LE SYSTÈME D'ARME

NIKE

EN FRANCE.

(Armée de Terre)

GASTON J. DESSORNES

@ G&E Ent. 2014

SOMMAIRE

PRÉAMBULE

1- GENÈSE DU SYSTÈME.

GÉNÉRALITÉS
AAFCS M-33.
BOMBARDIERS NUCLÉAIRES SOVIÉTIQUES
RADAR M-33.
BOMARC.

2- MISSILE AJAX

TECHNOLOGIE.
LE MOTEUR DE SUSTENTATION ET BOOSTERS.
CARBURANT-COMBURANT.
CHARGES MILITAIRES.
CALCULATEUR.
CARACTÉRISTIQUES AJAX.
SERVICE DU MISSILE.
PHASES DU TIR AJAX.

3- MISSILE HERCULES

TECHNOLOGIE.
PRINCIPE GÉNÉRAL.
CARACTÉRISTIQUES NIKE-HERCULES.
LE TIR DU MISSILE.
CHARGES MILITAIRES
TÉLÉCOMMANDE DU MISSILE.
BOOSTER HERCULES.
TIR SOL-SOL.

4- ZONE DE CONDUITE DE TIR

BC-VAN & CONSOLES.
RC-VAN & CONSOLES.

Radars :

RADAR DE POURSUITE D'OBJECTIF TTR.
RADAR DE POURSUITE DE MISSILE MTR.
MÂT DE COLLIMATION.
MISE EN BATTERIE ET ALIGNEMENTS TTR-MTR.
RADAR D'ACQUISITION PAR.

Exploitation :

BC VAN, RADAR VAN, PAR.
TABLES TRAÇANTES.
COMMUNICATIONS DANS LA BATTERIE.

SYSTÈME DE DISTRIBUTION AUTOMATIQUE DE DONNÉES AN/MSQ-18.

5- LA ZONE DE LANCEMENT.

ORGANISATION.
COMMUNICATIONS
LE SIMULATEUR DE VOL.
LA RAMPE.
LES ÉQUIPEMENTS DU LANCEMENT.
MONTAGE ET TEST DU MISSILE.

Note : Les charges nucléaires des Hercules Français.

6- LE PERSONNEL DE LA BATTERIE NIKE

ZONE DE CONDUITE DE TIR (IFC, TOE AMÉRICAIN).
ZONE DE LANCEMENT.
ZONE DE MONTAGE.

7- SERVICE

MISE EN BATTERIE ET CONDITIONS D'IMPLANTATION.

8- CONDUITE DU TIR NIKE.

SÉQUENCE DE TIR.
LIMITATIONS DU NIKE.

9- ÉCOLES À FEU.

CIBLES.
ACCIDENTS.

10- LES VANS DU SYSTÈME NIKE & MAINTENANCE SHOPS.

LES ATELIERS DE MAINTENANCE.

SUPPORT TECHNIQUE.

11- CONCLUSIONS.

12- ANNEXES

LES RADARS MONOPULSES.
LENTILLE ÉLECTRONIQUE.
LE PHANTASTRON.
LE MTI (PAR).
DÉCISION : PARCA OU NIKE-AJAX OU HAWK …
LEXIQUE.

13- INSTRUCTION SUR LE TIR NIKE (IST).

SECTION I : GÉNÉRALITÉS ET THÉORIES DU TIR D'ENGINS SOL-AIR.
SECTION II : PRINCIPE DU TIR SOL-AIR NIKE ET NOTIONS DU TIR SOL-SOL NIKE.
SECTION III : LE TIR DANS LA BATTERIE NIKE.
ANNEXE.

PRÉAMBULE

Le système d'arme antiaérien Américain NIKE gardien du ciel européen pendant 45 ans fut en service à l'OTAN et en dotation en France avec l'Armée de Terre puis avec l'Armée de l'Air. Il est abondamment décrit et commenté dans les autres pays utilisateurs.

Après l'abandon de cette arme, des milliers d'anciens « nikistes» ont crée des amicales Nike encore très actives plus de 50 ans après leur retraite. Ainsi des associations américaines dépassent en moyens et ambitions tout ce que leurs camarades européens pouvaient espérer: ne voit-on pas des sites de défense AA remis en état ? A l'un d'eux il ne manquerait que les charges militaires pour être opérationnel sans qu'il en coûte un centime aux contribuables ! Les archives Fédérales Américaines qui avaient rapidement « déclassifié » la documentation dès la mise hors service du système ont contribué à cet d'engouement. Hors les caractéristiques précises de certaines charges nucléaires, il n'y a pas de manuels techniques ou d'emplois qui ne soient facilement accessibles aux citoyens.

En France, on semble vouloir tout ignorer de l'épisode Nike d'autant que la sortie de l'Otan du pays et l'affaire de la remise des matériels à notre alliée est encore sensible. Enfin, on ne trouve pas d'ouvrage consacré à ce sujet.

Toute idée politique exclue et parce qu'il y a une nécessité historique nous pensons faire œuvre utile en décrivant une arme exceptionnelle qui fut en dotation réglementaire au sein des Forces Armées Françaises.

-o0§0o-

1 - GENÈSE DU SYSTÈME.

GÉNÉRALITÉS.

L'Armée de Terre française fut dotée des missiles antiaériens Nike de 1959 à 1961. Nous décrivons ce premier système d'arme qui, malgré sa courte existence au sein des FTA, a technologiquement marqué l'Arme et préparé les artilleurs antiaériens aux matériels suivants.

Batterie américaine de 90 mm AAFCS M-33 qui fut pour ses radars et son calculateur, la base du système d'arme Nike.

1 : Radar d'acquisition (PAR).
2 : PC de batterie et son Radar de poursuite. Atelier de maintenance.
3 : Radar de guet AN/TPS-1D.
4 : Canons de 90 mm (4).

***Photo** John Colburn.* *Camp Zama, Japon, Mai 1955.*

On s'est longtemps posé la question de savoir quels cheminements bureaucratiques ou politiques avaient amené les états-majors à mettre sur pied, à grands frais, une unité mixte Air/Terre à majorité Terre (3/4), le 721ème GAG, puis de la remettre deux ans après à l'Armée de l'Air[1]. Les techniciens officiers et sous-officiers ainsi libérés seront ensuite renvoyés en stage de longue durée au Texas sur le système Hawk. Certains militaires ont ainsi, en additionnant les divers stages, passé plus de 5 ans aux USA ! Nous croyons connaître la réponse. (Voir annexe).

-o0§0o-

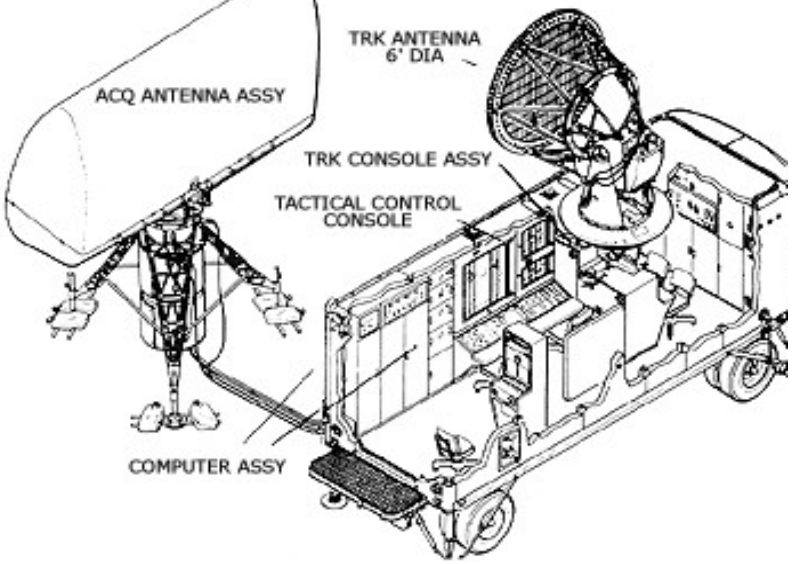
[1]Dissolution en date du 1er janvier 1961, relevé en juillet par la 520e Brigade d'Engin (Armée de l'Air); toutefois la batterie de Münsingen restera *Terre* jusqu'en septembre 1962 et des spécialistes rampe-missile feront encore les écoles à feu annuelles au Nouveau- Mexique en novembre 1962 (Note du Cmd. Louis Picard). Une 521e BE sera créé en 1961 pour un total de 8 escadrons Nike. Ces unités Air vont subir des changements de noms et d'appellations qui peuvent donner le tournis. (Historique du Col. Gilbert Guizol).

Avant la fin du deuxième conflit mondial des études avaient été lancées aux États-Unis pour améliorer les conduites de tir des canons antiaériens de 90 mm et des nouveaux canons de 120 mm qui ne pouvaient plus se contenter des radars de conduite de tir SCR-584 et de guet SCR-268. Ce dernier avait été conçu en 1937 et adopté en 1938, pour la conduite de projecteurs !

Pour remplacer le SCR-584 et en particulier son lobe tournant électromécanique on reprit l'étude de son contemporain, le radar monopulse de Robert Page du NRL qui était inspiré, pour la poursuite automatique, des travaux du Dr. Kuhnhold[2] en 1930, sur le principe « *somme-différence* » appliqué à l'audiophonie. A l'époque (1942), ce système compliqué mais prometteur avait été jugé représenter un risque technologique majeur. Le projet du SCR-584 du MIT, déjà bien avancé, garda donc la faveur des responsables

AAFCS M33

Fin 1944, Western Electric et Bell proposent le futur système AAFCS M33 (*Anti Aircraft Firing Control System*) avec un radar de poursuite type monopulse[3]. Sa cabine qui est également le PC de l'officier de tir contient une version améliorée de l'APT M9, ce calculateur électronique analogique que les militaires français n'avaient pas apprécié à sa juste valeur. On y trouve aussi le scope PPI d'un nouveau radar d'acquisition à impulsions, le Pulse Acquisition Radar (PAR) qui relève (enfin !) en 1946, le SCR-268. Sa meilleure résolution des échos (faisceau plus étroit) affine les coordonnées transmises au radar de tir. Sur son écran, on associe également les données d'alerte téléphoniques en provenance de Groupe (concordance).



M-33 : Le PAR et la cabine PC avec le radar de poursuite et computer M-9.

En début 1946, apparaissent aussi les premiers vrais radars de guet AN/TPS-1[4]. Leur longue portée est la bienvenue mais leur précision angulaire n'est guère meilleure que celle de l'antique SCR-268 d'où, selon les militaires français, cette *solution riche* intermédiaire du PAR (*in* Les Cahiers de l'ESAA).

[2] Physicien allemand. Rappelons que son brevet s'appliquait à l'audiophonie pour la détection d'avion. Le Dr. Kuhnhold eut été bien étonné (et sans doute enchanté !) de cette application à la DEM.
[3] Une des particularités de ce radar est avec son antenne qui est installée sur le toit de la remorque à l'aide d'une petite grue elle- même faisant partie de la remorque. Les utilisateurs ont dû, ici, regretter l'ascenseur électrique d'antenne du SCR-584 !
[4] En juillet 1951, à Fort Bliss, les canadiens proposent de remplacer l'AN/TPS-1du M-33 et du Skysweeper avec leur nouveau MZPI. Essais concluants mais proposition rejetée car entraînant des modifications trop importantes du M33. Ref. Mémorandum SECRET HQC7478 de l'Armée Canadienne.

Il faut noter que pour permettre des assignements précis d'objectifs, c'est à dire des transferts de coordonnées du PAR vers le radar de tir, les vidéos des deux radars sont présentées ensemble sur le scope de l'officier de tir. Cette organisation sera reprise sur le Nike, le Hawk et les premiers Patriot. Tous ces radars sont équipés de moyen d'identification IFF.

Une nouveauté: l'institution de liaisons téléphoniques distinctes de **Commandement,** de **Renseignements** et d'**Administration.** Elles sont à usage exclusif et ne sont pas inter-commutables. Ces réseaux incorporés dans le système sont automatiquement[5] activés selon le degré d'alerte de la batterie.

Présentation sur un terrain d'aviation du système AJAX aux autorités Allemandes.

En 1954, les premiers régiments AAAFS M-33 américains sont opérationnels en Allemagne.

BOMBARDIERS NUCLÉAIRES SOVIÉTIQUES.

L'apparition des bombardiers soviétiques atomiques Tu-95 Bear[6] volant à très haute altitude envoie définitivement les canons antiaériens lourds à la retraite. Ils seront remplacés par des missiles. Le programme[7] américain était des plus ambitieux non seulement par le défi technologique qu'il posait mais aussi par son ampleur. Il s'agissait de protéger tous les points stratégiques du pays, des Aléoutiennes en Alaska à la frontière du Mexique en plus des territoires hors métropole susceptibles d'intéresser les Soviétiques comme le canal de Panama ou les îles Samoa et enfin, en Europe, d'armer les pays de l'OTAN.

RADARS M-33.

L'Army avait sur «étagère» les radars du système M-33 en passe d'inactivité[8] à brève échéance à cause de ses canons obsolescents. Lors de tirs d'essais de prototypes de missiles à White-Sand, au Nouveau Mexique où une batterie M-33 était aussi en école à feu, on remarqua la grande qualité de son radar de poursuite monopulse. Ce radar, fait pour les avions, poursuivait avec un égal succès, les missiles. De plus, l'US Air Force avec son projet d'un *pilotless bomber* (avion sans pilote) JB-2, avait mis en évidence la relative imprécision

[5] Dans quelques unités on y trouve aussi un petit central téléphonique automatique : luxe improbable en France !
[6] Ce bombardier avait beaucoup pris du TU-4, qui est lui-même une exacte copie du Boeing B-29.
[7] Dès 1944, des recherches avaient été initiées pour un «*antiaircraft rocket torpedo*». Ref. Monographie ARGMA de l'arsenal de Redstone.1961.
[8] En fait M-33 et Ajax seront tous deux opérationnels la même année 1954. Le système M33 est donc une transition.

des radars à doublet tournant au-delà de 60 km, tel le SCR-584[9]. Cette observation confortait l'Army dans son choix et écartait définitivement ce type de radar pour ses missiles antiaériens.

