, le Jaguar peut être considéré, dans une certaine mesure, comme un appareil de transition.

La conduite de tir (avant la modification AGL) comportait essentiellement :

- un viseur Thomson-CSF type 121 et ses accessoires ;
- un calculateur de portée Thomson-CSF 32, qui détermine la portée du projectile à partir des paramètres avion et de la distance initiale obtenue soit par télémétrie laser, soit par passage au-dessus d'un point connu,
- un télémètre laser (pour les derniers avions) ;
- un radio-altimètre ;
- un coffret de servitude Martel.

L'avion était en outre équipé :

- de moyens de communications (V/UHF, UHF secours et IFF mode 4) ;
- de systèmes de contre-mesures électroniques (détecteur passif, pod lanceurres antiradar PHIMAT et pod de contre-mesures actives Barracuda, BARAX) et ultérieurement de lance-leurres infrarouges ;
- de moyens photographiques (caméra à balayage latéral dans la pointe avant, complétée par un bidon photo réalisé par l'Armée de l'air) ;
- d'un pilote automatique simplifié, installé en modification, pour permettre au pilote de lâcher le manche en vol à basse altitude.

- *Armements*

Comme on l'a déjà dit, les capacités en armement étaient particulièrement importantes.

En interne, deux canons DEFA type 553 de 30 mm, dont les goulottes, très sophistiquées, longuement mises au point, ont permis de ne pas avoir d'effet du tir sur le fonctionnement des moteurs. En externe, cinq points d'emport pour pylônes et adaptateurs, et plus de 300 configurations validées (en tenant compte des configurations avec bidons largables). Le Jaguar était considéré dans l'Armée de l'air comme un véritable « camion à bombes ».

Tous les types de bombes françaises et OTAN de masse inférieure ou égale à 1 000 kg ; bombes antipistes BAP 100 et antipersonnel BAT 120 (adaptateur sous pylône fuselage capable de 18 bombes).

- roquettes : tir simultané possible de 4x36 roquettes de 68 mm.
- missiles air-air Magic 2 : adaptateurs sous pylônes externes.
- missile air-sol antiradar Martel : sous pylône fuselage (mission de base).
- arme tactique AN52 : sous pylône spécial du fuselage (essai réussi à Mururoa).

• *Le système Armement guidé laser (AGL)*

C'est la modification majeure du système d'armes Jaguar. Le Jaguar a servi d'avion de servitude pour le développement et la mise au point du système par Thomson-CSF et les services officiels.

Bien que s'appuyant au départ sur des réalisations américaines (Martin-Marietta), le système a fait l'objet d'un développement original par l'industrie française pour l'adapter au cas d'un avion monoplace.

• *Système éclaireur-tireur ATLAS (Autopointeur Télévision Laser d'Illumination du Sol)*

Une nacelle ATLAS avec caméra et éclaireur laser, montée sous le pylône standard de fuselage.

- un boîtier d'adaptation.
- un boîtier de commande.
- une poignée de commande de la caméra.
- un moniteur de télévision sur la planche de bord (acquisition et verrouillage de l'objectif).
- un magnétoscope.

L'ensemble est relié au système de conduite de tir de base de l'avion.

• *Système tireur ELIAS (Ecartomètre laser pour illumination aéroportée ou au sol)*

Comporte un pylône spécial de fuselage adapté avec une partie avant portant les équipements ELIAS (détecteur passif de la tache laser sur l'objectif désigné par l'avion éclaireur ou par les unités au sol) reliés au viseur. Ce qui permet d'avoir un réservoir largable sous le fuselage.

Les Jaguar A 131 à A 160 ont eu la modification complète. Les Jaguar A 81 à A 130 ont reçu seulement la capacité ELIAS.

Armes du système AGL : missiles AS30 L ou bombes guidées laser de 1 000 kg, 400 kg et US GBU12 de 250 kg, aux points internes de l'aile.

## *Le Milan*

Le Milan est un avion expérimental réalisé à partir d'un Mirage III dont le nez a été modifié pour recevoir un petit empennage canard fixe, surnommé « moustaches » rétractable permettant de réduire considérablement les vitesses d'approche sur cet avion à aile Delta. Cet avion était proposé à la Suisse qui recherchait un avion d'attaque conventionnelle au sol de hautes performances. Dans un premier temps il a été présenté (en 1972) au concours avec un système de navigation et de bombardement très proche de celui du Jaguar. Il était confronté à l'avion américain A 7 qui était équipé d'un système très performant à base de centrale à inertie, calculateur numérique, *Head up Display*.

Le radar Doppler du Milan fonctionnait mal au-dessus des nombreux lacs rencontrés en Suisse et le calculateur de bombardement n'avait pas les fonctions adaptées au tir de bombes lisses à grande distance : le concours a été annulé mais Marcel Dassault a brutalement pris conscience du retard considérable pris par la France dans le domaine des systèmes d'armes d'attaque air-sol conventionnelle. Il a alors décidé de transformer cet avion en banc d'essais de nouveaux systèmes modernes.

- *Milan 1*

La première phase, compte tenu du délai de disponibilité d'une centrale à inertie, a consisté essentiellement en l'installation d'un calculateur numérique universel Dassault Electronique (ESD à l'époque) dans lequel ont été mis au point les calculs de couplage Doppler - inertie (entre un Doppler ESD RDN 72 et une centrale gyroscopique équipée d'accéléromètres SFIM) ainsi que les nouveaux calculs de bombardement pour bombes lisses selon les modes CCPL : calcul continu du point de largage (en piqué-ressource) et CCPI : calcul continu du point d'impact (en vol horizontal à très basse altitude et passage au-dessus de l'objectif). La distance air-sol était fournie par un télémètre laser Thomson (au lieu du laser CGE du Jaguar dans la première phase). Dans un délai très réduit (inférieur à 9 mois), la démonstration a été faite qu'il était possible d'atteindre des précisions de tir sur l'objectif de l'ordre de 0,5 % de la distance (CEP).

- *Milan 2*

La technologie utilisée dans le Milan 1 n'était pas transposable sur un avion opérationnel et certaines fonctions nouvelles ne pouvaient pas être démontrées, en particulier l'utilisation d'un collimateur « tête haute » et des commandes temps réel sur manche et manette des gaz. C'est pourquoi un nouveau chantier a été réalisé sur cet avion pour installer des matériels mis gratuitement à notre disposition par deux partenaires étrangers : Litton et Elliott.

La centrale à inertie LTN 72 à gyros flottants de la classe 1 NM/heure était dotée d'un calculateur numérique très performant qui a permis, en plus de la navigation, la réalisation de tous les calculs nécessaires au bombardement.

Le collimateur tête haute à tube cathodique était doté de toute la symbologie nouvelle permise par les générateurs de symboles numériques et mise au point depuis plusieurs années par les Britanniques : pilotage, navigation, attaque air-air et air-sol, approche, etc. De plus, ce collimateur avait une fonction air-air toute nouvelle pour le tir canon air-air : le CCLT : calcul continu de la ligne de traceurs qui permettait des tirs « à la volée » au lieu des systèmes antérieurs qui nécessitaient une poursuite de la cible.

L'avion a même été équipé ensuite d'un petit radar AIDA 2 d'ESD, ce qui a permis au total de réaliser un ensemble très compact, entièrement numérisé et de très hautes performances.

- *Importance du programme Milan*

Le programme Milan qui n'aura au total duré qu'un peu plus de deux années a été considérable pour l'évolution des technologies des systèmes d'armes en France.

La première retombée est le Super-Étendard et le lancement d'une filière de centrales à inertie numériques en France. Il en est de même pour la technologie des collimateurs à tube cathodique qui était à ses débuts dans notre pays.

Le programme MILAN a permis d'aborder sur des exemples très concrets tout le savoir-faire lié à l'utilisation de calculateurs numériques embarqués et donc le logiciel temps réel embarqué : depuis la spécification jusqu'à la validation au banc et en vol. Les échanges numériques point à point Arinc et autres ont également été mis en œuvre. A partir de cette expérimentation, tous les avions de chasse ont été équipés des moyens d'attaque air-sol et canon air-air mis au point sur le MILAN.

Les industriels équipementiers français et les services de l'État ont compris tout l'enjeu qui leur était imposé pour rester dans la course de la conception et de la production de systèmes modernes indispensables pour la Défense française et la compétition à l'exportation.

### *Le Mirage F1 EH*

Cet avion, destiné au Maroc, reprend les fonctions air-air développées pour le Mirage F1 C mais lui adjoint des fonctions air-sol mises au point sur le Milan et les équipements inertie et HUD français du Super-Étendard. Il est développé simultanément avec le Mirage F1 EQ (voir fiche spécifique).

- *Missions opérationnelles*

En plus de celles du Mirage F1 C : attaque air-sol de haute précision avec bombes conventionnelles lisses et freinées.

- *Fonctions opérationnelles*

En plus de celles du Mirage F1 C : conduite de tir air-sol type CCPL (calcul continu du point de largage) et CCPI (calcul continu du point d'impact).

- *Fonctions techniques*

- Navigation inertielle ;
- Télémétrie air-sol fournie par le radar pour les calculs de bombardement ;
- Pilotage et navigation en tête haute pour la plupart des phases de vol.

- *Architecture matérielle et logicielle*

Sur le Mirage F1 EH est installé, pour les fonctions nouvelles, un digibus (transmission de données numériques multiplexées) qui a été expérimenté sur le banc SDECIAA (système de développement, d'échanges et de calculs d'informations analogiques et arithmétiques). Un calculateur numérique universel préfigure les calculateurs centraux des systèmes suivants : il pilote toutes les phases des fonctions opérationnelles, organise les échanges d'informations, effectue les calculs de bombardement et transmet les données vers le générateur de symboles et les boîtiers de largage d'armement. A ce stade, les logiciels sont écrits en assembleur.

Un collimateur tête haute permet l'intégration la plus efficace de l'interface homme-système pour cet avion qui réalise une polyvalence plus grande encore que le Mirage III E.

- *Technologie - principaux équipements*

- Radar : Thomson-CsSF Cyrano IV.
- Centrale à inertie : Sagem sous licence Kearfott.
- Calculateur universel : ESD M 182 processeur AMD.

- Collimateur tête haute : Thomson-CSF VE 120.
- Centrale aérodynamique Crouzet type 67.

- *Moyens de développement*

Le développement a été effectué sur un avion avancé dans le délai très court de 24 mois (entre la commande et la réception du 1<sup>er</sup> avion de série). La stimulation a été utilisée pour la mise au point des logiciels sur le banc au sol : cette méthode a ensuite été généralisée pour tous les développements des systèmes suivants chez Dassault.

- *Moyens de maintenance*

Une version de SDAP a été développée pour cet avion.

### *Le Mirage F1 EQ*

Les avions Mirage F1 EQ sont des avions destinés à l'Irak. Ils ont été réalisés en de nombreuses versions (du Mirage F1 EQ1 jusqu'au F1 EQ 6) qui ont permis de développer de nombreux matériels électroniques et armements. Les équipes françaises d'avionique et de systèmes ont pu ainsi « roder » des nouvelles technologies et des méthodes de développement de logiciel qui ont été très utiles par la suite pour les programmes nationaux qui étaient trop rares à cette époque pour maintenir et faire progresser le savoir-faire.

- *Missions opérationnelles*

Les missions opérationnelles listées ci-dessous n'ont pas été disponibles dès les premières versions du Mirage F1 EQ ni même toutes incluses dans une seule version.

- Interception des cibles pénétrant à haute et moyenne altitude par tout temps.
- Supériorité aérienne.
- Attaque air-sol de haute précision avec bombes lisses et freinées, canons et roquettes.
- Attaque air-mer avec missile type AM 39.
- Attaque air-sol avec armement guidé Laser.
- Reconnaissance photographique à très haute altitude.
- Reconnaissance aveugle avec radar spécialisé.
- Guerre électronique passive et active.

- *Fonctions opérationnelles*

- Conduite de tir missile air-air à autodirecteur semi-actif Matra Super 530 F.
- Conduite de tir pour missile de combat Magic 1.
- Conduite de tir canon air-air.
- Conduite de tir canons et roquettes air-sol.
- Conduite de tir de bombes type CCPL pour bombes lisses et CCPI pour bombes freinées.
- Conduite de tir missile air-mer.
- Mise en œuvre et conduite de tir pour armement guidé Laser AS 30 L et bombes à autodirecteur Laser.

- *Fonctions techniques*

- Détection par radar des cibles aériennes, accrochage automatique sur prédésignation manuelle, poursuite et éclairage de la cible pour accrochage de l'autodirecteur du missile semi-actif, calculs de guidage de l'avion et de domaine de tir.
- Interrogation IFF (sur certaines versions).
- Calculs de conduite de tir et de domaine pour missile Magic.
- Navigation autonome par Doppler inertie.
- Mise en œuvre et adaptation du pod de guidage laser comprenant un ensemble de recherche et de poursuite à base de télévision et un laser d'éclairage de la cible, présentation des images sur un indicateur tête basse TV utilisé aussi pour la présentation des images du radar (monochrome).
- Conduite de tir des armements laser (AS 30 L et BGL).
- Mise en œuvre du pod de reconnaissance photographique haute altitude TRT Harold et du pod de reconnaissance par radar à antennes latérales Thomson Rafael.
- Pilotage et navigation en tête haute pour la plupart des phases de vol et d'attaque.

- *Architecture matérielle et logicielle*

Voir la fiche du Mirage F1 EH. Les calculs de couplage Doppler-inertie et de navigation sont effectués dans le calculateur universel central M 182.

- *Technologie, principaux équipements*

- Radar Cyrano IV : avec fonction air-mer et interrogation IFF.
- Centrale gyroscopique SFIM type (gyros à paliers activés).
- Calculateur numérique universel ESD M 182.
- Collimateur tête haute Thomson VE 120.
- Centrale aérodynamique Crouzet type 67.
- Indicateur TV tête basse Thomson monochrome.

- *Moyens de développement et maintenance*

(Voir Mirage F1 EH)

## *Le Mirage F1 CR*

Le Mirage F1 CR a été développé pour doter l'Armée de l'air d'un avion de reconnaissance en remplacement des Mirage III R. Il a bénéficié des développements d'équipements et de systèmes effectués pour le Super-Étendard et les Mirage F1 d'exportation.

- *Missions opérationnelles*

- Mission principale de reconnaissance photographique visible et infrarouge.
- Mission de reconnaissance électronique.
- Mission de reconnaissance radar tout temps.
- Mission secondaire d'attaque air-sol avec bombes classiques.
- Mission secondaire air-air avec missiles Magic 2 et canon (un seul canon interne).

- *Fonctions opérationnelles*

- Navigation autonome par système inertielle.
- Mise en œuvre des capteurs de reconnaissance photographiques (visible et IR capteurs internes à la place d'un canon et externes, en pod central fuselage) Radar à antennes latérales ; enregistrements correspondants.
- Mise en œuvre des moyens de reconnaissance électronique (détection des émissions électromagnétiques).
- Conduite de tir canon air-air en mode CCLT (calcul continu de la ligne de traceurs).
- Conduite de tir des missiles d'autodéfense à autoguidage infrarouge.

- *Fonctions techniques*

- Détection des cibles aériennes : voir Mirage F1 C.
- Navigation inertielle autonome, présentation des informations en collimateur tête haute et sur Indicateur de navigation (IDN Crouzet).
- Conduite de tir canon air-air CCLT.
- Conduite de tir des missiles air-air Magic 2.
- Conduite de tir des bombes en modes CCPL et CCPI (téléométrie air-sol fournie par le radar).
- Pilotage et navigation en tête haute pour la plupart des phases de vol.
- Ensemble des calculs, commandes et liaisons avec les conteneurs externes de reconnaissance : pod photo (OMERA) ; reconnaissance radar EMI et Thomson-CSF Rafael, reconnaissance électronique Astac ainsi qu'avec l'analyseur infrarouge SAT Super Cyclope installé en interne à l'avion à la place d'un canon.

- *Architecture matérielle*

Voir Mirage F1 EH et Mirage F1 EQ

- *Technologie - principaux équipements*

- Calculateur principal : EMD M 182 pilotant le Digibus type GINA.
- Centrale à inertie : Sagem ULISS 47.
- Collimateur tête haute : Thomson-CSF VE 120.
- Visualisation tête basse TV.
- Centrale aérodynamique Crouzet Type 67.
- Radioaltimètre TRT AHV 6.
- TACAN et VOR ILS.
- Transmission de données par radio.

- *Moyens de maintenance*

La maintenance intégrée a été développée pour le 1<sup>er</sup> échelon des équipements nouveaux (par rapport au Mirage F1 C). La maintenance 2<sup>e</sup> niveau est effectuée par l'ATEC Aérospatiale.

*Nota : Les premiers Mirage F1 C ont été modifiés en Mirage F1 CT (à partir de 1991) en utilisant pour une bonne part des équipements communs avec ceux du Mirage F1 CR. La mission principale de ces avions est l'attaque des radars sol avec missile Martel AS 37 ; les missions secondaires sont l'attaque air-sol avec bombes conventionnelles et l'autodéfense air-air avec canons et missiles de combat rapproché type Magic 2.*

Le Mirage IV P est le nom donné à la transformation de 18 avions Mirage IVA pour les rendre capables du tir à basse altitude du missile ASMP et de l'emport d'un pod de reconnaissance photographique à très haute altitude CT 52. Ces emports sont effectués en position centrale fuselage. La modification du Système de navigation et de bombardement se résume pour l'essentiel aux évolutions suivantes :

- Remplacement du Radar Doppler et du calculateur « de point » Marconi par deux systèmes inertiels Sagem Uliss 54. Ces systèmes gèrent les digibus GINA et effectuent les calculs de position géographique destinés au calculateur analogique de navigation et les autres paramètres nécessaires pour le missile et le pod photo.
- Remplacement de la centrale anémométrique Kelvin Hughes par la centrale anémométrique Crouzet type 87.
- Modernisation de la radio VHF/UHF et UHF, TACAN et VOR/ILS Marker.
- Modernisation du radar : installation du radar Thomson/CSF Arcana doté d'une fonction « affinage Doppler » améliorant les performances de recalage de navigation en aveugle.
- Remplacement du radioaltimètre par le TRT AHV 12, haute et basse altitude.

La transformation des avions, étudiée par Dassault, a été réalisée par l'AIA de Clermont-Ferrand.

## LES SYSTEMES NUMERIQUES

(MIRAGE 2000 DA, MIRAGE 2000 EXPORT RADAR RDM, MIRAGE 2000 N, MIRAGE 2000 D, FAMILLE MIRAGE 2000-3, -5, -9, MIRAGE 2000-5, RAFALE)

### *Le Mirage 2000 DA*

Après les Jaguar, Super-Étendard et Mirage F1 France et Export qui ont été des avions de transition pour l'application des nouvelles technologies numériques, les Mirage 2000 vont être le support d'une nouvelle architecture permettant de profiter pleinement des avantages de ces nouveaux composants, en particulier pour la maintenabilité, la flexibilité et la souplesse d'évolution, la programmation en langage temps réel de haut niveau. C'est aussi sur cet avion que va commencer le rattrapage de notre retard en technologie des radars, des contre-mesures et des communications.

#### • *Missions opérationnelles*

Le Mirage 2000 DA est d'abord un avion air-air, successeur moderne du Mirage F1 C : on retrouve donc les missions d'interception et de supériorité aérienne de cet avion améliorées par l'utilisation d'un radar capable de détecter les cibles pénétrant à basse altitude et d'un missile doté d'un autoguidage Doppler capable également de basse altitude tout temps. Les progrès des capacités de calcul et de présentation en tête haute ont permis de lui donner à peu de frais des missions d'attaque air-sol classiques mises au point sur les avions Dassault précédents.

- *Fonctions opérationnelles*

- Navigation autonome.
- Conduite de tir missile air-air à autodirecteur semi-actif Doppler Matra Super 530 D.
- Conduite de tir pour missile de combat AD Infrarouge Magic 2.
- Conduite de tir pour armement air-sol conventionnel bombes lisses et freinées, canons et roquettes.

