

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

Février 2015

RAFALE *THE OMNIROLE FIGHTER*

INTRODUCTION.....	2
I. « OMNIROLE » DÈS L'ORIGINE.....	3
II. - UN AVION OPTIMISÉ	4
II-1 - CELLULE - MATÉRIAUX - COMMANDES DE VOL	
II-2 - LE M88 - UN MOTEUR DE NOUVELLE GÉNÉRATION	
III. - UN LARGE ÉVENTAIL DE CAPTEURS INTELLIGENTS ET DISCRETS.....	5
III-1 - LE RADAR RBE2 / AESA À BALAYAGE ÉLECTRONIQUE ET À ANTENNE ACTIVE	
III-2 - L'OPTRONIQUE DE SECTEUR FRONTAL - OSF	
III-3 - LE SYSTÈME INTERNE DE GUERRE ÉLECTRONIQUE - Spectra	
III-4 - LE PARTAGE D'INFORMATIONS EN RÉSEAU	
III-5 - LA NACELLE DE DÉSIGNATION LASER - DAMOCLES	
III-6 - LA NACELLE DE RECONNAISSANCE - AREOS - AVEC TRANSMISSION EN TEMPS RÉEL	
IV. - TOUTE LA PUISSANCE DE LA FUSION DE DONNEES	8
IV-1 - LA FUSION DE DONNÉES MULTI-CAPTEURS	
IV-2 - UNE INTERFACE HOMME-MACHINE UNIQUE AU MONDE	
V. - UNE GAMME COMPLÈTE D'ARMEMENTS AVANCÉS	10
MICA, METEOR, AASM, SCALP, EXOCET, BOMBES GUIDÉES LASER	
VI. - UN AVION OPERATIONNEL A COUT D'EMPLOI MAITRISE	11
VI-1 - UN AVION CONÇU POUR FACILITER L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE	
VI-2 - UN CHASSEUR HIGH-TECH À BUDGET MAÎTRISÉ	
VII. - « COMBAT PROVEN » : LA PREUVE OPERATIONNELLE	13
VIII. - PERSPECTIVES D'AVENIR	14
IX. - CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES.....	15
ANNEXE : HISTORIQUE DE LA MISE EN SERVICE DU Rafale	16

1/16

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

INTRODUCTION

L'arme aérienne est la première à être utilisée dans toutes les crises ou les conflits de ces dernières années, de la guerre des Malouines à la guerre du Golfe, de la Bosnie au Kosovo, de l'Afghanistan à la Libye, et plus récemment, au Mali.

L'aviation de combat est l'arme la plus stratégique, tant par ses effets que par les technologies critiques qu'elle met en œuvre.

Il est indispensable d'acquérir la maîtrise du ciel dès les premiers jours de combat, pour pouvoir mener par la suite des opérations air-sol et air-mer.

Dans les conflits de moindre intensité (guerres asymétriques, contre-insurrection), l'arme aérienne s'impose aussi par sa souplesse d'emploi et sa précision.

En temps de paix ou en temps de crise du type *11 septembre 2001*, il faut pouvoir sécuriser l'espace aérien national avec des avions mobilisables rapidement pour assurer la police du ciel.

La place décisive de l'arme aérienne dans la guerre moderne est illustrée par le choix réalisé par les états qui souhaitent jouer un rôle de premier plan sur la scène internationale.

Le Rafale, par ses capacités "omnirole", répond parfaitement à l'approche capacitaire voulue par un grand nombre de gouvernements.

Il répond au besoin d'assurer toutes les missions avec le minimum d'avions.

Il permet d'effectuer les missions de permanence opérationnelle et de sécurité du territoire, de projection de force pour les opérations extérieures, de frappes dans la profondeur, d'appui aérien des troupes au sol, de reconnaissance, d'entraînement des pilotes, et de dissuasion nucléaire.

Les trois versions (monoplace et biplace « Air », et monoplace « Marine ») ont été développées avec les mêmes fonctionnalités et les mêmes équipements.

Le retour d'expérience des conflits récents montre les attentes des décideurs politiques relatives à l'arme aérienne :

- **la polyvalence**, c'est à dire la capacité à assurer, avec le même avion, des missions différentes,
- **l'interopérabilité**, ou l'aptitude à combattre en coalition avec les alliés suivant des procédures et des standards communs, ce qui nécessite de pouvoir communiquer en temps réel avec les autres participants,
- **la flexibilité**, que peut par exemple illustrer la capacité d'un avion de combat à combiner plusieurs missions sur un seul vol (**capacité "omnirole"**). Cette capacité permet de passer, sur injonction du décideur politique, d'une mission de coercition (frappe air-sol) à une mission de prévention (intimidation - "show of force"), ou même d'annuler la mission au dernier moment,
- **la survivabilité**, qui consiste à assurer la réussite de la mission et le retour de l'équipage, dans un environnement dense en menaces, grâce à la furtivité et / ou à des dispositifs d'auto-protection.