Ainsi, à partir des deux radars modernes (le monopulse[10] et le PAR) et le calculateur M-9 qu'il suffisait de revoir ou d'augmenter, Bell Telephone (BTL) et Western-Electric proposaient d'adapter un système de téléguidage pour missile. Ce qui fut fait en empruntant un deuxième radar de poursuite semblable au premier et d'y intégrer un émetteur de télécommande.

Western-Electric reprenait donc pour le missile **AJAX** la conduite de tir du M-33 et son organisation générale y compris les communications.

Radars en essai à Western-Electric Burlington, Ma.
A droite le radar de poursuite (engin ou objectif), à gauche le radar d'acquisition PAR

La batterie est mobile. Les antennes tripodes des radars de poursuite sont transportées sur des remorques à deux essieux qui peuvent rester à demeure. Les consoles de commandement et d'exploitation des radars de poursuites sont dans deux grandes cabines également à deux essieux. Le radar d'acquisition qui se monte en tour (*barbette*[11]) dans des bidons étanches et son antenne sont transportés sur une remorque spéciale. Il faut utiliser le camion-grue de la batterie pour sa mise en position.

La compagnie Douglas Aircraft de Long Beach en Californie, est chargée du missile et des rampes qui sont mobiles. Un système d'attelage permet de les accoupler à un train de roues à essieu simple tiré par un camion 2,5 t « *GMC* ». Les rails d'approvisionnement transportés sur ce camion sont installés par l'équipe de pièce sur un terrain dur et relativement plat. Les rampes, levées à la verticale et positionnées au minimum à 800 m de la section de commandement et de conduite de tir doivent être à vue directe du radar de poursuite de missile.

La batterie AJAX continue et exagère la tradition des longues colonnes sur route des formations antiariennes lourdes avec les cabines de contrôles et de commandement, les cabines-ateliers (*shops*), les radars, les rampes, l'atelier d'assemblage des missiles, les dizaines de conteneurs des éléments de missiles, les camions-grues, les portiques

[9] En même temps une cible volante **RCAT** (Radio Controlled Aerial Targets) est mise au point. Un SCR-584M est chargé de la télécommande de l'engin et un M-33 adapté, est chargé de sa poursuite automatique.
[10] Pour leur nouvelle fonction ces radars furent équipés de magnétrons à fréquence variable de 250 KW en bande X et de 1000 KW en bande S.
[11] "En anglais"… Les militaires français avaient été très étonnés d'entendre leurs instructeurs utiliser, avec un sourire entendu, l'antique expression et les Américains l'étaient encore bien plus de voir les Français ce précipiter sur leurs dictionnaires !

d'assemblage, les conteneurs des dangereuses charges militaires, les remorques spéciales transportant les petits « bidons » des hasardeux carburants/comburants liquides et les moyens spéciaux de remplissage des missiles, leurs citernes de décontamination, les remorques de transport des conteneurs des boosters, les véhicules des transmissions, les nombreuses génératrices et les camions citernes de carburant, etc., et, bien sûr, tout l'impedimenta ordinaire des militaires en campagne. On n'oublie pas aussi les hommes de la défense rapprochée fournis par une unité d'infanterie spécialisée.

De fait, les commandants de batteries Ajax mobiles ont plus de véhicules en dotation qu'une compagnie du Train et, pour ce qui est de l'ensemble du matériel roulant, plus que le colonel commandant le régiment ![12]

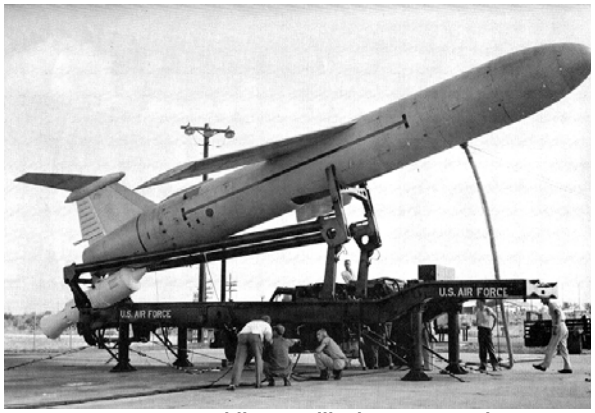
Il est clair que ces unités pouvaient suivre les mouvements du champ de bataille, mais de l'arrière ! Puis le temps nécessaire pour leur implantation, de plusieurs jours à une semaine, était prohibitif. Aux USA en particulier, les batteries Ajax implantées autour des points sensibles seront de fait immobilisées sur des installations en dur, parfois même souterraines et la notion de mobilité disparaît peu à peu au point qu'à l'instruction elle n'est que mentionnée. Là, se niche sans doute, la genèse de la confusion française à propos du 721^{e} GAG. Nous y reviendrons.

En 1951, le système Ajax réussit ses tests opérationnels ; sa fabrication en série et la mise sur pied des unités sont inscrites au budget.

Étant entendu que chaque missile Ajax ne peut atteindre qu'une cible à la fois, que la batterie ne peut pas tirer en salve et donc, qu'on ne peut pas tirer, à un moment donné, autant de missiles qu'il y a d'avions soviétiques ennemis) survolant la batterie, on réalisa que la seule manière de contrer efficacement les vagues d'avions était d'armer les missiles antiaériens d'une charge nucléaire.

LE BOMARC.

Les aviateurs américains proposèrent le missile de longue portée **Bomarc** à statoréacteur (ram-jet) porteur d'une bombe atomique. Cet engin qui tenait de l'avion sans pilote remplaçait lui-même une étude d'un missile « Gapa » antiaérien de Boeing qui avait été, un moment, en concurrence avec l'Ajax de Douglas.



Bomarc sur rampe mobile. La taille des servants donne une idée de celle du missile.

L'US Army opposait au Bomarc le projet mixte nucléaire ou chimique[13] **NIKE-HERCULES,** au choix des tacticiens sur le terrain. En 1958, le premier site Nike-Hercules est opérationnel.

La politique interne américaine et les démêlés[14] entre l'US Air Force et l'US Army quant à la préséance des uns ou des autres pour la défense aérienne du champ de bataille et du

[12] Cette observation nous vient du Colonel Dentinger (†) dans l'ouvrage collectif sur les Hawk (Lavauzelle). Pourtant les unités Hawk, grandes gourmandes en véhicules l'étaient moins que les unités Ajax originelles.
[13] Autrement dit une charge explosive "classique".

territoire a des ressemblances étonnantes avec la vieille rivalité Air-Terre en France; mais elles sont, bien sûr, à plus grande échelle.

La mauvaise foi des responsables aurait été cocasse si des milliards de dollars n'étaient pas engagés. On jouait sur les mots : missile tactique ou stratégique, bombardier ou missile sol-sol (Matador contre Honest John), engin à ailerons actifs pour l'aviation contre guidance à plans fixes pour l'armée de terre, etc. La Navy, comme la Marine en France, comptait les coups. Après un fameux « *shoot-out »* au pas de tir de White-Sand, on donna à l'Air Defense Artillery de l'Army (ADA) la mission de la défense antiaérienne du champ de bataille, du territoire et des troupes américaines sous commandement OTAN. Les aviateurs conservaient le Bomarc pour la défense de leurs bases aux USA et en Europe et la détection intercontinentale des missiles balistiques, au profit des futurs missiles **antimissiles** de l'Army !

-o0§0o-

2 - LE MISSILE AJAX (MIM-3A)

GÉNÉRALITÉS.

C'est sur ce missile que les américains se sont faits les dents. On retrouvera jusqu'aux années1975 des traces des premières recherches sur des matériels modernes y compris chez l'ennemi d'alors **Ajax** fut opérationnel de 1954 à 1958 seul et, jusqu'en 1963, sur des rampes « *universelle*s » mixtes en complément du Nike-Hercules. Sa portée pratique était de 40 km.

Le programme Nike Ajax sera le modèle américain de production d'armement avancé pour les décennies suivantes. Aucun industriel aussi conséquent qu'il fut ne pouvait envisager- en temps de paix- les dépenses de recherches, parfois fondamentales, sur des équipements qui pouvaient ne pas être commandés, sans un appoint gouvernemental. L'expérience du MIT et de ses radars en 1941 était la démonstration que même au pays de la libre entreprise, il y a des exceptions !

Finalement, Redstone Arsenal[15] prit le leadership d'un programme qui allait coûter entre septembre1945 et la fin du programme d'étude en décembre 1957, environ 1.16 milliard de dollars, soit plus de 25 milliards de dollars 2013. Le R&D et l'intégration étaient confiés à Bell Telephone (BTL) qui se réservait radars et calculateurs ; le missile allait à Douglas[16] ; les carburant/comburant et booster à poudre étaient la responsabilité d'Aerojet. Le Jet Propulsion Laboratory (JPL) de Caltech était conseiller technique pour les poudres. Le service des transmissions (Signal Corps) qui fut naturellement chargé des communications

---

[14] Ballistic Missiles in the US Air Force, 1945-1960. Jacob Neufeld. General History Series. US Government, Publisher, 1990. L'auteur y détaille les « victoires », et les « désastres » des sournoises batailles que se livrèrent les deux Armes. Finalement l'Air Force gardait le Bomarc pour la défense de ses bases aux USA et en Allemagne. Le missile fut vendu aussi aux Canadiens et fut affecté à la défense aérienne du Canada. Les unités de missile Sol-Sol Matador déjà en production furent affectées en Allemagne, également pour la défense des bases. Jacob Neufeld, dans cet ouvrage, rend hommage aux pionniers et donne son dû au Français Esnault-Pelterie.

[15] Ce centre avait été créé en 1941 pour les recherches et la production d'armes chimiques. Il devint le centre spatial des États-Unis avec le transfert de l'équipe de Von Braun de Fort Bliss en 1950. C'est aussi l'école du service des poudres des armées américaines.

[16] Usine de Santa Monica qui produisait alors les derniers DC-3.

fut aussi responsable du développement de l'alimentation électrique du missile (accumulateurs) ce qui n'était pas une mince affaire.

En mai 1945 une étude de faisabilité commandée à la Bell Telephone Lab (BTL) décrivait le principe d'un missile antiaérien[17]:

> *« Une roquette supersonique serait lancée verticalement à l'aide d'un moteur d'appoint à poudre qui serait largué en fin de poussée. Après quoi, l'engin serait autopropulsé par un moteur à carburants liquides. L'engin serait guidé vers un point d'interception calculé où il serait détoné par télécommande ; les ordres transmis par radio seraient élaborés au sol par un calculateur associé à un système de radars qui poursuivrait les vols de l'objectif et du missile ».*

Notons qu'à ce moment les scientifiques américains n'avaient pas encore eu connaissance ou accès aux armes secrètes nazies comme les Wasserfall, Enzian, Rheintokhter ou Schmetterling qui seront, bien sûr, l'objet de leur attention mais qui n'auront pas l'impact qu'on verra sur le PARCA français !

TECHNOLOGIE.

Partant de rien, hormis les expériences allemandes récentes sur les hypergols[18] liquides, les ingénieurs chimistes américains se sont heurtés à des problèmes que les Français du Parca ont bien connus à la différence que ces derniers ont travaillé en direction de solutions qui avaient été reconnues réalisables.

Métallurgie.

L'emploi d'alliages d'aluminium en aéronautique était commun, mais dès les premiers tirs balistiques de ce qui allait être l'Ajax, les alliages classiques ont montré leurs limites (rupture et arrachements dus aux grandes accélérations, etc.) et le magnésium s'est imposé. C'est donc à partir du programme Ajax que l'emploi du magnésium s'est généralisé pour les tous les engins subsoniques et supersoniques américains. Avec cette décision il fallut industrialiser des techniques d'usinage et de soudures qui étaient jusqu'alors réservées à la recherche ou aux applications spéciales relativement rares.

Aérodynamique.

Les connaissances du domaine supersonique étaient encore à leurs débuts et il n'était pas question de tester les maquettes dans des souffleries capables de reproduire les très grandes vitesses souhaitées : elles n'existaient tout simplement pas ! Il fallut donc tester en grandeur avec les aléas qui en découlent. D'où la décision de la configuration «canard», puis des ailerons en métal plein. Les calculs avaient sous estimé les forces nécessaires appliquées aux ailerons soit 2000 tonne / pouce (226 Newton-mètre) et être réactifs en 1/10 sec. Ces ailerons étaient régulièrement arrachés soit au décollage soit après quelques manœuvres. De graves problèmes de vibrations (*flutter*) observés en vol sonique ne furent que tardivement résolus avec les accéléromètres à amortissement magnétiques et en modifiant les poussées initiales du booster, c'est-à-dire avançant le moment du passage en régime supersonique.

Les électrovannes.

[17] Nike Ajax historical monograph ARGMA 1945-1959.

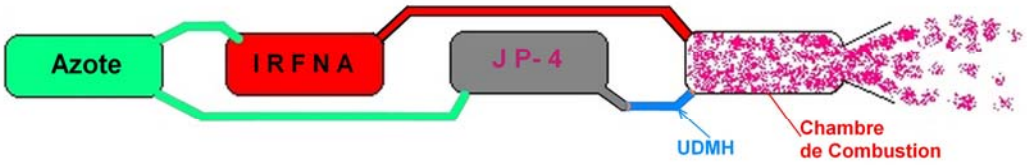
[18] Se dit des produits carburants (ici liquides) qui s'enflamment au contact d'un comburant, aussi dit « allumage spontané ». Connu des premiers expérimentateurs tels le Col Barré et Robert Esnault-Pelterie bien avant Von Braun.