- *Fonctions techniques*

- Détection par radar des cibles aériennes toutes altitudes, accrochage automatique sur prédésignation manuelle ou par transmission de données sol-air, poursuite et éclairage de la cible pour accrochage de l'AD du missile actif.
- Interrogation IFF intégrée à l'antenne radar.
- Calculs de conduite de tir et domaines de tir pour missiles Super 530 D et Magic 2.
- Navigation autonome par système inertiel.
- Détection des émissions ennemies par le système de contre-mesures passives Serval, présentation sur écran spécifique
- Contre-mesures actives électromagnétiques et optiques.
- Pilotage automatique.
- Pilotage et navigation en tête haute pour la plupart des phases de vol et d'attaque.

- *Architecture matérielle - logiciel*

C'est sur le Mirage 2000 DA qu'est appliquée pour la première fois une gestion intégrée complète des échanges d'informations numériques : deux unités centrales de calcul, de codage/décodage et de gestion contrôlent ces échanges (calculateur ESD 2084 et unité secondaire de gestion).

Le logiciel de la quasi-totalité du système est écrit en LTR (langage de haut niveau temps réel développé par le Centre de programmation de la Marine pour les sous-marins puis l'Atlantique 2).

Le radar, les contre-mesures, les boîtiers d'armement, etc. sont tous reliés au digibus. Cette généralisation permet la mise au point d'une maintenance 1<sup>er</sup> niveau réellement intégrée qui, à cette époque, était probablement très en avance par rapport aux autres avions concurrents.

- *Technologies - principaux équipements*

Les évolutions technologiques les plus notables concernent essentiellement les équipements hyperfréquences : radar, contre-mesures, autodirecteurs, communications.

- Radar Thomson/ESD RDI (Radar Doppler à impulsions HFR Haute fréquence de récurrence). Ce radar permet la détection aérienne toutes altitudes ainsi que l'éclairage de la cible pour le guidage du missile. Son développement a été assez long et difficile mais a permis à la France d'entamer le rattrapage de son retard dans cette technologie. Ce type de radar -sans mode BFR basse fréquence de récurrence- est cependant désavantagé pour les détections en air-mer et les modes air-sol classiques : télémétrie air-sol, visualisation du sol, fonctions de « découpe », etc.
- Collimateur tête haute type VE 130 (à tube cathodique et à glace double pour augmenter le champ vertical).

- Indicateur tête basse Thomson type VMC 180 (visu couleur à tube « à pénétration » multifonction) + visualisation contre-mesures VCM 65.
  - Calculateur central Dassault Electronique 2084 et unité secondaire de gestion.
  - Centrale à inertie Sagem Uliss 52.
  - Détecteur de radar Serval.
  - Détecteur de radars cohérents ESD Sabre, brouilleur associé.
  - Pilote automatique numérique SFENA type 605.
  - Centrale aérodynamique Crouzet type 90.
- *Moyens de développement*
    - Avions de servitude : deux Mystère 20 affectés au développement du radar et des contre-mesures.
    - Application de la stimulation sur les bancs.
    - Mise au point des contre-mesures et liaisons hyperfréquences dans les deux chambres anéchoïdes d'Istres (déjà utilisées pour les Mirage F1 EQ).
  - *Maintenance*
    - Toute la maintenance 1<sup>er</sup> échelon est entièrement intégrée sans aucun recours à des boîtiers externes (sauf pour les points d'emport S 530 et Magic).

### *Le Mirage 2000 Export « Radar RDM »*

Cette version de système répondait au besoin d'un avion multi-missions air-air et air-sol pour l'exportation ; le radar RDM, dans l'état de la technologie française de cette époque permettait de répondre au mieux à ce besoin : c'est ce qui a permis la vente rapide du Mirage 2000 et a soutenu la production aéronautique militaire dans l'attente de la mise au point d'un radar Doppler polyvalent.

- *Missions opérationnelles*
  - Interception de cibles pénétrant à haute, moyenne et basse altitude (capacité réduite pour les cibles volant à basse altitude par suite des performances limitées de l'élimination des échos fixes) avec tir d'un missile air-air semi-actif Doppler.
  - Supériorité aérienne avec tir de missiles air-air de courte portée et canons 30 mm.
  - Pénétration aveugle à basse altitude et attaque air-sol à vue avec armements conventionnels et tir d'armements guidés par autodirecteur Laser.
  - Attaque air-mer avec missile.
  - Armement air-sol *stand-off* (à distance de sécurité).
  - Reconnaissance avec conteneur photo longue distance Harold TRT Omera.
  - *Data-Link* (transmission de données).
- *Fonctions opérationnelles*
  - Conduite de tir missile air-air Matra Super-530 D, calculs de navigation et de domaines de tir correspondants.
  - Conduite de tir pour missile de combat Matra Magic 2, calculs de domaines de tir correspondants.
  - Conduite de tir pour armement air-sol conventionnel bombes lisses en CCPL, bombes freinées en CCPI, canons et roquettes.

- Désignation et poursuite de cibles au sol avec pod de désignation Laser optique visible et caméra thermique, liaisons avec missile et bombes à guidage laser.
- Conduite de tir de missile air-mer AM 39.
- Conduite de tir missile *stand-off*.

- *Fonctions techniques*

- Détection par radar des cibles aériennes toutes altitudes, accrochage automatique sur désignation manuelle - poursuite et éclairage de la cible pour tir du Missile Super-530 D.
- Interrogation IFF.
- Calculs de navigation et domaine de tir du missile - harmonisation avec le missile.
- Conduite de tir Magic 2, domaines de tir missile.
- Navigation inertielle autonome (SAGEM Type 52).
- Centrale anémométrique Crouzet type 80 et boîtiers capteurs anémométriques BCA
- Radioaltimètre TRT type AHV 9.
- Radionavigation : TACAN et VOR/ILS.
- Ensemble de contre-mesures passives ICMS (*integrated countermeasures system*) sur certaines versions.
- Visualisation du sol par radar.
- Fonctions de découpe iso-altitude et « vecteur vitesse » du radar pour aide à la pénétration aveugle.
- Détection des cibles air-mer et harmonisation avec le missile air-mer AM 39.
- Pilotage automatique (SFENA type 608).
- Pilotage et navigation en tête haute pour toutes les phases d'attaque : viseur à tube cathodique Thomson VEM 130.
- Visualisation tête basse sur écran « multimode » VMC 180.
- Contre-mesures passives Serval avec présentation sur écran cathodique VCM 65.
- Désignation des cibles et éclairage par Laser, en visible et par caméra thermique, pour le tir des armements à guidage Laser.
- *Data-Link*.

- *Architecture matérielle - logiciel*

La conception est la même que celle du Mirage 2000 DA. Le cœur informatique du Système a été renforcé en puissance de calcul et mémoires avec deux calculateurs ESD 2084 XR au lieu d'un seul.

Par ailleurs, pour la première fois cet avion a été équipé de liaisons numériques et vidéo avec les points d'emport normalisés pour permettre l'adaptation de nombreux armements.

- *Technologie - principaux équipements*

- Radar RDM Thomson : Radar Doppler multifonctions. Radar à impulsions à émetteur cohérent et doté d'une fonction d'élimination des échos fixes permettant la détection des cibles aériennes à basse altitude. Pour les autres fonctions, en particulier air-sol le fonctionnement répond aux mêmes principes que les radars précédents (radar Cyrano IV du Mirage F1) mais la technologie est modernisée, en particulier par l'utilisation des techniques numériques et le contrôle général du capteur par un calculateur numérique.

- Calculateurs principaux de mission ESD : type 2084 XR gérants de transmissions de données par digibus GINA. (Voir les principales caractéristiques des calculateurs et équipements nouveaux dans la monographie du Mirage 2000-5).

### *Le Mirage 2000 N*

Le Mirage 2000 N est un avion biplace destiné principalement à l'attaque nucléaire par tout temps. Pour réduire sa vulnérabilité il pénètre à très basse altitude en « suivi de terrain » et l'arme utilisée est un missile tiré à grande distance et grande vitesse en suivant une trajectoire programmée (dont une partie peut être balistique).

#### • *Missions opérationnelles*

- Attaque air-sol nucléaire à très basse altitude
- Combat rapproché avec missile à AD infrarouge
- Attaque air-sol avec armement conventionnel.

#### • *Fonctions opérationnelles*

- Pénétration aveugle par tout temps à très basse altitude avec protection envers les contre-mesures électromagnétiques et optiques.
- Conduite de tir de missile air-sol ASMP (Air sol moyenne portée aérospatiale).
- Conduite de tir des armements air-sol conventionnels : bombes, roquettes.
- Conduite de tir pour missile de combat air-air à AD infrarouge.

#### • *Fonctions techniques*

- Détection du terrain de haute résolution dans le plan vertical de la route (et dans des couloirs latéraux pour permettre l'exécution de virages programmés).
- Visualisation du sol pour le recalage aveugle de la navigation.
- Navigation inertielle hybridée avec les moyens de recalage par filtrage de Kalman et sécurisée par duplication complète.
- Recalages de navigation : à vue par télémétrie radar, par corrélation d'image radar à haute et basse altitude, par corrélation d'altitude (comparaison du profil d'altitude de la sonde radioaltimétrique avec un profil enregistré), etc.
- Présentation de la carte géographique sur écran TV couleur.
- Alignement et transmission des données initiales et d'objectif pour le tir du missile ASMP.
- Conduites de tir des armements conventionnels air-sol.
- Conduite de tir pour missile air-air Magic 2, calcul des domaines de tir.
- Détection des émissions radar et ECM bande large et bande étroite.
- Brouillage des émissions radars impulsions et CW.
- Pilotage automatique ; mode de base : tenue de pente et de route ; modes supérieurs de tenue de navigation horizontale en suivi de terrain - mode « approche ».

#### • *Architecture matérielle - logiciel*

Le système du Mirage 2000 N, pour assurer la sécurité du vol à très basse altitude en suivi de terrain, comporte une structure en double chaîne avec comparaison des deux voies (voie fonctionnelle et voie de sécurité) et commande automatique d'une trajectoire de dégagement en cas d'écart. Les capteurs inertiels, aérodynamiques, les calculateurs centraux sont doublés. Le radar comporte des

détecteurs de pannes pour les éléments d'émission et de rayonnement, tout le reste de la chaîne de calcul d'ordres étant doublé.

Le système de cet avion est remarquable pour la conception de sécurité permettant le vol à très basse altitude en suivi de terrain (200 ft en ligne droite). La démonstration de cette sécurité a été effectuée avec succès par l'équipe de développement comprenant des représentants de tous les coopérants concernés.

- *Technologies - principaux équipements*

La technologie des équipements est semblable à celle du Mirage 2000 DA.

- Radar : Dassault Electronique Antilope.
- Indicateur Cartographique : Icare Thomson.
- Brouilleur : Dassault Electronique.
- ASMP : Aérospatiale.
- Calculateurs numériques centraux et Digibus / Dassault Electronique 2084.
- Centrales à Inertie : Sagem Uliss 52.
- Pilote automatique : Sfena type 606.
- Couplage suivi de terrain aux commandes de vol électriques :
  - Dassault Aviation.
  - Centrale aérodynamique : Crouzet type 90.

- *Moyens de développement*

- Au sol, en plus des moyens déjà utilisés pour le Mirage 2000 DA, il faut noter un moyen particulier utilisé pour la mise au point de l'alignement du missile ASMP : l'« escarpolette » ; il s'agit d'une véritable balançoire instrumentée comportant tous les détecteurs et organes d'alignement concernés.
- Avions de servitude (Mystère 20 Antilope, Mystère 20) et des contre-mesures électroniques, avion banc d'essai Mirage IV S2.

### *Le Mirage 2000 D*

Le Mirage 2000 D est directement dérivé du Mirage 2000 N dont il utilise tout le système de base, en particulier pour la navigation aveugle à très basse altitude et la conduite de tir ASMP.

Contrairement au Mirage 2000 N dont la mission est essentiellement nucléaire, le Mirage 2000 D est exclusivement voué aux missions air-sol avec armement à charges conventionnelles : armement guidé laser (missiles et bombes), armement type missiles de croisière à guidage autonome après tir : SCALP, Apache, armement air-sol classique *stand-off* type AASM. Il permet le tir en aveugle d'armements air-sol classiques en suivi de terrain sur des objectifs de coordonnées connues au moyen d'une navigation améliorée (corrélation d'altitude continue et réception GPS).

Il bénéficie de l'expérience acquise sur d'autres versions de Mirage 2000 Export en récupérant des équipements ou des fonctions déjà développés (par exemple l'interface homme-système, l'architecture armement, la conduite de tir des armements guidés LASER, etc.)

Cet avion, le plus avancé de l'Armée de l'air avant la mise en place des escadrons de Rafale, est destiné au remplacement des flottes de Mirage 5 F et Jaguar et a été utilisé systématiquement dans les missions en pays étrangers (Bosnie, Kosovo, Afghanistan).

Le système de Navigation a été complété par un récepteur de navigation par satellite GPS (*global positioning system*).

#### Historique de la famille Mirage 2000-3 – Mirage 2000-5 – Mirage 2000-9

M. Marcel Dassault avait constaté, dès 1982, que l'exportation du Mirage 2000 serait très difficile par suite de certaines déficiences du système d'armes en comparaison avec son principal concurrent le F 16.

La principale déficience concernait le radar car le radar RDI, outre qu'il n'était pas disponible à temps pour l'exportation, n'avait pas de fonctions air-sol et air-mer de performances suffisantes pour les besoins des clients export ; l'autre point faible venait du manque d'équipements de contre-mesures passives et actives, tant en missions air-air qu'en missions air-sol et d'un interrogateur IFF indispensable dans les missions de défense et de combat aériens ; enfin, il était indispensable de compléter la définition du Mirage 2000 DA de l'Armée de l'air française par les conduites de tir air-sol (armement balistique conventionnel, armement guidé par laser avec caméra visible et caméra thermique : bombes et missiles, armement air-mer (AM 39), pod de reconnaissance photo haute altitude Harold (caméra OMERA).

Dassault décida alors de lancer un programme de développement parallèle au programme officiel français baptisé du nom de code : « flex » (comme flexible) avec deux nouvelles versions : le Mirage 2000-3 et le Mirage 2000-5 (dénominations des prototypes internes à Dassault).

Le 2000-3 était équipé d'un radar de technologie classique à impulsions mais doté d'un moyen de filtrage des échos fixes lui conférant des possibilités de détection et de poursuite de cibles volant à basse altitude parmi les échos de sol : le RDM Radar Doppler multifonction de Thomson-CSF. Contrairement au Radar RDI, le RDM avait des fonctions de visualisation du sol (avec fonctions de pénétration type découpe « iso-altitude » ou « vecteur vitesse », de télémétrie air-sol et de détection air-mer permettant de développer toutes les fonctions et conduites de tir souhaitées par les clients. Le Mirage 2000-3 n'a pas existé effectivement car des versions export ont été rapidement commandées : Inde, Egypte, Pérou, Grèce, Abu-Dhabi.

Le Radar RDM n'était encore qu'un « pis-aller » pour soutenir les ventes à l'exportation en face du F 16 et du F 18 (pis-aller qui a quand même permis de vendre le Mirage 2000 à l'exportation en même temps qu'à la France et même de soutenir la sortie des premiers avions français par suite du retard du RDI).

Sur demande insistante de M. Dassault, Thomson décida alors de lancer un nouveau radar doté des haute, moyenne et basse fréquences de récurrence et capable de poursuite multicibles comme les concurrents américains ! C'est le Radar RDY qui a été utilisé pour le développement du Mirage 2000-5.

Faisant suite à deux développements exploratoires engagés par les services techniques français pour le développement des conduites de tir air-air Mica du Rafale (DE « éjection » et DE « multicibles »), le Mirage 2000-5 a également été utilisé pour la mise au point de ces nouvelles fonctions.

L'ensemble de ces développements -résultats d'une coopération très étroite des industriels et des services de l'État- a finalement bénéficié au Mirage 2000-5 pour Taiwan, au Mirage 2000-9 pour Abu-Dhabi et au Rafale.

#### *Le Mirage 2000 - 5*

Le Mirage 2000-5 est l'avion de référence destiné à l'exportation conçu pour utiliser les progrès du radar RDY et les nouveaux armements missiles air-air et air-sol ainsi que des moyens de contre-mesures passives et actives performants.

- *Missions opérationnelles*

Les missions air-air sont celles du Mirage 2000 DA mais le missile air-air est le MICA à autodirecteur actif Doppler avec capacité de tir multibles. Les missions air-sol sont dérivées de celles mises au point sur les premiers Mirage 2000 Export :

- Attaque air-sol avec bombes classiques en CCPL et CCPI ;
- Tir de missiles et bombes guidées par laser avec pod de guidage Laser PDL et PDL- CT (caméra thermique) ;
- Tir de missiles air-mer.

Les missions peuvent se faire après pénétration aveugle utilisant les fonctions d'aide à la pénétration du radar RDY : découpe iso-altitude et vecteur vitesse.

- *Fonctions opérationnelles*

- Conduite de tir air-air, multibles, pour missiles MICA, avec un guidage mi-course inertiel (liaison entre l'avion et le missile) et un autoguidage terminal (autodirecteur électromagnétique actif ou infrarouge).
- Conduite de tir pour missiles de combat à autodirecteur IR Magic 2.
- Conduite de tir canons air-air CCLT (calcul continu de la ligne de traceurs).
- Conduite de tir d'armement air-sol conventionnel.
- Conduite de tir de missile guidé laser AS-30 L et de bombes guidées laser avec caméra jour et caméra IR.
- Conduite de tir de missile air-mer AM 39.
- Emport de pod de reconnaissance photo haute altitude Harold.

- *Fonctions techniques*

- Détection par radar des cibles volant à toutes altitudes et à partir de toute altitude (par sélection des fréquences de récurrence les mieux adaptées), accrochage automatique sur cibles prédésignées manuellement ou par transmission de données, poursuite et classification des cibles, poursuite simultanée de plusieurs cibles.
- Interrogation IFF intégrée à l'antenne radar.
- Calculs de navigation et de domaines de tir pour mise en œuvre des missiles Mica et Magic 2.
- Harmonisation et transmission de données aux missiles air-air et compatibilité avec les moyens de contre-mesures embarqués.
- Navigation autonome par système inertiel, récepteur pour navigation satellite.
- Visualisation du sol toute altitude, recalage de la navigation inertielle.
- Fonctions de découpe iso-altitude et « vecteur vitesse » du radar pour aide à la pénétration aveugle.
- Détection des cibles marines par le radar et harmonisation avec le missile air-mer AM 39.
- Système intégré de contre-mesures électromagnétiques passives et actives ICMS (Thomson).
- Pilotage automatique.
- Pilotage et navigation en tête haute pour toutes les phases d'attaque.
- Désignation des cibles et éclairage par Laser, en visible et en IR, pour tir des armements à autodirecteur Laser.

- *Architecture matérielle -logiciel - principaux équipements*

La conception est la même que sur le Mirage 2000 DA mais le cœur du système est constitué par deux calculateurs gérants de Digibus : Dassault Electronique type

2084 XRI associé à une mémoire de masse à bulles magnétiques Sagem MBM (capacité 4 M octets).

Les caractéristiques principales du calculateur sont sa puissance de calcul (1,6 million d'instructions par seconde), sa mémoire de travail (512 kilo octets) et sa mémoire principale sauvegardée par piles (Lithium) de 1 M octets.

Le cockpit est très modernisé par rapport aux versions précédentes du Mirage 2000.

La visualisation tête haute à tube cathodique Thomson VEM 130 a une grande optique (130 mm de diamètre) permettant de mettre en œuvre le concept complet du pilotage tête haute dans toutes les phases de vol et de mission. Une visualisation tête moyenne Thomson VTM TMM 1410 C dotée d'une optique frontale permet des visualisations dans un angle solide important sans besoin de collimation pour passer de la tête haute à la tête moyenne : c'est le début du *full glass cockpit* qui n'avait pas alors son équivalent dans le monde ; cette visualisation est capable de présenter simultanément une image synthétique et une image TV (venant en particulier du pod de désignation de cible). Une visualisation tête basse à cristaux liquides polychrome, capable d'images synthétiques et de TV est implantée sous la VTM : Thomson MFD 55 (*multifunction display*) ; elle est plus particulièrement affectée aux présentations d'images provenant du Radar. Sur la planche de bord, de chaque côté de la VTM sont implantées deux visualisations latérales FCD 34 C polychromes et multimodes à tube *shadow mask* (analogues aux visualisations utilisées sur les avions de transport civil en *Flight Director* et *horizontal situation*).