2/16

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

Le Rafale réunit toutes ces qualités. Il est parfaitement adapté aux menaces conventionnelles et aux menaces asymétriques. Il est en pleine adéquation avec les besoins nouveaux des armées dans un contexte géopolitique en perpétuelle évolution, et il se situe à la pointe de l'innovation technologique.

Grâce à sa polyvalence et à sa capacité à réaliser toutes les missions de l'arme aérienne, le *Rafale* est emblématique du processus de "transformation" mis en œuvre par les Etats-Majors. Il contribue à solutionner la problématique des forces aériennes confrontées à l'exigence de faire toujours plus avec des budgets décroissants dans un environnement économique et stratégique toujours changeant.

De taille modérée, extrêmement puissant, superbement agile et très discret, le dernier-né des avions de combat de la société Dassault Aviation ne se contente pas d'embarquer la gamme la plus large et la plus avancée de capteurs, il en décuple l'efficacité grâce à une technologie radicalement nouvelle, la « fusion de données multi-capteurs ».

I. - « OMNIROLE » DÈS L'ORIGINE

A l'origine du programme *Rafale*, l'armée de l'Air et la Marine nationale françaises ont exprimé le besoin de remplacer sept types d'avions de combat différents par un avion omnirole capable de remplir toutes leurs missions :

- Défense aérienne / Supériorité aérienne,
- Reconnaissance,
- Appui-feu rapproché,
- Frappes air-sol de précision / missions d'interdiction,
- Lutte antinavires,
- Mission nucléaire,
- Ravitaillement en vol de chasseur à chasseur.

La prise en compte de ces besoins, dès le début du développement, a permis à Dassault Aviation de concevoir un avion qui satisfait largement les besoins de chaque mission.

Polyvalent et à la pointe dans chaque mission, le Rafale est un vrai « Multiplicateur de Forces ».

Le *Rafale* a démontré une survivabilité remarquable lors des dernières opérations de l'armée de l'Air et de la Marine nationale grâce à sa cellule optimisée en termes de discrétion, et à un large éventail de capteurs intelligents et discrets. Il sera l'avion de combat des armées françaises au moins jusqu'en 2040.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

II. - UN AVION OPTIMISÉ

Le Rafale, avion « OMNIROLE », est décliné en trois versions :

- Le **Rafale C**, monoplace,
- Le **Rafale M**, monoplace embarquable sur porte-avions,
- et le **Rafale B**, biplace.

Ces trois versions partagent la même cellule et le même système d'armes, les principales différences étant le train d'atterrissage renforcé et la crose d'appontage du *Rafale M*.

II-1 - CELLULE - MATÉRIAUX - COMMANDES DE VOL

Le Rafale est doté d'une aile delta et de canards couplés aérodynamiquement à l'aile. Les simulations numériques effectuées par Dassault Aviation ont mis en évidence l'intérêt du couplage canard-voilure : une large plage de centrage et d'excellentes qualités de vol dans tout le domaine d'emploi de l'avion.

Ce choix conduit à un excellent comportement du Rafale en mission : il reste agile en vol à haute incidence, et son rayon d'action en configurations lourdes est sans égal pour un avion de cette taille.

Un système de commandes de vol électriques (CDVE) totalement numérique contrôle la stabilité longitudinale et confère au Rafale ses qualités de vol exceptionnelles. Ce système offre une quadruple redondance, avec trois chaînes numériques et une chaîne analogique séparée, et ne comporte aucune liaison mécanique entre les commandes et les gouvernes. L'indépendance entre les chaînes garantit qu'aucune anomalie ne peut affecter plusieurs chaînes simultanément.

Le système de commandes de vol du Rafale atteint un très haut niveau de sécurité grâce à l'expérience significative de Dassault Aviation en matière de commandes de vol électriques. Cette expérience est illustrée par **plus d'un million d'heures de vol sans accident imputable aux CDVE.**

Le Rafale est un avion sûr et facile à piloter : son comportement aux commandes reste sain et précis d'un bout à l'autre du domaine de vol, dans toutes les configurations d'emport.

Les commandes de vol du Rafale permettent d'effectuer du suivi de terrain en pilotage automatique sans visibilité, ce qui lui permet de pénétrer dans l'espace adverse sans être repéré et lui confère ainsi une excellente survivabilité.

Grâce à des formes et des matériaux adaptés, le Rafale possède une signature radar extrêmement faible. Les caractéristiques techniques qui contribuent à ce résultat sont pour la plupart confidentielles, mais quelques unes sont bien visibles, comme par exemple les "dents de requin" sur le bord de fuite des ailes et des canards.

Dassault Aviation est réputé dans le monde entier pour la robustesse de ses avions qui peuvent facilement dépasser 30 ans de service opérationnel, sans rénovation majeure de la structure.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

Grâce à l'expérience de Dassault Aviation en matière de modélisation par éléments finis, la fatigue structurale du Rafale est suivie en permanence par un système sans jauges de contraintes, qui a largement fait ses preuves sur le Mirage 2000.