Pour ce type de commandes hydrauliques à très haute pression de petite taille (toutes proportions gardées), elles n'existaient pas à l'époque. Un programme spécial de développement fut initié par Redstone Arsenal pour les produire une série. Elles furent utilisées sur tous les missiles Nike et au-delà.

Les gyroscopes.
Ils n'étaient pas, bien sûr, une nouveauté ; l'industrie aéronautique américaine en produisait d'excellents. Mais ici encore, la gamme, les tailles, les limites d'application et surtout les caractéristiques d'amortissements existantes ne convenaient pas aux exigences des vols supersoniques. Il n'y avait pas non plus sur le « marché» d'accéléromètres capables de supporter et de mesurer les accélérations de l'Ajax. Un programme fut lancé d'où allaient sortir, entre autre, des accéléromètres à amortissement magnétiques qui feront école.

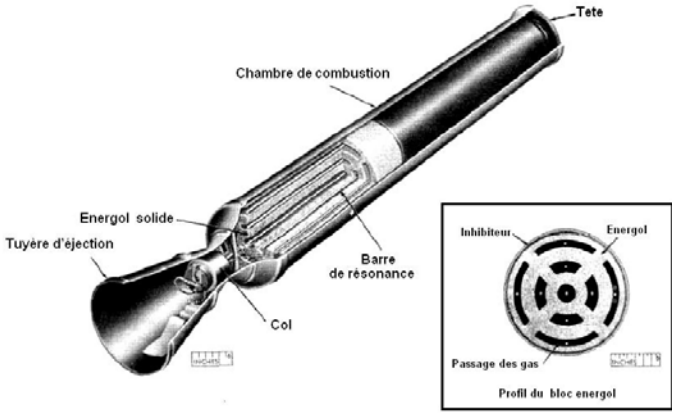
La plomberie.
Les circuits hydrauliques tenaient, pour reprendre l'expression d'un ingénieur de l'Arsenal, de « *l'art contemporain de l'aéronautique ordinaire* ». Mais en fait il fallut revoir à la hausse les spécifications pour les inter-connecteurs. Les nouvelles connexions inventées par l'Arsenal deviendront un standard civil.

Le moteur de sustentation.
Les premiers moteurs brûlent dans une chambre à combustion un mélange d'aniline/furfuryl & d'alcool et du kérosène (JP-4) poussé vers une chambre à combustion par de l'azote sous



Dessin d'Ed Thelen. Avec son aimable permission.

pression. On remplace plus tard le mélange par de l'acide nitrique fumant enrichi de dioxine de nitrogène ou IRFNA (Inhibited Red Fuming Nitric Acid) comme inhibiteur. Finalement l'addition dans la séquence d'UDMH[19] (unsymmetrical- dimethylhydrazine) assure un hypergolisme parfait. L'UDMH est contenu dans une partie de la canalisation du JP-4 et isolé par deux diaphragmes qui vont se rompre sous la pression de l'azote. Le fonctionnement de l'ensemble est simple. Il suffit d'ouvrir les vannes du réservoir d'azote pour pousser le JP- 4 qui force l'UDMH dans la canalisation et ce dernier est pulvérisé sur l'IRNA qui arrive en même temps. Le brutal allumage est



Fusée d'appoint à poudre de l'Ajax (booster).

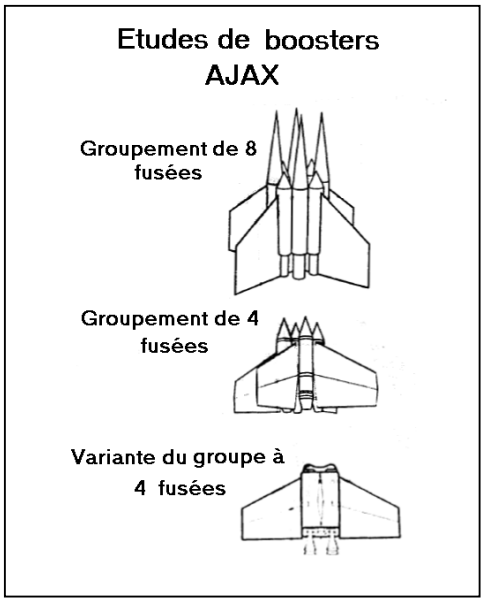
[19] L'UDMH est due aux travaux de Mary Sherman (1921-2004) une jeune laborantine sans diplôme de North American Aviation. Son invention mit Jupiter-C sur orbite mais fut abandonnée à cause de sa toxicité et de l'arrivée de nouveaux « allumeurs ».

instantané et continue avec le JP- 4 quand l'UDMH est consommé. Ce moteur développe 1,4 t de poussée. Son démarrage est automatique dès que le booster, en fin de poussée, se sépare par simple freinage aérodynamique. Il dégage alors un interrupteur qui actionne l'ouverture des vannes d'azote.

Ces produits, à l'exception du JP-4, sont extrêmement toxiques. Tous les 3 mois il faut vidanger et inspecter réservoirs et conduits qui sont oxydés et éventuellement les remplacer. Pour ce service, le personnel spécialisé revêt un équipement de protection approprié (masque, gants et combinaison).

La fusée d'appoint.

La fusée d'appoint ou "booster" de l'Ajax a été examinée au chapitre MISSILES ANTIAÉRIENS. Toutefois, il est intéressant de noter les énormes difficultés auxquelles les ingénieurs se sont heurtés et de découvrir les solutions proposées, parfois étonnantes. Bien entendu on avait très exactement calculé la poussée minimale pour dégager la rampe au décollage. La réalisation dépendait du carburant disponible. Or en 1945, on en était encore aux fusées JATO[20] d'avions embarqués de la Navy.



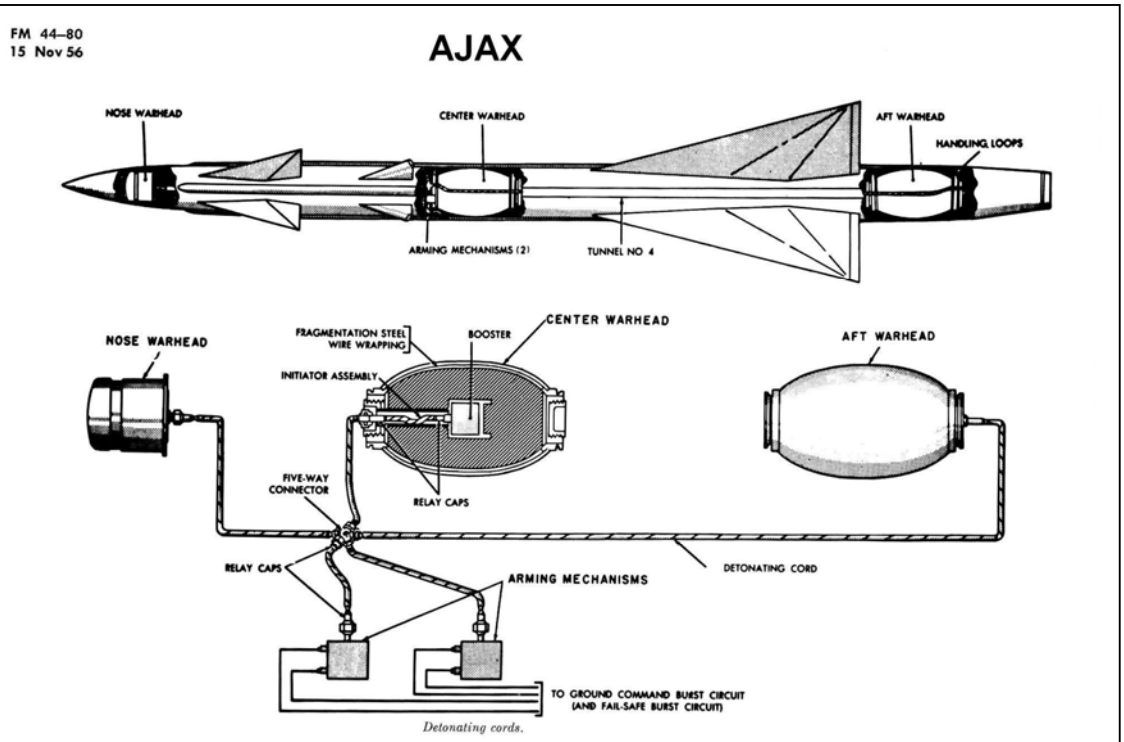
On vit d'abord quatre fusées ceinturant le missile puis six et enfin huit ! Obtenir des poussées égales de toutes les fusées à un instant « t » était un cauchemar auquel s'ajoutait celui de leur non-reproductibilité énergétique, de boosters à boosters. Des solutions inacceptables !

La bonne solution vint du Jet Propulsion Laboratory de Californie et de Thiokol Corp. dans l'Utah quand ils purent obtenir des propergols à vitesse de combustion constante, c'est à dire de faire fonctionner un propulseur d'une manière reproductible. Les poussées obtenues permettaient de passer de huit boosters à un seul disposé en poussée axiale. Avec ce booster délivrant 22 t. de poussée (49,000 Lb) et dans cette configuration, on put alors prédire avec une bonne certitude - condition impérative - la courbe balistique de la première phase du tir AJAX.

Charge militaire.

Les premiers missiles n'avaient, pour des raisons de simplicité de pilotage, qu'une seule bombe disposée au centre de gravité de l'engin. Mais aux essais on dut abandonner ce dessein afin d'augmenter l'efficacité de la charge militaire. Trois bombes à fragmentations seront ainsi disposées dans le nez : 5.5 Kg, pour couvrir l'avant du missile ; deux charges de 68 kg au centre et à l'arrière, devant le moteur, pour obtenir un volume de matériaux projetés uniforme autour du missile (*spay patern*). De cette manière, le missile, quelle que soit sa position relative à celle de la cible au moment de la détonation est toujours dans une position optimale d'efficacité. Toutefois, dans cette configuration, les trois bombes doivent exploser très exactement en même temps. Des relais retardateurs sont donc installés sur les liaisons courtes.

[20] **Jet Assisted Take Off.**



Disposition des charges militaires et circuits de mise à feu.

On note que le circuit de mise à feu est double ; l'un reçoit ses ordres du calculateur, le second est la commande manuelle de sécurité de l'officier de tir (*Fail safe*). Pour le premier, la perte de poursuite du missile par son radar ou une interruption de communication radar-missile de plus de 2 secondes entraîne la destruction automatique de l'engin.

Énergie électrique.

L'expertise des transmetteurs (Signal Corps) fut mise à profit ; ces derniers proposèrent une nouvelle batterie à l'argent-cadmium avec de l'hydroxyde de potassium pour électrolyte qui a l'avantage de dispenser son potentiel énergétique (décharge) très rapidement. C'est une batterie de 28 volts, 3 ampères/heure, étanche, de 5 kg.

Sa capacité était suffisamment dimensionnée puisque tous les circuits du missile ne tiraient que 9 A pendant sa courte vie, soit 60 à 70 secondes de vol. Un hacheur (vibreur) fournissait, après redressement, les hautes tensions (100, 150 et 300 V) aux différents châssis de la « guidance » ainsi que les basses tensions aux relais (60 V). La batterie est maintenue en charge dès que le missile est sur la rampe et branché.

Balise (Transpondeur).

A l'époque on ne mesurait pas encore les seuils de détectabilité des avions par les radars en «*surface équivalente* ». Cette valeur pour Ajax est faible et est estimée à moins de ½ m^2. Aux essais, la « *réflectivité*» du missile fut mesurée à l'aide d'un radar[21] débitant 125 kW vers des cibles placées entre 15 km et 30 km. Les signaux de retour, avec l'électronique du

[21] Un SCR- 545, le compétiteur du SCR-584 qui reprit une dernière fois du service.

temps, étaient très insuffisants pour une poursuite « positive » du missile d'autant, qu'en vol, la distance vraie (*slant range*) allait dépasser 45 Km. Par ailleurs, lors de la séparation missile-booster, le radar pouvait facilement prendre en poursuite l'une ou l'autre partie de l'ensemble. On découvrit aussi qu'à l'allumage du moteur les flammes et les très hautes températures de la tuyère provoquaient des interférences électromagnétiques notables (effets d'ionisation). Il fallut se résoudre à monter une balise à bord, seul moyen pratique pour obtenir un signal de poursuite fort et sans ambiguïté. Cette solution n'était pas du goût de tout le monde car elle offrait une porte d'entrée à des brouilleurs. Toutefois l'émission de la balise étant déclenchée par le radar de poursuite missile (MTR) qui la questionne, cette possibilité de brouillage reste très limitée.

Une armoire de potentiomètres.

On conserva au radar, en plus du répondeur, sa capacité à « voir » le missile de manière classique (effet de peau).
Le récepteur de bord décode les ordres de guidage en provenance du calculateur via le MTR.
On code les impulsions ordinaires du radar selon un procédé développé par Bell : Pulse Position Modulation (PPM) ou Pulse Phase Modulation[22]. En complément de l'impulsion du radar, laquelle sert de marqueur de synchronisation, un train d'impulsions est émis par le magnétron. Ces impulsions contiennent les ordres de vol et de détonation. Ce système exige une émission continue et sans faille du radar qui remet constamment le train d'impulsions « à l'heure ». Son absence ou celle de la balise provoque la destruction du missile.