A noter, pour éviter la perche anémométrique à la pointe du radôme, l'avion est équipé de prises de pression pariétales, en arrière du radôme, alimentant un boîtier de capteurs de pression UMP 33 transmettant les mesures à un calculateur des paramètres air CPA 130, tout cela avec les redondances nécessaires à la sécurité des commandes de vol.

L'avion est équipé d'une centrale à inertie Sagem type 52, d'un Tacan et d'un VOR ; Radioaltimètre TRT type AHV 6.

Contre-mesures passives : ensemble Thomson Serval (représentant un progrès très important par rapport aux premières versions de Mirage 2000).

Pilote automatique : Sextant 608.

### *Le Rafale*

Le programme Rafale peut être considéré comme un aboutissement dans la reconstruction de « l'excellence » de l'industrie aéronautique militaire française après-guerre et ceci dans toutes ses parties cellule, motorisation, systèmes électroniques et armements. Cet avion, à lui seul, peut remplacer tous les avions monoplaces et biplaces précédents de l'Armée de l'air et de l'aéronavale : Jaguar, Mirage F1, toutes versions du Mirage 2000, Super-Étendard, Crusader.

Bien entendu, ce n'est pas une fin puisque de nombreuses évolutions, en particulier des systèmes, sont en cours d'étude et se traduiront par la production de nouveaux standards mais, à ce stade, les moyens de base sont au même niveau, en France et aux États-Unis ; encore faut-il pouvoir disposer -notamment pour les composants- d'approvisionnements aux États-Unis et que des programmes de recherche et d'études continuent à être financés par l'État.

Le Rafale A, démonstrateur, a été le support de nouveaux progrès importants dans le domaine des systèmes :

- Les commandes de vol numériques ;

- Le *full glass cockpit* : toutes les informations de pilotage et de conduite du vol et de la mission sont projetées en tête haute ou en tête moyenne,
- Le regroupement des commandes, contrôles et tests des « systèmes avion » (électricité-hydraulique-moteur, etc.) dans des organes centraux de traitement numérique et de visualisation.

Ces innovations résultaient d'études et de développements exploratoires soutenus par les programmes de recherche appliquée de l'État.

- *Missions opérationnelles*

Elles résultent du rôle de remplacement de tous les avions précédents et de l'apparition des nouveaux armements sophistiqués.

- Interception de cibles aériennes pénétrant à haute, moyenne et basse altitude avec tir de missiles à autodirecteur actif avec capacité multicibles (désignation des cibles à bord ou par liaison de télétransmission).
- Supériorité aérienne avec tir de missiles air-air de courte portée.
- Missions air-sol d'attaque d'objectifs fixes et mobiles, après pénétration aveugle en suivi de terrain, tir à distance de sécurité et retour à très basse altitude ; tir sur l'objectif avec désignation à vue, sur image TV ou Caméra thermique ou par radar ; armements : missiles, bombes guidées ou non guidées.
- Missions air-mer avec attaque de cibles marines par tout temps, désignation de cible par radar ou à vue.

- *Fonctions opérationnelles*

- Conduite de tir air-air pour missiles Mica à autodirecteur actif ou infrarouge monocible et multicibles et ultérieurement missile Meteor.
- Conduite de tir pour missiles de combat à autodirecteur infrarouge Magic 2.
- Conduite de tir canon CCLT.
- Conduite de tir armement air-sol conventionnel.
- Conduite de tir pour armement à autodirecteur Laser avec pods de désignation TV ou caméra thermique.
- Conduite de tir de missile air-mer.
- Conduite du vol et de procédures de préparation et d'alignement pour le tir d'armements air-sol du type ASMPA, missiles « de croisière » type SCALP, multicibles air-sol avec l'AASM.
- Emport de pods spécialisés de reconnaissance et de guerre électronique.

- *Fonctions techniques*

- Détection par radar des cibles aériennes à toute altitude - accrochage automatique (*Track while scan* : accrochage en balayage) sur cibles prédésignées manuellement ou par transmission de données, poursuite et classification des cibles, poursuite simultanée de plusieurs cibles.
- Interrogation IFF intégrée à l'antenne radar.
- Calculs de navigation et de domaines de tir pour la mise en œuvre des missiles MICA et Magic 2.
- Harmonisation et transmission de données aux missiles air-air et compatibilité avec les moyens de contre-mesures embarqués.
- Navigation autonome par système inertiel doublé et récepteur de navigation par satellite. Visualisation du sol par radar à toute altitude et recalage de la navigation (performances améliorées par affinage Doppler).

- Suivi de terrain automatique par détection radar, en ligne droite et en virage : liaison directe avec les commandes de vol ; hauteur de vol : 200 pieds au-dessus des crêtes.
- Détection des cibles marines par le radar.
- Désignation d'objectifs par viseur de casque.
- Système intégré de contre-mesures électromagnétiques actives et passives (détection et localisation par interférométrie grande base), contre-mesures passives optiques, détecteur de départ de missiles.
- Désignation des cibles par imagerie optique, visible et caméra thermique, éclairage des cibles par éclairage laser.
- Pilotage automatique assuré par les commandes de vol.
- Commande vocale pour certaines fonctions, système d'alarmes par synthèse vocale.

- *Architecture matérielle - logiciel*

Le cœur du système de navigation et d'attaque est conçu sur le principe de la double chaîne avec comparaison pour toutes les parties nécessitant une garantie de sécurité. Les capteurs principaux sont, soit simples avec comparaison à un modèle calculé pour les parties ne pouvant pas être doublées (cas des antennes radar, par exemple), soit doublées et comparées entre elles, lorsque la sécurité du vol l'exige.

Les liaisons numériques sont assurées par un double bus conforme à la norme 1553 A adoptée dans le cadre OTAN.

Les logiciels sont écrits en langage temps réel ADA et en langage C++ pour les développements complémentaires spécifiés par programmation orientée « objet ».

- *Technologie - principaux équipements*

- Radar : RBE 2 à balayage électronique 2 plans.
- Calculateurs principaux : Dassault Electronique CMR puis EMTI (Ensemble modulaire de traitement de l'information) Thales.
- Centrales à inertie à gyros laser et récepteur GPS intégré de SAGEM.
- Système d'alignement des centrales à inertie sur porte avions (l'alignement peut aussi être réalisé par GPS).
- Moyens de communication OTAN et transmission de données (Liaison 16).
- Capteurs aérodynamiques.
- Collimateur tête haute holographique.
- Collimateur tête moyenne grand champ, haute résolution.
- Écrans CCD Couleur.
- Détecteur optronique de secteur frontal Visible TV et Infrarouge.
- Viseur de casque.
- Intégration de la compatibilité du standard 1760 pour missiles air-air et air-sol (interopérabilité).
- Missiles air-air.
- Missiles air-sol.
- Ensemble de contre-mesures SPECTRA

- *Moyens de développement*

- Avions de servitude : radar, SPECTRA, optronique secteur frontal.
- Bancs de simulation.
- Bancs « stimulables » - banc de mise au point des logiciels prototypes.

- *Moyens de mise en œuvre et maintenance*

La maintenance de 1<sup>er</sup> niveau de l'avion et de ses systèmes est entièrement intégrée et permet la désignation de l'Unité remplaçable en piste à échanger ainsi qu'un premier diagnostic de l'élément de 2<sup>e</sup> niveau défaillant. Certains de ces derniers éléments peuvent être échangés en piste.

## AERONAUTIQUE NAVALE

Les exemples de programmes qui ont été retenus (Étendard IV M / Super Étendard et avions de surveillance maritime ATL 1 / ATL 2= permettent d'effectuer des comparaisons particulièrement représentatives pour les systèmes, entre deux générations.

### ÉTENDARD IV M / SUPER- ÉTENDARD

Les deux programmes offrent une base de comparaison saisissante en termes d'équipements et de systèmes, à moins de vingt ans d'intervalle. Pour des missions sensiblement voisines, on est passé d'un équipement très simplifié à un système de navigation et d'attaque entièrement nouveau, avec centrale inertielle, techniques numériques et une réalisation exceptionnelle et originale pour l'alignement sur porte-avions.

Dans ce qui suit, on rappellera brièvement les caractéristiques de l'Étendard IV M, puis plus largement celles du Super-Étendard.

#### *Étendard IV M*

Appareil d'attaque et de chasse à basse et moyenne altitude, utilisable à partir de porte-avions de la classe *Clemenceau*.

- *Calendrier :*

- Commande prototype : décembre 1956 ;
- Premier vol prototype : mai 1958 ;
- Commande série : janvier 1959 ;
- En service jusqu'au début des années 1980.

- *Armement :*

- 2 canons de 30 mm ;
- Engins Sidewinder ;
- AS 30 ;
- Bombes.

- *Équipement :*

- Centrale de cap ;
- Viseur CSF type 92 ;
- Radar AIDA ;
- Calculateur de bombardement d'origine suédoise (SAAB).

Le viseur type 92, électromécanique, est le premier viseur de série où les réticules étaient utilisés à d'autres fins que pour la seule visée : le réticule mobile était asservi, à grande distance, à recopier la direction du but indiqué par le radar AIDA, ce qui facilitait l'acquisition du but sur cible aérienne et sur cible marine, et permettait l'approche et le tir en aveugle (pour les engins).

### *Super- Étendard*

Le choix du successeur de l'Étendard IV M n'a été fait qu'après beaucoup d'hésitations et l'examen d'un large éventail de possibilités françaises et étrangères ; il s'est porté en définitive sur une version améliorée du même avion.

#### • *Calendrier :*

- Décision du ministre : 19 janvier 1973 ;
- Commande globale de 100 appareils de série : 4 septembre 1973 (réduite ultérieurement à 71),
- Prototypes réalisés à partir d'Étendard IV M transformés : premier vol en octobre 1974 ;
- Livraisons série entre 1978 et 1983.

#### • *Missions opérationnelles*

Le rôle principal de l'avion étant la couverture aérienne de la flotte, la protection contre les navires de surface et l'attaque d'objectifs terrestres, les missions étaient les suivantes :

- Attaque air-sol de haute précision avec bombes conventionnelles ;
- Attaque air-mer avec missile type Exocet ;
- Attaque nucléaire avec missile type ASMP ;
- Attaque air-air avec canons et missiles Magic ;
- Reconnaissance photographique ;
- Attaque air-sol avec bombes guidées laser et AS 30 guidé laser.

#### • *Fonctions opérationnelles*

- Recherche des objectifs au sol, en mer et en air-air.
- Conduite de tir air-sol type CCPL (calcul continu du point de largage) et CCPI (calcul continu du point d'impact).
- Conduite de tir canon air-sol.
- Guidage pour tir du missile air-mer (acquisition de l'objectif, calcul du domaine de tir, guidage vers le point de tir, dégagement).
- Guidage pour tir du missile ASMP (désignation d'objectif, calcul du domaine de tir, alignement du missile, guidage vers le point de tir).
- Guidage pour le tir air-air avec canon et missiles Magic, calcul du domaine de tir.

#### • *Fonctions techniques*

Les fonctions opérationnelles ci-dessus supposent toutes un système de navigation, de détection de verticale et de vitesse de grande performance. Le Super-Étendard, après la démonstration du Milan, va être le premier avion militaire français à exploiter les avantages des systèmes inertiels.

Les fonctions air-mer et air-air nécessitent une fonction de recherche d'objectifs, de détection et de poursuite par radar. La présence d'un radar permet de fournir une télémétrie air-sol pour les conduites de tir de bombardement et canon air-sol, ainsi qu'une télémétrie air-air pour la conduite de tir CCLT (calcul continu de la ligne de traceurs) avec canon : toutes ces fonctions techniques sont réalisées par un radar multi-fonctions installé dans le nez de l'appareil.

Pilotage et visée en tête haute pour la plupart des fonctions : des aides à l'approche et à l'appontage par pilotage du « vecteur vitesse » sont développées d'une manière originale pour cet avion.

Les fonctions de calcul des conduites de tir et d'échanges d'informations numériques sont regroupées dans un ensemble de calcul associé à la centrale à inertie et un générateur de symboles associé au collimateur tête haute. Les fonctions d'adaptation aux différents emports d'armement ou conteneurs spécialisés sont réalisées dans des boîtiers spécifiques.

- *Architecture matérielle et logicielle*

Le système du Super-Étendard n'a pas pu profiter des développements de liaisons numériques multiplexées (digibus).

Le « cœur » du système est constitué par le système inertiel et le calculateur d'attaque air-sol associés commandés par un boîtier de commande de navigation et un boîtier de commande d'armement. Les échanges avec les autres équipements se font par des liaisons numériques « point à point » ARINC.

Les calculs numériques de type universel sont regroupés dans le cœur du système et réalisés en langage assembleur.

Les symboles sont élaborés dans le générateur de symboles du collimateur tête haute.

L'exiguïté du poste de pilotage et la multiplicité des fonctions ont nécessité une très grande intégration des interfaces homme-système : c'est le premier exemple en France pour un avion militaire de série.

- *Technologies - principaux équipements*

Le Super-Étendard a bénéficié de la technologie américaine pour la centrale à inertie et les processeurs numériques associés. Ces matériels ont été réalisés en France par SAGEM sous licence Kearfott.

Mais le rôle de SAGEM s'est étendu bien au-delà et a été déterminant pour résoudre le problème particulièrement difficile de l'alignement de la centrale à inertie sur porte-avions. Compte tenu de l'importance de cette question, un développement spécial lui est consacré à la fin de cette monographie.

Le radar AGAVE, original par sa petite taille malgré le nombre important de fonctions réalisées et ses performances en détection air-mer, est le fruit d'une coopération entre Thomson et ESD.

Le collimateur tête haute VE 120, à tube cathodique, premier matériel de ce type réalisé en France par Thomson-CSF.

- *Moyens de développement*

La mise au point du système a pu être accélérée et facilitée par l'utilisation de la « stimulation » au banc.

Cette technique originale inventée par Dassault consiste, comme indiqué précédemment, à faire « vivre » un banc de système en pilotant des générateurs de données par des enregistrements des paramètres d'un vol les plus « externes » : angles d'attitude, vitesses, pente, etc. Grâce à ce moyen les logiciels peuvent être

entièrement testés, en statique et dynamique, dans des configurations représentatives de vols et de phases d'attaque réelles.

Les avions de servitude ont été des avions Étendard modifiés.

• *Complément sur la participation de SAGEM au programme*<sup>240</sup>

La participation de SAGEM ne se limite pas au senseur inertielle et aux calculateurs associés. Elle constitue un système en soi, comprenant aussi la référence inertielle du porte-avions et l'ensemble des dispositifs nécessaires à l'alignement initial de la centrale avion.

La Marine nationale avait exprimé la demande d'une référence inertielle pour la navigation, mais surtout pour la précision du bombardement et de l'attaque au sol.

Il fallait pour cela résoudre le problème de l'alignement initial sur une base mobile, le porte-avions, et ceci en moins de 10 mn, compte tenu de l'encombrement du pont, pour une précision de navigation de 1 NM/hr (alors que l'alignement initial d'un système inertielle installé sur un avion immobile au sol restait un problème mal résolu : rafales de vent, temps d'alignement trop long).

Les États-Unis ayant refusé l'exportation de leur système, il était nécessaire de développer sans aucune aide une solution originale.

La solution proposée par SAGEM, et finalement retenue, présentait de nombreux avantages :

- Elle était entièrement numérique (navigation et attaque)
- Elle constituait la première application au monde du filtrage de Kalman dans un système complexe (l'US Navy y travaillait, mais était loin d'avoir abouti) ;
- Elle constituait un système structuré conçu dans son ensemble autour des mêmes éléments : trois unités de calcul identiques et logiciels compatibles développés avec les mêmes moyens.

Cependant, cette solution très nouvelle n'était pas sans risque et l'avionneur n'était pas prêt à prendre la responsabilité de l'alignement sur porte-avions, sans une phase d'expérimentation préalable. Le STAé a donc mis sur pied, en liaison avec Dassault une formule contractuelle mixte, dans laquelle SAGEM a reçu deux contrats :

- L'un des AMD pour les équipements embarqués, hors logiciel ;
- L'autre du STAé, pour la référence porte-avions (RPA), le logiciel d'alignement (Alidade) et la transmission infrarouge (Télémir).

Description du système Sagem

*Équipements avion*

- L'unité inertielle UNI 40.
- L'unité d'attaque UAT 40.
- Un boîtier d'affichage PCN 40 et d'échanges UEC 40.
- Le récepteur infrarouge placé en haut de la dérive.

Dans l'UNI 40, le logiciel d'alignement est entièrement original. L'alignement initial (recherche du nord et de la verticale) est réalisé par un filtre de Kalman, à partir des informations de position, de vitesses angulaires de rotation du porte-avions, informations qui sont transmises en numérique par une liaison infrarouge (système Télémir de SAT). Les avions peuvent être disposés n'importe où sur le pont et leur orientation est indifférente. En moins de 10 mn, l'UNI 40 trouve le nord (1/10 de degré), la verticale, et, en prime, la position sur le pont, qui constitue un test de la qualité de l'alignement.

<sup>240</sup> A partir de documents et d'informations fournis par Daniel Dupuy (SAGEM).

Dans l'UAT 40, dotée d'un sous-ensemble de calcul identique, le logiciel de bombardement, par la diversité de ses modes et sa précision, fait du Super-Étendard le premier système numérique français de bombardement produit en série (précision typique 20 m CEP).

#### *La Référence porte-avions (RPA)*

La RPA est constituée par une UNI 40 avion standard, travaillant avec un boîtier mémoire extérieur. C'est une référence de navigation hybride (filtre de Kalman) qui associait, à l'origine, Inertie, Loch et Oméga, complétés ultérieurement par le GPS. La similitude des centrales Avion et RPA, outre les avantages de coût et de logistique, offrait pour le filtre l'intérêt d'avoir les mêmes modèles d'erreur.

#### *La transmission infrarouge (TELEMIR)*

Pour le système de transmission, un autre choix original a été fait, celui d'une technique infrarouge non cohérente, plutôt qu'une technique radio classique. La raison de ce choix est la plus grande simplicité que permet par principe cette technique pour la réalisation des principales spécifications : fiabilité, discrétion et immunité au brouillage.

Le système Télémir, réalisé par la SAT, comprend l'ensemble d'émission installé dans le porte-avions et des ensembles de réception installés dans chaque avion. Un ensemble d'émetteurs (portée 300 m) assure une couverture totale du pont.

#### *Déroulement de l'opération*

La décision de choix de la DTCA a été prise en octobre 1973 et les contrats à SAGEM passés en 1974. L'opération a été un plein succès et les validations de l'alignement sur porte-avions, toutes réussies, ont eu lieu en décembre 1978 et mars 1979.

## LES AVIONS DE SURVEILLANCE MARITIME ATL1 – ATL2

Environ vingt ans séparent les deux générations de systèmes d'armes et leur comparaison est d'autant plus intéressante qu'il s'agit pour l'essentiel du même porteur et de la même mission de base (lutte contre les sous-marins classiques et surtout à propulsion nucléaire de l'Union Soviétique).

- Octobre 1958 : choix du Breguet 1150, ultérieurement baptisé Atlantic.
- Juillet 1977 : choix français de l'Atlantic nouvelle génération et lancement de la phase prototype en décembre 1978. En 1985, l'Atlantic nouvelle génération sera appelé Atlantique (ATL2) et le sigle ATL1 désignera l'Atlantic.

La première génération a été réalisée dans un cadre OTAN, tandis que la deuxième l'a été dans un cadre national, faute de coopération des autres pays possesseurs d'Atlantic. Mais, dans les deux cas, le rôle des équipes Breguet a été déterminant, même après la fusion AMD-BA. Ceci est particulièrement vrai pour les systèmes d'armes, dont la direction a bénéficié d'une remarquable continuité, sous la responsabilité de Marcel Berjon, directeur technique de la SECBAT, puis directeur du programme ATL2 AMD-BA.