Les matériaux composites sont très largement utilisés et recouvrent 70% de la surface mouillée de l'avion. Ils permettent d'améliorer de 40 % le rapport masse maximale au décollage / masse à vide par rapport aux cellules traditionnelles construites en aluminium et en titane.

II-2 – LE M88 - UN MOTEUR DE NOUVELLE GÉNÉRATION

Le M88-2 de SNECMA est un moteur à double flux de nouvelle génération qui offre à la fois un rapport poids-poussée performant, une grande facilité de maintenance, une excellente fiabilité et de faibles coûts d'utilisation.

Il intègre des technologies de pointe : disques aubagés, chambre de combustion non polluante, aubes de turbines HP monocristallines, revêtements céramique et matériaux composites.

Le M88-2 offre une poussée de 5 tonnes à sec et de 7,5 tonnes avec post-combustion. Il est géré par deux calculateurs numériques redondants à pleine autorité (FADEC), qui assurent une pilotabilité exceptionnelle dans tout le domaine de vol : ce moteur supporte ainsi une réduction complète de puissance suivie d'un retour à la pleine charge PC en moins de trois secondes.

Le "Pack CGP" (Coût Global de Possession) a été lancé en 2008 pour améliorer la durée de vie du M88 et en réduire le coût d'utilisation. A partir des acquis du projet ECO (*Engine Cost of Ownership*), SNECMA a obtenu un allongement de la durée de vie du moteur allant jusqu'à 50%, par des modifications du compresseur HP, de la turbine HP, et du refroidissement du M88-2 ; des composants plus résistants ont également été introduits. De nombreux modules ont vu leur intervalle entre révisions augmenter, réduisant ainsi l'impact de la maintenance programmée sur la disponibilité du moteur.

Le M88 fait l'objet d'améliorations constantes de la part de SNECMA et la version la plus récente, le M88-4E, est aujourd'hui pleinement opérationnel. Produite en série depuis 2012, cette version intègre les acquis du "Pack CGP" et équipe désormais tous les Rafale sortant de chaîne.

III. - UN LARGE ÉVENTAIL DE CAPTEURS INTELLIGENTS ET DISCRETS

III-1 - LE RADAR RBE2 / AESA À BALAYAGE ÉLECTRONIQUE ET À ANTENNE ACTIVE

Le Rafale est le premier - et le seul - avion de combat européen à utiliser un radar à balayage électronique. Le radar RBE2 est un produit de la recherche et développement de Thales. Il bénéficie également du savoir-faire acquis par Thales sur les générations précédentes de radar. Par rapport aux radars à balayage mécanique, le balayage électronique apporte une perception inégalée de la situation tactique, avec une détection et une poursuite améliorées en environnement multicibles.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

L'agilité de son faisceau, permise par le balayage électronique, et sa vitesse de calcul rendent le RBE2 capable de performances et de modes d'utilisation non accessibles aux radars à antenne mécanique.

En octobre 2012, le premier Rafale équipé d'un radar encore plus performant, le RBE2 à antenne active (*Active Electronically Scanned Array*, ou AESA), a été livré à l'armée de l'Air française. Cette antenne assure les fonctions suivantes :

- En air-air, la détection et la poursuite automatique simultanées de très nombreuses cibles aériennes à de très grandes distances, vers le bas ou vers le haut, en ambiance claire ou brouillée, et par tous les temps,
- Capacité à poursuivre et à engager des cibles sortant du domaine de recherche, apportant ainsi un avantage essentiel en combat aérien,
- L'élaboration en temps réel de cartes 3 D pour le suivi de terrain automatique. Cette fonction permet de pénétrer en aveugle dans des zones insuffisamment cartographiées. Le Rafale est le seul avion de combat de nouvelle génération à proposer actuellement une telle fonction,
- La présentation au pilote d'une carte radar haute résolution 2D du terrain survolé permettant le recalage de la navigation, ainsi que la détection, l'identification et la désignation de cibles terrestres,
- La détection et la poursuite de bateaux.

Le radar RBE2-AESA est totalement compatible en termes de volumes de détection avec l'utilisation prochaine du missile air-air à très longue portée Meteor. Il offre de très fortes potentialités de croissance pour le futur.

Dans les cas où la discrétion constitue l'exigence tactique principale, le Rafale peut compter sur plusieurs autres capteurs :

III-2 - L'OPTRONIQUE DE SECTEUR FRONTAL - OSF

Développé par Thales, l'OSF est totalement intégré à l'avion. Insensible au brouillage radar, il offre dans le spectre optronique une capacité de détection et de poursuite passive, et donc discrète, à grande distance. Il est doté d'une capacité de poursuite angulaire de haute résolution. Un télémètre laser intégré à l'équipement permet de mesurer la distance de cibles aériennes, navales ou terrestres.

L'OSF rend au pilote les services d'un puissant téléobjectif couplé aux différents capteurs passifs et actifs, et lui permet d'identifier visuellement les cibles aériennes en conformité avec les règles d'engagement.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

III-3 - LE SYSTÈME INTERNE DE GUERRE ÉLECTRONIQUE - Spectra

Développé par Thales et MBDA, le système interne de guerre électronique Spectra est à la base de l'excellente survivabilité du Rafale face aux menaces air-air et sol-air de dernière génération.