Le calculateur.
Le calculateur du système est basé sur l'APT M9[23]. Rappelons les nouveautés de ce premier calculateur analogique (au monde) qu'on retrouve au Nike :

- Tubes et circuits standardisés sur platine interchangeable ;
- Selsyns et servomécanismes ;
- Commande assistée ;
- Lissage des informations ;
- Régulation automatique des tensions d'alimentation ;
- Amplificateur courant continu à remise à zéro automatique.
- Amplificateur excréteur (*chopper amplifiers) ;*
- Potentiomètres à haute résolution à bain d'huile ;
- Synchro-suiveur (follow-up synchro) ;
- Amplificateur opérationnels, différentiateurs, multiplicateurs, etc. ;
- Simulation (calculs) ;

[22] On retrouvera après 1950, en France cette technique aux stations hertziennes de CSF. in « Histoire des faisceaux hertziens et des télécommunications par satellite à Thomson Csf » de Philippe Magne.
[23] Voir chapitre "Tir antiaérien".

- Alimentation en 200 Hz (les alimentations au Nike seront en 400 Hz).

Les calculs ne posaient pas de problème particulier sauf que la mesure des données et leur précision étaient dépendantes des radars M33. Ensuite, après traitement, la qualité de leur transfert au circuit (*loop*) d'asservissement radar-calculateur-radar-missile était aussi insuffisante. Ce qui était acceptable pour les canons et le SCR-584 ne l'était plus pour l'Ajax. Mais la précision des calculs eux-mêmes n'étaient pas en question.

En 1946, tout est analogue : les données sont des tensions continues ; les transferts sont soit des valeurs de tensions alternatives issues de synchros soit des tensions continues potentiomètriques. D'une manière générale on reprendra, en les améliorant considérablement, les potentiomètres du M9. Leur construction et leurs liens aux mécanismes d'antennes (arbres) tiennent alors de l'horlogerie de haute précision.

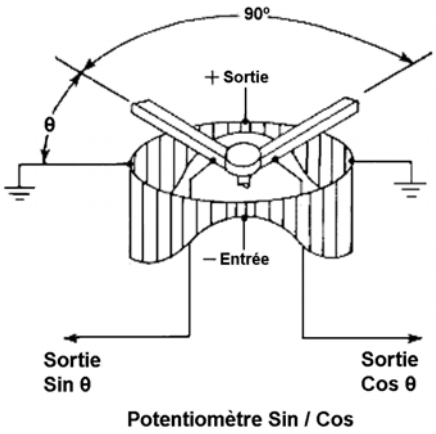
Mécanismes des potentiomètres (ou synchros) au calculateur

Au calculateur, des potentiomètres de grande taille et de haute résolution sont thermostatés et baignent dans de l'huile. Ainsi, en campagne, on s'assurera que la remorque de commandement, où on trouve le calculateur, soit de niveau pour que les balais des potentiomètres soient uniformément huilés ! Synchros et potentiomètres sont à deux vitesses.

Avec le contrôle du roulis du missile et après les essais« balistiques », des problèmes nouveaux sont apparus, en dehors bien sûr de la responsabilité du M9, des roulis souvent induits par des commandes de correction non-amorties. IBM fournit de nouveaux *algorithmes* à base de transformations de Fourrier qui permirent des prévisions de comportement et par suite éventuellement, de retarder ou modifier les ordres bruts issus du calculateur, etc.

Puisque toutes les commandes du missile sont élaborées au sol, l'électronique de bord qui utilise des tubes sub-miniatures[24] est simple et réduite et prend place dans la petite ogive de l'engin. Cet arrangement permet ainsi d'obtenir un missile particulièrement effilé et très aérodynamique.

Les opérations de mathématiques exécutées en continu par le calculateur du Nike sont plus facilement résolues à partir de coordonnées géographiques (X, Y, Z), qu'avec des coordonnées polaires (angle d'élévation, angle d'azimut, distance) en provenance des radars. On convertit les données à l'aide de potentiomètres spéciaux « sinus-cosinus ».



Potentiomètre Sin / Cos

[24] Il est apparu que le potentiel-vie de ces petits tubes pourtant « sélectionnés » était limité : il était largement suffisant pour le temps de vol auquel ils étaient destinés mais largement insuffisant en considération du régime d'essais, de vermifications, de "stand-by" auxquels le missile était quotidiennement soumis sur sa rampe (daily checks). D'où une fiabilité électronique elle aussi limitée. Nous croyons savoir que ces tubes étaient du même type de fabrication que celui des obus de 90 "proximit".

Les conversions.

Les conversions sont l'application de trigonométrie simple : l'attitude « Z » est déterminée par le sinus de l'angle de site mesuré au radar et la distance vraie. Le cosinus de ce même angle convertit la distance vraie en distance au sol. Semblablement, le sinus de l'angle de gisement et le Nord et la distance au sol déterminent « Y » sur l'axe Nord-Sud et le cosinus de ces mêmes valeurs détermine « X » sur l'axe Est-Ouest. Ces données et les vitesses de l'engin et de la cible, déterminées par le calculateur, contribueront à calculer le point futur d'interception ou PIP, (*Predicted Intercept Point*) et, pour le Nike-Hercules en application sol-sol, les caractéristiques du tir balistique.

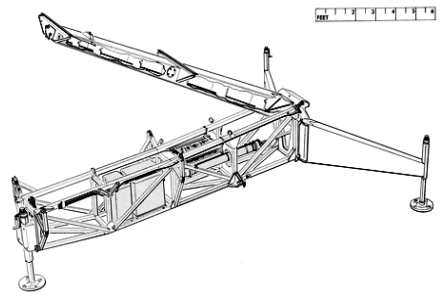
Ajax sur rampe mobile. Noter la "légèreté" de l'infrastructure.
(À White-Sand museum).

Les distances vraies (missile ou cible) sont déterminées par les radars de poursuite selon les méthodes classiques : un moteur « calé » sur l'impulsion de retour actionne un potentiomètre qui fournit une tension continue proportionnelle à la distance.

La rampe.

La rampe de lancement est la copie d'une rampe à rail vertical qui avait été utilisée aux essais balistiques. Militarisée, elle est mobile intégrant le train de roulement d'un affût du 90 mm antiaérien M2A. Ce canon remplaçait aux USA, le 90M1 bien connu des artilleurs français. En batterie, le train de roulement est garé. L'ensemble de 1,3t est tracté par un camion de 2,5 t. Cette rampe ne sera pas utilisée par les FTA.

Vol du missile.



Rampe originale (mobile) de l'Ajax.

Le tir est vertical. La phase de poussée du booster dure 3 secondes. Le moteur de sustentation a du carburant pour environ 70 secondes. Après la séparation du booster, le missile est stabilisé en roulis pour évaluer sa direction puis la corriger en vue de l'interception. Cette première phase est autocontrôlée par la chaîne cinématique des gyroscopes, des détecteurs de vélocité et d'orientation, des amplificateurs et leurs fonctions d'amortissement et enfin des actuateurs des surfaces de contrôle de vol.
Les ordres de stabilisation sont exécutés par les servos hydrauliques contrôlés par les gyroscopes. Les gyroscopes, avant le tir, sont lancés et calés. Dès la phase 2 (voir schéma), les gyroscopes sont déverrouillés et rendus libres sur deux axes (*free-free gyro*).
Le missile qui est seulement équipé d'un récepteur ne rend pas compte de son « attitude ».

CARACTÉRISTIQUES (MIM-3A) :

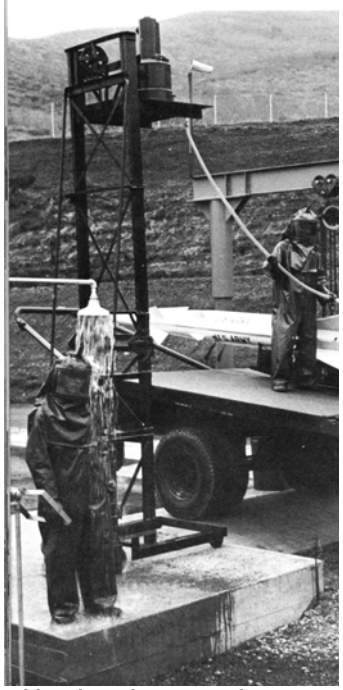
Longueur totale:	10,70 m (avec booster).
Missile seul:	6,40 m
Diamètre:	30, 5 cm.
Envergure	1,4 m
Poids total:	1,113 t.

Poids du missile seul : 460 kg.
Carburants : 130 kg (30 kg de carburant et 100 kg d'oxydant)

1. **Moteur de croisière** du missile:
   - JP-4 et liquide de démarrage hypergolique (mélange Aniline/furfuryl & alcool.
   - JP-4 et IRFA + UDMH.

2. **Fusée d'appoint** (booster) : 1 bloc de poudre.

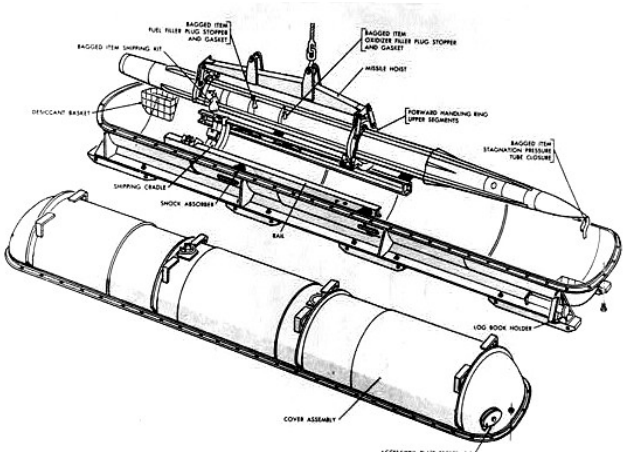
Portée : 40 à 50 km.
Vitesse : Mach 2.3 (2703 km/h)
Altitude maximum : 22000 m.
Guidage : Guidage en position (téléguidage) à partir du sol.
Charge militaire : Explosif brisant à fragmentation.
Trois bombes : dans la tète, au centre et dans la partie arrière du missile, soit 141.5 Kg.



Bidon de carburant en charge sur élévateur et douche.

SERVICE DU MISSILE.

Le corps de l'Ajax et ses empennages sont livrés dans un conteneur en aluminium pressurisé à atmosphère contrôlée. Des caisses en bois contiennent le système d'armement, les cordons allumeurs et l'accumulateur de 28 Volt[25]. Trois emballages séparés, également en bois, contiennent les charges militaires. Le carburant est livré dans deux bidons en aluminium (l'acide nitrique fumant et le mélange de démarrage M3). Deux récipients en aluminium en forme de bouteilles contiennent l'UDMH. La fusée d'appoint (booster, parfois appelée Jato dans certains manuels) est livrée en conteneur. Deux caisses l'accompagnent : l'une contient le collier adaptateur au missile, l'autre l'allumeur électrique et son câblage à la rampe[26].



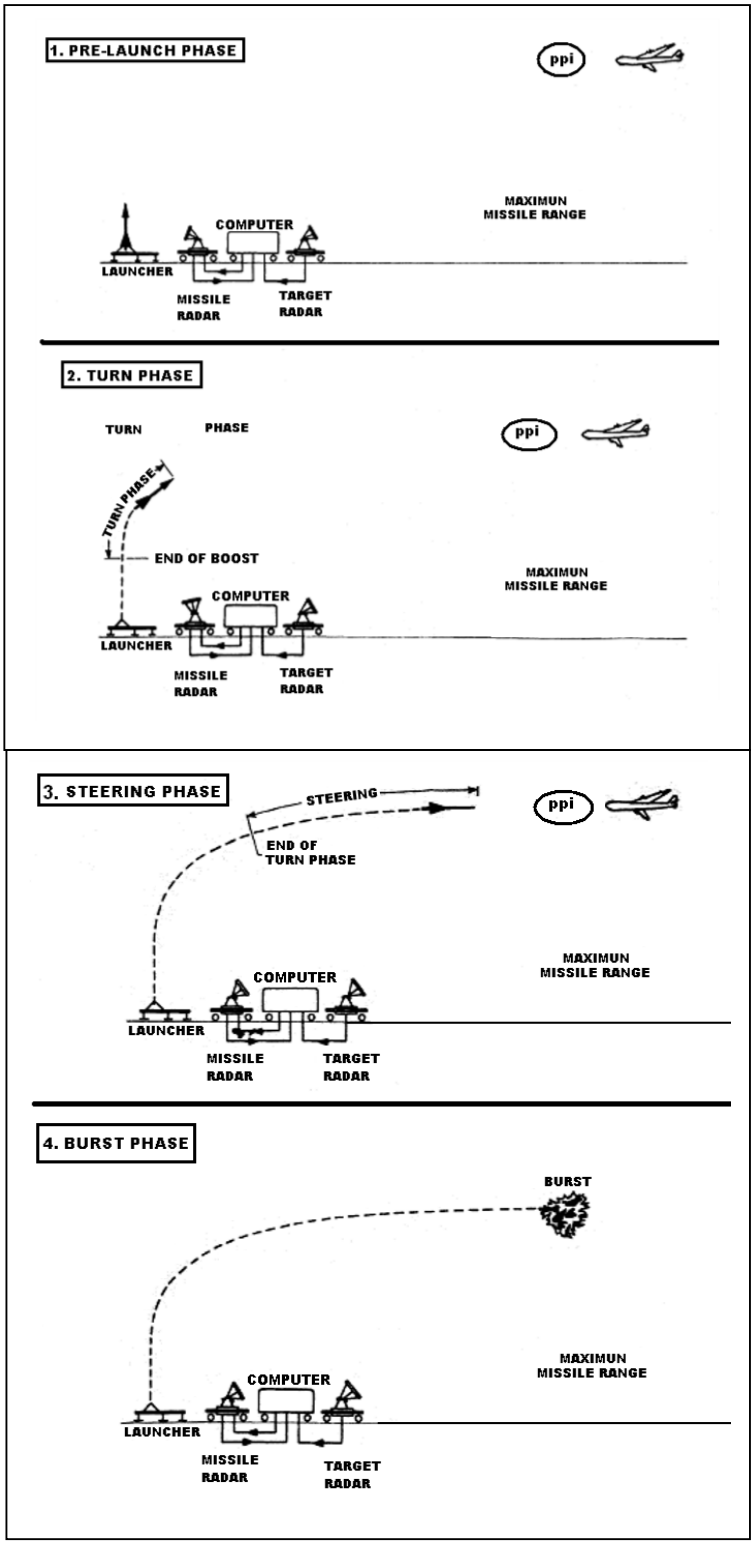
Ajax ; Conteneur

Le missile est assemblé sur la zone de montage (*assembly area*), distincte de la zone de lancement et abritée des éléments, sous tente de campagne ou sous hangar. On y trouve les bancs d'essais hydrauliques et électroniques, un simulateur de radar, un pont roulant, une génératrice, un camion citerne d'eau avec pompe

[25] Accumulateur à l'argent-cadmium et électrolyte à hydroxyde de potassium .Voir chapitre Missiles antiaériens, paragr., "Energie électrique"
[26] TM -9 1970-2 1958 – rev- 1960.

et tuyaux type incendie et enfin du matériel incendie de première urgence.
Le délicat remplissage des carburants est exécuté sur une aire isolée équipée d'une douche et d'un camion-citerne avec lance d'incendie.

