

De evolutie van de vliegtuigbewapening

Lionel Gabriel, Ir (LG)
Technische aspecten

Wilfried De Brouwer (WDB)
Operationele aspecten



A USAF F-22 fires an AIM-120 AMRAAM (© USAF)

L'évolution de l'armement aérien

Lionel Gabriel, Ir (LG)
Aspects techniques

Wilfried De Brouwer (WDB)
Aspects opérationnels

Traduit par Lionel Gabriel,
André Perrad & Mich De Weirdt

Deel 5: De lucht-luchtbewapening na WO2

1. Ter inleiding

Na de overgave van Nazi-Duitsland bleef de atmosfeer tussen de “overwinnaars” van WO2 uiterst gespannen. De Westerse landen zagen met argwaan het communisme oprukken in die landen die door de Sovjet-Unie “bevrijd” waren en het gevaar was reëel dat dit virus zich verder naar het Westen zou verspreiden.

De sfeer na WO2 was dus niet te vergelijken met deze na WO1. De globale politieke toestand bleef gespannen en van totale ontwapening was geen sprake. De Westerse landen verenigden zich in een Alliantie, de NAVO. Het antwoord van Stalin liet niet op zich wachten; alle door hem gecontroleerde landen in Oost-Europa werden samen met de Sovjet-Unie verenigd in het Warschau Pact. De Koude Oorlog was begonnen en er werd letterlijk een ijzeren gordijn gebouwd tussen de twee blokken die met getrokken messen tegen mekaar stonden.

Als gevolg, en in tegenstelling tot de situatie na WO1, ging de ontwikkeling van nieuwe wapensystemen verder op het elan van de ervaringen tijdens WO2.

In de twee volgende afleveringen bespreken we de evolutie van de vliegtuigbewapening en aanverwante wapensystemen na WO2. We beginnen met de luchtverdediging.

2. Het luchtverdedigingsconcept tijdens de Koude Oorlog (WDB)

In een eerste reactie op de agressieve houding van Stalin keken de Westerse landen uit naar een verbetering van de luchtverdediging. Aangezien het onmogelijk geacht werd om de volledige grens tussen Oost en West, en ook de belangrijkste steden te verdedigen met luchtdoelartillerie werd vooral uitgekeken naar jachtvliegtuigen.

De schroefvliegtuigen werden vervangen door jets, die aan een merkkelijk hogere snelheid konden opereren. Jets hadden echter een groot nadeel; wegens het hoger verbruik verminderde de *sustainability*, ze konden minder lang in de lucht blijven. Er waren dus veel vliegtuigen nodig en, wegens de eerder beperkte actieradius, meerdere vliegbasissen. Echter, de naoorlogse budgetten lieten niet toe om een sluitend verdedigingssysteem op te bouwen.

Cinquième partie : L'armement air-air après la Seconde Guerre mondiale

1. En guise d'introduction

Après la capitulation de l'Allemagne nazie, le climat entre les « vainqueurs » de la Seconde Guerre mondiale est resté extrêmement tendu. Les pays occidentaux voient avec méfiance le communisme progresser dans les pays « libérés » par l'Union soviétique, et il y a un réel danger que ce virus se propage davantage à l'Ouest.

L'atmosphère après la Seconde Guerre mondiale n'est donc pas comparable à celle de la Première Guerre mondiale. La situation politique mondiale reste tendue et il n'est pas question de désarmement total. Les pays occidentaux s'unissent au sein d'une Alliance, l'OTAN. La réponse de Staline ne se fait pas attendre : tous les pays d'Europe de l'Est qu'il contrôle sont réunis avec l'Union soviétique dans le Pacte de Varsovie. La guerre froide a commencé et un rideau de fer est littéralement construit entre les deux blocs qui s'affrontent à couteaux tirés.

En conséquence, et contrairement à la situation après la Première Guerre mondiale, le développement de nouveaux systèmes d'armes se poursuit sur la lancée des expériences de la Deuxième Guerre mondiale.

Dans les deux prochains épisodes, nous abordons l'évolution de l'armement des avions et des systèmes d'armes connexes après la Seconde Guerre mondiale. Nous commençons par la défense aérienne.

2. Le concept de défense aérienne pendant la guerre froide (WDB)

Dans une première réaction à l'attitude agressive de Staline, les pays occidentaux cherchent à améliorer la défense aérienne. Comme il est estimé impossible de défendre toute la frontière entre l'Est et l'Ouest ainsi que les principales villes avec de l'artillerie anti-aérienne, on se tourne en priorité vers les avions de chasse.

Les avions à hélice sont remplacés par des jets qui peuvent intervenir à des vitesses considérablement plus élevées. Cependant, les avions à réaction présentent un inconvénient majeur : en raison d'une consommation plus élevée, leur endurance diminuait, ils ne pouvaient pas rester en l'air aussi longtemps. On a donc besoin de nombreux avions et, en raison de leur rayon d'action plutôt limité, de nombreuses

L'évolution de l'armement aérien

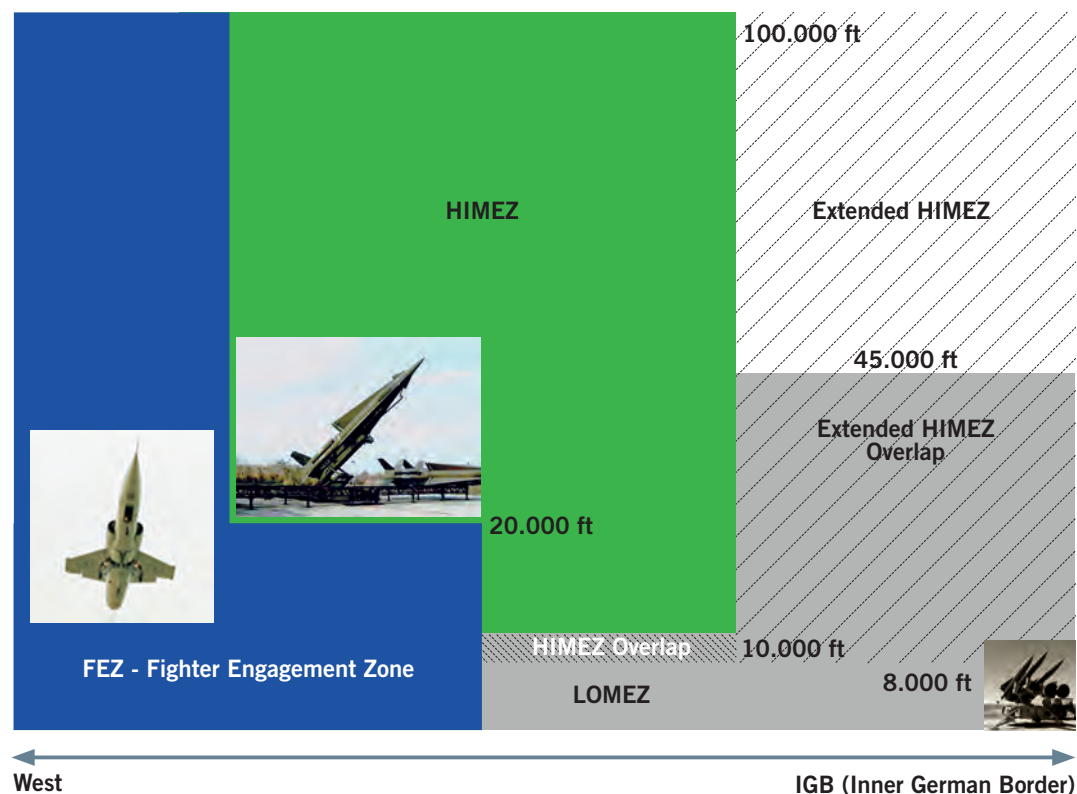
Maar er was licht aan het einde van de tunnel. De grond-lucht missiles¹ werden reeds op het einde van de jaren 50 geïntroduceerd om de luchtdoelartillerie en de jachtvliegtuigen aan te vullen. Men was toen van mening dat deze missiles op termijn de jachtvliegtuigen konden vervangen.

Vanaf het begin van de jaren '60 werd in West-Europa een verdedigingsconcept opgebouwd dat er uit zag als uitgebeeld in het schema hieronder. Langs de Oostgrens van de NAVO werd een verdedigingsgordel van missiles opgebouwd, Hawks tegen de bedreiging op lage hoogte (LOMEZ - *Low Missile Engagement Zone*), Nike's tegen penetraties op grote hoogte (HIMEZ - *High Missile Engagement Zone*). Daarachter moesten de jachtvliegtuigen die aanvallers opvangen (FEZ - *Fighter Engagement Zone*), die erin slaagden de missile verdedigingsgordel te doorbreken. Om te beletten dat bevriende vliegtuigen die van hun offensieve zending boven het vijandelijk grondgebied terugkwamen zouden neergeschoten worden, bestond een codesysteem dat in de transponder werd gesleuteld.

bases aériennes. Cependant, les budgets d'après-guerre ne permettent pas de construire un système de défense étanche.

Mais il y a une lueur au bout du tunnel. Des missiles sol-air¹ font leur apparition dès la fin des années 1950 pour compléter l'artillerie anti-aérienne et les chasseurs. On pense alors que ces missiles pourraient, à terme, remplacer les avions de chasse.