Totalement intégré avec les autres systèmes de l'avion, il procure une capacité d'alerte multi-spectrale contre les radars, les missiles et les lasers adverses.

Assurant la détection à grande distance, l'identification et la localisation de menaces avec un excellent niveau de crédibilité, il permet au pilote de réagir sans délai avec la tactique la plus adaptée associant brouillage, leurrage infrarouge et/ou électromagnétique, et manœuvres évasives.

Les performances de localisation angulaire de Spectra permettent de repérer les menaces sol avec une grande exactitude afin de les éviter ou de les détruire à l'aide de munitions guidées de précision.

Les capacités remarquables de détection et de localisation des menaces aériennes de Spectra représentent un atout essentiel dans l'élaboration précoce d'une situation tactique de grande qualité.

Pour cela, Spectra tire parti d'une bibliothèque de menaces interne, que les utilisateurs peuvent définir et mettre à jour avec une grande réactivité et en totale autonomie.

Spectra vient de bénéficier de l'introduction d'un détecteur de missile de nouvelle génération offrant des performances accrues contre les menaces les plus récentes.

III-4 – LE PARTAGE D'INFORMATIONS EN RÉSEAU

Grâce au partage d'informations en réseau, le Rafale est véritablement « connecté » aux autres acteurs du champ de bataille. Ce partage est rendu possible par la fusion de données multicapteurs et par une architecture ouverte qui le rend compatible de nombreux systèmes de liaisons de données.

Un système de liaison de données sécurisé à haut débit permet au Rafale d'échanger des données en temps réel avec les autres avions de sa patrouille, ainsi qu'avec les centres de commandement au sol ou aéroportés, les contrôleurs tactiques avancés ou tout autre organisme. La liaison L16 est bien entendu disponible pour les utilisateurs autorisés.

Le Rafale peut être équipé de solutions de liaison de données de type L16 (OTAN), ou de liaison de données spécifiques selon les besoins du client. Son interopérabilité au sein d'un dispositif international a été démontrée à de nombreuses reprises.

III-5 - LA NACELLE DE DÉSIGNATION LASER - DAMOCLES

La nacelle de désignation laser Damoclès de Thales, confère au Rafale une capacité de désignation laser de jour et de nuit, avec une précision métrique. Elle permet de tirer les armements guidés laser à distance de sécurité.

Le capteur infrarouge de la nacelle Damoclès opère dans la bande moyenne, ce qui lui permet de garder toute son efficacité en atmosphère chaude et humide.

7/16

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

Damoclès est interopérable avec tous les armements guidés laser.

III-6 - LA NACELLE DE RECONNAISSANCE AREOS - AVEC TRANSMISSION EN TEMPS RÉEL

L'armée de l'Air et la Marine françaises ont choisi d'équiper le Rafale avec la nacelle de reconnaissance de nouvelle génération AREOS de Thales pour leurs missions de reconnaissance tactique et stratégique.

Comme cela a été démontré en Libye, au Mali, en Centrafrique et en Irak, il s'agit d'un équipement de haute technicité pouvant opérer de jour et de nuit suivant des scénarios d'utilisation très variés : haute altitude / grande distance ou vol rasant à grande vitesse

Les performances de cette nacelle, et notamment sa capacité de prise de vues à très grande distance, en font un outil de niveau quasi-stratégique.

IV. – TOUTE LA PUISSANCE DE LA FUSION DE DONNÉES

L'élément différenciateur du Rafale, c'est son processus de fusion des données de l'ensemble des capteurs.

La fusion de données multi-capteurs fait passer le pilote du Rafale du stade de simple opérateur de capteurs à celui de véritable décideur tactique.

C'est le calculateur modulaire EMTI (" Ensemble Modulaire de Traitement de l'Information ") du Rafale qui accomplit la fusion de données. Il contient 19 modules remplaçables en ligne (URL), dont 18 offrent chacun une puissance de calcul 50 fois supérieure à celle disponible sur les avions de combat de la génération précédente. Il fait appel à des processeurs et des composants électroniques standards.

Le calculateur EMTI est la clé de l'évolutivité du Rafale : c'est lui qui permet d'intégrer facilement de nouveaux armements et de nouvelles capacités pour maintenir la pertinence du Rafale au combat, alors que les exigences tactiques évoluent, et que de nouvelles générations de processeurs et de logiciels se succèdent sans cesse.

La fusion de données multi-capteurs est l'intermédiaire au travers duquel l'environnement tactique est perçu par le pilote, qui est alors en mesure de comprendre les implications de la situation réelle, et de prendre la décision tactique appropriée.

