

RAFALE

THE OMNIROLE FIGHTER

INTRODUCTION	2
I. - «OMNIROLE» DÈS L'ORIGINE	4
II. - UN AVION OPTIMISÉ	4
II-1 - Cellule - Matériaux - Commandes de vol	
II-2 - Le <i>M88</i> - un moteur de nouvelle génération	
III. - UN LARGE ÉVENTAIL DE CAPTEURS INTELLIGENTS ET DISCRETS	7
III-1 - Le radar <i>RBE2 / AESA</i> à balayage électronique et à antenne active	
III-2 - L'Optronique de Secteur Frontal - <i>OSF</i>	
III-3 - Le système interne de guerre électronique - <i>SPECTRA</i>	
III-4 - Le partage d'informations en réseau	
III-5 - La nacelle de ciblage et de désignation laser - <i>TALIOS</i>	
III-6 - La nacelle de reconnaissance - <i>AREOS</i> - avec transmission en temps réel	
IV. - TOUTE LA PUISSANCE DE LA FUSION DE DONNEES	11
IV-1 - La fusion de données multi-capteurs	
IV-2 - Une interface homme-machine unique au monde	
V. - UNE GAMME COMPLÈTE D'ARMEMENTS AVANCÉS	13
<i>MICA, METEOR, AASM, SCALP, EXOCET, Bombes Guidées Laser</i>	
VI. - UN AVION OPERATIONNEL A COUT D'EMPLOI MAITRISE	15
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	18
VIII. - PERSPECTIVES D'AVENIR	19
IX. - CARACTÉRISTIQUES ET PERFORMANCES	21
ANNEXE : Historique de la mise en service du RAFALE	22

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, du Mali à l'Irak jusqu'à la Syrie.

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 à une mission de protection (supériorité aérienne), 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.

Le *RAFALE* réunit toutes ces qualités. Il est parfaitement adapté aux menaces conventionnelles et 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 particulièrement performante, 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/police du ciel,**
- **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 2050.

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 crosse spécifique 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) 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, permettant ainsi au pilote de se concentrer sur sa mission.

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.**

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 SAFRAN AIRCRAFT ENGINES 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), SAFRAN AIRCRAFT ENGINES 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 SAFRAN AIRCRAFT ENGINES et la version la plus récente, le M88-4E, est aujourd'hui pleinement opérationnelle. 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. Le balayage électronique apporte une perception inégalée de la situation tactique, avec une détection et une poursuite améliorées en environnement multicibles.

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 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.

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.

SPECTRA permet de localiser les menaces sol avec une grande précision afin de les éviter ou de les détruire.

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 bénéficie 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 avec 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.

En tant qu'acteur des réseaux infocentrés, le *RAFALE* est capable de recevoir ou d'envoyer des images.

Grâce au système *ROVER* (Remotely Operated Video Enhanced Receiver), l'équipage du *RAFALE* peut échanger avec les contrôleurs tactiques au sol des images et des vidéos de l'objectif, ce qui permet d'éviter les tirs fratricides et les dommages collatéraux. C'est un avantage décisif dans les opérations de maintien de la paix.

Le *RAFALE* est équipé de solutions de liaison de données de type L16 (OTAN), ou de liaison de données spécifique selon les besoins du client. Son interopérabilité au sein d'un dispositif international est démontrée.

III-5 - La nacelle de ciblage et de désignation laser *TALIOS*

La nouvelle nacelle de ciblage et de désignation laser *TALIOS* de *THALES*, confère au *RAFALE* une capacité de surveillance et 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 *TALIOS* opère dans la bande moyenne, ce qui lui permet de garder toute son efficacité en atmosphère chaude et humide. Il est couplé à un senseur TV de nouvelle génération à très haute résolution.

***TALIOS* est interopérable avec tous les armements guidés laser.**

III-6 - La nacelle de reconnaissance AREOS - avec analyse des données 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.

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.

Pour raccourcir le cycle de collecte de l'information et accélérer le rythme des opérations, la nacelle *AREOS* est équipé d'un système de liaison de données qui permet aux images en haute résolution d'être transmises aux décideurs militaires en temps réel.