Dès le début des années 1960, un concept de défense, tel que présenté dans le schéma ci-dessous, est élaboré en Europe occidentale. Le long de la frontière orientale de l'OTAN, une ceinture défensive de missiles est constituée, les Hawk contre la menace à basse altitude (LOMEZ - *Low Missile Engagement Zone*), les Nike contre les pénétrations à haute altitude (HIMEZ - *High Missile Engagement Zone*). À l'arrière, les chasseurs doivent intercepter les attaquants (FEZ - *Fighter Engagement Zone*) qui auraient réussi à franchir la ceinture de missiles défensifs. Pour éviter que les avions amis revenant de leur mission offensive au-dessus du territoire ennemi ne soient abattus, un système de code est introduit dans le transpondeur.



Initieel werden belangrijke puntdoelen nog verdedigd door luchtdoelartillerie, maar dit concept zou geleidelijk afgebouwd worden.

Au début, les cibles ponctuelles importantes sont encore défendues par l'artillerie anti-aérienne, mais ce concept va progressivement être abandonné.

1. In dit artikel maken we een onderscheid tussen een missile en een raket. Een missile wordt naar het doel geleid na het afvuren, wat niet het geval is bij een raket.

1. Dans cet article, nous faisons la distinction entre un missile et une roquette. Un missile est guidé vers la cible après le tir, ce qui n'est pas le cas d'une roquette.

De evolutie van de vliegtuigbepapening

Aangezien we ons in deze artikelenreeks concentreren op de evolutie van de vliegtuigbepapening gaan we eens kijken wat er op technisch vlak gebeurde om de doeltreffendheid van de bepapening van jachtvliegtuigen te verbeteren.

3. De lucht-lucht bepapening (LG)

3.1. Kanonnen

Reeds tijdens de Tweede Wereldoorlog stelt men een evolutie naar zwaardere kalibers voor de boordbepapening vast. Dit is nodig omdat de evolutie van de vliegtuigen, hogere snelheid, robuustere constructie, bepantsering, en zelfdichtende brandstoftanks maakt dat het almaar moeilijker wordt om met machinegeweren van geweerkaliber een vijandelijk toestel neer te halen.

Tijdens de Koreaanse oorlog (1950-53) zijn de Britse en Australische Gloster Meteors en de Grumman F9F Panther van de US Navy uitgerust met vier Hispano-Suiza HS.404 20 mm automatische kanonnen in de neus. Hun tegenstander, de MiG 15 heeft een 37 mm Nudelman N-37 en twee 23 mm Nudelman-Rikhter NR-23 kanonnen. Alleen de USAF blijft vasthouden aan de Browning .50 M3 MG. De North American F-86 Sabre, de Lockheed P-80 Shooting Star en de Republic F-84G Thunderjet en de latere F-84F Thunderstreak zijn allen met zes exemplaren uitgerust.



Gloster Meteor F4, four 20 mm HS cannons in the nose.

Een automatisch kanon met één kamer en één loop heeft een vuurcadans van ongeveer 700 schoten per minuut. Om voldoende treffers op een snel en beweeglijk doel te plaatsen is dit aan de lage kant. Voor een hogere vuurcadans ontwikkelden de Duitsers in 1944 het Mauser MG 213C revolverkanon. Dit is een kanon met één loop en een roterende trommel met meerdere kamers. Patroon inbreng en huls extractie gebeurt nu voor en na dat de kamer zich voor de loop bevindt, aldus is een vuurcadans tot 1.800 schoten per minuut mogelijk. Na de oorlog baseren veel wapenfabrikanten zich op de MG 213C om hun eigen versie te bouwen. De Britse Aden 20 mm, de Franse DEFA 30 mm en de Amerikaanse Springfield M39 20 mm zijn hier

Comme nous nous concentrons sur l'évolution de l'armement des avions dans cette série d'articles, nous allons examiner ce qui se passe sur le plan technique pour améliorer l'efficacité de l'armement des chasseurs.

3. L'armement air-air (LG)

3.1. Les canons

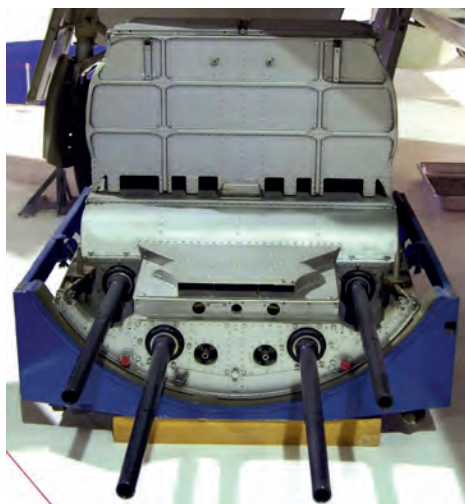
Au cours de Seconde Guerre mondiale déjà, on constate une évolution vers de plus gros calibres pour l'armement embarqué. Cela s'avère nécessaire vu l'évolution de l'avion. Sa vitesse plus élevée, sa construction plus robuste, son blindage et ses réservoirs de carburant auto-obturant le rendent de plus en plus difficile à abattre avec des mitrailleuses de petit calibre.

Pendant la guerre de Corée (1950-53), les Gloster Meteor britanniques et australiens et le Grumman F9F Panther de l'US Navy sont équipés de quatre canons automatiques Hispano-Suiza HS.404 de 20 mm dans le nez. Leur adversaire, le MiG 15 dispose d'un Nudelman N-37 de 37 mm et de deux canons Nudelman-Rikhter NR-23 de 23 mm. Seule l'USAF s'en tient à la MG Browning .50 M3. Les North American F-86 Sabre, Lockheed P-80 Shooting Star et Republic F-84G Thunderjet et plus tard F-84F Thunderstreak sont tous équipés de six exemplaires de cette dernière.



F-86 Sabre, six Browning .50 (12,7 mm) in the nose.

Un canon automatique à une seule chambre et à un seul tube permet une cadence de tir d'environ 700 coups par minute. Pour atteindre une cible agile et se déplaçant rapidement, ceci n'est pas suffisant. Pour une cadence de tir plus élevée, les Allemands ont développé en 1944, le canon revolver Mauser MG 213C. Il s'agit d'une arme à canon unique avec un tambour rotatif à plusieurs chambres. L'insertion de la cartouche et l'extraction de la douille se font désormais avant et après que la chambre se positionne devant le canon, ce qui permet une cadence de tir allant jusqu'à 1.800 coups par minute. Après la guerre, de nombreux fabricants d'armes se sont basés sur le MG 213C pour construire leur propre version. L'Aden 20 mm britannique, le DEFA 30 mm



Aden 20 mm
gun pack.



The Belgian A.F. Mirage 5 was equipped
with the DEFA 30 mm gun pack.

voorbeelden van. Een groot aantal jachtvliegtuigen uit de jaren 1950 en 1960 worden met deze wapens uitgerust.

Europese hedendaagse jachtvliegtuigen gebruiken nog steeds revolver-type kanonnen. De Eurofighter Typhoon en de JAS 39 Gripen hebben beide de 27 mm Mauser BK-27 en de Rafale is uitgerust met een 30 mm GIAT/M 791. Deze worden nog weinig gebruikt in luchtgevechten, maar blijven van belang bij het bestoken van gronddoelen en bij luchtpolitie opdrachten.

Bij de introductie van de Mc Donnell Douglas F-4 Phantom II in 1960 heeft die geen kanon meer omdat de Amerikanen hun vertrouwen stellen in de nieuw ontwikkelde geleide lucht-lucht missies. De ervaring in Vietnam (1964-1973) leert hun al snel dat deze eerste generatie missies minder performant is dan gedacht en ze voorzien de Phantom dan ook snel van een M 61 A1 Vulcan Gatling gun. Een Gatling kanon heeft meerdere roterende lopen, zoals bij het revolver kanon gebeurt het inbrengen van de patroon, het afvuren en de extractie van de huls apart, maar de spreiding van het vuren over meerdere lopen laten ook een betere koeling toe, zodat een nog hogere vuurcadans mogelijk is.

français et le Springfield M39 20 mm américain en sont des exemples. Un grand nombre de chasseurs des années 1950 et 1960 sont équipés de ces armes.

Les avions de combat européens contemporains utilisent encore des armes de type revolver. L'Eurofighter Typhoon et le JAS 39 Gripen sont tous deux équipés du Mauser BK-27 de 27 mm et le Rafale est équipé d'un GIAT/M 791 de 30 mm. Ils ne sont plus utilisés dans les combats aériens mais restent importants pour les missions d'attaque au sol et de police aérienne.

Lors de son entrée en service en 1960, le Mc Donnell Douglas F-4 Phantom II n'a plus de canon car les Américains font confiance aux missiles air-air nouvellement développés. L'expérience au Vietnam (1964-1973) leur apprend rapidement que cette première génération de missiles est moins performante que prévu et ils équiperont donc rapidement le Phantom d'un canon Gatling M61 A1 Vulcan. Le Gatling possède plusieurs tubes rotatifs. Comme pour le revolver, l'insertion de la cartouche, le tir et l'extraction de l'obus se font séparément. La répartition du tir sur plusieurs tubes permet également un meilleur refroidissement, de



Northrop F-5 with 20 mm M 39.



The mouth of the 20 mm Vulcan just above the left hand wing strake.