Grâce à la puissance de calcul du système, la fusion de données intègre les informations provenant du radar à balayage électronique RBE2-AESA, du système d'Optronique de Secteur Frontal (OSF), du système de guerre électronique Spectra, de l'IFF, des autodirecteurs infrarouge des missiles Mica IR, et de la liaison de données.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

IV-1 - LA FUSION DE DONNÉES MULTI-CAPTEURS

La fusion de données multi-capteurs à bord du Rafale permet de disposer de pistes précises, fiables et robustes, et d'images de l'environnement moins encombrées. Elle contribue ainsi à réduire la charge de travail du pilote, à augmenter sa réactivité, et en fin de compte à améliorer sa compréhension de la situation tactique réelle.

Elle s'effectue de manière totalement automatique en trois étapes :

1. L'élaboration de pistes consolidées, et l'affinage des informations primaires fournies par les capteurs,
2. La compensation des limitations inhérentes à chaque capteur (en termes de longueur d'onde / fréquence, champ de vision, distance, résolution, etc ...), par le partage des informations reçues de l'ensemble des capteurs,
3. L'évaluation du taux de confiance de chaque piste consolidée, et la suppression des symboles de pistes redondants pour ne pas encombrer les écrans de visualisations.

IV-2 - UNE INTERFACE HOMME-MACHINE UNIQUE AU MONDE

Dassault Aviation a développé une interface homme-machine particulièrement ergonomique et intuitive combinant le concept "mains sur manche et manette" (*Hands on Throttle and Stick* - HOTAS), associé à des écrans tactiles.

Cette interface s'appuie sur un ensemble d'équipements à haut niveau d'intégration permettant :

- **Pour les actions à court terme**, le pilotage tête haute au travers d'un viseur tête haute (VTH) holographique à large champ,
- **Pour les actions à moyen et long terme**, la perception de la situation tactique dans son ensemble dans une visualisation tête moyenne (VTM) multi-fenêtres. Cette image est collimatée à la même distance que celle du viseur tête haute, de manière à permettre au pilote d'alterner très rapidement entre les deux visualisations et le monde extérieur,
- **La gestion des ressources systèmes** dans deux visualisations tête latérales (VTL) couleur à écrans tactiles.

La conception élaborée de la cabine offre tout ce qu'un équipage peut attendre d'un avion « omnirole » : une grande visibilité vers l'avant, sur les côtés et vers l'arrière, une agilité de manœuvre supérieure, une protection améliorée face aux facteurs de charge élevés grâce à un siège éjectable incliné à 29°, ainsi qu'une climatisation dont l'efficacité a été démontrée sous les climats les plus extrêmes.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

V. - UNE GAMME COMPLÈTE D'ARMEMENTS AVANCÉS

Le système d'armes du Rafale repose sur une architecture suffisamment ouverte pour pouvoir être adapté à la plupart des armements actuels et à venir.

Le Rafale est dès à présent capable de mettre en oeuvre :

- Le missile air-air **Mica**, d'interception, de combat et d'autoprotection, dans ses versions IR et EM. Il peut être utilisé aussi bien à vue (*WVR – within visual range*) qu'au-delà de la portée visuelle (*BVR – beyond visual range*)
- La gamme d'armements **AASM** air-sol modulaires propulsés **HAMMER**. L'AASM est équipé d'un kit de guidage GPS/inertiel, d'un kit GPS/inertiel/imagerie infrarouge ou d'un kit de guidage GPS/inertiel/laser,
- Le missile de croisière **Scalp**,
- Le missile antinavires **AM39 Exocet**,
- Des **bombes à guidage laser**,
- Des **bombes classiques** non guidées,
- Le **canon interne** Nexter 30M791 de 30 mm (2.500 coups/min) disponible sur monoplace et sur biplace
- Le futur missile air-air à longue portée **Meteor**,
- Des **armements spécifiques** sélectionnés par certains clients.

L'interopérabilité du Rafale est garantie par la conformité à la norme Mil-Std-1760, qui facilite l'intégration des armements retenus par le client.

Avec une masse à vide de la classe des dix tonnes, le Rafale est équipé de 14 points d'emport (13 sur le Rafale M). Cinq d'entre eux sont conçus pour emporter des armements lourds et des réservoirs externes. La masse totale des charges externes dépasse neuf tonnes.

Le Rafale peut ravitailler en vol d'autres avions de combat grâce à une nacelle de ravitaillement, particulièrement dans des zones de l'espace aérien trop exposées aux actions de l'adversaire pour les avions ravitailleurs classiques.

Grâce à sa grande capacité d'emport et à la puissance de son système d'armes, le Rafale est capable de combiner des actions d'attaque au sol et de combat aérien dans la même mission.

Il est capable d'accomplir simultanément plusieurs tâches telles que le tir de missiles air-air pendant une phase de pénétration à très basse altitude : ceci lui confère une vraie capacité "omnirole" associée à une survivabilité remarquable.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

VI. - UN AVION OPERATIONNEL A COÛT D'EMPLOI MAÎTRISÉ

VI-1 - UN AVION CONÇU POUR FACILITER L'EXPLOITATION ET LA MAINTENANCE

Le soutien logistique du Rafale a été défini en s'appuyant sur l'expérience acquise avec le Mirage 2000, permettant ainsi au Rafale d'hériter de son excellente disponibilité opérationnelle.