PHASES DU TIR NIKE AJAX



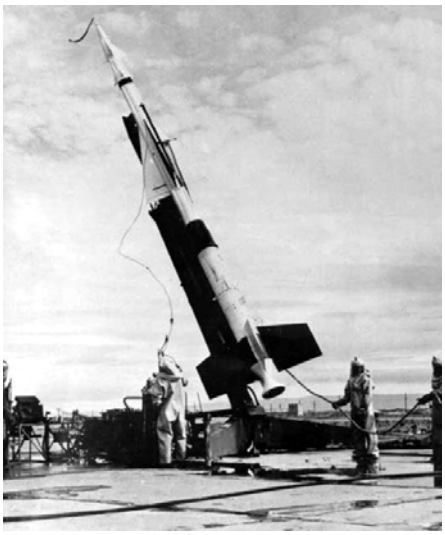
En installation fixe, l'aire est cimentée. L'équipe de remplissage est composée de deux hommes protégés par un habillement de protection caoutchouté.
Chacun a sa fonction bien déterminée : l'un pour le carburant, et l'autre pour le comburant. Leurs gants de protection sont de couleurs différentes et ne doivent en aucun cas entrer en contact avec les gants du coéquipier ni toucher les outils associés au remplissage de l'autre système.
Tous les 3 mois, les réservoirs sont vidangés, inspectés ou remplacés. L'évacuation des liquides, l'un après l'autre, se fait par simple gravité.
Le missile sur la rampe est incliné à divers angles selon une procédure précise et exigeante afin d'obtenir un vide complet des réservoirs, des conduites internes et externes du missile.
Les lances à eau du camion citerne sont prêtes et dirigées vers la rampe.

L'équipe de montage comprend 6 hommes[27] :

- 1 sous-officier chef d'équipe « 225 »
- 1 électronicien « 225 »
- 1 hydraulicien « 178 »,
- 2 aides monteurs « 222 »
- 1 grutier « 222 ».

L'assemblage du missile prend moins de 8 heures y compris les emplissages de carburant. Cette équipe est doublée (*spare)* pour le *fueling.*

-o0§0o-



Vidange des réservoirs de carburant

[27] Ces militaires ont reçu une instruction spéciale qui prend le pas sur les grades pour ce qui est du travail proprement dit sur le matériel. Le numéro du stage est celui de leur spécialité qu'ils portent comme un badge : « 225 » est le stage électronique missile, « 178 » hydraulicien missile, etc. A l'US Army dans les années 1955-1975, ce sont des sans grade, des *spécialistes* payés selon leur degré de qualifications de E4 à E9.

Ajax en vérification. **Stagiaires du 721eme GAG à Fort Bliss.**
(Fonds Demange)

Montage des voilures et vérifications du missile sur banc. (Fort Bliss).

Vérification du carburant (Tobin Wells)

Préparation au remplissage carburant

o0§0o-

3 - LE MISSILE HERCULES.

Le massif Hercules sur rampe est exhibé à l'occasion de la fête nationale à Fort Bliss. L'inclinaison de la rampe à 45º est pour l'esthétique! Au fond à gauche, un booster d'Hercules sur remorque, à droite un radar PAR du système Hawk. Cliché ADA US Army.

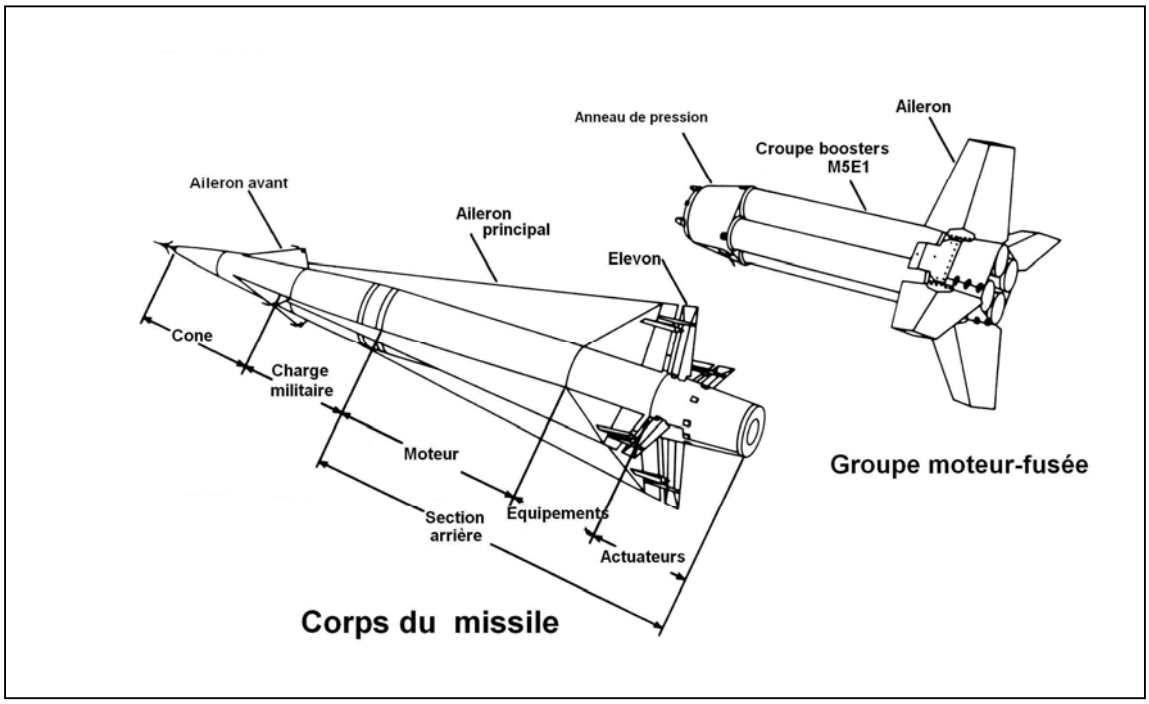
GÉNÉRALITÉS.

La décision de nucléariser le système étant prise, il apparut qu'il n'y avait pas, sur étagère, d'engins thermonucléaires suffisamment miniaturisés susceptibles d'armer Ajax. Par ailleurs, pour des raisons de sécurité évidentes, il était préférable de détonner ces engins aussi loin que possible de leurs batteries d'où la nécessité d'un missile de plus grande portée. C'est donc autour d'un engin nucléaire existant que les spécifications d'**Hercules** furent prescrites. En effet la charge militaire NORMALE[28] d'Hercules est une charge nucléaire utilisée contre les formations d'avions. Les autres charges « classiques », c'est à dire à explosifs chimiques, sont destinées à combattre les avions volant seuls ; les charges à fragmentations sont réservées aux missions de basse altitude. Les unités basées aux USA étaient presque exclusivement nucléaires contrairement à celles stationnées en Europe. La mission **sol-sol**

[28] Report DKXTH-AS-IA-83AU1, Contract DAAK11-E1-C-0093. Page ,5.5. December 1984. To Commander, U.S. Army Aberdeen Proving Ground, Md. 21010.

balistique nucléaire du missile fut une décision tardive «d'opportunité» En tous cas elle n'apparaît pas avant 1958. C'est aussi vers cette époque qu'aurait été envisagée une défense côtière tirant sur des objectifs aériens, marins et même sous-marins !

Hercules est opérationnel à partir de 1958[29]. Comme pour Ajax, une version aéromobile sur roue est construite mais ne sera jamais opérationnelle. L'adoption de l'Hercules relègue l'Ajax au rang de missile secondaire pour la défense proche de la batterie. La sagesse des ingénieurs doit être reconnue qui vont simplement intégrer les deux systèmes, et lors de la refonte, reprendre le meilleur d'Ajax. On peut sans doute noter un rapport officiel[30] où l'un des auteurs écrit que, finalement, l'Hercules, c'est quatre fois l'Ajax !

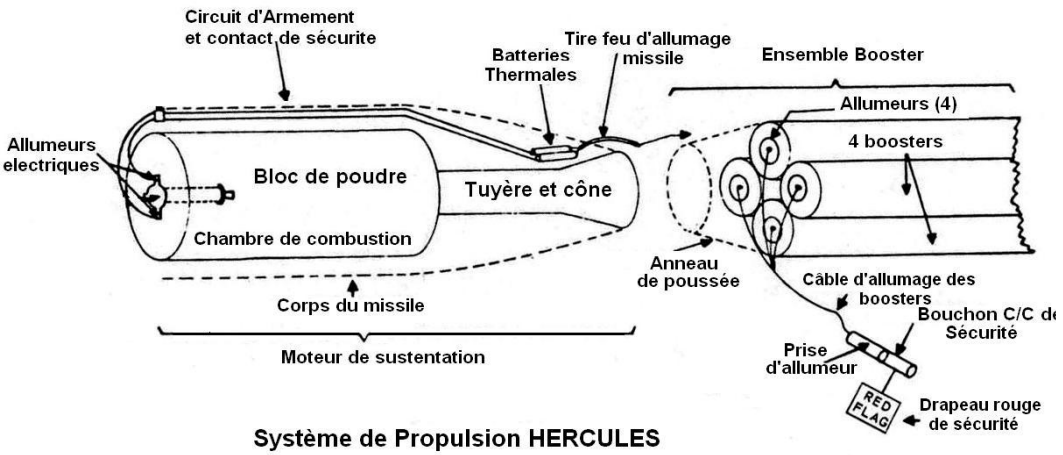


On l'a vu, le principe de guidance est le même, l'électronique est reprise de celle d'Ajax mais, le missile permet par sa taille de retourner aux tubes dits « miniatures » de plus longue durée de vie.

Le système d'arme Hercules sera dans la pratique, comme l'Ajax, confiné sur des structures fixes, souvent souterraines, chargé de la défense de points sensibles et des grandes agglomérations comme Los Angeles ou New-York. En Europe il est la clé de voûte d'une « Barrière OTAN» antiaérienne qui fait face aux pays du Pacte de Varsovie Soviétique, de la mer de Barents à la mer Méditerranée.

Le système NIKE (le nom couvre désormais une famille de missiles sol-air: Ajax, Hercules, Zeus, Plato ou *Platon*[31]) n'est plus simplement un moyen tactique, il devient un moyen stratégique nucléaire qui va encercler les Soviétiques[32].

[29] En 1963, il y avait aux USA 135 batteries Hercules et encore 77 batteries Ajax.
[30] «Historical Overview of the Nike Missile System" DAAK11-E1-C-0093,1984, Aberdeen.
[31] Le Zeus ne fut pas déployé et Plato resta sous forme d'étude. Notons qu'une brochure de Fort Bliss prévoit en 1958, le Hawk comme missile de défense rapprochée basse altitude FIXE pour les batteries Nike, sans doute pour remplacer les Ajax; et donc il y eut un instant, un Nike-Hawk dans les cartons !
[32] "*You have surrounded us with bases…"* Nikita S. Khrushchev, June 23, 1959.



Système de Propulsion HERCULES

TECHNOLOGIE.

Dans cette nouvelle mouture, Ajax et Hercules ne diffèrent qu'avec leur carburant, leur capacité d'emport, leur portée et la particulière alimentation électrique du moteur de la pompe hydraulique. Partant, tous les systèmes de contrôle et de commande sont communs. Si au cours des ans[33] les importantes améliorations dont la transistorisation –partielle- du système ont rendu le système d'arme Nike plus efficient et plus fiable, le principe des premières et dernières versions est inchangé.

Nous nous bornerons à examiner une des premières versions, celle qui a équipé le 721^{e} GAG en position dans le Bade-Wurtemberg en République Fédérale Allemande. Son État Major et deux batteries étaient basés sur l'historique camp de Stetten a.k.m. la troisième batterie était sur le camp de Münsingen et la quatrième, un escadron de l'Armée de l'air, à Mengen.

Énergie électrique et pompe hydraulique d'Hercules.
Hercules sort du commun puisque les vérins hydrauliques des élevons reçoivent leur énergie d'une pompe actionnée par un moteur électrique là où, généralement, on utilise le principe des vessies pressurisées.

Pour ce faire, Hercules a deux systèmes électriques indépendants : un réseau « ordinaire » d'alimentation pour l'électronique de bord et un circuit spécialisé de grande puissance pour la pompe hydraulique.

Le premier est alimenté par un accumulateur semblable à celui de l'Ajax mais au Cadmium-Nickel. Le 28 volts continu est mécaniquement haché (vibreur) et transformé pour produire les diverses tensions nécessaires des tubes miniatures.