De evolutie van de vliegtuigbepapening

Het type voorbeeld is de zesloops 20 mm General Electric M 61 A1 Vulcan, met een vuurcadans tot 6.000 schoten per minuut. Vanaf de jaren 1960 is dit het standaardkanon van de Amerikaanse jachtvliegtuigen, zoals de F-104 Starfighter, de F-16 Fighting Falcon, F-18 Hornet en F-22 Raptor. Het grondaanvalsvliegtuig A-10 Thunderbolt II is een uitzondering met zijn 30 mm GAU-8/A kanon. Een nieuwe evolutie is ingezet met de F-35 Lightning II die voorzien is van de 25 mm vierloops General Dynamics GAU-22/A.

3.2. Lucht-lucht raketten

Tijdens de WO II had de Luftwaffe met succes ongeleide raketten ingezet tegen de geallieerde bommenwerpers. Na de oorlog maken lucht-lucht raketten dan ook deel uit van de bepapening van veel onderscheppingsjagers. De Avro Canada CF-100, waarmee de Belgische Luchtmacht van 1957 tot 1964 is uitgerust, heeft zelfs als enige bepapening achteenvijftig 2,75 inch FFAR (*Folding Fin Aerial Rocket*) in twee pods aan de vleugeluiteinden, ze worden in één salvo afgevuurd op een afstand van 800 m. Als lucht-lucht wapen is de raket geen succes en vanaf de jaren 60 wordt ze als dusdanig niet meer ingezet.

sorte qu'une cadence de tir encore plus élevée est possible. L'exemple type est le General Electric M61 A1 Vulcan de 20 mm à six tubes, avec une cadence de tir pouvant atteindre 6.000 coups par minute. Depuis les années 1960, c'est le canon standard des avions de combat américains, tels que le F-104 Starfighter, le F-16 Fighting Falcon, le F-18 Hornet et le F-22 Raptor. L'avion d'attaque au sol A-10 Thunderbolt II fait exception avec son canon GAU-8/A de 30 mm. Une nouvelle évolution a commencé avec le F-35 Lightning II qui est équipé du General Dynamics GAU-22/A de 25 mm à quatre tubes.

3.2. Les roquettes air-air

Pendant la Seconde Guerre mondiale, la Luftwaffe utilise avec succès des roquettes non guidées contre les bombardiers alliés. Après la guerre, les roquettes air-air font partie de l'armement de nombreux intercepteurs. L'Avro Canada CF-100, utilisé par la Force Aérienne belge de 1957 à 1964, est même uniquement armé de cinquante-huit roquettes FFAR (*Folding Fin Aerial Rocket*) de 2,75 pouces dans deux nacelles en bout d'aile, tirées en une salve à une distance de 800 m. En tant qu'arme air-air, la roquette n'a pas été un succès et elle n'a plus été utilisée comme telle à partir des années 1960.



CF-100 equipped with wingtip rocket pods.



CF-100 launching its rockets.

3.3. Lucht-lucht missiles

Ter vervanging van de weinig doeltreffende lucht-lucht raketten ontwikkelt men in de jaren 1950 geleide missiles. Deze hebben een geleidingsmechanisme in de zoekkop die de missile via stuurvinnen naar zijn doel brengt. De geleiding gebeurt ofwel door radar of door een hittezoekkop die zich richt op de infrarood signatuur van het doelwit. Hierna wordt aan de hand van twee veelgebruikte Amerikaanse missile families de ontwikkeling van beide soorten besproken. Het spreekt vanzelf dat ook andere landen gelijkaardige wapens hebben ontwikkeld.

3.3.1. AIM-9 Sidewinder²

De AIM-9 Sidewinder is een missile voor korte afstand³ die zich richt op de infrarood signatuur van het doelwit. Ze wordt in 1956 in gebruik genomen door de US Navy. De Taiwanese luchtmacht gebruikt de AIM-9B voor het eerst tijdens de Tweede Taiwan Straat Crisis in 1958 tegen MiG 17's van de Chinese volksrepubliek. Tijdens deze gevechten blijft een niet ontplofte Sidewinder steken in een MiG. Aldus komt het wapen in handen van de Sovjets die er door *reversed engineering* een kopie van bouwen, de Vympel K-13.

3.3. Les missiles air-air

Pour remplacer les roquettes air-air, peu efficaces, des missiles guidés sont développés dans les années 1950. Ceux-ci possèdent un mécanisme de recherche et guidage dans le nez qui guide le missile vers sa cible au moyen d'ailettes de direction. Le guidage se fait soit par radar, soit par un détecteur de chaleur qui se concentre sur la signature infrarouge de la cible. Ci-après, le développement de deux familles de missiles américains largement utilisés. Il va sans dire que d'autres pays ont également développé des armes similaires.

3.3.1. AIM-9 Sidewinder²

L'AIM-9 Sidewinder est un missile à courte portée³ qui se dirige sur la signature infrarouge de la cible. Il est entré en service dans la marine américaine en 1956. L'armée de l'air taïwanaise a utilisé l'AIM-9B pour la première fois lors de la deuxième crise du détroit de Taïwan en 1958 contre des MiG 17 de la République populaire de Chine. Au cours de ces combats, un Sidewinder non explosé est resté coincé dans un MiG. L'arme tombe ainsi entre les mains des Soviétiques qui en construisent une copie, le Vympel K-13, par *rétro-ingénierie*.



Belgian F-16's with each two AIM-9 under the wings and AIM-120 AMRAAM on the wing tips.

2. AIM : Air Intercept Missile.

3. De B en D versies hadden een bereik van 5 km, de laatste versie, X, heeft een bereik van meer dan 20 km.

2. AIM : Air Intercept Missile.

3. Les versions B et D avaient une portée de 5 km, la dernière version, AIM-9X, a une portée de plus de 20 km.

Tijdens de oorlog in Vietnam gebruiken de Amerikanen de AIM-9D maar deze geeft niet de verwachte resultaten, het afvurend vliegtuig moet zich nog steeds in een smalle kegel achter het doel bevinden en de missile is te weinig wendbaar om in een *dogfight* doeltreffend te zijn. De volgende versie, de AIM-9J, die in 1972 operationeel wordt, verbetert de prestaties in deze domeinen.

In 1977 komt de eerste “*all aspect*” sidewinder, de AIM-9L, in productie die ook frontaal kan gebruikt worden. Tijdens de Falkland oorlog in 1982 behalen de Britten een *kill-ratio* van 80 %, wat aanmerkelijk beter is dan de 15 % met oudere versies in vorige conflicten. In de jaren 90 verschijnt de AIM-9M, een verder verbeterde versie.

De huidige AIM-9X is de modernste versie. Ze heeft verbeterde IRCCM⁴ (weerstand tegen tegen-maatregelen), de raketmotor is rookloos en ze is verbonden met de JHMCS⁵, wat wil zeggen dat de piloot, voor het afvuren, de zoekkop van de missile kan richten naar het doel.

3.3.2. Radargeleide missielen: van AIM-7 Sparrow tot AIM-120 AMRAAM

In 1958 neemt de US Navy een missile voor langere afstand met semi-actieve radargeleiding in dienst, de AIM-7 Sparrow. Bij semi-actieve radargeleiding wordt het vijandelijk vliegtuig belicht door de radar van het aanvallend vliegtuig en heeft het missiel een interne ontvanger die het wapen naar zijn doel leidt. Dit betekent ook dat het aanvallend vliegtuig zijn doel moet blijven volgen en slechts één doel per keer kan aanvallen. Het bereik van de Sparrow wordt bij de opeenvolgende versies opgedreven van 10 km tot 70 km. De AIM-7 is aldus een BVR missile (*Beyond Visual Range*). De Sparrow stelt enigszins teleur tijdens de Vietnamoorlog, maar de verbeterde versies worden met succes in 1991 ingezet tijdens Desert Storm.

In de jaren 90 krijgt de Sparrow een opvolger, AIM-120 AMRAAM⁶. Dit is een actief radargeleide missile, ze volgt het doel met haar eigen radar. Dit betekent dat het aanvallend vliegtuig het doel niet moet blijven belichten en dus meerdere doelen tegelijkertijd kan onderscheppen. De AMRAAM is een “*fire and forget*” wapen met een bereik tot 160 km⁷.

De Russische tegenhanger van de AIM-120 is de Vympel NPO R-77 missile.

Pendant la guerre du Vietnam, les Américains utilisent l'AIM-9D qui ne donne pas les résultats escomptés : l'avion attaquant doit toujours se trouver dans un cône étroit derrière la cible et le missile n'est pas assez agile pour être efficace dans un combat aérien tournoyant (*dogfight*). La version suivante, l'AIM-9J, qui devient opérationnelle en 1972, améliore les performances dans ces domaines.

En 1977, le premier Sidewinder « *all aspect* », l'AIM-9L, entre en production ; il peut également être utilisé de manière frontale (*head on*). Au cours de la guerre des Malouines en 1982, les Britanniques atteignent un « *kill ratio* » de 80 %, nettement supérieur aux 15 % obtenus avec les anciennes versions lors des conflits précédents. Dans les années 90 apparaît l'AIM-9M, une version encore améliorée.

L'actuel AIM-9X est la version la plus moderne. Il dispose d'une résistance améliorée aux contre-mesures (IRCCM⁴), le moteur du missile ne produit pas de fumée et il est connecté au JHMCS⁵, ce qui signifie que le pilote, avant de tirer, peut diriger la tête chercheuse vers la cible.