Dès le début de son développement, le ministère de la Défense a imposé au Rafale des exigences très sévères en matière de support logistique intégré (SLI). C'est grâce aux techniques de l'ingénierie concourante, à des choix technologiques audacieux, et au logiciel CATIA de Dassault Systèmes que ces exigences ont pu être atteintes, et même dépassées.

Les exemples qui suivent, choisis parmi un ensemble de solutions originales et innovantes, démontrent l'avance du Rafale en termes de fiabilité, d'accessibilité et de maintenabilité :

- Une expérience de plus de vingt ans sur le Mirage 2000 a montré tout l'intérêt des tests intégrés du système de navigation et d'armement (SNA). Il a donc été décidé sur le Rafale d'étendre ce principe à tous les systèmes de l'avion. **Grâce à la précision des diagnostics qu'ils fournissent, les tests intégrés permettent d'effectuer en piste des remplacements très ciblés**, allant jusqu'au niveau des cartes électroniques et de composants spécifiques.
- **Des études ergonomiques approfondies ont été conduites avec l'aide de CATIA** pour garantir la bonne accessibilité des éléments dans les soutes avion, et permettre ainsi au mécanicien de pouvoir exécuter seul les opérations de maintenance en piste. Ces études ont contribué à réduire le risque d'erreurs d'exécution et la durée de ces opérations.
- **Un système de sécurité centralisé des armements** permet de s'affranchir de toutes les opérations relatives au traditionnel retrait des goupilles de sécurité en bout de piste. Il réduit incontestablement le risque d'accident et d'erreur dans la mise en œuvre des armements, et donne des temps de réarmement imbattables qui accélèrent les rotations en opérations.
- L'utilisation de CATIA conduit à des assemblages mécaniques d'une grande précision, qui permettent ensuite de remplacer le canon, le viseur (HUD) ou le radar **sans devoir effectuer de longues séances d'harmonisation**.
- En cas de dépose pour intervention sur le moteur M88, **il n'y a plus de vérification obligatoire sur un banc de test moteur** spécifique avant remontage sur avion. C'est une innovation significative apportée par le M88.
- Afin de lui assurer un maximum d'autonomie lors de ses déploiements opérationnels, notamment sur des terrains à l'infrastructure rudimentaire, le Rafale n'a besoin que **d'un minimum d'équipements au sol** :
 - Grâce à un système de production interne d'oxygène (OBOGS - *On Board Oxygen Generation System*), aucun apport externe d'oxygène liquide n'est nécessaire, ce qui supprime le besoin d'équipements sol de production et de transport associés.
 - Le refroidissement à l'azote des équipements optroniques s'effectue en circuit fermé, ce qui dispense d'une chaîne logistique de ravitaillement en azote.

11/16

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

- Son groupe de puissance auxiliaire (APU) lui permet de démarrer en autonome, sans groupe de parc.
- Tous les moyens de servitude sont suffisamment compacts (et éventuellement pliants) pour être aéro-transportables. Ils ne nécessitent pas d'alimentation électrique externe. De plus, deux types de chariot suffisent pour installer et déposer les armements.

Ces caractéristiques de maintenabilité ont été expérimentées de manière approfondie, et validées par les spécialistes du soutien de l'armée de l'Air et de la Marine nationale.

VI-2 - UN CHASSEUR HIGH-TECH À BUDGET MAÎTRISÉ

Grâce à son excellente fiabilité, le Rafale a des coûts de maintenance considérablement réduits.

- Son concept de maintenance original se traduit par une **maintenance programmée allégée** nécessitant moins d'heures de travail et un effectif de mécaniciens plus resserré.
- **Le Rafale n'a pas besoin de quitter sa base opérationnelle pour des raisons de maintenance.** Contrairement à ce qui se fait sur d'autres types d'avions de combat, il n'y a plus pour la cellule et pour les moteurs du Rafale de visites périodiques de grand entretien longues et coûteuses. Seules les URA (Unités Remplaçables en Atelier) doivent être envoyées en révision ou en réparation.
- **Avec ses 21 modules, l'architecture du moteur M88** est parfaitement représentative de cette philosophie de maintenance : les révisions et les réparations du moteur se font exclusivement en renvoyant des modules ou des pièces détachées à l'atelier central ou chez l'industriel. **Aucun point fixe**, ni aucun équilibrage ne sont nécessaires avant la remise en service.
- Suppression, très en amont dans la conception du Rafale, de certains organes susceptibles de diminuer la fiabilité :
 - aérofreins.
 - parties mobiles des entrées d'air.
 - entraînements à vitesse constante (CSD) des alternateurs.
 - mécanisme d'extension et de rétraction de la perche de ravitaillement.