Les tableaux qui suivent<sup>241</sup> permettent de voir :

- La place des équipements français, nettement accrue dans l'ATL2 ;
- La numérisation des systèmes ;
- L'évolution de l'intégration du système et de l'organisation des postes d'équipage ;
- Enfin, l'augmentation très sensible de l'efficacité opérationnelle (en termes de pistes qu'il est possible de suivre simultanément, on passe ainsi de 10 à 50).

<sup>241</sup> On a repris les principaux tableaux concernant les systèmes, extraits d'une étude comparative faite par Marcel Berjon en décembre 2001, sous le titre : *De l'Atlantic à l'Atlantique* (seconde version, juillet 2002).

Cette évolution illustre bien les capacités développées dans l'industrie et les services français pour réaliser un système particulièrement complexe.

### Les origines

ATL 1	ATL 2
<p>Le programme Atlantic est né, à la fin des années 1950, du besoin opérationnel de l'OTAN pour un nouvel avion de lutte contre les sous-marins, classiques et surtout à propulsion nucléaire, de l'Union Soviétique. Voici un extrait du document officiel qui résume les caractéristiques souhaitées :</p> <p>« L'avion, partant d'une base, doit pouvoir se rendre sur une zone de patrouille en haute mer, à une vitesse de l'ordre de 300 nœuds (550 km/h). La surveillance doit se poursuivre durant de nombreuses heures et pouvoir être continuée sur un moteur. Une endurance de 12 à 18 heures à basse altitude est demandée. L'avion doit emporter tous les équipements les plus modernes de détection, et apporter à l'équipage de 12 hommes de bonnes conditions de travail.</p> <p>L'avion doit pouvoir emporter des armes offensives utilisées par les marines alliées. De plus, l'avion doit être le moins lourd possible, pour avoir le prix de revient le plus bas possible. »</p> <p>Le choix du Breguet 1150 en octobre 1958, contre une vingtaine de projets concurrents, fut donc essentiellement celui du porteur le mieux adapté aux critères donnés ci-dessus.</p> <p>Le système d'armes fut ensuite constitué en utilisant les meilleurs équipements disponibles, en particulier pour les sous-systèmes Acoustique, Radio / navigation aux États-Unis, Radar / ESM en France.</p> <p>La technologie des transmissions de données était analogique.</p> <p>Des innovations ont toutefois été réalisées, à l'initiative de Breguet, sur le cœur du système (table tactique et table de recherche) et sur les lanceurs de charges.</p> <p>Un développement particulier fut lancé pour le MAD (TH/CSF).</p>	<p>Le programme Atlantic Nouvelle Génération (ANG), devenu plus tard Atlantique (ATL2) est né, vingt ans plus tard, des mêmes impératifs, mais en tenant compte de caractéristiques des sous-marins encore plus performants (silence, vitesse, profondeur) et du besoin opérationnel de lutte anti-surface qui n'était qu'une mission secondaire de l'Atlantic.</p> <p>Ceci obligeait à concevoir un système d'armes totalement nouveau, en tenant compte évidemment des avancées technologiques des senseurs et de la puissance des techniques digitales pour traiter beaucoup plus d'informations et beaucoup plus rapidement.</p> <p>Après une recherche de solutions de porteurs autres que l'Atlantic, et faute de coopération des autres pays possesseurs d'Atlantic, le gouvernement français a finalement décidé de lancer l'Atlantic Nouvelle Génération, en 1977 sur un plan purement national en gardant donc la formule du porteur. Mais si la forme extérieure ne fut pas sensiblement modifiée, de nombreuses améliorations de détail furent apportées à la structure et tous les systèmes fonctionnels furent modernisés. Seule la propulsion, les deux moteurs Tyne, fut conservée.</p>

## Les dates clés

ATL 1	ATL 2
<ul style="list-style-type: none"> <li>- mi 1957 : programme opérationnel de l'OTAN</li> <li>- 21 mars 1958 : spécification technique et demande de propositions aux industriels</li> <li>- 21 juin 1958 : remise des projets (une vingtaine)</li> <li>- 21 octobre 1958 : décision du groupe d'experts de l'OTAN : choix du Br 1150</li> </ul> <p>Dès cette date, les études détaillées et la mise en place de l'organisation industrielle commencent chez Breguet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 janvier 1959 : approbation du choix par le Conseil de l'OTAN</li> <li>- 11 février 1959 : contrat Phase 1 (deux prototypes) notifié à Breguet</li> <li>- 2 octobre 1959 : création du comité directeur, organisme de gestion étatique</li> <li>- 22 octobre 1959 : création de la Société européenne de construction du Breguet Atlantic (SECBAT) et présentation du maquetage d'aménagement au comité directeur</li> <li>- 24 février 1961 : précontrat de la Phase II à Breguet (2 prototypes 03 et 04, liasse de série, deux cellules d'essais de structure, maquette grandeur de production), transféré sur SECBAT par avenant le 06 juillet 1962 et complété par avenant du 27 septembre 1962</li> <li>- 21 octobre 1961 : premier vol du premier prototype à Toulouse</li> <li>- 3 novembre 1961 : le Br 1150 est baptisé officiellement Atlantic</li> <li>- 6 juin 1963 : notification de la Phase V : 20 premiers avions de série français et 20 avions RFA</li> <li>- 10 décembre 1965 : livraison officielle du premier avion de série français et du premier avion de série allemand sur la base de Nîmes-Garons</li> <li>- 28 juin 1965 : Notification de la Phase VI : 20 avions (41 à 60) pour la France</li> <li>- 31 octobre 1969 : notification de la Phase IX : 9 avions pour les Pays-Bas</li> <li>- 8 août 1969 : notification de la Phase X : 18 avions pour l'Italie</li> <li>- 19 juillet 1984 : livraison du dernier avion n°87.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dès 1970, des projets de modernisation baptisés Atlantic Mk II sont étudiés, tant sur le plan officiel qu'industriel</li> <li>- 1972 : premier document complet de propositions de Breguet-Aviation</li> <li>- juin 1974 : clauses techniques de l'Atlantic Mk II et proposition de contrat de développement (sans suite, du fait des problèmes budgétaires de la Marine)</li> <li>- 1975 - 1976 : poursuite de la promotion de l'Atlantic Mk II auprès des services officiels.</li> <li>- 3 juillet 1977 : lettre officielle demandant une offre de AMD-BA pour une phase de développement de l'Atlantic Nouvelle Génération ANG. Deux Atlantic seront mis à disposition d'AMD-BA pour servir de prototypes de développement du système d'armes</li> <li>- 12 décembre 1978 : notification du contrat prototype à AMD-BA</li> <li>- début 1981 : redéfinition du système informatique central</li> <li>- 8 mai 1981 : premier vol de l'ANG-01 (ex Atlantic n°42)</li> <li>- 26 mars 1982 : premier vol de l'ANG-02 (ex Atlantic n°69)</li> <li>- 24 mai 1984 : commande de l'industrialisation à la SECBAT</li> <li>- 28 mai 1985 : commande des premiers avions de série l'Atlantic Nouvelle Génération est désormais baptisé Atlantique (ATL 2). Le sigle ATL 1 désignera l'Atlantic</li> <li>- 19 octobre 1988 : premier vol du premier avion de série ATL 2</li> <li>- 21 octobre 1989 : livraison officielle du premier ATL 2 à la Marine sur la base de Lann-Bihoué</li> <li>- 13 octobre 1997 : livraison du dernier ATL 2 (n°28). Initialement le besoin exprimé était de 42 ATL 2</li> </ul>

## Les organisations

ATLANTIC	ATLANTIQUE
<b>État</b>	
<p>- <i>Comité directeur (CD)</i> Responsables nationaux, eux-mêmes responsables dans leurs pays respectifs de la coordination de tous les aspects du programme : France, RFA, États-Unis (phase de développement), Pays-Bas, Belgique, Italie (à partir de 1969). Présidence à tour de rôle, et pour six mois, de chacun des représentants nationaux. Réunion une fois par mois. Décisions à l'unanimité. Exécution des décisions par l'agence exécutive française (DCAé) qui passe les contrats, surveille leur exécution et organise les essais et la réception des matériels</p> <p>- <i>Sous-comité technique (SCT)</i> Présidence française Les représentants de la SECBAT participent régulièrement aux groupes de travail spécialisés : système d'armes ; essais en vol ; documentation ; manuel pilote ; simulateurs.</p> <p>- <i>Sous-comité administratif (SCA)</i> Groupe de travail des experts de prix</p> <p>- <i>Conférence internationale de modifications (CIM)</i> Créée dès la phase d'industrialisation (1963) Présidence française : directeur du SIAR/DSO. Procédure CLM française Réunion trois fois par an (au début), à tour de rôle, sur chaque site industriel de la SECBAT. Préparation : Conférence technique préparatoire (CTP) et approbation du SCT</p> <p>- <i>Centre International de Gestion des Matériels Atlantic (CIGMA)</i> Basé au SAMAN à Toussus-le-Noble. Commandé par un officier supérieur de l'un des utilisateurs Européens de l'ATL 1.</p>	<p>Le programme Atlantique ayant été lancé sur un plan purement national, les procédures françaises étaient applicables Le programme était donc sous la responsabilité de la Direction des constructions aéronautiques (DCAé). Toutefois, la filiation avec le programme Atlantic était telle que certaines appellations n'ont pas suivi la coutume des programmes nationaux. Il y avait donc les désignations suivantes :</p> <p>- <i>Sous-comité technique ATL 2 (SCT / ATL 2)</i></p> <p>- <i>Sous-comité production ATL 2 (SCP / ATL 2)</i></p> <p>- <i>Commission technique préparatoire aux modifications Atlantique (CTPA)</i></p> <p>- <i>Commission de modifications de l'Atlantique (CMA)</i></p>
<b>Industrie</b>	
<p>- <i>Société européenne de construction du Breguet Atlantic (SECBAT)</i> En ce qui concerne le système d'armes, Breguet seul était impliqué. Les spécifications des matériels B devaient obligatoirement être soumises à Breguet</p>	<p>- <i>Phase Prototype</i> Maîtrise d'œuvre AMD-BA : contrat de coordination industrielle Comme pour l'ATL I, les spécifications des équipements B devaient être soumises au maître d'œuvre</p>

<p>pour avis et remarques éventuelles. Les représentants des coopérants assistaient aux réunions de modifications pour les répercussions éventuelles sur les éléments de leur responsabilité.</p> <p>La SECBAT a toutefois été impliquée dans les deux cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la modernisation des avions de la RFA faite hors des règles du comité directeur, « enregistrée » pour la forme par une modification S 661 à la 49<sup>e</sup> CIM du 26 avril 1979 (radar, ESM, navigation)</li> <li>- la modernisation des avions italiens faite en concertation avec les instances officielles et la SECBAT (modification S 711 groupant l'ensemble des travaux de développement des quatre modifications essentielles suivantes : S 706 radar Iguane, S 707 lance-bouées ATL 2, S 708 centrales Litton LTN 72, S 709 enregistreur acoustique Honeywell).</li> </ul> <p>Un contrat de développement fut notifié à la SECBAT (25 mars 1986) qui prévoyait la modification de deux ATL 1 Italiens l'un par AMD-BA. l'autre par Aeritalia.</p> <p>La maîtrise d'œuvre fut essentiellement AMD-BA, en particulier pour les essais en vol.</p>	<p>Les spécifications détaillées du logiciel opérationnel étaient de la responsabilité du maître d'œuvre, même si la réalisation était sous-traitée au CPM.</p> <p>Mise à disposition de deux ATL I pour transformation en ANG et essais en vol.</p> <p>Réalisation des différents bancs d'essais (cf. Moyens de développement et d'essais)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Phase industrialisation et série</i></li> </ul> <p>La SECBAT interviendra dans la mesure où AMD-BA, dans un souci d'économie et de promotion de l'ATL 2, demandera à ses coopérants habituels (sauf Fokker, par décision de l'État français) d'assurer la fourniture des éléments de l'avion dont chacun avait la responsabilité dans le programme ATL I, avec les modifications résultant des définitions ATL 2.</p> <p>Avant de recevoir le contrat prototype (le 12 décembre 1978) la SECBAT avait dû s'engager sur un prix plafond de l'industrialisation et de la série pour les fournitures correspondantes.</p>
--	--

*Les moyens de développement et d'essais*

ATL 1	ATL 2
<b>Développement</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquettage grandeur sur maquette en bois du fuselage</li> <li>- Banc système d'armes simplifié, à Villacoublay, près du Bureau d'études systèmes, essentiellement utilisé pour la mise au point des tables (tactique et recherche) et leurs liaisons avec les autres sous-systèmes</li> <li>- Avions de servitude Nord 2502 au CEV (navigation) Nord 2504 au CEPA (partie opérationnelle)</li> <li>- Prototypes Atlantic 03 et 04</li> </ul> <p>Les essais de système d'armes ont été effectués essentiellement sur le 03, puis sur le 04 qui était très proche du premier avion de série (réalisation des câblages en particulier)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquettage : sur la maquette série de l'ATL 1</li> <li>- Banc de conception et vérification du logiciel</li> <li>- Banc d'intégration des équipements du SNA</li> </ul> <p>Ces deux bancs, dont AMD-BA était responsable, étaient logés dans les locaux du CPM, organisme d'État chargé de l'étude et de la réalisation du logiciel opérationnel, sous maîtrise d'œuvre AMD-BA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Banc d'intégration et d'aide aux essais en vol (AMD-BA Istres)</li> <li>- Prototypes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• ANG-01 (ex ATL 1 n°42)</li> <li>• ANG-02 (ex ATL 1 n°69)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Série (usine de Colomiers)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquette grandeur série, métallique tous aménagements et câblages conformes aux plans de série</li> <li>- Banc système d'armes de production, très complet, permettant le test de chaque jeu d'équipements avant montage sur la chaîne de production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maquettage série effectué sur le premier avion de série dont la cellule avait été réalisée en avance</li> <li>- Banc de test automatique des câblages</li> <li>- Banc système d'armes de production : dans un bâtiment à part, spécialement conçu, tous les équipements sont testés interconnectés avant montage sur avion.</li> </ul>

## Configuration des postes d'équipage

ATL I	ATL2
<b>Poste Pilote</b>	
<p>La spécification de l'Atlantic demandait un pilotage à deux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- premier pilote, commandant de bord, à gauche, qui, dans les phases d'attaque, va à la table dans le poste tactique ;</li> <li>- second pilote à droite, ayant tous les moyens de pilotage</li> </ul> <p>Il n'y avait pas de siège mécanicien « installé ». En fait, les utilisateurs, pour les phases à basse altitude, mettaient un mécanicien entre les deux pilotes.</p>	<p>Pilotage à trois :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pilote à gauche ;</li> <li>- commandant de bord à droite, disposant d'une visualisation tactique / FLIR simplifiée ;</li> <li>- mécanicien de bord, au milieu sur un siège pivotant, pour permettre l'accès d'un observateur dans le bulbe avant.</li> </ul>
<b>Poste Tactique</b>	
<p><i>Côté droit, de l'avant vers l'arrière :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- acoustique : deux opérateurs ;</li> <li>- table tactique (coordinateur tactique, plus siège mobile occasionnel pour le commandant) ;</li> <li>- navigateur, table de recherche ;</li> <li>- radio.</li> </ul> <p><i>Côté gauche (en face du poste Radio) :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- radariste ;</li> <li>- opérateur ESM / MAD.</li> </ul> <p>Cette disposition du poste tactique résultait de la décision de mettre côte à côte la table tactique et la table de recherche, ce qui prenait beaucoup de place.</p>	<p>Les opérateurs sont tous côté droit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- radio/navigateur, avec télétype et table de navigation ;</li> <li>- opérateur ESM / MAD ;</li> <li>- opérateur Radar / FLIR ;</li> <li>- coordinateur tactique ;</li> <li>- deux opérateurs acoustiques.</li> </ul> <p>Cette disposition, permise par les encombrements moindres des postes coordinateur tactique et navigateur, a l'avantage de placer le radionavigateur près du poste pilote et les opérateurs acoustiques près des systèmes de lancement des bouées sonores et des antennes réceptrices.</p> <p>A gauche, il n'y a que des armoires d'équipements. La circulation dans le poste tactique est sans obstacle.</p>
<b>Postes d'observation visuelle</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bulbe avant : observateur avec système de visée et tir des missiles AS 12.</li> <li>- Hublots latéraux arrière : 2 observateurs avec jumelles sur support.</li> </ul>	<p>Trois observateurs avec jumelles individuelles, dans le bulbe avant et devant les deux hublots arrière</p> <p>Le confort de l'équipage a été sensiblement amélioré par un système de conditionnement plus performant et par un niveau de bruit plus faible.</p>

*Système central tactique*

ATL 1	ATL 2
<p>Deux tables :</p> <p>Projection de symboles lumineux par projecteurs situés sous les tables transmission des données analogiques. Conception Breguet, réalisation Crouzet.</p> <p>- <i>Table Tactique</i> Surface utile : 80 cm x 80 cm. Navigation tactique. Sept projecteurs : position avion venant du calculateur de navigation. Trajectoire de l'avion, trois vecteurs (acoustique. ESM), un projecteur de tube électronique permettant de projeter trois cercles (Bouées actives). Marqueur radar.</p> <p>- <i>Table de Recherche</i> Surface utile : 80 cm x 80 cm. Navigation géographique. Cinq projecteurs : un projecteur de canevas Mercator, position de l'avion. Trajectoire de l'avion, un marqueur, un vecteur (ESM) L'information aux pilotes est donnée par un IDI (relèvement et distance pour un but fixé par le coordinateur tactique)</p>	<p><i>Le calculateur tactique</i> Calculateur MITRA 125X avec mémoires de masse à bulles magnétiques, relié aux deux bus de données à travers deux unités de gestion (normale et secours) Chaque sous-système est relié aux bus par un coupleur standard et un coupleur spécifique du sous-système. Les données sont exploitées essentiellement par le coordinateur tactique sur un écran cathodique de 36 cm de diamètre utile. L'opérateur radar dispose de la même console. Chaque opérateur dispose d'un terminal alphanumérique (trois au total) qui permet d'extraire les informations qui circulent sur les bus ou d'en insérer. Le commandant dispose d'une visualisation reproduisant une situation tactique résumée, sur laquelle il peut aussi recevoir l'image FLIR choisie par le coordinateur tactique. Le pilote et le commandant (secours pour lui) disposent d'un IDI comme sur l'ATL 1.</p> <p><i>Programmes Logiciels</i> Logiciels de mission (dans le calculateur tactique) Programme opérationnel de vol (chargé pendant la visite pré-vol dans la mémoire de masse, ce qui permet un redémarrage rapide du calculateur en cas de déconnexion intempestive) - Réalisé par le Centre de programmation de la Marine (CPM) - Langage de haut niveau LTR2, facilitant la maintenance du logiciel - Structure fonctionnelle modulaire (14 modules) permettant de greffer des extensions sans modifier le cœur du logiciel - Inclut le programme logiciel de maintenance intégrée du système.</p> <p>Programmes spécifiques au sol (Exploitation des données tactiques et de maintenance enregistrées en vol dans la mémoire de masse) - Programmes d'analyse et de restitution au retour de la mission - Programmes de test des équipements et des logiciels.</p>

	<p><i>Dans les calculateurs des sous -systèmes :</i> Programmes spécifiques : aide des opérateurs permettant un fonctionnement autonome en cas de panne du système central, programmes de configuration et de mise en œuvre du sous-système, bibliothèque de renseignements, programmes de maintenance, etc.</p>
--	--

### *Efficacité comparée des systèmes tactiques ATL 1 et ATL 2*

L'efficacité se mesure par la capacité à détecter, identifier, puis classier et poursuivre les mobiles – ou pistes – de la zone de patrouille.

Dans les mêmes conditions d'environnement et d'activité des pistes, on peut suivre simultanément 10 pistes sur l'ATL 1 alors qu'on peut suivre 50 pistes sur l'ATL 2.

*Pilotage, navigation, communication*

On ne signale ci-dessous que les particularités des instruments et équipements spécifiques différents de ceux d'un avion civil.