3.3.2. Missiles à guidage radar : du AIM-7 Sparrow à l'AIM-120 AMRAAM

En 1958, l'US Navy met en service un missile longue portée à guidage radar semi-actif, l'AIM-7 Sparrow. Dans le cas de guidage radar semi-actif, l'avion ennemi est illuminé par le radar de l'avion attaquant dont le missile possède un récepteur interne qui guide l'arme vers sa cible. Cela signifie également que l'avion attaquant doit continuer à suivre sa cible et ne peut en attaquer qu'une à la fois. La portée du Sparrow est augmentée, dans les versions successives, de 10 à 70 km. L'AIM-7 est donc un missile BVR (*Beyond Visual Range*). Le Sparrow déçoit quelque peu pendant la guerre du Vietnam, mais des versions améliorées sont utilisées avec succès en 1991 pendant l'opération Desert Storm.

Dans les années 90, l'AIM-120 AMRAAM⁶ succède au Sparrow. C'est un missile à guidage actif : il suit la cible avec son propre radar. Cela signifie que l'avion attaquant n'a pas besoin de continuer à illuminer la cible et qu'il peut donc intercepter plusieurs cibles à la fois. L'AMRAAM est une arme de type « *fire and forget* » dont la portée peut atteindre 160 km⁷.

L'homologue russe de l'AIM-120 est le missile Vympel NPO R-77.

4. IRCCM : *InfraRed Counter Counter Measures*.

5. JHMCS : *Joint Helmet Mounted Cueing System*.

6. AMRAAM : *Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile*.

7. Dit is de maximale gebruiksaafstand (*Max Range*). Deze is sterk afhankelijk van de vectoren van beide; de fighter en het geviseerde vliegtuig. De *Max Range* wordt bereikt wanneer de fighter aan hoge snelheid opereert en het doel in de richting van de fighter vliegt.

4. IRCCM : *InfraRed Counter Counter Measures*.

5. JHMCS : *Joint Helmet Mounted Cueing System*.

6. AMRAAM : *Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile*.

7. Il s'agit de la distance maximale de fonctionnement (*Max Range*). Il dépend fortement des vecteurs du chasseur et de l'avion visé. La portée maximale est atteinte lorsque le chasseur opère à grande vitesse et que la cible vole dans la direction du chasseur.



F-16 firing an AIM-120 AMRAAM.

3.4. De Miksystemen

3.4.1. Het gyroscopische vizier

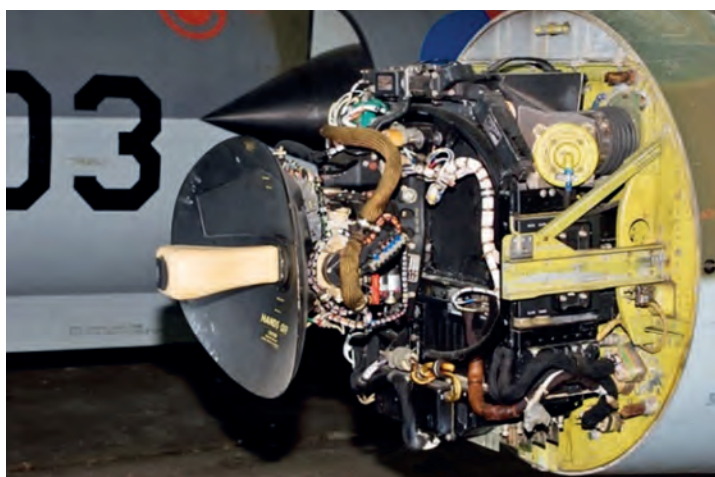
Een gyroscopisch vizier is gebaseerd op een reflector vizier, dat de mikring via een lens en een straa splitser op oneindig projecteert en aldus maakt dat de piloot geen last heeft van parallax en zijn hoofd vrij kan bewegen. Het gyroscopisch vizier houdt rekening met de *“lead for target motion”* (de mate waarin men voor het bewegend doel mikt) die functie is van de beweging van het aanvallend vliegtuig en de afstand tot het doelwit. De beweging van het vliegtuig wordt gemeten door een gyroscoop en de afstand wordt door de piloot geschat aan de hand van de mikring die ingesteld wordt op de spanwijdte van het aangevallen vliegtuig. Dit type vizier, ontwikkeld tijdens de Tweede Wereldoorlog, is begin de jaren 50 nog steeds in gebruik, o.a. op de Meteor. Bij recentere toestellen zoals de F-86 Sabre en de F-84F Thunderstreak is dit type vizier gekoppeld aan een kleine radar, de AN/APG-30 die de afstand tot het doel meet.

3.4. Les systèmes de visée

3.4.1. Le viseur gyroscopique

Un viseur gyroscopique est basé sur un viseur à réflecteur, qui projette la mire à l'infini à travers une lentille et un répartiteur de faisceau, ce qui permet ainsi au pilote d'éviter la parallaxe et de bouger la tête librement. Le viseur gyroscopique prend en compte le *« lead for target motion »* (l'ampleur de l'angle de visée devant la cible en mouvement) qui prend en compte le mouvement de l'avion attaquant et la distance à la cible. Le mouvement de l'avion est mesuré par un gyroscope et la distance est estimée par le pilote à l'aide de l'anneau de visée réglé sur l'envergure de l'avion attaqué. Ce type de viseur, développé pendant la Seconde Guerre mondiale, est encore utilisé au début des années 50, par exemple sur le Meteor. Sur les avions plus récents, comme le F-86 Sabre et le F-84F Thunderstreak, ce type de viseur est relié à un petit radar, l'AN/APG-30, qui mesure la distance jusqu'à la cible.

Ferranti Gyro Sight Mk.IIc. Already in use in several WW2 fighters.



F-104 NASARR antenna.

3.4.2. De F-104G Starfighter, analoge elektronica.

In 1963 neemt de luchtmacht de F-104G in gebruik, een vliegtuig dat uitgerust is met analoge elektronische systemen voor navigatie, autopilot en vuurcontrole. In de lucht-lucht mode zoekt de NASARR (North American Search and Ranging Radar) het doel, volgt het, vergrendelt zich op het doel en geeft afstands-informatie. Lead-angle en break-away

3.4.2. Le F-104G Starfighter, l'électronique analogique

En 1963, la Force Aérienne met en service le F-104G, un avion équipé de systèmes électroniques analogiques pour la navigation, le pilotage automatique et la conduite de tir. En mode air-air, le NASARR (*North American Search and Ranging Radar*) recherche la cible, la suit, se verrouille sur elle et fournit des informations sur la distance. Le *« lead-angle »*

De evolutie van de vliegtuigbewapening

afstand worden door de bewapeningscomputer berekend en op het radarscherm weergegeven. Deze informatie wordt ook op het optisch/infrarood vizier⁸ weergegeven.

3.4.3. De F-16 Fighting Falcon, een digitale (r)evolutie.

In 1979 verschijnt de vervanger van de F-104: de F-16, een vliegtuig dat voor zijn besturing en het inzetten van de bewapening volledig steunt op digitale computers. In de veertig jaar die volgen ondergaat het toestel een belangrijke evolutie, waarbij de hardware en de software voortdurend aangepast worden om de capaciteit gevoelig uit te breiden. De MMC (*Modular Mission Computer*) vormt het hart van het systeem en is essentieel voor navigatie, piloot-machine interface en inzet van de bewapening. De MMC verwerkt data afkomstig van de radar, het inertie-platform, GPS en andere sensoren zoals de “*Sniper Targeting Pod*”. De piloot krijgt zijn informatie via de HUD (*Head-Up Display*), twee MFD's (*Multi Function Display*) en het JHMCS (*Joint Helmet*

et la distance de « *break-away* » sont calculés par l'ordinateur de tir et affichés sur l'écran radar. Ces informations sont également affichées sur le viseur optique/infrarouge⁸.

3.4.3. F-16 Fighting Falcon, une (r)évolution digitale

En 1979 apparaît le remplaçant du F-104 : le F-16, un avion qui s'appuie entièrement sur des ordinateurs numériques pour le fonctionnement de ses commandes et de son armement. Au cours des quarante années suivantes, l'avion connaît une évolution majeure, le matériel et le logiciel étant constamment modifiés pour accroître considérablement ses capacités. Le MMC (*Modular Mission Computer*) constitue le cœur du système et est essentiel pour la navigation, l'interface pilote-machine et l'utilisation de l'armement. Le MMC traite les données provenant du radar, de la plateforme inertielle, du GPS et d'autres capteurs tels que le « *Sniper Targeting Pod* ». Le pilote reçoit ses informations via le HUD (*Head-Up Display*), deux MFD (*Multi Function*



JHMCS (Joint Helmet Mounted Cueing System).



F-16 cockpit with two MFD (Multi Function Display) and HUD (Head-Up Display).

Mounted Cueing System). Bovendien is het vliegtuig uitgerust met het “*Link 16 Joint Tactical Information Distribution System*”, wat betekent dat het permanent informatie kan uitwisselen met andere vliegtuigen en met grondstations. Dit alles maakt dat de F-16 een breed gamma van geleide precisiewapens kan inzetten.