Ceci conduit à une **diminution notable des besoins en termes de pièces de rechange, d'heures de maintenance et de moyens sol.**

- **Un effort de standardisation au stade de la conception** a également contribué à réduire le nombre de pièces de rechange différentes :
 - La même référence est utilisée à différents endroits sur l'avion. Grâce à la précision de la fabrication mécanique qui permet de supprimer les opérations d'ajustage et d'harmonisation lors du montage de la cellule, il est plus facile de monter une même référence de pièce à tous les emplacements où elle est employée.
 - Les éléments gauche et droit sont identiques lorsque c'est possible : canards, servocommandes, etc.
 - Divers éléments, tels que les vis ou les modules électroniques, ont aussi bénéficié de cette démarche.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

- De même, grâce à l'amélioration des moyens de recherche de panne, il est possible de **changer en piste les cartes électroniques d'une unité remplaçable en ligne (URL), au lieu de remplacer l'URL elle-même**. Ceci permet d'alléger les lots de rechange du RBE2, de Spectra, du calculateur de mission EMTI et d'autres équipements.
- **Une attention particulière a été apportée aux questions d'accessibilité**. A titre d'exemple, l'ouverture latérale de la verrière facilite le remplacement du siège éjectable : deux mécaniciens peuvent ainsi en effectuer la dépose en dix minutes.
- **Le Rafale ne fait appel à aucun moyen de test externe en piste** : Tous les systèmes de tests étant intégrés, les mécaniciens déroulent les tests sur l'avion lui-même.
- **Il n'y a plus de banc de contrôle moteur**, ce qui représente une innovation remarquable dans le domaine de la maintenance des avions de combat.
- Dassault Aviation a une longue expérience du traitement contre la corrosion en matière d'aviation embarquée (Super Étendard) et de patrouille maritime (Atlantic 1/Atlantique 2) qui lui a permis de développer des techniques de protection efficaces. **Le Rafale bénéficie ainsi d'une protection contre la corrosion qui fait appel aux techniques les plus récentes**, et qui contribue à la réduction des coûts d'utilisation de l'avion. En effet, la corrosion découverte lors des visites d'entretien conduit souvent à des retards imprévisibles dans la remise en service des avions et à des surcoûts.

VII. – «COMBAT PROVEN» : LA PREUVE OPERATIONNELLE

Entre 2006 et 2011, les Rafale Air et Marine ont été engagés à de multiples reprises sur le théâtre afghan où ils ont démontré une incontestable efficacité. L'Armement Air-Sol Modulaire AASM, les bombes guidées laser, et le canon de 30 mm y ont été utilisés à de nombreuses reprises avec une précision remarquable.

En 2011, les Rafale de l'armée de l'Air et de la Marine nationale ont été à la pointe des opérations de la coalition en Libye. Ils furent les premiers à opérer au-dessus de Benghazi et de Tripoli et ils remplirent tout le spectre des missions pour lesquelles le Rafale a été conçu : supériorité aérienne, attaque de précision avec des AASM, frappe dans la profondeur avec des missiles de croisière Scalp, collecte de renseignements dans le cadre de la mission ISTAR (*Intelligence, Surveillance, Tactical Acquisition and Reconnaissance*) et appui-feu SCAR (*Strike Coordination And Reconnaissance*). Au cours de ce conflit, des centaines d'objectifs – chars, véhicules blindés, pièces d'artillerie, dépôts de carburant et de munitions, centre de commandement, systèmes anti-aériens (lanceurs fixes et mobiles SA-3 Goa et SA-8 Gecko) – ont été frappés avec une précision dévastatrice par les équipages de Rafale.

En 2013, les Rafale Air ont été engagés dans les opérations au Mali. Ils ont pris part à des frappes contre les infrastructures logistiques des forces hostiles et ont apporté leur soutien à des troupes au contact. Quatre Rafale ont conduit le plus long raid de l'histoire de l'armée de l'Air, entre Saint-Dizier et N'Djamena, la capitale du Tchad. Au total, 21 cibles ont été détruites lors de ce raid de 9 h 35 min. N'Djamena est par la suite devenue une base avancée pour les Rafale et le détachement a accueilli jusqu'à huit appareils. Cet engagement constitue une grande première pour le Rafale qui opère pour la première fois depuis le sol africain.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

Depuis 2014, les Rafale de l'armée de l'Air sont engagés en Centrafrique (soutien des opérations de maintien de la paix) et en Irak (au sein de la coalition internationale).

VIII. – PERSPECTIVES D'AVENIR

Le Rafale sera, à terme, le seul avion de combat mis en œuvre par l'armée de l'Air et la Marine françaises. Tout sera fait pour lui permettre de conserver son rôle de premier plan au sein des forces armées françaises.

Depuis 2013, les Rafale sont livrés avec le nouveau radar RBE2-AESA à antenne active. Ils sont également équipés du nouveau détecteur de départ missile (DDM-NG), et d'une Optronique de Secteur Frontal mise à jour (OSF-IT), dotée de capacités de détection et d'identification améliorées.

De nouveaux développements sont déjà en cours pour doter le Rafale à l'horizon de la prochaine décennie de nouvelles capacités air-air et air-sol adaptées aux opérations en réseau de demain.