ATL 1	ATL 2
<b>Pilotage</b>	
Devant chaque pilote (ATL 1 ou ATL 2) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- IDI (<i>Integrated destination Indicator</i>) devant chaque pilote. Relèvement / distance d'un but choisi par le coordinateur tactique ;</li> <li>- indicateur radiosonde avec alerte basse altitude.</li> </ul>	
Pilote automatique (Sperry/SFIM) et directeur de vol (Bendix/Air-Equipement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pilote automatique et directeur de vol intégrés (SFENA), sécurité basse altitude, en cas de panne, améliorée ;</li> <li>- Enchaînement automatique des buts pour décrire des figures-types (<i>patterns</i>).</li> </ul>
<b>Navigation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- deux centrales de cap et de verticale AHRS Kearfott ;</li> <li>- un calculateur de cap SFIM alimentant les instruments de bord ;</li> <li>- un Doppler (Canadian Marconi) ;</li> <li>- un calculateur de navigation Crouzet recevant les données de capteurs précédents et alimentant les tables tactique et de recherche ;</li> <li>- recalage de la position géographique par Loran C, remplacé plus tard par système Omega (couverture mondiale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- deux centrales à inertie ULISS 53 (SAGEM) couplées au récepteur Navstar(GPS), autonomes, ne dépendant pas, pour leur fonction propre, du calculateur central. Boîtes de commande et contrôle au radio navigateur ;</li> <li>- un calculateur de données aérodynamiques (Crouzet) ;</li> <li>- une table de navigation optique, surface utile 60 cm x 60 cm, avec cartes superposées de différents types, échelles de 1/ 50 000 à 1/ 200 000 (au poste radio navigateur), couplée aux centrales à inertie et au calculateur central</li> </ul>
<b>Communications</b>	
Un V/UHF, un UHF. Boîtes de commande sur panneau central au poste pilote.  Au poste radio : <ul style="list-style-type: none"> <li>- deux HF boîtes de commande au poste radio ;</li> <li>- télétype + crypteur</li> <li>- enregistreur magnétique</li> <li>- récepteur Loran C (Remplacé plus tard par Omega) Voir Navigation</li> </ul>	Un V/UHF, deux UHF. Boîtes de commandes au poste pilote.  Au poste radionavigateur : <ul style="list-style-type: none"> <li>- deux HF boîtes de commande ;</li> <li>- radiotélétype et son crypteur en ligne permettant le trafic sur la liaison 14 de données tactiques OTAN ;</li> <li>- système liaison 11 permettant l'intégration de l'avion dans le réseau de données tactiques des grands dispositifs Marine OTAN ;</li> <li>- imprimante grande vitesse couplée aux communications et au calculateur central tactique ;</li> <li>- panneau de contrôle et scope : surveillance et traitement des messages. Mémoire auxiliaire pour enregistrement des messages.</li> </ul>

*Acoustique et système de bouées (Primordiale pour la lutte anti-sous-marine)*

ATL 1	ATL 2
<b>Les équipements</b>	
<p>Ils étaient d'origine américaine, technologie 1960.</p> <p>Récepteur de bouées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- premier opérateur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• système « Julie », ASA-20 : analyse, sur papier, des réponses des bouées omnidirectionnelles passives au largage de charges explosives spécifiques (lance-charges sur le flanc gauche) ;</li> <li>• système AQA-1 Scope permettant l'exploitation des bouées actives (distance) ou directionnelles (relèvement).</li> </ul> </li> <li>- deuxième opérateur : système « Jezabel » AQA-5 : analyse spectrale, sur papier grande dimension, des signaux transmis par des bouées spécifiques, omnidirectionnelles. Les deux opérateurs sont côte à côte, à l'avant droit du poste tactique</li> </ul>	<p>Equipements français (Thomson / CSF) répondant aux conditions de la lutte anti-sous-marine des années 1980, beaucoup plus exigeantes que celles de l' ATL 1:</p> <p>4 x 4 récepteurs de bouées (99 canaux)</p> <p>Deux ensembles d'écoute audio haute fidélité.</p> <p>Deux stations identiques situées à l'arrière du poste tactique, comprenant chacune :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- son propre système de traitement de données traitant toutes les bouées passives et actives de la panoplie OTAN ;</li> <li>- un système d'exploitation comprenant : <ul style="list-style-type: none"> <li>• un enregistreur papier (4 canaux en parallèle) ;</li> <li>• un scope (avec mémoire de 2 pages) : 8 canaux ;</li> <li>• une boîte de commande digitale de configuration et de mesure ;</li> <li>• une boîte de commande alpha numérique.</li> </ul> </li> </ul> <p>Chaque opérateur placé devant sa console, dispose d'une boîte de commande et d'un scope alphanumérique standard en liaison avec le système central tactique et le système de bouées.</p>
<b>Le système des bouées acoustiques</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- trois lanceurs électromécaniques de conception Breguet : « Norias » chargés au sol chacun de douze bouées taille A ;</li> <li>- un lanceur universel : largage manuel après chargement en vol, capable de bouées jusqu'à la taille C ;</li> <li>- stockage de bouées supplémentaires dans la zone non pressurisée, accessible en vol à basse altitude.</li> </ul> <p>Les bouées de taille B ou C, mises en place au sol, peuvent être larguées à partir du portique AR dans la soute.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- quatre antennes fouets, réception et commandes des bouées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- quatre lanceurs électro-pneumatiques comportant chacun 18 tubes pour bouées taille A, sélection et commande digitales ;</li> <li>- un lanceur rechargeable en vol en zone non pressurisée, capable de quatre bouées taille A ou F, sélection et commandes digitales ;</li> <li>- un lanceur universel, analogue à celui de l'ATL I ;</li> <li>- stockage de 36 bouées taille A, derrière le cadre 34.</li> </ul> <p>Les bouées de taille B ou C sont larguées à partir du portique AR dans la soute (analogue à l'ATL I).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- quatre antennes fouets.</li> </ul>
<b>Radio compas</b>	
<p>Radio compas V / UHF, avec indicateur de passage à la verticale de l'émetteur au poste pilote.</p>	<p>Radio compas V / UHF avec indicateur de passage à la verticale, équipement plus moderne et précis que celui de l'ATL I</p>

## ESM et MAD

ATL 1	ATL 2
<b>ESM</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipements ARAR-ARAX 10B (Thomson / CSF) ;</li> <li>- Bandes de fréquence S, C, X : 2,36 à 11,1 GHz ;</li> <li>- Adaptation d'équipements pour les bâtiments de surface Les antennes sont groupées en haut de dérive (« arôme »).</li> </ul> <p>Opérateur placé devant une console, à gauche, à l'arrière du poste tactique, à côté du radariste.</p> <p>Les informations de relèvements des émetteurs détectés sont transmises par l'opérateur sous forme analogique aux tables tactique et de recherche (vecteurs).</p> <p>Plus tard : Installation du système ALR 8</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Antenne dans un radôme sous le fuselage, en avant du cadre 34 ;</li> <li>- Bande de fréquence : 0,55 à 2,6 GHz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipements: ARAR 13 - DR 4000 (Thomson / CSF) ;</li> <li>- Bandes de fréquence : 0,6 à 18 GHz ;</li> <li>- Antennes directionnelles dans des pods de bout d'aile ;</li> <li>- Couverture 360 °, sans masque de l'avion ;</li> <li>- Antenne omnidirectionnelle en haut de la dérive.</li> </ul> <p>- Equipement de performances très supérieures à l'équipement ATL 1, en particulier en présence d'une forte densité d'émetteurs. Détection simultanée et instantanée azimuth- fréquence ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Console placée à droite du poste tactique entre le radio/navigateur et 1<sup>er</sup> radariste ;</li> <li>- Scope panoramique trois couleurs ;</li> <li>- Coordination azimuth- fréquence ;</li> <li>- Analyse de signal et poursuite automatiques ;</li> <li>- Propositions d'identification des types d'émetteurs (bibliothèque des cibles)</li> </ul> <p>Transmission des données au système tactique central par le bus L'opérateur dispose d'une boîte de commande et d'un scope alphanumérique standard.</p>
<b>MAD</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détecteur magnétique très sensible basé sur le pompage optique ;</li> <li>- Développement spécial pour l'ATL I : DHAX 1 (CSF) placé dans un carénage plastique (« madôme ») à l'extrémité arrière du fuselage ;</li> <li>- Boîte de commande et enregistreur spécifique au poste ESM ;</li> <li>- Transmission analogique de contact par l'opérateur à la table tactique (marqueur).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détecteur magnétique ultrasensible basé sur la résonance magnétique nucléaire (IMG / Grenoble &amp; Crouzet), placé dans un carénage plus long que celui de l'ATL I ;</li> <li>- Compensation calculée des interférences magnétiques dues à l'avion supprimant les reprises de réglage par l'opérateur ;</li> <li>- Boite de commande et enregistreur spécifique au poste ESM</li> </ul> <p>Transmission commandée par l'opérateur à travers le système standard tactique.</p>

## Radar et FLIR

ATL1	ATL 2
<b>Radar</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipement DRAA2 B (CSF), adapté du radar DRAA2 A de l'Alizé.</li> <li>• Bande X.</li> <li>• Antenne tournante, balayant 360 °; placée dans un ensemble support/radôme, escamotable, en avant de la soute d'armement.</li> <li>• (à notre connaissance, aucun autre avion ASM n'a cette configuration)</li> <li>• Emission /réception IFF intégrée sur l'antenne</li> <li>• Console d'exploitation classique située à gauche dans le poste tactique Transmission analogique des plots sélectionnés par l'opérateur vers les tables tactique et de recherche (marqueur radar)</li> <li>• IFF : Interrogateur NRAI 3A, Répondeur APX77</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipement Iguane (TH/CSF), dérivé de l'Iguane conçu pour la modernisation de l'Alizé</li> <li>• Bande I (désignation moderne de la bande X)</li> <li>• Installation de l'antenne pratiquement identique à celle de l'ATL I.</li> <li>• Nouvelles fonctions : <ul style="list-style-type: none"> <li>- compression d'impulsion ;</li> <li>- puissance crête basse : discrétion ;</li> <li>- très courte longueur d'impulsion : détection de petites cibles, même par forte mer et à haute altitude.</li> </ul> </li> <li>• Agilité de fréquence : protection contre les brouilleurs et les retours de mer</li> <li>• Poursuite d'un écho en continuant le balayage (track while scan) : suivi d'un écho aidé par ordinateur.</li> <li>• Console radar (scope bi-couleur identique pour le coordinateur tactique, permettant la superposition de l'image radar et de la situation tactique) placée en position optimale entre l'opérateur ESM et le coordinateur tactique.</li> <li>• IFF interrogateur modes 1, 2, 3A/C, 4 associé à un décodeur effectuant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- décodage automatique passif ou actif</li> <li>- signalisation automatique des pistes en situation d'urgence.</li> </ul> </li> </ul>
	<p data-bbox="815 1361 1198 1395"><b>FLIR</b> (seulement sur l'ATL 2)</p> <p data-bbox="804 1411 1394 1507"><i>Reconnaissance et identification d'objectifs de surface, de jour et de nuit à des distances sans risques.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipement Tango (TRT)</li> <li>• Caméra infrarouge placée dans une tourelle sphérique située sous le bulbe avant. Couverture en azimut : 200 °.</li> <li>• Stabilisation de grande précision en azimut et en site.</li> <li>• Deux focales : petit champ et grand champ.</li> <li>• Pointage automatique, par ordinateur, d'une cible sélectionnée.</li> <li>• Scope avec zoom plein écran, situé au-dessus et entre les postes radar et coordinateur tactique</li> <li>• Enregistreur vidéo avec capacité de retour en arrière (<i>play back</i>) en vol</li> </ul>

L'ensemble des senseurs ESM, MAD, RADAR, FLIR de l'ATL 2 donne des capacités supérieures d'un ordre de grandeur à celles de l'ATL 1 en particulier en cas de situation tactique chargée ou face à des menaces discrètes, fortement défendues et très manœuvrantes.

Veille visuelle, photo

ATL 1	ATL 2
<p><i>Trois postes d'observateurs :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poste avant :           <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans le bulbe en plexiglas : visibilité, en gisement : <math>\pm 120^\circ</math> ; en site : <math>&gt;90^\circ</math> vers le bas ;</li> <li>- dispositif optique de visée. Transmission du gisement par liaison analogique aux vecteurs des tables tactiques et de recherche ;</li> <li>- top de passage à la verticale vers le marqueur de la table tactique ;</li> <li>- caméra portable permettant photos « à l'opportunité ».</li> </ul> </li> <li>• Deux postes à l'arrière :           <ul style="list-style-type: none"> <li>- devant des hublots-bulbes en plexiglas Visibilité en gisement : <math>180^\circ</math> de chaque côté, en site vers le bas : <math>&gt;90^\circ</math> Chaque observateur dispose de jumelles Wild, sur support permettant des mouvements en rotation horizontaux et verticaux.</li> <li>- transmission analogique du gisement à un vecteur sur la table tactique.</li> </ul> </li> <li>• Lance cartouches éclairantes pour visibilité de nuit situé sur flanc gauche du fuselage arrière.</li> <li>• Pod photo, sous un des points d'emport sous l'aile, qui comporte plusieurs configurations de caméras.</li> <li>• Le copilote dispose d'un petit viseur latéral permettant le déclenchement plus précis des caméras du pod.</li> </ul>	<p><i>Trois postes d'observateurs, comme dans l'ATL 1, mais ils n'utilisent que des jumelles portatives.</i></p> <p>Installation de caméras fixes dans l'avion.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caméra avant latérale oblique dans le nez avec hublot particulier. (focales de 75, 150, 300 mm) :           <ul style="list-style-type: none"> <li>- commande par les pilotes ou l'observateur avant ;</li> <li>- annotations automatiques sur film. commandées par le calculateur.</li> </ul> </li> <li>• Caméra verticale arrière installée dans la partie AR du fuselage :           <ul style="list-style-type: none"> <li>- fonction reconnaissance et enregistrement des résultats de tirs ou largages d'armes (focales 75, 150, 300 mm).</li> <li>- contrôle automatique de l'ouverture et compensation du déplacement de l'avion ;</li> <li>- commande : par les pilotes ou par l'observateur avant mais aussi automatique, par le calculateur, en cas de largage d'armes ;</li> <li>- annotations automatiques comme pour caméra avant.</li> </ul> </li> <li>• Lance-cartouches éclairantes : analogues à l'ATL I</li> </ul>

## Armes et Charges

ATL 1	ATL 2
<b>La soute</b>	
<p>Grandes dimensions : 9 m x 2,1 m. Portes coulissantes donnant le minimum de perturbations aérodynamiques quand elles sont ouvertes. Trois portiques coulissant sur des rails latéraux</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les deux portiques avant portent les armes anti-sous-marines (torpilles, grenades) ;</li> <li>- le portique arrière reçoit les bouées de taille B ou C.</li> </ul>	<p>Configuration générale identique à l'ATL I, mais trois variantes, du fait de la mission anti-surface.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mission ASM semblable à l'ATL I</li> <li>- mission anti-surface : deux missiles AM 39 (supportés par trois portiques adaptés)</li> <li>- mission mixte : armes ASM sous portique avant, un missile AM 39 sous deux portiques à l'arrière.</li> </ul>
<b>Sous l'aile</b>	
<p>Quatre points d'emports capables d'une charge maximum de 500 kg :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- quatre missiles AS 12 (guidage par fil ; petit manche de commande à l'observateur AV et au copilote) ou quatre missiles Martel (anti radars)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deux points internes capables de 1 000 kg ;</li> <li>- deux points externes capables de 750 kg.</li> <li>• Armes diverses possibles.</li> </ul>
<b>Les lance-charges</b>	
<p>Les lance-charges :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lance-charges explosives (système Julie) flanc avant gauche du fuselage central ;</li> <li>- lance-marqueurs (colorants ou fumigènes) à l'arrière du fuselage central sur les flancs ;</li> <li>- canon rétro-lanceur, à l'avant du fuselage AR (verticale détection MAD).</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lance cartouches éclairantes (voir § Veille visuelle. Photo)</li> </ul> <p>Lance bouées (voir sous-système Acoustique)</p>	<p>Les lance-charges de fonctionnalité analogues à ceux de l'ATL I, sont adaptés aux technologies numériques de contrôle et commande</p>
<b>Commandes et contrôles</b>	
<p>Les commandes et contrôles des armes et charges sont essentiellement au poste coordinateur tactique ; technologie analogique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctions contrôlées par calculateur : l'inventaire et la configuration des armes et charges ainsi que les largages sont normalement sous le contrôle du calculateur central (mode <i>on-line</i>) avec possibilité de secours manuel (mode <i>off-line</i>).</li> <li>• Calcul continu du point de largage et données de guidage pour le largage automatique d'une torpille.</li> <li>• Calcul et transmission des données pour désignation du but aux missiles AM 39 et affichage de la zone de tir possible.</li> </ul>

<b>Chaînes SAR (Sauvetage en mer)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaînes SAR (Sauvetage en mer) La grande dimension de la soute permet d'emporter en mission SAR, quatre chaînes SAR par portique soit en configuration courante (portique AV et portique AR) : huit chaînes et en configuration maximale : douze chaînes. Comme la Marine utilise des chaînes N3 capables de 30 places, la capacité est de 360 naufragés !</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chaînes SAR : même capacité que l'ATL I.</li> </ul>

*Maintenance, aides aux utilisateurs*

ATL 1	ATL 2
<b>Maintenance</b>	
<p>Bancs de tests individuels par sous-système et équipements.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'opérations de maintenance à des dates imposées du fait de MTBF élevés.</li> <li>• Bancs de tests automatiques (ATE) dans chaque base.</li> <li>• Logiciel de maintenance intégrée et concept BITE fournissant la localisation de l'unité remplaçable en ligne (LRU) sur l'avion, au sol et en vol, sans besoin d'équipements de test spécifiques.</li> </ul>
<b>Aides aux utilisateurs</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entraînement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- simulateur de vol (fuselage avant poste fixe) ;</li> <li>- simulateur tactique : ensemble de la partie tactique, sans le poste de pilotage.</li> </ul> </li> <li>• Exploitation de mission : exploitation des échanges vocaux entre opérateurs enregistrés sur magnétophone de bord</li> <li>• Centres d'analyses, spécialisés pour ESM et acoustique exploitation des enregistrements spécifiques à ces sous-systèmes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entraînement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- simulateur de vol mobile (6° de liberté) ;</li> <li>- simulateur tactique complet y compris pilotes.</li> </ul> </li> <li>• Préparation de mission : logiciel opérationnel de la mission chargée dans le calculateur central permet de faire la visite pré-vol en 20 minutes</li> <li>• Exploitation de la mission : au retour de l'avion, on dispose de               <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'enregistrement des données opérationnelles ;</li> <li>- l'enregistrement des données de maintenance.</li> </ul> </li> <li>• Centre tactique d'analyse complètement informatisé et protégé</li> </ul>

## CONCLUSIONS

Durant le demi-siècle, objet de l'examen du COMAERO, l'industrie française de l'Aéronautique militaire est passée d'un niveau, très bas au sortir de la guerre, à un niveau très élevé aujourd'hui qui lui permet de concurrencer les plus hautes compétences dans le monde. Cette évolution ne s'est pas faite d'une façon continue ni sans heurts. On peut en détacher un certain nombre de périodes.

L'immédiat après-guerre a vu un foisonnement de projets ébauchés et parfois réalisés, destinés à rattraper le temps perdu pendant la guerre et à retrouver le niveau de qualité d'avant les événements de 1939. Mais la guerre elle-même avait permis à nos concurrents de l'époque, essentiellement les États-Unis et la Grande-Bretagne, d'acquérir un niveau technique que nous n'étions pas aptes à retrouver seuls rapidement. Il nous manquait l'expérience et la compétence, essentiellement dans le domaine de la motorisation. Il y a eu beaucoup de projets avortés et notre aéronautique a pu se reconstituer petit à petit, en passant par des achats à l'étranger et des fabrications sous licence.

Une certaine autonomie est ensuite apparue, marquée par l'aboutissement en séries de quelques programmes développés sur le plan national, le Nord 2501, le Vautour, l'Ouragan suivi des Mystère, puis du Mirage III.

Déjà, le Mirage III était issu d'une compétition acharnée. Les besoins opérationnels exprimés avaient conduit à la réalisation d'avions prototypes brillants, Trident Durandal, Baroudeur, Breguet Taon, Gerfaut, mais ils avaient chacun un domaine d'excellence qui en faisaient les appareils aptes à une mission particulière finalement très réduite. Le développement du Mirage III dans toutes ses versions a été une réussite qui a donné à l'industrie aéronautique française sa dimension internationale.