3.4.4. De F-35 Lighting II, sensor fusion and network-centric warfare

De elektronica van de F-35 is erop gericht het omgevingsbewustzijn (*situational awareness*) van de piloot te optima-

Display) et le JHMCS (*Joint Helmet Mounted Cueing System*). En outre, l'avion est équipé du système « *Link 16 Joint Tactical Information Distribution System* », ce qui signifie qu'il peut échanger en permanence des informations avec d'autres avions et avec des stations au sol. Tout cela permet au F-16 d'utiliser une large gamme d'armes guidées de précision.

3.4.4. F-35 Lighting II, sensor fusion and network-centric warfare

L'électronique du F-35 vise à optimiser la perception situationnelle du pilote (*situational awareness*) et à faciliter la

8. Het infrarood tracking systeem projecteert een afbeelding van het doel op het vizier zodat men kan vuren zonder visueel contact.

8. Le système de suivi infrarouge projette une image de la cible sur le réflecteur, ce qui permet de tirer sans contact visuel.

L'évolution de l'armement aérien

liseren en “*network-centric warfare*”⁹ te faciliteren. De informatie wordt verworven via verschillende sensoren: de AN/APG-81 AESA¹⁰ radar, het AN/ASQ-239 Barracuda elektronisch oorlogsvoering systeem, het AN/AAQ-37 *Distributed Aperture System* (DAS), het AN/AAQ-40 *Electro-Optical Targeting System* (EOTS) en de *Communications, Navigation and Identification* (CNI) suite. De piloot krijgt de vlucht- en gevechtinformatie via het HMD-systeem, en niet meer via de HUD, die bij de F-35 afwezig is.

« *network-centric warfare* »⁹. L'information est acquise grâce à plusieurs capteurs : le radar AN/APG-81 AESA¹⁰, le système de guerre électronique AN/ASQ-239 Barracuda, l'AN/AAQ-37 *Distributed Aperture System* (DAS), l'AN/AAQ-40 *Electro-Optical Targeting System* (EOTS) et la suite *Communications, Navigation and Identification* (CNI). Le pilote reçoit les informations de vol et de combat via le système HMD, plutôt que via le HUD, qui est absent dans le F-35.



The F-35 glass cockpit with multifunctional touchscreen.

De radar kan verschillend doelen terzelfdertijd volgen op een afstand van 150 km en maakt ook deel uit van het elektronisch oorlogsvoering systeem. De DAS bestaat uit zes infrarood sensoren, geeft alarm bij het ontdekken van het afvuren van een vijandelijke missile en voorziet het helmvizier ook van all-round infrarood en nachtzicht beelden. Het Barracuda systeem heeft tien in de vleugels en staart ingewerkte antennes die functioneren als een *all-aspect radar warning receiver* (RWR). De EOTS is ingebouwd onder de neus en verzekert laser doelaanduiding, infrarood beelden (FLIR (*Forward Looking InfraRed*) enIRST (*Infrared Search and Track*) op lange afstand. Al deze informatie kan

Le radar peut suivre différentes cibles en même temps à une distance de 150 km et fait également partie du système de guerre électronique. Le DAS se compose de six capteurs infrarouges, émet une alarme lorsqu'il détecte le tir d'un missile ennemi et fournit également à la visière du casque des images infrarouges et de vision nocturne « *all-round* ». Le système Barracuda comporte dix antennes intégrées dans les ailes et la queue ; c'est un « *all-aspect radar warning receiver* » (RWR). L'EOTS est intégré sous le nez et assure la désignation laser de la cible, les images infrarouges FLIR (*Forward Looking InfraRed*) etIRST (*Infrared Search and Track*) à longue portée. Toutes ces informations peuvent être

9. *Network-centric warfare* laat toe de informatie van verscheidene bronnen real-time te combineren, en aldus gerichte en gecoördineerde actie te ondernemen met meerdere actoren.
10. AESA radar: *Active Electronically Scanned Array radar*. Een radar zonder bewegende delen waar de scan elektronisch gebeurt.

9. La guerre réseau-centrée (*network centric warfare*) permet de combiner des informations provenant de plusieurs sources en temps réel, permettant ainsi une action ciblée et coordonnée avec de multiples acteurs.
10. Radar AESA : *Active Electronically Scanned Array radar*. Un radar sans pièces mobiles où le balayage est effectué électroniquement.

via de CNI met andere vliegtuigen en grondstations gedeeld worden zonder de stealth eigenschappen te compromitteren.

4. Operationele aspecten (WDB)

4.1. Concept

De evolutie in de lucht-lucht vliegtuigbewapening had belangrijke gevolgen, niet enkel voor het verdedigings concept, maar ook in het ontwerpen van vliegtuigtypes, en in de training van de piloten.

Zoals hierboven beschreven heeft de NAVO haar verdedigingsconcept aangepast aan de introductie van de SAM's. De doeltreffendheid van deze grond-luchtraketten was veelbelovend en reeds in het begin van de jaren 60 leek de toekomst van de onderscheppingsjagers zeer twijfelachtig.

Maar conflicten, zoals in Vietnam, toonden ook de zwakheden van de SAM's. De eerste generaties konden vrij eenvoudig ontweken worden wanneer de piloot tijdig de missile had opgemerkt. Ook werd het systeem vrij vlug verzadigd wanneer men een vloot van aanvallers moest intercepteren. Daarbij kwam nog de beperking dat SAM's niet konden gebruikt worden in een *“mixed environment”*, meer bepaald, wanneer vliegtuigen van beide partijen het met elkaar aan de stok kregen. Het verdedigingsconcept van de NAVO voorzag een theoretische splitsing van de interceptiezones maar het bleek al spoedig dat de zones die het dichtst bij de demarcatielijn lagen zeer kwetsbaar waren voor massale aanvallen. Bovendien waren de niet-mobiele SAM sites kwetsbaar voor grond- en luchtaanvallen (*SEAD - Suppression of Enemy Air Defence*).

Alhoewel de introductie van de SAM ongetwijfeld een meerwaarde betekende voor de luchtverdediging was er dus nog een toekomst weggelegd voor de onderscheppingsjagers.

4.2. De infrarood geleide lucht-lucht missies (IR/AIM)

Wanneer bleek dat een SAM gordel niet sluitend was en moest aangevuld worden met jachtvliegtuigen, is men meer aandacht gaan besteden aan de lucht-lucht missies. Maar, zoals met de SAM's, heeft men in het beginstadium de doeltreffendheid ervan fel overschat. Zo zag men de geboorte van de F-104 Starfighter, die ontworpen werd voor *“hit-and-run”* aanvallen met IR/AIM. De F-4 Phantom werd gebouwd zonder boordkanon.

Gedurende de Vietnamoorlog bleek al spoedig dat de eerste generatie IR/AIM's weinig doeltreffend waren. De infrarood zoekers waren te gevoelig voor interferentie vanwege andere warmtebronnen, inclusief voor de zonnestraling en diverse reflecties op de grond. Men moest dus tijdens de confrontaties terug naar de basics, trachten de tegenstanders uit de lucht te halen met het boordkanon. De Starfighter, die met zijn hoge vleugelbelasting de mindere was van de

partagées avec d'autres avions et stations au sol via le CNI sans compromettre les caractéristiques de furtivité.

4. Aspects opérationnels (WDB)

4.1. Concept

L'évolution de l'armement air-air des avions a eu des conséquences importantes non seulement sur le concept de défense, mais aussi sur la conception des types d'avions et sur la formation des pilotes.

Comme décrit ci-dessus, l'OTAN a adapté son concept de défense à l'introduction des SAM. L'efficacité de ces missiles sol-air était prometteuse, et déjà au début des années 1960, l'avenir des intercepteurs semblait très douteux.

Mais les conflits, comme celui du Vietnam, ont également montré les faiblesses des SAM. Les premières générations de SAM pouvaient être esquivées assez facilement si le pilote repérait le missile à temps. Le système est également saturé assez rapidement lorsqu'il faut intercepter une multitude d'attaquants. À cela s'ajoute la restriction selon laquelle les SAM ne peuvent pas être utilisés dans un « environnement mixte », plus précisément lorsque des avions des deux camps s'affrontent. Le concept de défense de l'OTAN prévoyait une division théorique des zones d'interception, mais il est vite apparu que les zones les plus proches de la ligne de démarcation sont très vulnérables aux attaques de masse. En outre, les sites SAM non mobiles sont vulnérables aux attaques, terrestres ou aériennes (*SEAD - Suppression of Enemy Air Defence*).

Ainsi, bien que l'introduction du SAM ait incontestablement apporté une valeur ajoutée à la défense aérienne, les intercepteurs ont encore de l'avenir.

4.2. Missiles air-air à guidage infrarouge (IR/AIM)

Lorsqu'il devient évident qu'une ceinture de SAM n'est pas étanche et doit être complétée par des avions de chasse, on commence à accorder plus d'attention aux missiles air-air. Mais au début, comme pour les SAM, on surestime largement leur efficacité. C'est ainsi que naît le F-104 Starfighter, conçu pour les attaques *« hit and run »* avec IR/AIM. Le F-4 Phantom a été construit sans canon embarqué.

Pendant la guerre du Vietnam, la première génération d'IR/AIM se révèle rapidement peu efficace. Les détecteurs infrarouges sont trop sensibles aux interférences d'autres sources de chaleur, notamment au rayonnement solaire et aux diverses réflexions sur le sol. Il faut donc revenir aux fondamentaux lors des affrontements, en essayant d'abattre les adversaires avec le canon embarqué. Le Starfighter, qui avec sa charge alaire élevée est inférieur au MiG-21 en combat rapproché, est rappelé et les Phantom sont équipés d'un canon embarqué.