Ces développements doivent notamment permettre d'assurer la détection, la poursuite et l'identification de menaces air-air émergentes, et d'améliorer la survivabilité du Rafale grâce à de nouveaux modes discrets et à un système de guerre électronique à la pointe du progrès.

Les modes air-surface quant à eux seront dotés d'algorithmes d'aide à la reconnaissance des objectifs et de capteurs à résolution améliorée pour lui permettre de traiter des menaces toujours plus insaisissables.

Certains composants du moteur verront leur durée de vie augmentée grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux.

Et enfin, le Rafale verra ses aptitudes réseau encore étendues pour lui permettre de rester au premier rang dans la guerre info-centrée de demain.

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

IX. - CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES

Dimensions

Envergure 10,90 m
Longueur..... 15,30 m
Hauteur 5,30 m

Masse

A vide env. 10 t (suivant les versions)
Max. 4,5 t
Carburant (interne) 4,7 t
Carburant (externe) 6,7 t
Capacité d'emport externe..... 9,5 t

Points d'emport

Total.....14
Dont charges lourdes - carburant..... 5

Performances

Poussée max. 2 x 7,5 t
Facteur de charge max - 3,2 g / + 9 g
Vitesse max. M = 1.8 / 750 nœuds
Vitesse d'approche moins de 120 nœuds
Distance d'atterrissage 450 m (sans parachute)
Plafond opérationnel..... 50.000 ft

DIRECTION GÉNÉRALE INTERNATIONALE

ANNEXE : HISTORIQUE DE LA MISE EN SERVICE DU RAFALE

Le Rafale est actuellement produit en série, et 137 avions ont déjà été livrés sur les 180 commandés ferme par la France. A la fin du 2014, l'armée de l'Air avait reçu 51 Rafale B et 46 Rafale C, et la Marine nationale 40 Rafale M. Quatre tranches ont été commandées, comportant respectivement 13, 48, 59 et 60 avions, soit 132 Rafale pour l'armée de l'Air (63 B et 69 C) et 48 Rafale M pour la Marine nationale.

Le développement des capacités opérationnelles se fait par incréments, mis en service sous forme de " standards " successifs. Le standard F1 ne comportait ainsi que des fonctions air-air. Il est entré en service en 2004 sur les Rafale M qui ont participé à l'opération *Enduring Freedom* à partir du porte-avions *Charles de Gaulle*.

Le standard F2 est entré en service dans l'armée de l'Air et dans la Marine nationale en 2006. C'est lui qui a fait du Rafale un véritable avion " omnirole ", en lui conférant à la fois des capacités air-air et air-sol.

Le standard F3 a été réceptionné en 2008. La version actuelle, F3.3', comporte la fonction reconnaissance à l'aide de la nacelle AREOS, la capacité antinavires avec le missile AM39 Exocet (sur les trois variantes B, C et M) et la capacité de frappe nucléaire avec le missile ASMP-A. La livraison du premier Rafale F3 a eu lieu mi-2008 au CEAM (Centre d'Expériences Aériennes Militaires) à Mont-de-Marsan, conformément au calendrier contractuel.

L'escadron EC 1/7 "Provence", premier escadron de l'armée de l'Air opérationnel sur Rafale, a été activé en 2006 sur la base de Saint-Dizier. Le deuxième escadron Rafale de l'armée de l'Air, l'escadron EC 1/91 "Gascogne", a été recréé à Saint-Dizier en mars 2009. Il a été suivi en octobre 2010 par l'ETR 2/92 "Aquitaine", en charge de la formation des équipages Air et Marine. L'EC 3/30 "Lorraine" a été recréé en novembre 2010 sur la base d'Al Dhafra aux Emirats Arabes Unis, qui devient ainsi une base opérationnelle avancée pour les Rafale. En 2011, la Flottille 11F a commencé sa transformation sur Rafale avant d'être déclarée opérationnelle fin 2012. L'EC 2/30 'Normandie-Niemen' est devenu le plus récent escadron de l'armée de l'Air à passer sur Rafale quand il a été recréé à Mont-de-Marsan, en juin 2012.

Le Rafale a fait l'objet d'évaluations opérationnelles approfondies de la part de plusieurs forces aériennes étrangères avec d'excellents résultats. Il a participé avec succès à de nombreux exercices internationaux : Red Flag, ATLC, Tiger Meet, etc. Le Rafale M est le seul avion de combat non américain autorisé à opérer à partir des porte-avions américains. La compatibilité du Rafale avec ces bâtiments (et notamment avec leurs catapultes et leurs brins d'arrêt) a été démontrée en 2008 par six Rafale de la flottille 12F qui ont pu s'intégrer sans aucun problème au groupe aérien du porte-avions *Theodore Roosevelt* dans le cadre de l'exercice JTFEX organisé par l'US Navy. JTFEX est un exercice d'interopérabilité de grande envergure, au cours duquel le Rafale a clairement démontré sa parfaite interopérabilité avec les unités aériennes et navales américaines et alliées, comme l'a souligné l'US Navy.

16/16