A suivi ensuite une période assez longue marquée par l'évolution des besoins opérationnels, aiguillonnés par les nouvelles techniques naissantes (en particulier, décollage vertical et géométrie variable), par la difficulté de réaliser des moteurs ayant une poussée et une consommation satisfaisante, et par les coûts élevés de développement et de fabrication en série des matériels envisagés. Cette évolution a conduit à une certaine profusion des demandes puis à des réalisations prototypes pas toujours menées jusqu'au vol, qui laisseraient le goût amer d'un certain gâchis, si elles n'avaient été à l'origine du développement de l'Aéronautique nationale. Les volontés de coopérations internationales affichées pendant cette période par les gouvernements n'ont pas donné tous les résultats escomptés, mais l'expérience acquise dans les domaines de pointe, grâce à ces programmes « écourtés », ont bénéficié finalement aux quelques programmes qui ont débouché, le Mirage F1, les Mirage 2000 puis le Rafale.

Cette période très prolifique, malgré les différents allers et retours, a été une période très enrichissante et d'une certaine façon très heureuse pour tous les créateurs et tous les techniciens qui ont pu voir la mise en pratique des techniques qu'ils avaient imaginées et mises au point. Mais ces techniques ont un coût très élevé en série, d'où un certain désenchantement de ceux qui ont eu la responsabilité des dépenses et de ceux que les progrès techniques avaient fait rêver.

Un certain nombre d'évolutions ont marqué de façon significative cette période de l'aéronautique, non seulement française mais mondiale. On peut citer, entre autres :

## UNE TENDANCE GENERALE A LA CONCENTRATION DE L'INDUSTRIE AERONAUTIQUE

La concentration industrielle n'est pas spécifique à l'aéronautique : toutes les industries ont connu cette tendance qui a conduit à la formation d'un nombre limité de puissants groupes, avec, comme corollaire, la disparition des petites unités. Mais dans l'industrie qui nous intéresse, le phénomène n'était pas uniquement économique. Étant donné les moyens à mettre en œuvre, bureaux d'études, essais au sol et en vol, moyens de production, il devenait de plus en plus difficile, pour une société de petite capacité, de prendre ou de maintenir une place viable, et ceci malgré la création et la mise en commun par l'État de moyens importants, moyens d'études, centres d'essais. La profusion des études proposées en réponse aux appels d'offres et le nombre des réalisations prototypes engendrées par ces propositions a peu à peu fait place à une situation plus « raisonnable ». La douzaine d'avionneurs, en France, a, petit à petit, laissé la place à deux avionneurs, avec, de surcroît, une spécialisation de chacun et une séparation des compétences qui en ont fait des quasi-monopoles. Ce partage a été voulu et encouragé par les services de tutelle de l'État, pour réduire les coûts des matériels et, également, pour placer l'industrie française dans une position favorable vis à vis des concurrents étrangers ou lors des recherches de coopérations internationales.

Cette concentration industrielle n'a pas fait l'objet de développements dans notre étude. L'exposé qui en est fait dans le document du Gifas mériterait sans doute d'être actualisé.

## LE DEVELOPPEMENT DE LA COOPERATION

Déjà, sur le plan national, l'évolution de la technique aéronautique, la prise de conscience de l'interaction nécessaire entre les différents systèmes de l'avion, la nécessité de prendre en compte l'évolution de toutes les données du vol pour placer l'avion dans les conditions les meilleures pour réaliser sa mission, la tendance irréversible vers la création d'un « Système d'armes » intégrant l'ensemble des dispositifs de l'avion, ont conduit à une obligation de coopération de plus en plus étroite entre les industriels responsables des différentes techniques (moteurs, armements, navigation, conduites de tir, transmissions, etc.). La notion de sous-traitance a laissé la place à celle de coopération entre partenaires industriels, avec création nécessaire d'une direction et d'une maîtrise d'œuvre unique, pas forcément confiées à l'avionneur. La conséquence a été une certaine perte de responsabilité de l'État dans le choix des composants et une difficulté supplémentaire de négociation des prix, de plus en plus orientée vers le résultat final, la réalisation complète de la mission (cas du Mirage IV entre autres).

La coopération internationale s'en différencie, car plus orientée vers le plan industriel : partage des responsabilités dans l'étude et la maîtrise d'œuvre, mais surtout partage des travaux de série et du financement.

Le jugement que l'on peut porter sur les coopérations internationales qui ont été réalisées ou qui ont été tentées aussi bien dans le cadre de l'Europe que dans un cadre plus étendu, est laissé à l'appréciation du lecteur.

Cette coopération est apparue comme une nécessité, vu la croissance exponentielle des coûts de développement que l'on souhaitait partager, vu l'idée logiquement répandue que plus le nombre de matériels construits est grand plus le prix unitaire est faible et vu la nécessité politique pour l'Europe de maintenir un potentiel industriel et une compétence reconnue, en face de concurrents puissants comme les États-Unis ou la Russie. Mais la pratique des négociations dans le cadre de cette coopération et les résultats obtenus conduisent à nuancer l'opinion que l'on peut s'en faire. Beaucoup de difficultés ont été rencontrées :

- L'orgueil national qui conduit les pays qui ont acquis une grande compétence à revendiquer un certain droit de conduite du programme,
- La nécessité bien compréhensible pour une industrie nationale de garder toutes ses compétences acquises et de ne pas les abandonner, dans le cadre d'un partage, à un industriel étranger. Ce point a été défendu à juste titre par les représentants de l'État qui entendent conserver, sur le plan national, la capacité de développer seuls un matériel complet valable,
- Le partage industriel des réalisations prototypes et de série. Celui-ci a été traditionnellement décidé en fonction du nombre prévu des besoins exprimés. Mais l'expérience a montré que ceux-ci ont été volontairement exagérés, dans la plupart des cas. Le rétablissement d'un partage équitable, en cours de réalisation, s'est toujours révélé impraticable, et a même conduit, pour des raisons économiques, à poursuivre dans le pays d'origine, la fabrication de la part de celui-ci pour des besoins supplémentaires demandés par un seul des coopérants (cas du Transall et de l'Atlantique),
- Les responsabilités des industriels coopérants pour l'exportation des matériels conçus et réalisés, vers des pays hors coopération. Les relations des coopérants avec les pays tiers demandeurs étant différentes d'un pays à l'autre, il y a eu, généralement, un leadership dans la conduite de l'exportation. Mais celui-ci n'a pas toujours été respecté et a conduit à des échecs dans certaines négociations,
- L'expression des besoins des utilisateurs nationaux coopérants en nombre et en capacités opérationnelles, présente une grande difficulté. Il s'agit de matériels militaires. Les besoins varient en fonction de la posture politique de chaque pays, et des priorités affichées, mais, également, en fonction du calendrier de mise en service escomptée compte tenu des dates de péremption, et des capacités opérationnelles (éventuellement détériorées ou devenues obsolètes) des matériels destinés à être remplacés. Le besoin est également fortement dépendant de la technologie du moment (celle en cours de réalisation mais surtout celle espérée quand les matériels entreront en service). Par ailleurs, la volonté de ne pas réaliser des matériels pour une seule mission mais de plutôt rechercher une certaine polyvalence, déjà très difficile sur le plan national, s'est avérée quasi impossible, et la recherche de compromis a conduit à une impasse dans un certain nombre de cas, et à alourdir les devis dans d'autres cas,
- L'application des réglementations nationales a été une autre source de difficultés. Mais il semble que celles-ci aient pu être contournées plus aisément de par leur caractère très « technique » et ceci malgré la « rigueur » de certaines réglementations nationales ou celle des responsables de leur application: le problème a pu être résolu par la décision, au départ, d'appliquer

la réglementation d'un des pays, ou par le choix, pour les avions Atlantic et Transall, de la réglementation internationale des avions civils,

- Le choix des organisations, étatiques et industrielles, pour conduire ou diriger convenablement le programme. Toute organisation humaine, requiert un chef pour fonctionner. Le dirigeant doit-il être le même tout le long du programme ? Doit-on en changer, avec une périodicité à définir ? La direction doit-elle être collégiale ? Avec quelle majorité ? Peut-on compter sur l'esprit de compromis et se dire que la discussion finira toujours par aboutir, vu la bonne volonté de chacun ? Dans les coopérations qui ont réussi, et conduit à des réalisations de série, l'organisation a été assez légère.

Ces difficultés n'ont pas empêché certaines coopérations d'aboutir et ont laissé à leurs participants des souvenirs positifs. Peut-on en tirer des conclusions. En voici quelques unes :

- Du point de vue des rapports humains les résultats ont été très positifs : le rapprochement des cultures, les différentes approches sur la façon de mener les débats et d'obtenir une conclusion ou une décision sur une difficulté, l'apprentissage et la pratique plus ou moins dominée de langues étrangères, la découverte de réglementations plus ou moins rigoureuses ou « coutumières », la réalisation d'amitiés durables,
- Robustesse et persistance d'un programme en coopération. Une fois le programme lancé, éventuellement avec difficultés, il est maintenu, aucun des participants ne voulant prendre l'initiative de rompre, et il est conduit jusqu'à son terme, même si quelques « retouches » interviennent (objectifs opérationnels, nombre d'avions commandés ...),
- Par contre, le but recherché sur la réduction des coûts ne semble pas avoir été atteint. La première cause vient du fait que le nombre d'avions réalisés n'a jamais été suffisant pour compenser l'augmentation des coûts due à la mise en œuvre de la coopération et pour permettre de concurrencer valablement les réalisations des États-Unis. La deuxième cause est l'augmentation des coûts de développement due aux déplacements, aux lenteurs dans les prises de décision, à la répétition inévitable de travaux plus ou moins identiques de part et d'autre des frontières, aux différences entre les objectifs poursuivis par les coopérants (programmes opérationnels, dates de mise en service, étapes d'avancement des travaux ...),
- Une des grandes difficultés rencontrées a consisté en la définition de besoins opérationnels communs. Les programmes Atlantic et Transall ont été exemplaires sur ce point, vu une certaine uniformité des expressions des besoins. Les avions Jaguar et Alphajet ont joui d'un appui politique indispensable pour être maintenus, les besoins opérationnels ayant très rapidement divergé. Le matériel réalisé pour satisfaire une certaine « enveloppe » des besoins l'a été au prix d'une complexité excessive pour l'utilisateur le moins gourmand, et d'une certaine insuffisance, pour le plus exigeant.

La difficulté pour définir des buts communs en termes de besoins opérationnels, de dimensions d'avions donc de coûts, de dates « objectif » de mise en service des matériels de série, de partage des responsabilités aussi bien du côté étatique que du côté industriel et donc d'organisation et de gestion du programme, ont coûté de longues années à des programmes ambitieux et ont conduit à l'abandon de certains.

## LE DEVELOPPEMENT MAITRISE DES MOTEURS

Déjà avant la guerre de 39/45, se posait le problème de la puissance trop faible de nos moteurs à pistons: ils ne dépassaient guère 700 à 800 kw alors que leurs concurrents dépassaient cette valeur. Les événements de la guerre n'ont fait qu'accroître cet écart rendant la position de nos moteurs encore plus critique.

Se posait, alors, la nécessité de passer du moteur à piston au turboréacteur: dès 1945 pour les avions de combat, à partir de 1950 pour les avions de transport (turboréacteur ou turbopropulseur ?). Nous n'avions aucune expérience dans ce domaine et la politique des officiels français a été très judicieuse:

- dans un premier temps, utilisation de turboréacteurs étrangers existants, essentiellement ceux de Rolls-Royce ( ce fut le cas pour les avions Vampire, Mistral, Aquilon, puis Ouragan, Mystère II, Mystère IV ),
- en parallèle, lancement d'études importantes, avec l'aide très bénéfique des spécialistes allemands de BMW, qui ont débouché sur l'ATAR,
- dès 1951, la famille ATAR, produite par la SNECMA, est la seule voie retenue, au détriment de Hispano-Suiza, qui sera appelé à disparaître en tant que concepteur de moteurs.

L' ATAR, lancé à la suite de son choix pour le Super Mystère puis pour le SO 4050 Vautour, a, alors, donné naissance à une famille de moteurs qui ont assuré le succès des Mirages III, Mirage IV puis Mirage F1.

La période qui s'est écoulée entre le lancement du Mirage III et celle du Mirage F1 a été pénalisée par le manque de poussée et une trop forte consommation spécifique des réacteurs nationaux. On cherchait à obtenir un réacteur très puissant et bien adapté à la pénétration à basse altitude pour réaliser les programmes ambitieux de l'époque mais la recherche de coopération avec la Grande-Bretagne n'a pas apporté de solutions satisfaisantes. Ce fut le cas, en particulier, du décollage vertical ( le Mirage III V a souffert, en outre, de la multiplication du nombre des moteurs due à la séparation de la propulsion et de la sustentation ), de la géométrie variable et des programmes bimoteurs ambitieux des années soixante.

La coopération avec Pratt et Whitney aux Etats-Unis apportait une solution. En effet, les TF 10 puis les TF 30 et leurs adaptations issues de la coopération, étaient des double-flux alors que les ATAR étaient simple-flux et avaient une consommation très élevée près du sol à grande vitesse.

Cette coopération n'a pas débouché sur des réalisations de série, en grande partie, d'ailleurs, à cause des difficultés que la France entrevoyait à l'exportation. Mais elle a finalement débouché sur le financement, à la SNECMA, d'importantes études qui ont ouvert la voie aux nouveaux moteurs. Ceux-ci ont équipé, par la suite, le Mirage 2000 puis le Rafale. Les accords de coopération avec Pratt et Whitney, dans les domaines civil et militaire, ont contribué de manière sensible à améliorer les connaissances de SNECMA dans les technologies les plus avancées.

## LA REVOLUTION INFORMATIQUE

En l'espace de vingt ans, au milieu de la période étudiée, les progrès de l'informatique, logiciels et miniaturisation des matériels, ont conduit à une harmonisation et une homogénéité des équipements hautement profitables. Les industries aéronautiques et spatiales ont emboîté rapidement le pas, en particulier dans le domaine militaire : elles ont été, non seulement les bénéficiaires, mais également un des moteurs des progrès réalisés. Le domaine civil avait des

contraintes réglementaires de sécurité qui ont retardé l'utilisation des progrès de l'informatique tant que les problèmes de sécurité n'ont pas trouvé de solutions acceptables (il fallait, en particulier, que le gain de poids obtenu permette le doublement ou le triplement des circuits sans que le devis de masse ne devienne inacceptable).

Le gain de poids, le gain en rapidité d'élaboration des informations et la possibilité de présenter ces informations aux membres d'équipage sous une forme très élaborée mais très « parlante », et donc facilement utilisable, ont permis des progrès rapides et importants dans l'architecture des postes d'équipages et dans la qualité des informations fournies.

## LE DEVELOPPEMENT DE L'« INTELLIGENCE » DE L'AVION ET DE SES CAPACITES A DETECTER ET GUIDER

Les progrès de l'informatique et la miniaturisation des matériels ont permis d'envisager le transport des informations utiles vers tous les équipements de l'avion qui en avaient l'utilisation, donc de réduire le nombre de capteurs et de profiter de l'homogénéité des mesures utilisées. Les différents équipements ont été interconnectés et des calculateurs centraux ont élaboré les informations sous la forme la mieux adaptée à chacun des utilisateurs.

On est passé du poste d'équipage saturé d'instruments de bord, à un poste portant des « écrans de visualisation » fournissant à l'équipage des informations très élaborées sur le fonctionnement des systèmes avions, sur la navigation, sur la préparation et la conduite du tir, sur la restitution des résultats de la mission et cela dans les meilleurs temps possibles et avec des contraintes de plus en plus allégées pour l'équipage.

Cette évolution des systèmes a été une des caractéristiques marquantes de la fin de la période qui nous occupe.

## STABILISATION DES PERFORMANCES

L'aéronautique militaire a, de longue date, été à la source des ambitions des États pour battre des records, en particulier de vitesse et d'altitude. De « simples avions » ont franchi des nombres de Mach et atteint des altitudes qui les faisaient comparer aux engins spatiaux en cours de développement. Et, naturellement, les utilisateurs militaires ne pouvaient qu'être attirés par ces performances susceptibles de donner des avantages déterminants, qu'il s'agisse de l'interception, du combat aérien ou de la réalisation de missions d'intervention, dans des conditions de sécurité maximale.

Mais la considération d'un certain nombre de facteurs a contribué à tempérer cette évolution :

- les coûts nécessaires à l'obtention des performances, notamment ceux dus à l'emploi nécessaire de matériaux nouveaux,
- les contraintes sur l'équipage et les équipements de sécurité : vêtements haute altitude, systèmes de sauvetage, en particulier,
- l'évolution des techniques d'emploi : basse ou haute altitude, combat aérien,

- la prise en compte des performances de l'ensemble « avion - missile » dans les missions à remplir (avec une augmentation de la part missile dans la performance globale)

Une limitation « naturelle » des performances demandées, et réalisables à coûts acceptables, s'est finalement établie autour d'un nombre de Mach de 2,25 et d'une altitude de 11 000 m. Même les avions les plus récents, construits ou envisagés, restent dans ces limites.

\*\*\*\*\*

Que dire, en finale, de la place de l'aéronautique française dans le monde ?

Elle était d'un niveau technique remarquable dans les années qui ont suivi la Première Guerre mondiale. Elle a été reconquise, après la Seconde Guerre mondiale, au prix d'efforts importants à la fin des années 50, au moment des programmes Vautour, Mystère, Mirage, Nord 2501, puis Atlantic.

Elle s'est maintenue à un niveau technologique très élevé ensuite et pas seulement dans le domaine des avions militaires. Le niveau technique atteint, tant sur les cellules que sur les moteurs et les systèmes, supporte maintenant de façon favorable la comparaison avec les matériels étrangers.

Les efforts faits par le passé et jusqu'aujourd'hui ont permis d'obtenir ce résultat. Ils doivent être poursuivis pour préparer le futur et le rendre digne de ce passé.