Le second est particulier. C'est un accumulateur sec, également au Cadmium-Nickel, qui n'est activé et amorcé qu'au moment du tir. C'est un moment critique. Une source électrique (via l'ombilical) préchauffe l'électrolyte à 50ºC qui est alors injecté (*battery squibs*) dans l'accumulateur. 1,5 sec après injection, il va être en mesure produire plus de 200 ampères à 28 volts et entraîner la pompe pressurisant les circuits hydrauliques. Le temps de poussée initial des boosters pendant lequel les aillerons sont verrouillés et le missile qui vole

[33] Dernier tirs en Sardaigne en 2006 par la 58^{ieme} Batterie du Gruppo 72 de l'Armée de l'Air Italienne qui s'offrit un magnifique feu d'artifice de nuit dûment filmé pour la postérité. Ces reliques avaient encore parfaitement réussi leurs interceptions.

balistiquement sans recevoir de commande est mis à profit pour stabiliser l'ensemble moteur/pompe et tous les circuits électroniques.

PRINCIPE GÉNÉRAL.

Le Nike Hercules est un système à guidage en position ou « téléguidage ». C'est aussi le principe utilisé par le Parca français.

Le radar d'acquisition à impulsion de la batterie (PAR) qui a détecté un objectif ennemi transmet sa positon au radar de poursuite d'objectif, le Target Tracking Radar (TTR) qui le prend en compte et le poursuit en automatique. Le système qui est dans un maillage de guet lointain numérisé reçoit aussi des informations de l'AADCP[34].

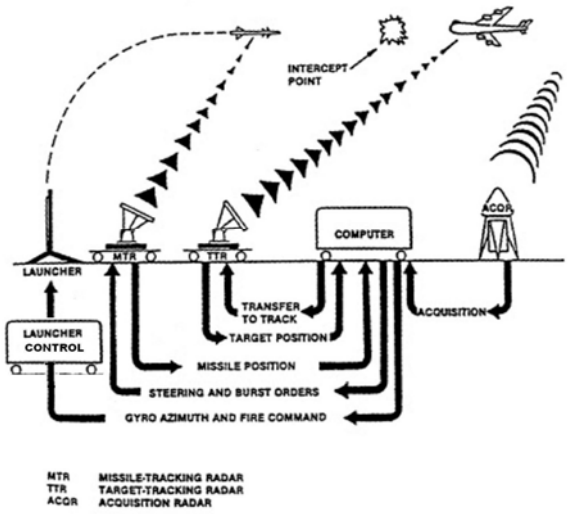


Schéma d'organisation du tir NIKE

Le calculateur reçoit les coordonnées de l'objectif et élabore un premier point d'interception. Dès que l'objectif entre dans la zone d'action de la batterie, le calculateur, selon des éléments prédéterminés (dont ceux de sécurité telle la présence de troupes amies au sol), autorise le tir. Les sections de lancement qui ont été alertées sont en position et prêtes (missiles levés et armés). La séquence suivante inclut la sélection de la section de tir, le choix du missile et sa mise à feu.

Immédiatement après son décollage, le missile est en régime balistique et, selon une courbe dite de raccordement préprogrammée, retrouve le faisceau du radar de poursuite d'engin, le MissileTracking Radar (MTR) qui le reprend en compte s'il l'avait perdu. Le radar communique avec le transpondeur du missile par signaux codés. Le missile intégralement pris en charge par le MTR est alors guidé vers la cible. Le MTR rend compte de la position du missile au calculateur.

Le calculateur compare les positions et les vitesses relatives des deux mobiles et élabore les ordres au missile via l'émetteur du MTR. Sauf une collision, qui n'est pas souhaitée, la détonation de la charge militaire est commandée par le calculateur. En mission nucléaire, la détonation est exécutée en avant et au dessus de l'objectif ; elle est déclenchée 5 milli/s avant l'impact ou du point d'explosion calculé (*Predicted Kill Point* ou **PKP**).

Détail peu connu, les premières productions d'Hercule étaient propulsées avec le même comburant-carburant que l'Ajax. Pour des raisons alors non expliquées, ce qui avait été, somme toute, un succès avec Ajax était devenu avec l'Hercules un tel problème aux tirs de

[34] Army Air Defense Command Post.; Équivalent en France.au **C**entre de **R**enseignement et de **D**irection de **T**ir (CRDT) et, pour l'Armée de l'Air, au **C**ontrôle **tac**tique (CTAC).

qualification que toute la présérie de missiles déjà en unité, fut convertie au moteur à poudre de Thiokol.

CARACTÉRISTIQUES : (SAM-A-25 M6 MIM-14).

Longueur totale :	12.60 m
• Longueur du missile :	8.15m
• Longueur du booster :	4.34 m
Envergure du missile :	1.88 m
Envergure du booster :	3.5 m
Diamètre du missile :	0.53 m
Poids :	
• Missile :	2505 Kg
• Booster :	2345 kg
Vitesse maximale :	Mach 3.65
Plafond :	45500 m (version finale: 56000 m)
Portée :	120 – 128 km (version finale 140 km)

Propulsion :

- 4 Booster type Ajax M42 (M5E1 booster).
- Poussée 978 KN (environ 100 t)
- Durée de combustion 3.4 sec

Moteur de sustentation Thiokol M30 :

- Carburant solide.
- Poussée 44.4 KN (environ 4.5 t)
- Durée de combustion 29 sec

Manœuvrabilité : 8.5 G

CHARGES MILITAIRE[35].

Leur poids varie entre 454 et 500 Kg :

- Bombe T-45 de 500 Kg contenant 272 Kg d'explosif HBX-6 et 20000 pièces d'acier sécables (fragmentation) formant une carapace double autour de la bombe.
- Bombe T-45 (H-E) à fragmentation produit 19000 éclats cubiques d'environ 1 cm3, Vitesse moyenne 2.700 m/s. Cône mort AR 114º d'ouverture due à la présence du moteur. Destruction certaine de l'objectif dans un rayon de 35 m.

(Les charges T45 sont des munitions de transition remplacées par la bombe T46).

- Bombe T46 (cluster warhead) – Éjection de 205 projectiles secondaires équipés de fusées à double effet (percussion et retard). Ces projectiles sont répartis, au point d'interception dans un cercle de 90 m de diamètre.
  - Délai de 250 à 300 µ sec. après percussion permettant aux projectiles d'exploser à l'intérieur de l'objectif.
  - Autodestruction par fusée à retard 3 à 4 sec. après éjection pour les projectiles qui n'auraient pas atteint l'objectif (sécurité au sol).
- Engin nucléaire W-3136 de 2, 20 et 40 kT. Réglage de la puissance au dépôt.

[35] Les règlements d'emploi publiés avant 1960 mentionnent le tir sol-sol pour Hercules mais sont étonnamment vagues au sujet du nucléaire ; il faut attendre les années 1970 pour voir sa codification. Au plus fort de la guerre froide, ce silence avait sans doute une raison politique ! Voir Note en fin de chapitre.

Ou

- Engin nucléaire W-7 à puissance réglable sur site : 8, 19, 22, 30, 31 et 61kT.

LE TIR DU MISSILE.

L'Hercules est tiré verticalement à environ 85-87 degrés afin d'obtenir une zone connue et probable de retombée du booster (*booster disposal area*). Pour la partie balistique du vol vertical qui dure 4,4 secondes, ses gouvernes (*elevon actuators*) sont physiquement immobilisées dans des encoches pratiquées sur l'anneau de pression du booster. Elles sont libérées dès que le booster se sépare du missile. Suit alors une manœuvre d'attitude du missile qui tourne sur lui-même pour présenter son « ventre » (antenne) au radar de poursuite. Le missile se stabilise et prend la direction générale du point d'interception calculé, le PIP. Le *Predicted Intercept Point* a été précédemment établi lorsque le calculateur a déterminé la faisabilité du tir.

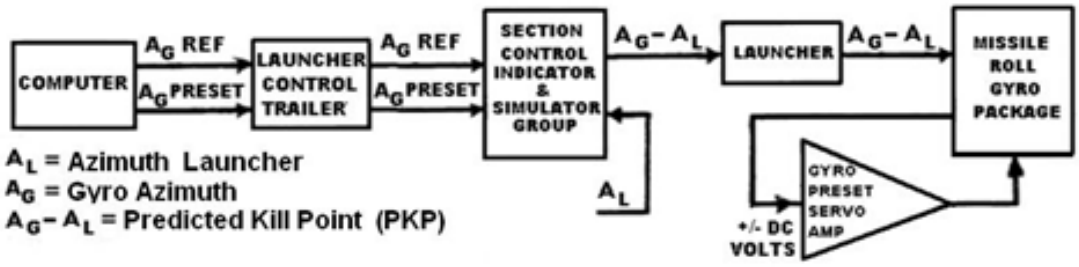


Schéma de principe *Roll and stabilization* et mise en direction vers le PKP.

Les gyroscopes qui ont été lancés avant le tir mais dont les axes sont encore calés (*gimbal lock*), sont déverrouillés et sont alors libres. C'est seulement à ce moment que le missile commence à exécuter les ordres de télécommande.

L'autodestruction (*Fail safe*) du missile intervient si le calculateur (via le MTR) ne détecte pas une action provenant d'une série de manœuvres. Le principe est le suivant : ¼ seconde après l'ordre « FIRE», le missile dégage la rampe (*missile away*), le calculateur compare la position vraie du missile avec celle d'un vol balistique théorique attendue soit :

- + 3,4 secondes : fin de poussée du booster et séparation.
- + 1 seconde : *roll-stabilization* terminé et télécommande (généralement une plongée)[37]
- + 0,5 seconde : premier ordre non exécuté (ou retardé).
- Il y a aussi autodestruction si le missile s'écarte de plus de 70 degrés d'une ligne Radar-PIP immédiatement après la fin du vol balistique. Cette dernière condition est valable tout au long du tir. (Cas de perte de référence gyroscopique, « *gyro tumble* »).
- Perte du signal balise (poursuite MTR) pendant plus de 3 secs.
- Finalement, ordre manuel de destruction par l'officier de conduite de tir.

---

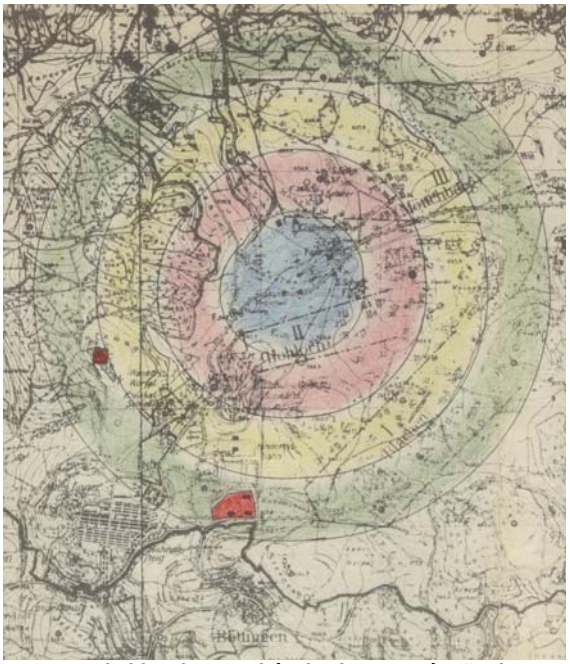
[36] Au début de 1958, parce que des quantités suffisantes d'ogive W-31 pour lesquelles le missile était prévu, n'étaient pas disponibles, certains missiles ont été initialement équipés avec une ogive nucléaire W-7 disponible, mais plus lourde. Puis, finalement on verra les deux ogives sur les sites opérationnels.

[37] Le missile monte à la verticale (ou presque) jusqu'à dépasser l'altitude de la cible. Vient alors le premier ordre important qui s'intitule "seven G dive", phase très délicate. Il pique alors sur la cible et reçoit les "vrais ordres" de guidage.

En configuration atomique, l'autodestruction du missile et de sa bombe est accomplie grâce à une charge chimique réduite qui explose sans activer la charge nucléaire (*Fail safe*).

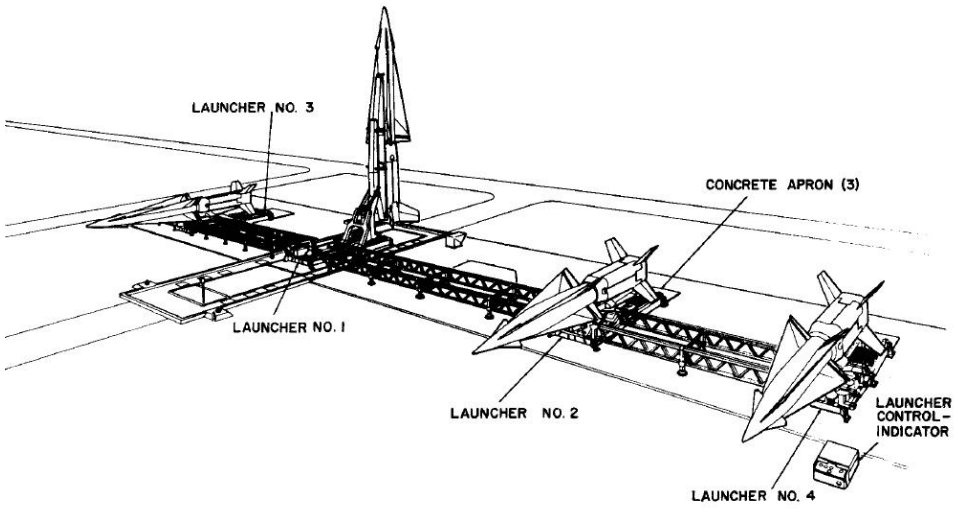
LA TÉLÉCOMMANDE DU MISSILE.