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, comme cela a été démontré en Libye, au Mali, en République Centrafricaine, en Irak et en Syrie.

IV. – TOUTE LA PUISSANCE DE LA FUSION DE DONNEES

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 unités 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.

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 collimateur tête haute (CTH) à large champ,
- **Pour les actions à moyen et long terme**, la perception de la situation tactique dans son ensemble dans un collimateur tête moyenne (CTM) multi-fenêtres couleur. 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.

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 œuvre :

- 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),
- Le missile air-air à longue portée METEOR, électromagnétique (EM) à propulsion combinée poudre-statoréacteur dont la combinaison avec les systèmes d'armes du *RAFALE* génère un changement de paradigme dans le combat aérien,
- 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 de 250 kg à 1000 kg** et avec différentes charges/effets militaires possibles,
- Des **bombes classiques** non guidées,
- Le **canon interne NEXTER 30M791** de 30 mm (2.500 coups/min) disponible sur monoplace et sur biplace
- 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. L'avion est ainsi capable d'emporter l'équivalent de sa propre masse en charges utiles.

Ravitailable en vol, le *RAFALE* peut lui-même 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.

VI. - UN AVION OPERATIONNEL A COUT D'EMPLOI MAITRISE

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**.
- Ainsi en cas de dépose du moteur *M88*, **il n'y a plus de vérification à effectuer sur un banc de test moteur** avant remontage sur avion. C'est une innovation significative apportée par le *M88* : en une heure le moteur est changé et l'avion peut repartir.
- Afin de lui assurer un maximum d'autonomie lors de ses déploiements opérationnels, 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.
- 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 chariots suffisent pour installer et déposer les armements.

Ces caractéristiques de maintenabilité sont validées dès la phase de développement de l'avion par les spécialistes du soutien de l'Armée de l'Air et de la Marine Nationale et ont démontré leur fiabilité au combat lors des différentes opérations. Cette simplicité de la maintenance permet une rapidité de formation des techniciens sur Rafale : en quelques semaines, le soutien des avions et la formation de conversion au Rafale ont pu être organisés au profit d'un client export, **lui permettant ainsi d'atteindre l'autonomie d'action dont il avait besoin pour déployer ses avions avec succès.**

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.
- **Alors que les « fleet leaders » dépassent désormais 3 300 heures de vol, aucune pièce de structure n'a été changée**, validant ainsi la robustesse de la cellule et le concept de maintenance
- **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,

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

Les déploiements des Rafale ont confirmé l'absence de besoin d'infrastructures spécialisées même en cas d'utilisation intensive : la maintenance peut être effectuée soit en extérieur, soit éventuellement sous un abri temporaire.

- **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, servo-commandes ...
 - Divers éléments, tels que les vis ou les modules électroniques, ont aussi bénéficié de cette démarche.
- 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 ETENDARD*) 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 2007 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 redoutable par les équipages de *RAFALE*.

Dès le début de l'année 2013, les *RAFALE* Air ont été engagés dans les missions 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 pour des opérations dans la Bande Sahélo-Saharienne et en République Centrafricaine. Cet engagement a constitué une grande première pour le *RAFALE* qui est maintenant régulièrement déployé sur le sol africain.

Plus récemment, les *RAFALE* de l'armée de l'Air et de la Marine nationale ont activement participé aux frappes contre les forces ennemies en Irak et en Syrie, aux côtés de nos alliés de la coalition.

En Irak et en Syrie, les *RAFALE* qui opèrent dans des conditions difficiles, loin de leur base, s'appuient sur leur autonomie exceptionnelle pour attaquer des cibles à de très grandes distances avec une précision extrême. Les *RAFALE* de la Marine décollant du pont du porte-avions *Charles de Gaulle* augmentent significativement le nombre d'avions sur le théâtre d'opérations.

VIII. – PERSPECTIVES D'AVENIR

Les capacités du *RAFALE* sont régulièrement améliorées pour conserver son efficacité opérationnelle au plus haut niveau en intégrant les retours d'expérience de l'Armée de l'Air et la Marine françaises.

Depuis 2013, les *RAFALE* sont livrés avec le radar *RBE2-AESA* à antenne active. Ces avions sont également équipés du 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.