L'évolution de l'armement aérien

MiG-21 in close combat, werd teruggeroepen en de Phantoms werden uitgerust met een boordkanon.

Tijdens de jaren '60 was de competitie tussen de verschillende blokken om de betere en meer doeltreffende AIM's te bouwen volop aan de gang. In het technisch gedeelte hierboven vermeldt Lionel Gabriel dat China een Taiwanese AIM-9 kon recupereren en zodat de Sovjet-Unie die kon namaken. Een ander staaltje van "industriële spionage" deed zich voor op de vliegbasis Neuburg in Zuid-Duitsland. Het verhaal klinkt hilarisch, maar is echt gebeurd.

Op een mistige avond in oktober 1967 konden drie Duitsers binnendringen op de basis, dankzij een toegangspas van één van hen. Ze vonden een AIM-9 in een munitiedepot, legden die in een kruiwagen en reden de hele baan af voordat ze het tuig buiten de basis in een Mercedes sedan konden laden. Omdat de missile te lang was om in de wagen te schuiven, braken zij de achterruit. Ze bedekten het gedeelte van de missile dat buiten de wagen stak met een tapijt en hingen een lap rode stof aan het uiteinde.

Onderweg naar huis werd de wagen door de politie gestopt maar onze drie kompanen konden die overtuigen dat ze op weg waren naar de bierfeesten om die zogezegde "mock-up" in één van de kroegen op te stellen. Na een alcoholcontrole konden ze hun weg verderzetten. Eens terug thuis werd de missile ontmanteld, verpakt en naar Moskou gestuurd via luchtpost; verzendkosten 79,25 dollar.

De drie kompanen werden in 1968 door de West-Duitse autoriteiten gearresteerd en in 1970 veroordeeld tot vier jaar gevangenisstraf. Lang zou hun verblijf in de gevangenis niet duren, bij een gevangenenruil voor westerse spionnen werden ze augustus 1971 vrijgelaten.

Ook de Israëli ontwierpen hun eigen A/A missile, de Shafrir-2. Gedurende de Yom Kippur oorlog in 1973 werden 176 van deze tuigen afgevuurd die niet minder dan 89 Arabische vliegtuigen uit de lucht haalden. Vanaf dan werd er duidelijk dat de A/A missile het prioritaire wapen werd in luchtgevechten.

En de IR/AIM missiles bleven verbeteren. Waar destijds de as van missile door de piloot moest opgelijnd worden met het doel, werd een *off-bore* capaciteit ingebouwd. Dankzij het "Helmet Mounted Cueing System" kan de piloot de IR kop van de missile nu vergrendelen op een doel dat zich dat zich buiten de vliegkas van het vliegtuig bevindt. Na het afvuren zal de missile zich richten naar het vooraf aangewezen doel.

Bij een F-35 gaat men nog verder; het *Helmet Mounted Display System* (HMDS) ontvangt signalen van de verschillende camera's en sensoren op het vliegtuig. De piloot kan dus zien wat onder of achter het vliegtuig gebeurt en zijn gegevens doorgeven aan de zoekkop van de missile via het cueing systeem. Zo kan een IR/AIM afgevuurd worden naar een vliegtuig dat buiten het normale gezichtsveld van de piloot evolueert, ook naar een toestel dat zich achter de F-35 bevindt.

Au cours des années 1960, la concurrence est rude entre les différents blocs pour construire les AIM les plus performants et les plus efficaces. Dans la section technique ci-dessus, Lionel Gabriel mentionne que la Chine a pu récupérer et reproduire un AIM-9 taiwanais et ainsi permettre à l'Union soviétique de le répliquer. Un autre exemple d'« espionnage industriel » s'est produit sur la base aérienne de Neuburg, dans le sud de l'Allemagne. L'histoire semble hilarante, mais elle s'est vraiment produite.

Par une soirée brumeuse d'octobre 1967, trois Allemands s'introduisent dans la base, grâce au laissez-passer de l'un d'entre eux. Ils trouvent un AIM-9 dans un dépôt de munitions, le mettent dans une brouette qu'ils poussent jusqu'au bout de la piste avant de le charger dans une berline Mercedes à l'extérieur de la base. Comme le missile est trop long pour être glissé dans la voiture, ils cassent la vitre arrière. Ils recouvrent la partie du missile dépassant à l'extérieur de la voiture d'un tapis et accrochent un morceau de tissu rouge à l'extrémité.

En chemin, la voiture est arrêtée par des policiers, mais nos trois compagnons réussissent à les convaincre qu'ils se rendent aux fêtes de la bière pour installer cette soi-disant « maquette » dans l'un des pubs. Après un contrôle d'alcoolémie, ils peuvent poursuivre leur route. Une fois rentré chez eux, le missile est démonté, emballé et envoyé à Moscou par avion ; les frais d'expédition s'élèvent à 79,25 dollars.

Les trois compagnons sont arrêtés par les autorités ouest-allemandes en 1968 et condamnés à quatre ans de prison en 1970. Leur séjour en prison ne durera pas longtemps ; lors d'un échange de prisonniers contre des espions occidentaux, ils sont libérés en août 1971.

Les Israéliens également conçoivent leur propre missile A/A, le Shafrir-2. Pendant la guerre du Kippour en 1973, 176 de ces engins sont tirés, abattant pas moins de 89 avions arabes. Dès lors, il semble évident que le missile A/A devient l'arme prioritaire dans le combat aérien.

Et les missiles IR/AIM continuent de s'améliorer. Alors qu'à l'époque, l'axe du missile doit être aligné sur la cible par le pilote, une capacité « *off-bore* » est incorporée. Grâce au système « *Helmet Mounted Cueing System* », le pilote peut désormais verrouiller la tête IR du missile sur une cible située en dehors de l'axe de vol de l'avion. Après le tir, le missile se dirige vers la cible pré-désignée.

Sur le F-35, on va encore plus loin : le HMDS (*Helmet Mounted Display System*) reçoit les signaux des différentes caméras et capteurs de l'avion. Le pilote peut donc voir ce qui se passe sous ou derrière l'avion et transmettre ses données à la tête chercheuse du missile via le système de repérage (*cueing*). Ainsi, un IR/AIM peut être tiré vers un aéronef évoluant hors du champ de vision normal du pilote, y compris vers un aéronef situé derrière le F-35.



IAF Mirage IIIC with 13 victories during the Yom Kippur war. The Shafrir-2 proved its efficiency.

4.3. De BVR (Beyond Visual Range) Missiles

Waar de IR/AIM missiles gebruikt worden binnen het visuele spectrum van de piloot en de infraroodzoeker van de missile, kan de BVR afgevuurd worden op doelen die zich ver buiten het gezichtsveld van de piloot bevinden.

De eerste generatie van deze AA missiles waren *beamriders* (Phoenix). Na het afvuren volgde de missile de radarstraal van het moedervliegtuig dat het doel blijvend moest belichten gedurende de ganse vlucht van de missile. Gedurende die fase moest de piloot zijn vliegtuig stabiel houden wat het zeer kwetsbaar maakte.

4.3. Les missiles BVR (Beyond Visual Range)

Alors que les missiles IR/AIM sont utilisés dans le spectre visuel du pilote et de l'autodirecteur infrarouge du missile, le missile BVR peut être tiré sur des cibles bien au-delà de la portée visuelle du pilote.

La première génération de ces missiles AA était des « *beamriders* » (Phoenix). Après le tir, le missile suit le faisceau radar de l'avion parent qui doit éclairer en permanence la cible pendant tout le vol du missile. Pendant cette phase, le pilote doit maintenir son avion stable, ce qui le rend très vulnérable.

F-15 firing the AIM-120 AMRAAM.



Nadien is men overgestapt naar het “*fire and forget*” concept; de missile, zoals de AIM-120 AMRAAM werd uitgerust met een eigen radar en, eens afgevuurd, kan de piloot zich met andere zaken bezighouden, onder andere met zelfverdediging. Een AMRAAM kan een doel vernietigen op een maximale afstand van 160 km.

Maar er zit meer in de pipeline. De AIM-260 *Joint Advanced Tactical Missile* (JATM) die voorzien is om de F-35 uit te rusten zou een theoretische reikwijdte hebben van maximaal 200 km.

Par la suite, on passe au concept « *fire and forget* » ; le missile, tel que l'AIM-120 AMRAAM, est équipé de son propre radar et, une fois tiré, le pilote peut s'occuper d'autre chose, notamment de l'autodéfense. Un AMRAAM peut détruire une cible à une distance maximale de 160 km.

Mais il y a plus dans le pipeline. L'AIM-260 JATM (*Joint Advanced Tactical Missile*) prévu pour équiper le F-35 aurait une portée théorique pouvant atteindre 200 km.

4.4. Identificatie

Het spreekt vanzelf dat er bepaalde problemen gekoppeld zijn aan het inzetten van BVR missiles op grote afstanden.