Par le biais du MTR, on utilise ce qui était, à l'époque du tout analogue et des tubes radio, un moyen révolutionnaire: la **Modulation en position d'impulsions** aussi dite m*odulation à impulsions à variation de temps* ; en anglais, la « Pulse Position Modulation » ou PPM[38]. Dans ce procédé on a autant d'impulsions que de servomécanismes à commander (canaux). La position, dans le temps, d'une impulsion considérée, vis-à-vis de son point zéro d'origine, détermine l'amplitude de l'ordre.



Zones probables de retombée des boosters à Münsingen. 3e batterie du 721e GAG.

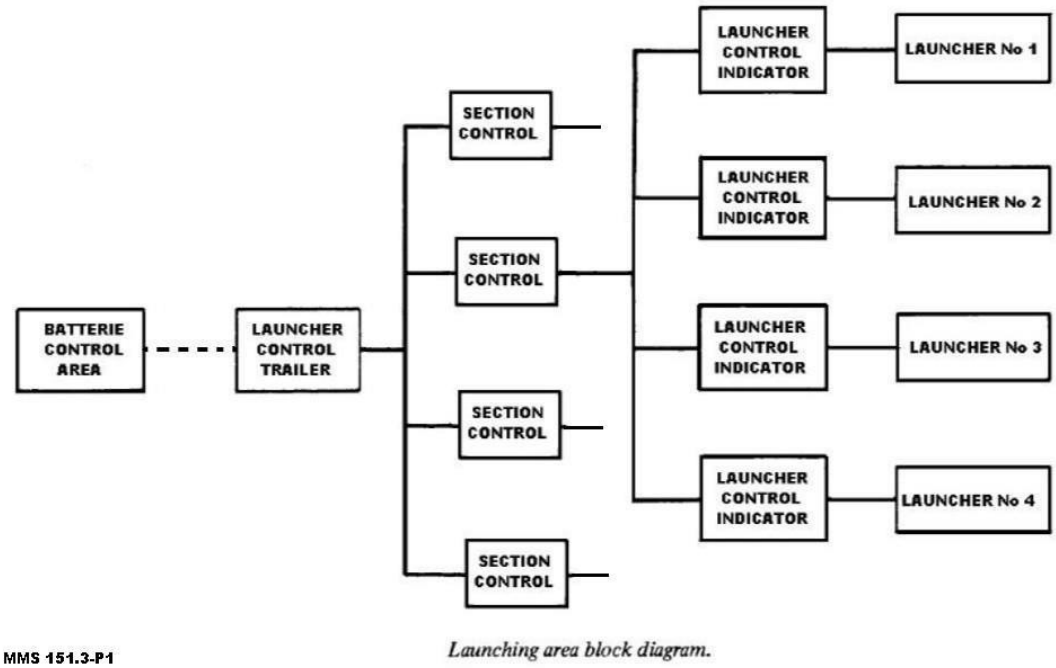
Une autre impulsion peut, par exemple, indiquer le sens +/- de l'ordre etc. Le montage est un duplexeur et son décodage est simple ce qui, en aéronautique est intéressant du point de vue du poids. Les impulsions sont celles du magnétron du radar lui-même (487 à 557 groupes de pulses par secondes) qui vont servir à la détection du missile et à sa télécommande. L'avantage du système est que le rapport



Section de lancement Nike Hercules typique.

[38] Parfois aussi dit Pulse Phase Modulation. Développé par Bell System pour le NIKE. Une de ses variantes est le Pulse Code Modulation (PCM) couramment utilisée dans les fibres optiques.

signal/bruit est excellent, toutefois récepteur et émetteur doivent être en parfaite synchronisation (horloge) et la liaison ininterrompue. Par la suite on reconnaîtra la difficulté à maintenir une parfaite synchronisation des « horloges ». Une des nombreuses améliorations du système va modifier la manière de mesurer les positions des impulsions, non plus à partir du pulse-zéro mais d'une manière différentielle, c'est à dire relative à l'impulsion précédente.



Organisation de la zone de lancement. Le bloc à gauche représente l'IFC.

LE BOOSTER HERCULES.

Le groupe moteur-fusée d'appoint est constitué de quatre boosters Ajax assemblés en parallèle pour une poussée axiale. Les poussées individuelles peuvent donc admettre des petites variations de puissance. En fin de combustion, le groupe moteur-fusée d'appoint se détache et tombe. Ce retour au sol, dangereux avec l'Ajax, l'est plus encore avec les quatre roquettes brûlantes d'Hercules. On établit donc des zones de probabilités de retombées. Toutefois l'impondérable des vents va parfois bousculer les meilleures prévisions. A Münsingen, l'axe IFC[39] - Zone de lancement était perpendiculaire à celui des retombées des boosters.

Les rampes sont orientées vers une zone de retombée prédéterminée, généralement en avant de la position de batterie. Le missile est tiré verticalement, à moins de 90º, généralement à 85º (réglable). En zone urbaine, par manque de place, on peut être amené à tirer « *over the shoulder*», autrement dit, le missile va passer au-dessus de l'IFC et le booster va tomber derrière la batterie. Cette situation oblige le MTR à exécuter une délicate et très rapide rotation de 180º lors du passage à la verticale du missile en pleine accélération. Il y a alors un possible décrochage du radar qui entraînerait la destruction automatique de l'engin au dessus de la batterie. Le 721e GAG n'a pas connu cette situation.

[39] IFC: Integrated Fire Control ou zone de conduite de tir.

TIR SOL-SOL[40]

Réglementairement, le tir sol-sol n'est exécuté qu'avec une charge nucléaire. La portée théorique est de 185 km toutefois la portée pratique est limitée par les performances du récepteur du MTR aux environs de 160 à 170 km.

Rampe Hercule-Ajax.
Noter la poutre mobile porte-missile pour Ajax.
Stagiaires français à Fort-Bliss. Avril 1959.

Une munition spéciale ("*Deep Earth")* fut développée pour pénétrer les fortifications et les travaux souterrains. Selon des opérateurs de l'époque, la précision obtenue était notable, « [aux essais] *à 160 km on pouvait choisir quelle maison ou petit édifice on pouvait atteindre ; à 50 km, c'était quelle pièce de l'immeuble ! Sur des ouvrages comme des ponts ou des viaducs, cette bombe produisait d'énormes cratères sur les routes d'accès…* ».

En tir sol-sol la batterie est mise à la disposition de l'artillerie d'Armée. Elle procède alors à une mise en condition du matériel. Les coordonnées de l'objectif sont entrées manuellement au calculateur, le gisement et le site de l'antenne du TTR sont soigneusement relevés et fixés, la fusée barométrique de l'ogive est réglée selon l'attitude d'explosion prescrite.

Une fois le missile lancé, le guidage du missile est exécuté de la même manière que pour une mission sol-air normale jusqu'à ce que la transmission de la commande de préparation d'explosion devienne effective par la simple interruption de la poursuite de missile (*guidance off*). L'ordre d'éclatement désarme alors le mécanisme de sécurité (*fail safe*), arme la fusée barométrique et oriente le missile vers le sol (*roll 180*). Le missile en trajectoire verticale plongeante explose à l'altitude prédéfinie ou (éventuellement) par percussion au sol.

Les calculs des coordonnées du tir (conversion des coordonnées géométriques en coordonnées polaires), les réglages et introductions des éléments de tir au calculateur prenaient, avant la dotation de calculettes transistorisées, environ 20 minutes. Dans les années 1970, un petit calculateur spécialisé développé par Texas Instruments réduisit ce délai à environ 5 minutes.

A noter que l'Armée turque à démontré que, sans tête nucléaire, l'Hercules en mission sol-sol était encore une arme respectable sinon onéreuse !

-o0§0o-

[40] La nucléarisation des Nike français fut effectuée deux ans après le transfert du matériel du 721ei GAG à l'Armée de l'air. Des unités spéciales de l'US Army assuraient, sur les positions, le gardiennage des engins nucléaires et leur armement final sur le missile (*matting*).

4 - NIKE : ZONE DE CONDUITE DE TIR.

GÉNÉRALITÉS.

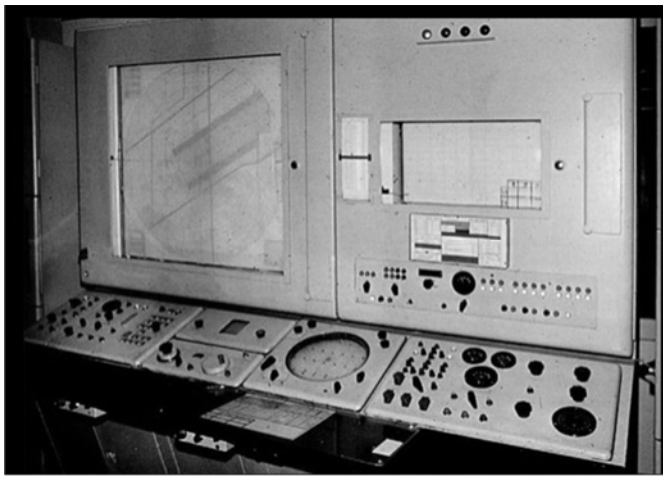
La zone de conduire de tir (IFC, *Integrated Fire Control*) est distante d'au moins 950 m de la zone de lancement et à vue directe des rampes. Elle occupe environ 1.5 hectare et comprend :

- la remorque de conduite de tir aussi dite « BC-Van » (Battery Control Van);
- la remorque d'exploitation des radars (TTR et MTR) dite « RC-Van » (Radar Control Van) ;
- le radar de poursuite d'objectif (TTR) ;
- le radar de poursuite de missile (MTR) ;
- le mât de collimation ;
- le radar d'acquisition (PAR) et son IFF/SIF ;
- la cabine du système de distribution automatique des données (AN/MSQ-18) ;
- la remorque de maintenance ;
- les génératrices (208v/400Hz et 117v/60Hz) ;
- les moyens hertziens de communication (qui peuvent être hors de la zone IFC proprement dite).

Vue générale de la BC-van

REMORQUE DE CONDUITE DE TIR BC-VAN (Version du 721e GAG).

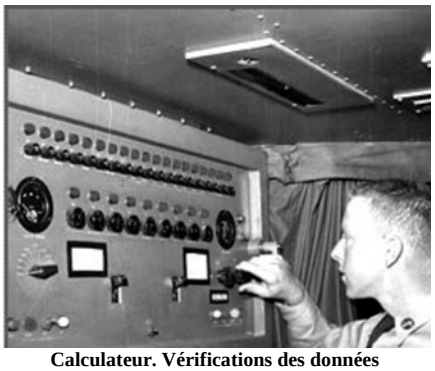
C'est le cœur du système Nike, on y reçoit les renseignements internes et externes d'activités aériennes, on évalue la menace et décide du type de missile et donc de la charge militaire pour une mission déterminée et finalement on exécute la mise à feu du missile.



Console de commandement et de tir

A droite, au fond, dans la BC-Van, on trouve la **console de commandement** qui comprend les commandes IFF, le scope PPI d'acquisition, un scope « B » de précision (ou loupe) et ses deux volants de désignation, un panneau tactique, divers boutons de commande, des quadrants (à aiguilles) du calculateur, des indicateurs lumineux de sections et de rampes, les boutons « FIRE », « BURST » et « FRIEND » et « MBA OVERRIDE » protégés sous capot et enfin, des prises téléphoniques pour casque et leur commutateur de réseaux.

Face à la console, on trouve les tables de traceur de route et d'altitude de la cible et du missile et l'indicateur d'alerte.

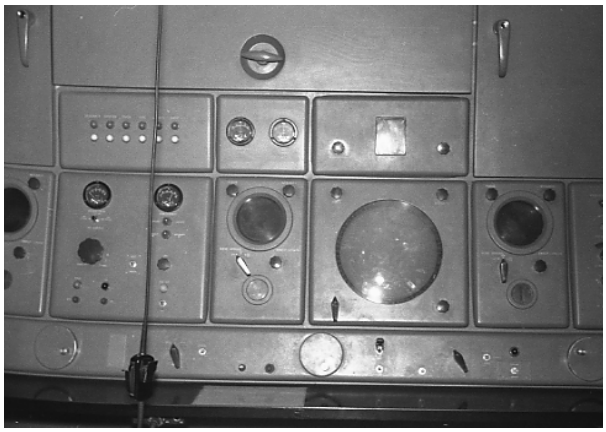


Calculateur. Vérifications des données

A droite de la console on trouve un central téléphonique BD-72[41] modifié (deux BD-72 superposés !), un enregistreur optronique[42] d'évents « e*vent recorder* », un panneau de contrôle de génératrice (*remote*), un panneau de contrôle de ventilation et climatisation, un fourneau de chauffage à essence, des armoires d'alimentations électriques et de service et les batteries.

A gauche en entrant, on trouve le calculateur avec en haut, les commandes et les indicateurs et en dessous les tiroirs électroniques et les potentiomètres ainsi que les alimentations stabilisées. En bout de cabine on trouve un tableau manuel de renseignements lointains type Georef et enfin un panneau de sortie de secours.

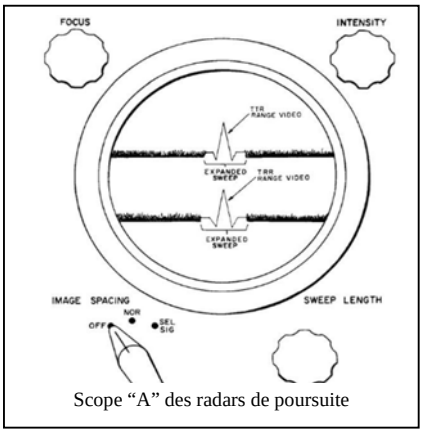
REMORQUE DE CONTRÔLE DES RADARS (RC-VAN).