En octobre 2018, le standard F3R a été qualifié. Cette évolution du standard F3 s'inscrit dans une démarche d'améliorations constantes du *RAFALE*, en totale adéquation avec les besoins des armées. Elle a permis à Dassault Aviation d'intégrer sur le chasseur les armements et équipements suivants :

- le missile air-air *METEOR* de chez MBDA. Grâce au radar AESA qui équipe tous les *RAFALE* livrés depuis 2013, cet engin à très longue portée propulsé par statoréacteur peut être exploité au mieux de ses capacités révolutionnaires. Le premier tir d'un *METEOR* guidé depuis un *RAFALE* a été réalisé en avril 2015. Le tir de qualification a été effectué en avril 2017, ultime étape avant sa mise en service opérationnelle en 2019.

- la nouvelle nacelle de ciblage et de désignation *TALIOS* produite par Thales. Utilisée à la base pour les frappes air-sol de jour et de nuit, cette nacelle aura recours aux dernières avancées de la technique pour allonger les portées d'acquisition et de poursuite des cibles et améliorer la précision des attaques menées par le *RAFALE*.

Le standard F3R englobe aussi de multiples modifications visant à améliorer encore l'efficacité du *RAFALE* et son interopérabilité avec les alliés de la France.

En début d'année 2019, le Ministère des Armées a annoncé le contrat de développement du nouveau standard F4 du *RAFALE*.

La logique de conduite du programme *RAFALE* s'appuie sur des développements continus pour adapter l'appareil, par standards successifs, à l'évolution des besoins. Dès 2023, une première version du standard F4 succèdera au standard F3R. Le standard F4 répondra aux retours d'expérience des opérationnels et permettra de poursuivre l'amélioration continue du *RAFALE*.

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 encore 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.

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

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. 24,5 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
Plafond opérationnel 50.000 ft

ANNEXE : Historique de la mise en service du *RAFALE*

Quatre tranches de *RAFALE* ont été commandées par les Forces armées françaises. Elles comportent respectivement 13, 48, 59 et 60 avions, soit 132 *RAFALE* pour l'Armée de l'Air (63 B biplaces et 69 C monoplaces) et 48 *RAFALE M* monoplaces pour la Marine Nationale. L'Egypte a signé un contrat pour 24 *RAFALE*, et l'Inde et le Qatar pour 36 chacun, portant les commandes fermes à 276 appareils. Au 31 décembre 2018, pas moins de 175 *RAFALE* avaient été livrés à l'Armée de l'Air et à la Marine et l'Egypte.

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 nucléaire *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 des capacités à la fois air-air et air-sol.

Le standard F3 a été réceptionné en 2008. Il autorise la mise en œuvre de la fonction reconnaissance à l'aide de la nacelle *AREOS*, de la capacité antinavires avec le missile *AM39 EXOCET* (sur les trois variantes B, C et M) et de 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'Expertises Aériennes Militaires) à Mont-de-Marsan, conformément au calendrier contractuel. La flotte est actuellement portée au Standard F3R.

Trois unités de la Marine nationale et sept de l'armée de l'Air sont équipées de Rafale :

- Flottilles 11F, 12F et 17F à Landivisiau et à bord du porte-avions *Charles de Gaulle*
- Escadron de Chasse 1/4 "Gascogne", à Saint-Dizier
- Escadron de Chasse 2/4 "La Fayette", à Saint-Dizier
- Escadron de Transformation Rafale 3/4 "Aquitaine", à Saint-Dizier
- Escadron de Chasse et d'Expérimentation 1/30 "Côte d'Argent", à Mont-de-Marsan
- Escadron de Chasse 2/30 "Normandie-Niemen", à Mont-de-Marsan
- Escadron de Chasse 3/30 "Lorraine", à Mont-de-Marsan
- Escadron de Chasse 1/7 "Provence" à Al Dhafra, aux Emirats Arabes Unis.

Le *RAFALE* participe régulièrement aux exercices internationaux les plus complexes : Red Flag, ATLC, Tiger Meet, Maple Flag, Arctic Challenge, Pitch Black, Bold Quest... Le *RAFALE M* est le seul avion de combat non américain autorisé à opérer à partir des porte-avions US.