Dassault-Breguet Rafale



## SIGLES UTILISES

AAAF	Association aéronautique et astronomique de France
AAMA	Association des amis du musée de l'air
ABAP	Association belge pour l'avion patrouilleur
ACDV	Avion de combat à décollage vertical
ACE	Avion de combat européen
ACF	Avion de combat futur
ACT	Avion de combat tactique
ACM	Avion de combat marine
ACX	Avion de combat expérimental
AD	Auto-directeur
ADAV	Avion à décollage et atterrissage vertical
ADV	<i>Air defense variant</i>
AEW	<i>Airborne Early Warning</i>
AFVG	<i>Anglo-french variable geometry</i>
AGARD	<i>Advisory Group for Aerospace Research and Development</i>
AGL	Armement guidé laser
AGV	Avion à géométrie variable
AIA	Atelier industriel de l'Aéronautique
AICPRAT	Association amicale des ingénieurs, cadres et personnels retraités, anciens de Thalès
ALAT	Aviation légère de l'armée de terre
AMD	Avions Marcel Dassault
AMD-BA	Avions Marcel Dassault-Bréguet Aviation
ANG	Atlantique nouvelle génération
ARINC	<i>Aeronautical Radio Incorporated</i>
AS	Air-Sol
ASM	Avion de surveillance maritime
ASM	Anti sous-marin, <i>Anti Sub-Marine</i>
ASMP	Air-sol moyenne portée
AST	
ATLIS	Autopointeur télévision et laser d'illumination du sol
AWACS	<i>Airborne Warning and Control System</i>
BAC	<i>British aircraft corporation</i>
BAé	<i>British Aerospace</i>
BAN	Base aéronavale
BFR	Basse fréquence de récurrence
BMVg	<i>Bundesministerium der Verteidigung</i>
BPM	Bureau des programmes de matériels de l'armée de l'air
BSEL	<i>Bristol-Siddeley</i>
BWB	<i>Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung</i>
CAR	Circonscription aéronautique régionale
CAS	<i>Close Air Support</i>
CCLT	Calcul continu de la ligne de traceurs
CCME	Contre contre-mesures électroniques
CCPL	Calcul continu du point de largage
CCPI	Calcul continu du point d'impact
CDU	<i>Christian Democrat Union</i>
CEAM	Centre d'expérimentations aériennes militaires de Mont de Marsan
CEAT	Centre d'essais aéronautiques de Toulouse

CEE	Communauté économique européenne
CEL	Centre d'essais des Landes
CEMAA	Chef d'état-major de l'Armée de l'air
CEMH	Centre d'essais des moteurs et hélices
CEP	Cercle d'erreur probable
CEP	Centre d'essais des propulseurs
CEPr	Centre d'essais des propulseurs
CEV	Centre d'essais en vol
CHAE	Centre d'Histoire de l'Aéronautique et de l'Espace
CHEAR	Centre des hautes études de l'armement
CIGMA	Centre international de gestion des matériels Atlantic
CGA	Contrôle général des armées
CLM	Commission locale de modifications
CMA	Commission de modifications atlantique
COR	Conteneur de reconnaissance
COTAM	Commandement opérationnel du transport aérien militaire
CPE	Centre de prospective et d'évaluations
CPA	Calculateur des paramètres air
CPM	Centre de programmation de la Marine
CSF	Compagnie générale de télégraphie sans fil
COMAERO	Comité pour l'histoire de l'aéronautique
COTAM	Commandement du transport aérien militaire
CSF	Compagnie générale de télégraphie sans fil
CSM	Commission spécialisée des marchés
CTH	Collimateur tête haute
CTM	Collimateur tête moyenne
CTPA	Commission technique préparatoire aux modifications atlantique
DAI	Direction des affaires internationales
DCAé	Direction des constructions aéronautiques
DDM	Détecteur de départ missile
DEFA	Direction des études et fabrications d'armement
DGA	Délégation générale pour l'armement
DM	Deutsch Mark
DMA	Délégation ministérielle pour l'armement
DN	Défense nationale
DPAI	Direction des programmes et des affaires industrielles
DRET	Direction des recherches, études et techniques
DRME	Direction des recherches et moyens d'essais
DTCA	Direction technique des constructions aéronautiques
DTI	Direction technique et industrielle
DTIA	Direction technique et industrielle de l'aéronautique
DTIAé	Direction technique et industrielle de l'aéronautique
EADS	<i>European aeronautic defense and space company</i>
EAP	<i>Experimental Aircraft program</i>
EAU	<i>Emirats Arabes Unis</i>
ECA	<i>European combat aircraft</i>
ECAT	Ecole de combat et d'appui tactique
EFA	<i>European fighter aircraft</i>
ELIAS	Ecartomètre laser pour illumination aéroportée ou au sol
EMAA	Etat-major de l'armée de l'air
EMD	Electronique Marcel Dassault
EMM	Etat-major de la marine
EMTI	Ensemble modulaire de traitement de l'information
ENSTAE	Ecole nationale supérieure des techniques avancées

ESD	Electronique Serge Dassault
EU	Etats-Unis
FAA	Fédération aéronautique internationale
FAS	Forces aériennes stratégiques
FATAC	Force aérienne tactique
FLIR	<i>Forward Looking Infra Red</i>
FN	Fabrique nationale des armes de guerre (belge)
GAMD	Générale aéronautique Marcel Dassault
GEIP	Groupement européen indépendant des programmes
GIE	Groupe d'intérêt économique
GINA	Gestion des informations numériques aéroportées
GOR	<i>General operational requirement</i>
GPS	<i>Global positioning system</i>
GRTS	Groupement Turbomeca-Snecma
GTR	Groupe turbo-réacteur
GV	Géométrie variable
HD	Hurel-Dubois
HFB	<i>Hamburger Flugzeugbau</i>
HFR	Haute fréquence de récurrence
HP	Haute pression
HUD	<i>Head-up display</i>
ICMS	<i>Integrated countermeasures system</i>
IFF	<i>Identification friend and foe</i>
ILS	<i>Instrument landing System</i>
IMA	Ingénieur militaire de l'Air
ISA	<i>International Standard Atmosphere</i>
ISL	Institut de Saint-Louis
KHD	<i>Klöckner Humboldt Deutz</i>
LETI	Laboratoire d'électronique et de technologie de l'informatique
LIR	Laboratoire infrarouge (CEA )
LRU	In line replaceable unit
LTR	Langage temps réel
LTV	<i>Ling Temco Vought</i>
M	Mach
MAN	<i>Mashinen-fabrik Augsburg Nürnberg</i>
MBB	<i>Messerschmitt Bölkow Blohm</i>
MBM	Mémoire à bulles magnétiques
MIDS	Système multifonctions de distribution de l'information
MLCA	<i>Multi level committee aircraft</i>
MRCA	<i>Multirole combat aircraft</i>
MTBF	<i>Mid time between failure</i>
MTRFA	Mission technique en République Fédérale d'Allemagne
MTU	<i>Motoren und Turbinen Union</i>
NAMMO	<i>Nato MRCA Management Organisation</i>
NASA	<i>National aeronautics and space administration</i>
NATO	<i>North Atlantic Treaty Organisation</i>
NIDA	Nid d'abeilles

OASIS	Outil d'aide à la spécification et à l'intégration des systèmes
OEST	<i>Outline european staff target</i>
OMERA	Optique, mécanique, électricité, radio pour l'aéronautique
ONERA	Office national d'études et de recherches aéronautiques
OPE	Organisation du poste d'équipage
OR	Operationals requirements
OSF	Optronique secteur frontal
OTAN	Organisation du Traité de l'Atlantique Nord
OTU	<i>Operational training unit</i>
PA	Porte-avions
PC	Post- combustion
PDG	Président directeur général
PDL	Pod de désignation laser
PDL-CT	Pod de désignation laser-caméra thermique
PDT	Plan de développement technique
PHI	<i>Position and homing indicator</i>
RACAAS	Radar aéroporté de combat aérien et appui sol
RAF	<i>Royal Air Force</i>
RAGEL	Reconnaissance Attaque Guerre Electronique
RBE	Radar à balayage électronique
RDI	Radar doppler à impulsions
RDM	Radar doppler multifonctions
RDX	Radar doppler experimental
RFA	République Fédérale d'Allemagne
RPA	Référence porte-avions
RR-TM	Rolls-Royce – Turbomeca
RU	Royaume-Uni
SACM	Société alsacienne de construction mécanique
SAMD	Société aéronautique Marcel Dassault
SASP	Système d'armes stratégique piloté
SCAéro	Service central de l'aéronautique
SCP	Sous-comité production
SCT	Sous-comité technique
SDAP	Système de dépannage automatique de piste
SDECIAA	Système de développement d'échanges et de calculs d'informations analogiques et arithmétiques
SECBAT	Société européenne de construction de l'avion Bréguet Atlantic
SECHAR	Société européenne de construction du Harrier
SEEFLUG	<i>Arbeitsgemeinschaft Seeflug</i>
SEMHS	Société d'exploitation des matériels Hispano-Suiza
SEMMB	Société d'Exploitation des Matériels Martin-Baker
SEPECAT	Société européenne de production de l'avion ECAT
SEPR	Société européenne pour la propulsion à réaction
SFECMAS	Société française pour l'étude et la construction de matériels aéronautiques et spatiaux
SFENA	Société française d'équipements pour la navigation aérienne
SFIM	Société française d'instruments de mesure
SHAPE	Supreme headquarter allied powers in Europe
SIAR	Service industriel de l'armement
SIPA	Société industrielle pour l'Aéronautique
SMPA	Service des marchés et de la production aéronautique
SNA	Système de navigation et d'attaque

SNB	Système de navigation et de bombardement
SNCAC	Société nationale de constructions aéronautiques du Centre
SNCAN	Société nationale de constructions aéronautiques du Nord
SNCASO	Société nationale de constructions aéronautiques du Sud-Ouest
SNCASE	Société nationale de constructions aéronautiques du Sud-Est
SNECMA	Société nationale d'études et de constructions de moteurs d'avions
SNIAS	Société nationale et industrielle aérospatiale
SNLE	Sous-marin nucléaire lanceur d'engin
SO	Sud-Ouest
SOGEPA	Société de Gestion de Participations Aéronautique
SPECTRA	Système de Protection et d'Evitement des Conduites de Tir pour Rafale
SPAé	Service de la production aéronautique
SSBS	Sol-sol balistique stratégique
SSBT	Sol-sol balistique tactique
STAé	Service technique de l'aéronautique
STOL	<i>Short take-off and landing</i>
STOVL	<i>Short take-off and vertical landing</i>
STPA	Service technique de la production aéronautique
STTA	Service technique des télécommunications aéronautiques
STTE	Service technique des télécommunications et de l'électronique
STRIDA	Système de transmission et de représentation des informations de défense aérienne
STTA	Service technique des télécommunications de l'air
STTE	Service technique des télécommunications et de l'électronique
TACAN	Tactical air navigation
TKF	<i>Taktisches kampflugzeug</i>
TRT	Télécommunications radioélectriques et téléphoniques
TSR 2	<i>Tactical Strike Recco 2</i>
UAT	Unité d'attaque
UEC	Unité d'échange
UEO	<i>Union de l'Europe Occidentale</i>
UHF	<i>Ultra high frequency</i>
UNI	Unité inertielle
UK	<i>United Kingdom</i>
URL	Unité remplaçable en ligne
URP	Unité remplaçable en piste
USAF	<i>United States Air Force</i>
UV	Ultra violet
VCM	Vision contre-mesure
VFW	<i>Vereinigte Flugtechnische Werke, Weserflugzeugbau</i>
VFX	
VHF	<i>Very high frequency</i>
VOR	<i>VHF omnidirectional range</i>
VSTOL	<i>Very short take-off and landing</i>
VTM	Visualisation tête moyenne
VTO	<i>Vertical take-off</i>
VTOL	<i>Vertical take-off and landing</i>
VVC	Viseur, visuel de casque
WCA	<i>Weapon Concept Aircraft</i>
YAG	<i>Yttrium-Aluminium Grenat</i>



## LES AUTEURS

Ingénieur en chef hors-cadre de l'armement **Pierre Barré** a été successivement, ingénieur d'études au STTA (Bureau SER/B1 chargé des radars aéroportés) de 1962 à 1969, ingénieur responsable de la coordination des systèmes d'armes au STAE, en 1969-1970, ingénieur de marque, puis directeur du programme Alphajet, de 1970 à 1976, et chef de la section des études radars au STTA de 1976 à 1979.

L'ingénieur général (2<sup>e</sup> section) **Marcel Bénichou** a débuté sa carrière au STAé/Avions puis a occupé, successivement le poste de directeur des programmes et affaires industrielles, de directeur des constructions aéronautiques et de délégué aux programmes d'armements. Il a quitté l'administration en 1991 pour prendre la présidence de l'ONERA.

**Marcel Berjon** (1925-2006) entré chez Breguet en 1947, au Bureau des calculs, y a notamment assuré la coordination technique de l'Atlantic (1958) et la responsabilité technique du Jaguar (1961), avant de devenir directeur technique de Breguet (1971) et directeur du programme Atlantique 2 (1976), président du comité technique du BNAé (1975-1990).

Ingénieur général de l'armement (2<sup>e</sup> section), **Daniel Berthault**, a été ingénieur de marque de l'Alphajet au Service technique aéronautique de 1972 à 1979. Il a ensuite poursuivi sa carrière à la DGA au département Hélicoptères de la DCAé et à la Délégation aux relations internationales.

L'ingénieur général de l'armement **Bruno Berthet** a débuté sa carrière au Centre d'essai en vol à Brétigny, puis à Cazaux où il a occupé les fonctions de sous-directeur technique. Affecté en 1996 au service technique des télécommunications aéronautiques, puis au service technique des technologies communes, il est revenu au service des programmes aéronautiques comme chef de département puis directeur des programmes Mirage 2000 (2000-2002). Il a ensuite été nommé adjoint au sous-chef programmes-matériels de l'EMAA. Il est, depuis mai 2005, sous chef plans/programmes de l'EMAA.

Engagé volontaire dans les Forces françaises libres en 1942, **René Bloch**, est pilote militaire de l'Aéronautique navale et ingénieur général du génie maritime. Puis, tour à tour, à la Direction des constructions et armes navales, à Toulon (1950-1952), ingénieur responsable de l'organisation générale de la section Aéronautique, au STAé, il est chef de la section Marine, responsable de la définition et de la mise au point des programmes Aquilon, Zéphyr, Alizé, Étendard et Atlantic (1952-1961), à la DTIA, responsable des programmes de coopération (1961-1964). De 1964 à 1966, il est directeur des Affaires internationales au ministère des Armées, puis dirige le Centre d'essais des Landes (1969-1981). Parallèlement, en 1973-1974, il est conseiller du Premier Ministre pour le programme Concorde.

L'ingénieur général **Maurice Bommier** a débuté sa carrière au Centre d'essai en vol, service Equipements, puis a été nommé chef de la section Instruments-Pilotage du STAé, puis chef de la CAR Paris, et, finalement, sous-directeur Écoles DGA.

L'Ingénieur en chef hors cadre de l'armement **Jacques Bonnet** a été affecté comme ingénieur militaire de l'Air au Centre d'essai en vol en 1956, puis au STAE/AV en 1961 où il a été responsable, successivement, des avions de transport, puis des avions de combat, avant de revenir au CEV d'Istres en 1972. Il a été directeur des programmes en coopération chez AMD/BA de 1975 à 1992.

Ingénieur général de l'armement (2<sup>e</sup> section), **Georges Bousquet** a débuté sa carrière au CEV en 1950, aux services des méthodes, puis essais armement. Il occupe, ensuite, successivement les postes de chef du STAé/Équipement, sous-directeur du STAé, directeur du STTA et directeur technique des constructions aéronautiques (1976-1984). Il est nommé inspecteur général de l'armement (1984-1986) puis président de la SOGÉPA.

**Jean Cuny** (1925- ?), entre dans l'armée de l'Air en 1944. Il sert en tant que navigateur, puis radariste sur les différents types d'appareils en services dans les grandes unités de bombardement et dans la chasse de nuit. Il participe à deux reprises aux opérations militaires en Extrême-Orient avant d'être recruté en 1960 par la société Dassault pour participer à la mise au point du système de navigation et de bombardement du Mirage IV. A partir de 1976, il se consacre à la rédaction d'ouvrages historiques sur les programmes aéronautiques.

L'ingénieur général de l'Armement **Robert Finance** a été directeur du programme Mirage F1 (1980-1984), chef du département des Études générales (1985-1987), directeur du programme Rafale (1988-1991) au sein du STPA, puis directeur du Centre d'essais aéronautique de Toulouse (à partir 1991).

Ingénieur général de l'armement, **Jean Forestier** (1924-2001) est affecté au CEV (1949-1956), puis au STAE (1956-1965), où il est ingénieur de marque pour le Vautour et le Mirage IV. Il devient, en 1965, sous-directeur plans et programmes à la DPAI. Il rejoint ensuite les ministères de la Défense et des Transports en tant chargé de mission pour les programmes Concorde et Airbus. Il devient Ingénieur général de l'armement en 1968. Il est l'auteur de très nombreux articles sur l'aéronautique et la mécanique en vol.

Le Général **Pierre Marie Gallois**, ancien officier de l'armée de l'Air et officier d'État-major, a proposé le 1<sup>er</sup> plan quinquennal aéronautique en 1950. En 1953-1954, il est affecté au cabinet du ministre de la Défense nationale. Adjoint au Général Norstad, chargé des études stratégiques au sein du commandement des forces alliées en Europe (1954-1957). Il devient cadre de réserve, avec le grade de général de brigade, en 1957. Il est alors conseiller militaire auprès de Marcel Dassault de 1957 à 1982. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur la stratégie et la géopolitique.

Après un séjour au centre d'essai en vol, l'ingénieur général (2<sup>e</sup> Section) **Georges Givois** est affecté au STAE, où il est responsable des avions de combat, et, en particulier, du Jaguar. Il est, ensuite, affecté à la DTCA, puis à la DPAI et revient au STAE puis au STPA comme adjoint au directeur. Il termine sa carrière comme directeur du Centre d'essai de propulseurs.

L'ingénieur général **Roger Guénod** a débuté sa carrière au Centre d'essais en vol, dont il a été le directeur de 1973 à 1978. Il a, ensuite, été directeur du STAE (1978-1980) puis du STPA (1980-1984). Il entre chez Dassault en 1984, pour s'occuper pendant plusieurs années d'affaires européennes.

Juriste de formation, diplômé de l'Institut d'études politiques de Paris et de l'Institut supérieur des affaires de défense, **Alexis Hamel** est docteur en science politique et enseigne également le droit public à la Sorbonne. Spécialiste des politiques aéronautiques et des stratégies décisionnelles dans le contexte européen, il est à ce titre secrétaire scientifique du COMAERO depuis sa création en mars 2000.

Ingénieur en chef de l'armement (CR) **Bernard Latreille** a commencé sa carrière au CEV, où, avant de devenir chef de la section Équipements, il a été responsable des essais du système de navigation-bombardement du Mirage IV. Après un passage au secrétariat général de l'aviation civile, de 1965 à 1972, il entre chez AMD-BA en 1972, et y est nommé directeur des avions civils en 1975.

**Daniel Lerouge**, ingénieur Sup'Aéro, a fait toute sa carrière chez Dassault jusque fin 1996. Il a consacré la totalité de son activité au développement des systèmes d'armes sur les multiples avions de la société Dassault. Il y a été le directeur technique des systèmes d'armes.

L'Ingénieur général de l'armement **Jean-Luc Monlibert** a débuté sa carrière à la DGA comme responsable d'essais moteurs au CEV. Il a participé, au sein du Service technique des programmes aéronautiques, à la conduite de plusieurs programmes d'armement et a, notamment, été directeur du programme Mirage 2000. Sa carrière s'est poursuivie au CEV, qu'il a dirigé de 1997 à 2000, et à la tête de la direction de la gestion et de l'organisation de la DGA de 2000 à 2004.

Issu de l'École navale, breveté pilote de chasse en 1949 et pilote d'essai en 1956, **Michel Mosneron Dupin** a multiplié les campagnes d'essais d'apportage, notamment sur le *Clemenceau*. Il a terminé sa carrière comme vice-amiral après avoir été attaché à l'EMA et à la Présidence de la République et été attaché des Forces armées à l'ambassade de France à Londres.

L'Ingénieur général de l'armement **Roger Monnier** a débuté sa carrière comme agent technique dans le laboratoire d'essais des récepteurs de bord du STTA. Il a suivi des cours à l'ENSTAE, puis a été affecté successivement, au STAE/Études générales, en 1953, puis au STAE/Avions, équipe de marque Jaguar, en 1965, puis à la DAI et au CEV. Il est passé dans la 2<sup>e</sup> section de ingénieurs généraux en Janvier 1986.

L'Ingénieur général de l'armement **Jean Sandeau** commence sa carrière comme Ingénieur militaire de l'Air à la section armement du STAE. En 1972, il devient sous-directeur plans-programmes-industrie à la DTCA. Il occupe le poste de directeur technique des engins (1983-1986) puis de directeur des constructions aéronautiques (1986-1991).

L'Ingénieur général de l'armement **Jean Soissons** (1919-2005) débute sa carrière comme Ingénieur d'essais au CEV (1948-1957). Il occupe successivement les postes de chef du bureau plan et programme de la DTIA (1957-1962), de directeur du CEL (1962-1969) puis de directeur de la DTCA (1969-1973). Détaché à l'Aérospatiale, il y est directeur de la division avions (1974-1976) puis inspecteur général (1976-1981). Il est, également, l'auteur de nombreux articles.