In de eerste plaats moet men zeker zijn dat men vuurt op een vijandelijk vliegtuig. Daarvoor gebruikt men voor het ogenblik het “*transponder*” concept dat reeds van toepassing was bij het inzetten van de SAM's. Bevriende vliegtuigen sleutelen een bepaalde code in de IFF (*Identification Friend or Foe*) module en de radar van het jachtvliegtuig is uitgerust om die code te ontcijferen. In de toekomst, zoals met de F-35, zal men overschakelen naar een systeem waarbij de radar van de onderscheppingsjager het radarprofiel van de aanvaller kan identificeren. De piloot kan dus zien met welk type vliegtuig hij te maken heeft.

Een tweede belangrijk punt is dat het jachtvliegtuig over een zeer krachtige radar moet beschikken om de vijandelijke vliegtuigen op dergelijke op grote afstanden te kunnen “zien”. Voor de F-35 voorziet men een oplossing bij de uitwisseling van informatie. Een andere F-35, die zich dicht bij het doelwit bevindt, kan alle gecapteerde informatie gecodeerd doorsturen naar een collega die op zijn beurt zijn wapenplatform kan activeren (*sensor fusion and network-centric warfare*). Met een aantal F-35 in vlucht krijgt men dus een volledig beeld van het luchtruim waarin men opereert.

4.5. Training Piloten

Tijdens het Vietnam conflict was het ook duidelijk geworden dat de piloten moesten getraind worden om de sterke punten van hun eigen vliegtuig beter te benutten tegenover de zwakkere punten van de tegenstanders. De Amerikaanse Navy begon als eerste met het organiseren van DACT (*Dissimilar Air Combat Training*) sessies, beter gekend als “*Top Gun*”. Bij dergelijke training worden confrontaties geënceneerd tussen twee verschillende vliegtuigtypes. De USAF volgde later met het oprichten van “*Aggressor Squadrons*”.

De Top Gun cursussen hadden het voordeel dat ze zich konden beroepen op de ervaring van de deelnemende Israëlische piloten die betrokken waren, zowel in de luchtgevechten tijdens de Yom Kippur oorlog in 1973 als tijdens de oorlog in Libanon in 1982.

De Yom Kippur oorlog was een verrassingsaanval vanwege de Arabische buurlanden van Israël. In de beginfase werden een aantal vliegtuigen verloren, maar eens de machine op gang, werd de IAF (*Israeli Air Force*) dominant tijdens de lucht-lucht confrontaties. Ze haalden niet minder dan 330 Arabische vliegtuigen neer en verloren er zelf slechts vier. Een gelijkaardige situatie deed zich voor tijdens het conflict in Libanon in 1982. De lucht-lucht confrontaties tussen de IAF en de Syrische luchtmacht duurden slechts twee dagen en in totaal werden 82 Syrische gevechtsvliegtuigen

4.4. Identification

Évidemment, l'utilisation de missiles BVR à longue portée pose certains problèmes.

Tout d'abord, il faut être sûr que l'on tire sur un avion ennemi. Pour cela, on utilise actuellement le concept de « transpondeur » qui était déjà d'application lors du déploiement des SAM. Les pilotes des avions amis introduisent un certain code dans le module IFF (*Identification Friend or Foe*) et le radar du chasseur est équipé pour déchiffrer ce code. À l'avenir, comme sur le F-35, on passera à un système où le radar du chasseur-intercepteur pourra identifier le profil radar de l'attaquant. Le pilote pourra ainsi savoir à quel type d'avion il a affaire.

Un deuxième point important est que le chasseur doit disposer d'un radar très puissant pour « voir » les avions ennemis à de si grandes distances. Pour le F-35, une solution d'échange d'informations est envisagée. Un autre F-35 plus proche de la cible peut transmettre à un collègue, sous forme codée, toutes les informations acquises ; collègue qui, à son tour, peut activer sa plate-forme d'armes (*sensor fusion and network-centric warfare*). Ainsi, avec un certain nombre de F-35 en vol, on obtient une image complète de l'espace aérien dans lequel on opère.

4.5. Formation des pilotes

Pendant le conflit du Vietnam, il est également devenu évident que les pilotes devaient être formés pour mieux utiliser les points forts de leurs propres avions par rapport aux faiblesses de leurs adversaires. La marine américaine est la première à commencer à organiser des sessions de DACT (*Dissimilar Air Combat Training*), plus connues sous le nom de « Top Gun ». Cet entraînement consiste à mettre en scène des confrontations entre deux types d'aéronefs différents. L'USAF a ensuite suivi le mouvement en créant des « *Aggressor Squadrons* ».

Les cours Top Gun ont eu l'avantage de pouvoir s'appuyer sur l'expérience des pilotes israéliens participants qui avaient été impliqués dans les combats aériens pendant la guerre du Kippour en 1973 et pendant la guerre du Liban en 1982.

La guerre du Kippour est une attaque surprise par les voisins arabes d'Israël. Un certain nombre d'avions sont perdus dans la phase initiale, mais une fois la machine lancée, l'IAF (*Israeli Air Force*) prend le dessus lors des confrontations air-air. Ils abattent pas moins de 330 avions arabes et n'en perdent eux-mêmes que quatre. Une situation similaire se produit lors du conflit de 1982 au Liban. Les affrontements air-air entre l'IAF et l'armée de l'air syrienne ne durent que deux jours et un total de 82 chasseurs syriens sont abattus tandis que les pertes israéliennes se limitent à un A-4 Skyhawk et deux hélicoptères, abattus par l'artillerie terrestre.

De evolutie van de vliegtuigbewapening

neergehaald terwijl de Israëlische verliezen beperkt bleven tot één A-4 Skyhawk en twee helikopters, die neergehaald werden door grondgeschut.

De Top Gun aanpak werkte. En die aanpak was gebaseerd op de techniek die Erich Hartmann reeds toepaste tijdens de operatie Barbarossa in Rusland tijdens WO2: behoud zoveel mogelijk energie (hoogte en snelheid) tijdens de confrontatie; laat u nooit meesleuren in een *close combat*.

Het was moeilijk om de geroutineerde jachtpiloten van deze aanpak te overtuigen. Het waren diegenen die vlogen met “*the seat of the pants*”, met “*Fingerspitzengefühl*”, zoals geleerd door de RAF-anciens. Voor hen was een missile kill geen echte sport... maar wanneer ze geconfronteerd werden met de resultaten van de IAF moesten ze vlug hun kritiek inslikken.

L'approche de Top Gun fonctionne. Et cette approche est basée sur la technique déjà utilisée par Erich Hartmann lors de l'opération Barbarossa en Russie pendant la Seconde Guerre mondiale : conserver le plus d'énergie (hauteur et vitesse) possible pendant la confrontation et ne jamais se laisser emmener dans un combat rapproché (ou « *dogfight* »).

Il fut difficile de convaincre de cette approche les pilotes de chasse expérimentés. Ils étaient de ceux qui volaient avec « *the seat of the pants* », avec le « *Fingerspitzengefühl* », comme l'enseignaient les anciens de la RAF. Pour eux, un « *missile kill* » n'est pas un vrai sport... mais lorsqu'ils furent confrontés aux résultats de l'IAF, ils durent rapidement ravalier leurs critiques.

ACMI debriefing.
The entire flight is recomposed
in the briefing room.



Ook was het invoeren van ACMI-oefeningen (*Air Combat Maneuvering Instrumentation*) een eye-opener. Deze oefeningen gebeuren in een bepaalde zone waarin de vliegtuigen nauwkeurig gevolgd worden door diverse tracking sensoren.. Eens terug op de grond wordt de volledige vlucht opnieuw samengesteld op een driedimensionaal scherm. Het werd zeer duidelijk dat de overgrote meerderheid van de kills verwezenlijkt werd door lucht-lucht missies. Dit was de bevestiging dat, bij een toekomstig conflict, de inzet van missies bepalend zou zijn voor de uitkomst van de confrontaties.

4.6. Stealth

Voor al bij de inzet van BVR-wapens wordt het duidelijk dat bij een lucht-lucht confrontatie de eerste die zijn tegenstander kan opmerken een enorm voordeel heeft t.o.v. zijn opponent. Daarom worden moderne jachtvliegtuigen zodanig ontworpen dat ze moeilijk detecteerbaar zijn door hun tegenstanders (*Stealth*). Er zijn echter ook nadelen verbonden aan dit concept; de Stealth capaciteit wordt verloren wanneer men uitwendige stores meeneemt en het zeer speciaal profiel heeft een invloed op de wendbaarheid van het toestel. Het eerste probleem wordt opgelost door het toestel te ontwerpen met inwendige bewapening en een belangrijke inwendige brandstofcapaciteit. Dat is ook

L'introduction des exercices ACMI (*Air Combat Maneuvering Instrumentation*) a également ouvert les yeux. Ces exercices se déroulent dans une zone particulière où les avions sont suivis de près par divers capteurs de localisation. Une fois de retour au sol, l'ensemble du vol est recomposé sur un écran tridimensionnel. Il est devenu très clair que la grande majorité des « *kills* » est obtenue par des missiles air-air. C'est la confirmation que, dans un futur conflit, l'utilisation de missiles déterminera l'issue des affrontements.

4.6. Stealth

En particulier lors de l'utilisation d'armes BVR, il devient évident que dans une confrontation air-air, le premier qui peut détecter son adversaire a un énorme avantage sur celui-ci. C'est pourquoi les chasseurs modernes sont conçus pour être difficiles à détecter par leurs adversaires (*Stealth*). Cependant, ce concept présente des inconvénients : la capacité Stealth est perdue lors de l'emport de charges externes et le profil très particulier affecte la manœuvrabilité de l'avion. Le premier problème est résolu en concevant l'avion avec un armement interne. C'est également l'une des raisons pour lesquelles le F-35 a été conçu avec un seul moteur et une grande capacité interne de carburant, de sorte que sa consommation et sa « *sustainability* » sont nettement meilleures que celles des avions bimoteurs tels le Rafale et le Typhoon.

één van de reden waarom de F-35 ontworpen werd met één motor en ruime inwendige brandstoftanks zodat het verbruik en de "sustainability" merklijk beter zijn dan bij tweemotorige toestellen zoals de Rafale en de Typhoon.

Het tweede probleem wordt opgelost door de betere bewapening die vanop afstand kan ingezet worden. Wanneer men de Top Gun techniek toepast laat de piloot zich nooit verleiden tot "close combat" met een beter wendbaar toestel.

4.7. Elektronische bescherming (ECM - Electronic Counter Measures)

Het spreekt vanzelf dat de elektronica een zeer belangrijke rol zal spelen in lucht-lucht confrontaties. Er stelt zich niet enkel het probleem van zelfbescherming. De vliegtuigen zijn uitgerust met sensoren die aan de piloot een verwittiging geven wanneer hetzij infrarood of radargeleide raket op hem wordt afgevuurd en beschikt ook over bepaalde middelen om dergelijke missiles te misleiden of te ontwijken. Anderzijds wordt de technologie van deze missiles zodanig ingesteld dat zij zoveel mogelijk kunnen weerstaan aan de elektronische beschermingsmiddelen van het doelwit. Dit wordt dus een kat-en-muisspel; diegene die over de meest geavanceerde ECM-middelen beschikt heeft een groot voordeel in het luchtgevecht.

Elektronische oorlogsvoering wordt dus een zeer belangrijk element bij toekomstige lucht-luchtconfrontaties. Dit is ook de reden waarom zowel de gegevens zeer geheim worden gehouden en de personen die hiermee omgaan over een speciale toegangscodes zullen moeten beschikken.

5. Besluit

Vliegtuigen waarmee men een Cobra manoeuvre kan uitvoeren tijdens een vliegshow zijn niet noodzakelijk de beste tijdens operaties. Een jachtvliegtuig is niet meer van het type dat we ons inbeeldden voor en tijdens de Koude Oorlog; klein, handig, vlug, wendbaar, bestuurd door piloten die het natuurlijk gevoel, de skills, hebben om deze toestellen op de limiet te manoeuvreren.

De toekomstige luchtoorlog ziet er helemaal anders uit dan diegene die onze ancients beleefd hebben. Het huidige jachttoestel is een wapenplatform dat uitgerust is met de meest recente technologie. En die technologie laat toe om lucht-lucht confrontaties uit te voeren op respectabele afstanden.

De piloot moet die technologie volledig beheersen en zeer goed weten hoe hij die het best kan aanwenden tegenover een mogelijke tegenstander. De jachtpiloten van vandaag moeten dus meer hebben dan "Fingerspitzengefühl", ze moeten ook nog een grondige kennis hebben van de mogelijkheden en zwakheden van de wapensystemen van zowel vriend als vijand en de geometrie van de onderschepping volledig beheersen.

Le second problème est résolu par de meilleurs armements qui peuvent être utilisés à grande distance. Lorsque les techniques de combat Top Gun sont appliquées, le pilote n'est jamais tenté par un « *close combat* » (*dogfight*) avec un avion plus maniable.

4.7. Protection électronique (ECM - Electronic Counter Measures)

Il va sans dire que l'électronique jouera un rôle très important dans les confrontations air-air. Il n'y a pas seulement le problème de l'autoprotection. Les avions sont équipés de capteurs qui avertissent le pilote lorsque des missiles à guidage infrarouge ou radar sont tirés sur lui, mais ils disposent également de certains moyens pour tromper ou éviter ces missiles. D'autre part, la technologie de ces missiles est conçue pour résister le plus possible aux moyens ECM de la cible. Cela devient donc un jeu du chat et de la souris ; celui qui possède les moyens ECM les plus avancés bénéficie d'un grand avantage dans la bataille aérienne.

Les moyens de guerre électronique deviendront donc un élément très important dans les futures confrontations air-air. C'est également la raison pour laquelle les données seront gardées hautement secrètes et que les personnes qui les manipuleront devront disposer de codes d'accès spéciaux.

5. Conclusion

Les avions avec lesquels on peut effectuer une manoeuvre Cobra lors d'un spectacle aérien ne sont pas nécessairement les meilleurs pendant les opérations. Un avion de combat n'est plus le type d'avion que nous imaginions avant et pendant la guerre froide : petit, maniable, rapide, agile, piloté par des pilotes qui ont le doigté naturel, les compétences, pour manoeuvrer ces appareils jusqu'à leur limite.

La guerre aérienne du futur est complètement différente de celle qu'ont connue nos ancients. L'avion de combat d'aujourd'hui est une plate-forme d'armes équipée de la technologie la plus récente. Et cette technologie permet de réaliser des confrontations air-air à des distances respectables.

Le pilote doit avoir une maîtrise totale de cette technologie et très bien savoir comment l'utiliser contre un adversaire potentiel. Les pilotes de chasse d'aujourd'hui ne doivent donc pas se contenter du « *Fingerspitzengefühl* », ils doivent également avoir une connaissance approfondie des capacités et des faiblesses de leur propre système d'armes et de celles de leurs adversaires et maîtriser parfaitement la géométrie de l'interception.





Aircraft of the Belgian Air Force

History of all aircraft and helicopters
flown by the Belgian Air Force since 1946



Door Kurt Verwilligen & Nico Deboeck.
Met een boodschap van Zijne Majesteit Koning Filip.
Inleiding door Generaal-majoor vlieger Thierry Dupont,
commandant van de Luchtcomponent.
280+ pagina's in kleur en zwart/wit.
Hardcover, liggend formaat (landscape).
275 x 245 mm. ISBN 978-9-464517-05-7.

Er is een traditie bij de Luchtmacht: bij elke belangrijke verjaardag wordt een boek uitgegeven. En voor de 75^{ste} verjaardag is deze traditie in ere gehouden. Zoals de auteurs stellen "geeft dit boek een overzicht van alle vliegtuigen en helikopters die sinds 1946 onder de Belgische militaire kleuren hebben gediend". Dus niet alleen de vliegtuigen van de Luchtmacht worden bekeken, maar ook enkele van de Landmacht en zelfs één van de Zeemacht. Hiervoor waren zo'n 250 pagina's nodig.

Het verhaal begint in 1946 met de Tiger Moth, Dakota, Spitfire, Miles Martinet en D.H. Dominie en eindigt in 2020 met de Airbus A400M en A330 MRTT. Maar toekomstige projecten worden niet vergeten: de MQ-9B SkyGuardian en de F-35A Lightning II maken al deel uit van de "review".

Elke machine wordt gepresenteerd op 2 tot 8 pagina's, het aantal pagina's hangt wat af van het aantal vliegtuigen in dienst of de duur van hun carrière. Prachtige grote foto's en een kleurenprofiel illustreren elke "CV". De tekst is drietalig, Nederlands, Frans en Engels, terwijl de fotobijschriften in het Engels zijn.

Het boek is verkrijgbaar in alle goede boekhandels, waaronder Standaard Boekhandel of Club. Het is ook te koop in het Legermuseum in Brussel.

Must Have !
D. Waelkens

Par Kurt Verwilligen & Nico Deboeck.
Avec un message de Sa Majesté le Roi Philippe.
Introduction par le Général-major aviateur
Thierry Dupont, commandant de la Composante Air.
280+ pages en couleur et noir/blanc.
Hardcover, format à l'italienne (landscape).
275 x 245 mm. ISBN 978-9-464517-05-7.

Il est une tradition à la Force Aérienne : à chaque anniversaire important, un livre est publié. Et pour les 75 ans, cette tradition a été respectée. Comme le mentionnent les auteurs, "ce livre donne un aperçu de tous les avions et hélicoptères qui ont servi sous les couleurs militaires belges depuis 1946". Ce sont donc non seulement les appareils de la Force Aérienne qui sont passés en revue mais aussi quelques-uns de la Force terrestre et même un de la Force navale. Pour ce faire, il a quand même fallu quelque 250 pages.

L'histoire commence en 1946 avec les Tiger Moth, Dakota, Spitfire, Miles Martinet et D.H. Dominie pour se terminer en 2020 avec les Airbus A400M et A330 MRTT. Mais les projets futurs ne sont pas oubliés : les MQ-9B SkyGuardian et F-35A Lightning II font déjà partie de la revue.

Chaque machine est présentée sur 2 à 8 pages, le nombre de pages étant un peu en fonction du nombre d'avions en service ou de la longévité de leur carrière. De superbes photos grand format ainsi qu'un profil en couleur illustrent chaque "CV". Le texte est trilingue, français, néerlandais et anglais tandis que les légendes des photos sont en anglais.

Le livre est disponible dans toutes les bonnes librairies, e.a. chez Club ou Standaard Boekhandel. Il est également en vente au Musée de l'Armée à Bruxelles.

Must Have !
D. Waelkens