**Bernard Witt**, pilote d'essais, obtient son brevet aux États-unis en 1946. Il entre au CEV en 1949. Il participe aux essais des Baroudeurs, Mystère II et Leduc. Entré ensuite chez Breguet en 1966, il participe aux premiers vols de la plupart des avions de la marque. Il vole également sur l'Atlantique 2 et l'Alphajet



## BIBLIOGRAPHIE

- « Exemple remarquable de coopération internationale : le Transall C-160 ». *Interavia*, n°9, 1960, p. 1156.
- « Fin d'une longue incertitude : le Transall gagne la partie ». *Interavia*, décembre 1963, p. 1908.
- « Fruit d'une union heureuse : le Breguet Br 1150 Atlantic ». *Interavia*, décembre 1961, p. 1685.
- « Le Transall C-160, symbole de la coopération franco-allemande ». *Air et Cosmos*, n°161, 16 juillet 1966, p. 26.
- « Un triomphe de la collaboration européenne ». *Aviation Magazine International*, n°344, avril 1962, p. 47-54.
- Baratault, P. (dir.), *Les Radars de Thales*, Radars aéroportés. AICPRAT (Association amicale des Ingénieurs, Cadres et Personnels Retraités, Anciens de Thalès).
- Barthélemy, Raymond, « Il faut rénover notre transport aérien ». *Forces Aériennes Françaises*, n°175, novembre 1961, p. 633.
- Beaumont, Hervé. *MIRAGE IV, le bombardier stratégique*. Éditions Larivière, (collection Docavia), 2003.
- Benecke, Theodor, « Pourquoi le Transall est-il construit ». *Frankfurter Allgemeine*, 28 décembre 1964.
- Benichou, Marcel, « La conduite des programmes d'armement militaires », 1960-1990. *L'Armement*, n°74, juin 2001, p. 143-147.
- Bergounioux, Michel, (dir) *L'électronique*, COMAERO, un demi siècle d'Histoire de l'Aéronautique. Paris, CHEAr/DHAr, 2003.
- Berjon, Marcel, *De l'Atlantic à l'Atlantique*. 2001 (seconde version, juillet 2002).
- Bodgan, Lew, *L'épopée du ciel clair*. Paris, Hachette, 1988.
- Bossuat, Gérard, « Les armements dans les relations franco-allemandes (1945-1963) : les nationalismes à l'épreuve du temps », in *Histoire de l'armement en France de 1914 à 1962 : institutions, industries, innovations, relations internationales* (Colloque du CHEAR), Paris, Addim, 1994.
- Carpentier, Jean, *Les équipements*, COMAERO, un demi siècle d'Histoire de l'Aéronautique. Paris, CHEAr/DHAr, 2004.
- CE Aérospatiale, *Mémoire d'usine (1824-1985)*, Châtillon sous Bagneux, Syros, 1985.
- Cesarz, Franz, Lettre de VFW à Rofl Gillhausen du journal *Stern*, 12 juin 1968, p. 4.
- Comité historique de l'association Guerrelec. *La guerre électronique sur Mirage IV, 40 années de guerre secrète racontées par ses acteurs*. Editions Lavauzelle (collection Renseignement Histoire & Géopolitique), 2006.
- La construction aéronautique : le transport aérien à l'aube XXI<sup>e</sup> siècle*, Paris, Colloque CHAE-IHCC, 1989.
- Dansac, Jean, « Système d'armements guidés laser air-sol (AGL) », in *L'optronique militaire en France*, Actes du colloque du 16 mai 2002, Paris, CHEAr/DHAr, 2004.
- De l'Aéronautique à l'Espace, 40 années de développement aérospatial français, 1945-1985*, (Sorbonne, 26-27 novembre 1985), Paris, Fondation pour les Etudes de Défense Nationale – Institut d'Histoire des Conflits Contemporains et de l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne/Centre d'Histoire de l'Aéronautique et de l'Espace, 1986.

- Desbarbieux, Roland, « Et pourquoi pas le Transall ? ». *Aviation Magazine*, n°417, 15 avril 1965.
- Finance, Robert, « Le programme ACT-ACM/Rafale ». *L'Armement*, n°17, mai 1989, p. 49-55.
- Fourure, Olivier, « La cabine de pilotage : vers une meilleure ergonomie ». *L'Armement*, n° 27, mai-juin 1991, p.148-159.
- Hartmut, Griem, « C-160 Transall life time extension » in AGARD Conferences Proceedings, *Progress Military Airlift*, OTAN, mai 1990.
- Histoire de la coopération européenne dans l'armement. Les expériences de coopération vues à travers certains programmes d'armement depuis 1950*, (École militaire 27 et 28 février 2003) Paris, CHEAr/DHAr – Comité pour l'histoire de l'armement (CHARME).
- L'industrie aéronautique et spatiale française 1907-1982*, Paris, GIFAS, 1984.
- Lasserre, Michel, *les moteurs, COMAERO, un demi siècle d'Histoire de l'Aéronautique*. Paris, CHEAr/DHAr, 2005.
- Marrand, Michel, « La genèse du Transall ». *Air Revue*, avril 1964, n°4, p. 140.
- Messmer, Pierre, « Discours prononcé à l'occasion de la remise aux marines allemande et française des deux premiers Atlantic à l'Aéronavale et à la Kriegsmarine ». *Air et Cosmos*, 18 décembre 1965, p. 28.
- Morisset, Jacques, « La fabrication de série : une remarquable coopération internationale ». *Air et Cosmos*, n°178, 17 décembre 1966, p. 26.
- Paringaux, Alexandre. *Le règne du Mirage IV*. Thionville, Gérard Klopp S.A., 1996.
- Pearson, J.-P., « La coopération internationale pour la réalisation de moteurs d'avions ». *L'Air et l'Espace*, n°768, février 1961, p. 30.
- Regout, André et Botte, Emile, « Les problèmes juridiques et administratifs posés par la coopération ». *L'Air et l'Espace*, n°768, février 1961, p. 3.
- Riche, Jean-Marie, « L'Atlantic, première réalité militaire du Marché Commun ». *Air et Cosmos*, n°266, 2 novembre 1968, p. 1.
- Riche, Jean-Marie, « Le Transall à l'ordre du jour ». *Air et Cosmos*, n°27, octobre 1963, p. 3.
- Rousseau, Gérard, « RBE2, Le radar du Rafale ». *L'Armement*, n°47, mai-juin 1995, p. 64-76.
- Tavernier, Michel, « Deux programmes aéronautiques militaires en coopération internationale Atlantic et Jaguar », in Vellas, Pierre (dir.), *La coopération internationale entre industries aéronautiques et spatiales*. Paris, Pedone, 1995.
- Thabaud, Jacques et Bloch, René, « Histoire et naissance du Breguet 1150 Atlantic ». *L'Air et l'Espace*, n°768, février 1961, p. 25.
- Trefeu, Roger, « Pour les sous-marins, la danger vient du ciel : le Breguet 1150 Atlantic ». *Terre-Air-Mer*, n°59, janvier 1965.
- Wilson, Michael, « Transall C-160, an exercise in multi-national transport design ». *Flight International*, 25 avril 1968, p. 617.
- Ziegler, Henri, « Une entreprise de coopération internationale ». *L'Air et l'Espace*, n°783, mai 1962, p. 17.

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Planche	Page
<b>Tome I</b>	
I - Breguet 761 Deux Ponts – SNCAN N 2501 Noratlas	58
II - Breguet 941 - Breguet 941 S	Face 68
III - Transall C 160 – Transall C 160 NG	Face 69
IV - Fouga CM 170 R Magister – TB 30 Epsilon	100
V Dassault-Breguet Alphajet A – Dassault-Breguet Alphajet E	Face 104
VI - Dassault-Breguet Alphajet n° 01– o Dassault-Breguet Alphajet n° 03	Face 128
VII - Dassault Mirage IV n° 01	140
VIII - Dassault Mirage IV	152
IX - SNCAN N 1401 Noroît – Lockheed P2V 7 Neptune	164
X - SNCASE SE Aquilon 20	Face 166
XI - SNCASE SE Aquilon 20	Face 167
XII - Vought F 8E Crusader	Face 170
XIII - Dassault-Breguet Super Étendard	Face 174
XIV - Dassault-Breguet Super Étendard	Face 175
XV - Breguet 960 Vultur – Breguet 1001 Taon	180
XVI - Breguet 1050 Alizé	Face 184
XVII - Breguet 1150 Atlantic	Face 186
XVIII - Dassault-Breguet Atlantic II	Face 190
<b>Tome II</b>	
XIX - SNCASO SO 6000 Triton	226
XX - Dassault MD 450 Ouragan – Dassault MD 452 Mystère - Dassault Mystère IV A	Face 228
XXI Dassault Super Mystère B2 – Dassault MD 453 Mystère de nuit	Face 229
XXII - SNCASE SE 2415 Grognard – SNCASO SO 4050 Vautour N	Face 230
XXIII - Dassault Étendard II et IV – SNCASE SE 5000 Baroudeur	Face 231
XXIV - Dassault MD 550 Mirage I – SNCASE SE 2123 Durandal	Face 234 recto
XXV - SNCAN N 1405 Gerfault II – SNCAN N 1500 Griffon	Face 234 verso
XXVI - Leduc 010 – Largage du Leduc 021 – Leduc 022	Face 235 recto
XXVII - SNCASO SO 9000 Trident I	Face 235 verso
XXVIII - Dassault-Breguet Mirage F2	Face 246
XXIX – Dassault Mirage III	Face 250
XXX - SNECMA C 450 Coléoptère - Dassault Balzac V	Face 270
XXXI - Dassault-Breguet Mirage F2 n° 01	Face 276
XXXII - Dassault-Breguet Mirage F1	Face 282
XXXIII - Dassault-Breguet Mirage G	Face 290
XXXIV - Dassault-Breguet Mirage G8	Face 291
XXXV - Dassault-Breguet Milan S	Face 300
XXXVI - Dassault-Breguet Mirage 4000 N	302
XXXVII - Dassault-Breguet Mirage F1b	304
XXXVIII - Dassault-Breguet Mirage F1 CR	Face 310
XXXIX - Dassault-Breguet Mirage F1 CT	Face 311
XL - SEPECAT Jaguar E	Face 322
XLI - SEPECAT Jaguar	Face 323
XLII - Dassault-Breguet Mirage 2000	326

XLIII - Dassault-Breguet Mirage 2000 B	Face 330
XLIV - Dassault-Breguet Mirage 2000 N	Face 334
XLV - Mirage 2000 D	Face 335
XLVI - Dassault-Breguet Rafale A	Face 342
XLVII - Dassault-Breguet Rafale M	Face 352
XLVIII - Dassault-Breguet Rafale B – Dassault-Breguet Rafale C	Face 353
XLIX - Rafale	425

## INDEX DES NOMS DE PERSONNE

- Accart, Jean, Mary, 91n, 144  
Adenauer, Konrad, 77, 84, 94, 96  
Alleno, 161  
Amery, Julian, 206  
Archambault, Philippe, 316  
Aubinière, Robert, 93n  
Audran, René, 312, 316
- Bansemir, 83, 90  
Barbe, Yves, 159, 161  
Barge, Jean, 189, 199  
Barré, Pierre, 17, 101, 433  
Barthélemy, Raymond, 75, 93  
Bascary, Pierre, 305n, 316, 340  
Batz de Trenquelléon, de, 59  
Bayle, Pierre, 48, 305n, 316  
Beaudoux, 316  
Begni, Paul, 316  
Bégué, Jean, 161  
Benecke, Théodore, 91n, 94  
Bénichou, Jacques, 350  
Bénichou, Marcel, 16, 35, 305n, 433  
Bergès, 159, 161  
Bergounioux, Michel, 161  
Berjon, Marcel, 17, 183-184n, 186n, 189, 372n, 401, 433  
Berthault, Daniel, 17, 125, 433  
Berthet, Bruno, 305n, 327, 340, 433  
Bigand, René, 149, 161, 306  
Bignicourt, de, Gérard, 316  
Bilien, Henri, 60  
Bloch, René, 17, 189, 194, 195-196n, 199n, 202-203n, 204, 205-206n, 210n, 213, 433  
Blohm, 81  
Bloss, Henry, 194, 200  
Blume W., 81, 89, 90  
Blüme  
Bodgan, Lew, 76n, 80n, 82n  
Bölkow, Ludwig, 76  
Bommier, Maurice, 263n, 433  
Bonfand, Louis, 69  
Bonnet, Jacques, 13, 59, 71, 227n, 434  
Bonny, Alain, 305n  
Bonte, Louis, 79, 81, 84-85, 197-198, 203, 207  
Borsdorff, 71  
Boscher, Raymond, 59  
Bosquillon de Jenlis, Gonzague, 60  
Bossuat, Gérard, 91n  
Botte, 201n  
Boudier, Paul, 229, 231
- Bourges, Yvon, 303  
Bourra, 60  
Bousquet, Georges, 146, 153, 161, 341, 353n, 363, 372n, 434  
Bouvet, Jacques, 161  
Brian, Jean, 232  
Bricka, 316  
Brouwère, de, 208n  
Bruère, Henry, 316  
Brunaud, Yves, 184-185, 188, 231
- Cabrière, Jean, 141, 148-149, 151, 161  
Caillard, Jean, 69  
Calvy, Jean, 77, 79, 80-83, 85-86, 88, 90, 211  
Cannac, 161  
Carraux, Denys, 330n  
Carside, 206  
Cavin, André, 141  
Cazaubiel, Jean-François, 161  
Cesarz, Franz, 98n  
Chaban-Delmas, Jacques, 78  
Chalandon, Albin, 23, 27  
Charberet, 305n  
Chatet, 161  
Chevallier, Jacques, 359  
Chirac, Jacques, 43, 209  
Churchill, Winston, 204  
Cocault, Serge, 316  
Colin, Gabriel, 60  
Cornand, Jean- Pierre, 316  
Cuny, Jean, 17, 161, 227, 434
- Dansac, 355n  
Dassault, Marcel, 77, 144, 148-149, 221, 236, 239, 247, 250, 296, 327, 367, 381, 392, 432  
Daugny, Bertrand, 161  
Daum, Noël, 82, 84  
Debré, Michel, 92, 303
- Dell, Jimmy, 319  
Dellus, Paul, 59, 206n, 303  
Delors, Bruno, 316, 340  
Déplante, Henri, 150, 161  
Desbarieux, Roland, 94n  
Devenne, 208n  
Dugard, Gérard, 356  
Dufour, Patrick, 340  
Dupuy, Daniel, 372n, 400n  
Durbec, Adrien, 305n, 316

Espéron, Hubert, 161  
 Estoile, Hugues de l', 148  
 Etesse, André, 28, 148, 161

Faucon, 90  
 Finance, Robert, 305, 316, 360n, 434  
 Flori, François, 340, 353n, 356n 359  
 Forestier, Jean, 17, 59, 141, 144, 161, 434  
 Fleury, Robert, 60  
 Fourure, Olivier, 358n  
 Freytag, 90

Galley, Robert, 208-209, 303  
 Gallois, Pierre, 16, 23, 434  
 Gaudillet, Jean-Charles, 305n, 316  
 Gaulle, Charles de, 83-84, 90, 93, 149, 204, 206, 209, 221, 303, 367  
 Gauthier, Gabriel, 303  
 Georges, Louis, 60  
 Gérardin, Jean, 37  
 Giscard d'Estaing, Valérie, 303, 327  
 Givois, Georges, 59, 317, 434  
 Goujon, Charles, 234  
 Goypieron, Lucien, 69  
 Grigaut, Claude, 303  
 Groualle, Hervé, 340  
 Guénod, Roger, 59-60, 161, 341, 434  
 Guignard, Jacques, 233  
 Guillaumat, Pierre, 84, 90, 91n

Hamel, Alexis, 17, 75, 193, 435  
 Hartmut, Griem, 97n  
 Healey, Dennis, 317  
 Hironde, Jean-Claude, 305n  
 Hurel, Maurice, 193  
 Hussenot, François, 151  
 Hutin, Louis, 28

Iribarne, Xavier d', 161

Jeanjean, 161  
 Jesberger, Jacques,  
 Jobert, 209  
 Juan, Raymond, 59  
 Jouffret, André, 303

Kamhuber, 83, 91-93  
 Kracht, Felix, 81-82, 85

Lanata, Vincent, 336n  
 Lanvario, Jean, 69  
 Latreille, Bernard, 17, 146, 153, 161, 435  
 Laurent, Jean, 71  
 Lavaud, 93n, 96, 144, 195, 200n, 209  
 Lecamus, Robert, 303  
 Lecarme, Jean, 227

Léchères, 23, 28  
 Leclercq, Franck, 340  
 Le Coquil, André, 59  
 Leduc, René, 24, 234  
 Legrand, Raymond, 159  
 Lejeune, 316  
 Léonetti, François, 146, 161  
 Lerouge, Daniel, 353n, 363, 365n, 367n, 372n, 435  
 Le Tilly, Henri, 161  
 Lévêque, 195  
 Lhuillier, Bernard, 161  
 Liebing, 90  
 Lifermann, Jean, 161  
 Littolf, Yvan, 234

Malavielle, Bernard, 316  
 Marias, Michel, 161  
 Marlier, Jean, 146  
 Marrand, Michel, 78n, 90n  
 Martin, André, 303  
 Martinet, 28  
 Martre, Henri, 327, 354  
 Maulandi, Pierre, 232, 234  
 Maurin, Philippe, 303  
 Mazer, Paul, 23, 28, 77, 79  
 Mercier, 316  
 Messmer, Pierre, 96, 204-205, 208-210, 303, 317  
 Messmer, Gilberte 188  
 Meyer, Charles, 23, 28, 157n, 161, 194  
 Michot, Yves, 340  
 Millara, Joseph, 60  
 Mognard, Roger, 59  
 Mollet, Guy, 76  
 Monlibert Jean-Luc, 340-341, 435  
 Monnier, Roger, 317, 435  
 Monpetit, Michel, 146  
 Monteil M., 31  
 Montfort, Jean, 209  
 Moreau, Jean, 31  
 Morisset, Jacques, 198  
 Mosneron-Dupin, Michel, 17, 181n, 435  
 Mozer, 316  
 Muselli, Gérard, 232

Nomy, Henry, 194-195, 198

Oestrich, Hermann, 27, 85  
 Olivier, 316  
 Ortolì, François-Xavier, 209

Pellenc, 23  
 Pénin, Francis, 161  
 Périneau, Michel  
 Perrier, Henri, 305n, 316

Pocard, 79, 87  
 Pohlmann, 81, 88, 90  
 Pommaret, René, 60  
 Pompidou Georges, 209, 303  
  
 Rançon, Pierre, 159, 161  
 Raymond, 188  
 Rebeski, 90  
 Regnault, 330n  
 Regout, 201n  
 Ricard, Paul, 183, 189  
 Ricard, Georges, 196  
 Richard Georges, 188  
 Riche, Jean-Marie, 94n, 210n  
 Robert Jean, 141, 161  
 Robert, 60, 316  
 Robin, Henri, 161  
 Rouault, Jean, 161  
 Rozanoff, Constantin, 228-229  
  
 Sainte-Claire-Deville, 161  
 Samin, Jean, 144, 146  
 Sandeau, Jean, 17, 47, 146, 165n, 249n,  
 267n, 330n, 360n, 435.  
 Sarraill, Jean, 235  
 Schrecker, 90  
 Soissons, Jean, 17, 237, 303, 435  
 Soufflet, Jacques, 303  
 Soulier, Romain, 60  
 Stikker, 208n  
 Strauss, Franz-Josef, 75, 83-84, 89, 92, 254  
  
 Tamagnini, Pierre, 60, 340  
  
 Tasseau, Jean-Pierre, 316  
 Tauzia, 305n, 316  
 Tavernier, Michel, 193n, 195n, 199n, 213n  
 Terrazzoni, Claude, 60, 75n, 79n, 87n  
 Thabaud, Jacques, 194, 195n, 196  
 Théron, Jean, 59, 71  
 Tillon, Charles, 24  
 Toenis, 84  
 Trefeu, Roger, 193n  
 Turcat, André, 233  
  
 Vasseur, 159, 161  
 Vellas, Pierre, 193  
 Velon, Jean, 189  
 Viallatte, André, 59  
 Viel, Maurice, 161  
 Villetorte, 141, 144, 149, 161  
 Von Hassel, 96, 208, 210  
 Von Karman, Théodore, 213  
 Vouigny, Philippe, 148  
  
 Wanner, Jean-Claude, 60  
 Wilson, Harold, 219  
 Wilson, Michael, 95  
 Wirth, Frédéric, 91-92n  
 Witt, Bernard, 59, 190, 232-233, 318, 435  
 Wolf, Bernard, 71  
 Wocke, 90  
  
 Ziegler, Henri, 189, 197, 200n  
 Zuckerman, Solly