Console TTR

Cette remorque est extérieurement identique à la BC-Van. Elle contient les consoles de contrôle et d'exploitation des radars TTR et MTR, des armoires techniques, un panneau de réglage de la génératrice (*remote*), un panneau de contrôle de ventilation et de climatisation, un fourneau de chauffage à essence, les batteries et deux panneaux de sortie de secours.

La console du radar de poursuite d'objectif TTR est exploitée par les opérateurs de Gisement, de Site et de Distance. La console comprend un scope PPI qui reproduit la vidéo du radar d'acquisition et son écran de pointage en précision « B-scope », trois scopes « A » à double balayage de gisement, de site, de distance et leur volant de commande. On note les commandes d'aide à la poursuite manuelle, de gain, de réglages des scopes et finalement la manette de poursuite automatique.



Scope "A" des radars de poursuite

Le second balayage des scopes « A » présente l'écart de poursuite de l'écho. C'est, on s'en souvient, le principe des scopes de poursuite de l'AN/TPL des années 1944. Il est ici très amélioré puisque ce second écho est synthétique.

[41] Peut-on rappeler que les centraux BD-71 et BD-72 sont des copies à l'identique des matériels français Routin de1918 ? In THE SIGNAL CORPS: THE EMERGENCY (To Dec. 1941) by *Dulany Terrett.*

[42] Nous sommes conscients d'utiliser un mot qui n'existait pas en 1958 mais qui trouve un emploi ici !

Armoire électronique des MTR et TTR.
(Amplis MF, Az & G_0. En bas, les potentiomètres de distance)

L'équipe du TTR, sous la direction de l'opérateur de gisement, recopie la position de l'objectif désigné en positionnant l'antenne du radar en gisement sur un marqueur du PPI, puis une recherche en site découvre l'écho, l'opérateur Distance positionne alors son marqueur sur l'objectif. Les trois opérateurs utilisent la fonction[43] «Aid » pour rester sur l'avion qui se déplace. Quant à l'opérateur Gisement, quand il estime l'objectif bien « cadré », il bascule en poursuite automatique.

L'organisation de la console reprend en gros celle du SCR-584 ; celle-ci était, pour les Français qui venaient de quitter le radar Cotal, très étonnante : deux opérateurs, site et gisement, passe encore, mais un troisième pour la distance ? On regrettait la brillante ergonomie de la console de poursuite du radar Cotal de Thomson !

La console du radar de poursuite de missile MTR est exploitée par l'opérateur MTR. Sa fonction est très différente de celle de ses collègues du TTR : il n'a pas à chercher les échos sur un scope !

Console MTR

Comme on l'a dit à propos des missiles, on utilise pour la télécommande un encodage développé par les laboratoires Bell : le Pulse Position Modulation (PPM) ou Pulse Phase Modulation.

Au scope « A » MTR, en situation de contrôle-missile, un train d'impulsions est représenté sur le scope. Les deux premières impulsions et leur espacement sont générés par le missile et en concordance avec le code entré manuellement par l'opérateur MTR dans le tiroir électronique approprié. La troisième impulsion est la réponse de la balise (ou écho !) sur laquelle s'accroche le MTR) quand il est pointé sur le missile (activé) ou sur le simulateur de vol. Le pointage du radar sur les rampes est soit manuel soit automatique sur des coordonnées préétablies. L'opérateur MTR peut à partir de ces informations, rejeter le

[43] En fonction "AID", la manivelle de contrôle (G, S ou D) devient une commande de vitesse de déplacement G, S ou D.

missile (« *missile reject* ») si le missile ne répond pas ou lorsque ses signaux de retour sont insuffisants et ainsi passer sur un autre missile levé.

La console comprend les commandes manuelles-aidées de site et de gisement de l'antenne, un panneau indicateur de situation des sections et des missiles, des indicateurs de force des signaux missile ou simulateur, un panneau de contrôle de fréquence du radar, de réglage et de commandes des gains et de puissance du magnétron. Le magnétron qui est aussi l'émetteur de signaux codés pour la guidance du missile est mis en service par l'opérateur quand il applique la HT selon une procédure spécifique et sur ordre de l'officier de tir.

En fonction « radar », le scope « A » passe en double balayage, comme au TTR, pour visualiser et poursuivre l'écho d'un objectif.

La fonction de l'opérateur MTR est essentielle et demande de l'opérateur des qualités décisionnelles qui ne sont pas exigées de ses collègues au TTR. C'est lui qui s'assure du bon missile et de son code même si cet état de fait a été validé lors de l'installation du missile sur sa rampe. Enfin, au départ d'un missile, son attention et sa capacité de réaction doivent être sans faille. Des tirs ont dû être avortés (*failsafe/missile burst*) parce que l'opérateur n'a pas su, ou pu, rattraper manuellement l'écho du missile quand le radar avait « décroché » de la poursuite automatique au décollage.

LES RADARS TTR ET MTR :

Le radar de poursuite d'objectif (TTR) – Caractéristiques :

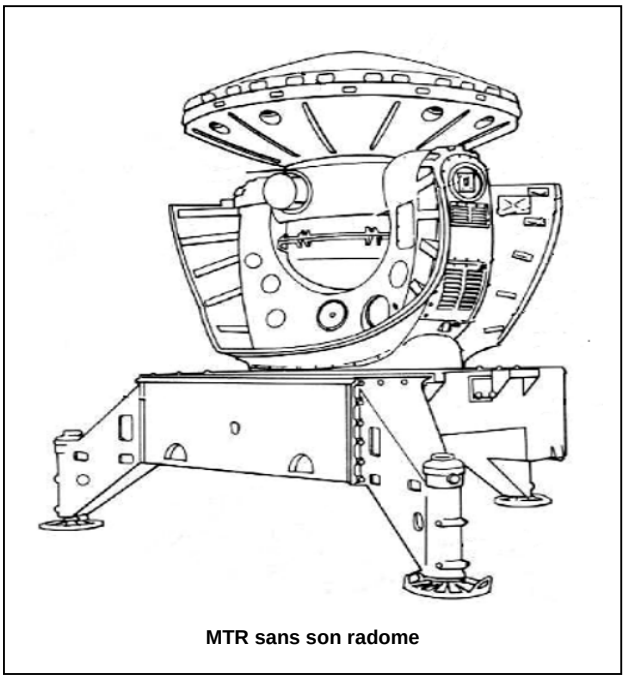
Portée maximum pratique	230 Km.
Distance minimum pratique	moins de 300 m.
Fréquence	8500 à 9600 Mhz (Bande X)
Largeur du lobe à -3 dB	moins de 1º
Puissance de sortie (Short pulse)	201 KW
Puissance de sortie (Long pulse)	142 KW
Largeur d'impulsion (Short pulse)	0.25 µ /sec.
Largeur d'impulsion (Long pulse)	2.5 µ/sec.
Fréquence de répétition.	400 à 445 pps.
Caractéristiques de poursuite :	
Vélocité gisement	700 mils/sec.
Vélocité en site (poursuite auto.)	700 mils/sec.
Vélocité site (ralliement manuel)	65 mils/sec.
Vélocité distance (poursuite auto.)	5.5 Km/sec
Vélocité distance (ralliement manuel)	55 Km/sec.
Précision théorique (over all)	20 m à 200 km

Radar de poursuite et de guidage missile (MTR) – Caractéristiques :

Portée maximum pratique (Ajax)	50 Km
Portée maximum pratique (Hercules)	180 Km
Distance minimum pratique.	Moins de 950 m
Fréquence.	8500 à 9600 Mhz (Bande X)
Largeur du lobe à -3 dB	moins de 1º
Puissance de sortie	140 kW (159 kW après modification)
Largeur d'impulsion	0,25 µ/sec
Fréquence de répétition	487 à 557 groupes de pulses par sec.
Caractéristiques de poursuite :	
Vélocité Gisement	750 mils/sec.

Vélocité site	750 mils/sec.
Vélocité distance (poursuite auto.)	1500 m/sec (5400 Km/h)
Vélocité distance (ralliement manuel)	17 Km /sec.

Rien ne distingue, physiquement, sous radôme, le MTR du TTR. Les différences apparaissent avec les « lentilles » électroniques des antennes, les émetteurs et une partie des récepteurs (dont le décodeur). Rappelons que le MTR utilise son magnétron pour générer les signaux de guidage du missile et que son récepteur reçoit, au choix de l'opérateur, les signaux de la balise missile ou les échos (effet de peau) d'un objectif. On utilisera les signaux « radar » du MTR pour les réglages de concordance avec le TTR.

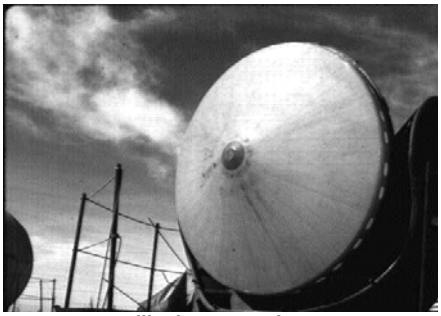


MTR sans son radome

Ces deux radars sont du type **monopulse**. Ce type de radar est issu du M-33 et avait été déployé sans grandes améliorations pour l'Ajax original[44]. Mais la grande portée d'Hercules et la précision exigée dans les trois coordonnées ont obligé à une refonte du radar en particulier de son antenne tout en conservant le principe général de sa structure.

Le NRL affirmait en 1943, que leur radar monopulse améliorait les précisions angulaires d'un facteur de 10 par rapport au radar à balayage conique de poursuite de l'époque, le SCR-584.

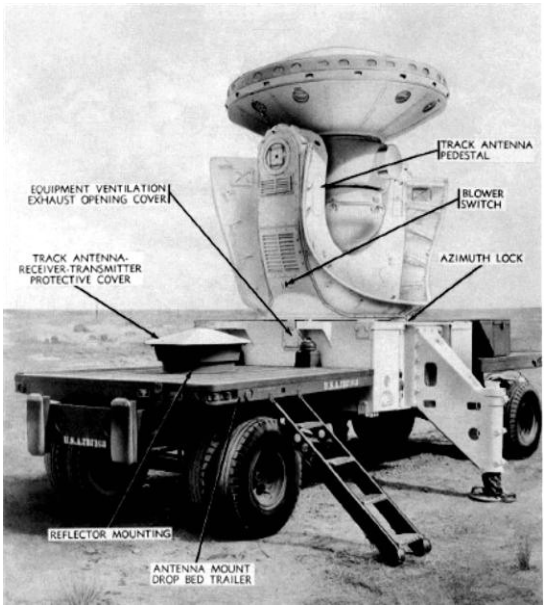
Lentille d'antenne du TTR



Lentille d'antenne du MTR

La précision[45] du SCR-584 était d'environ 1 mil pour un avion de chasse à 60 km, soit, en extrapolant, 3 mil à 180 km ; la précision en distance était de 23 mètres à 30 km soit environ 460 mètres à 180 km.

[44] Pour l'électronique, bien des platines étaient les mêmes !
[45] La portée du SCR-584 était de 60 km en recherche et 48 km en poursuite automatique.



Radar de poursuite sur sa remorque.

Or pour Hercules, il s'agit de s'approcher d'environ de ± 20 m d'un objectif situé à 180 Km (portée maximale du MTR), soit une précision angulaire de 0,0002 mil en gisement et en site respectivement. On voit que les estimations des ingénieurs du NLR étaient très prudentes puisque, dans la pratique, c'est un facteur d'amélioration de plus de1000 qui laisse une marge d'erreur largement suffisante considérant les effets des 450 kg d'explosif du missile. La charge nucléaire permet, évidement, une fenêtre d'erreur d'une autre magnitude !

Pour arriver à ces résultats c'est moins la puissance des émetteurs que la force et la qualité des signaux de retour et des échos (et sans doute la qualité des récepteurs) qui en est la raison.

Le premier amplificateur, c'est l'antenne ! Elle est particulière et, en tous cas, pour l'époque, elle marque une avancée technologique notable. En effet les signaux reçus sont focalisés par une « lentille » électronique sur les quatre cornets, puis conduits dans le labyrinthe de la célèbre « plomberie » THF pour en élaborer les signaux d'écartomètrie, etc. (Voir Annexe). De fait, on est en présence d'un système passif, peu « bruyant » qui, en fin de parcours, produit de robustes signaux. Le gain des antennes dépassent 44 dB pour le TTR et 49 dB pour le MTR. (Le Cotal avait un gain d'antenne de -30 dB).

IFC de B2/721^{iem}GAG à Stetten.
A gauche BC-Van, le camion MSQ-18
et RC-Van avec les caches antennes sur son toit

Une autre particularité de ces radars réside dans les mécanismes de la tourelle d'antenne. Afin d'obtenir des déplacements azimutaux et d'élévation aussi fins que possible (de l'ordre du millième de millième), la mécanique fut particulièrement soignée. On utilise des roulements spécialement fabriqués (*Kaydon Bearing*) et des grandes couronnes à engrenage à rattrapage de jeux. La lourde tourelle d'antenne et l'ensemble d'élévation, tournent sans heurt, légèrement sollicités à la main. Les mécanismes d'élévation bien équilibrés ne souffrent pas de moment d'inertie. Les classiques amplidynes sont remplacées par huit moteurs à induction (quatre en site et quatre en gisement). Ils sont commandés par autant de servo-amplificateurs qui débouchent sur de puissants amplificateurs push-pull comprenant les enroulements de contrôle de modulateurs à

variation de champs[46] *magnetic modulator* liés aux moteurs. Toutefois les amplis magnétiques qui datent du M33 seront progressivement remplacés par des thyratrons aussi directement liés aux moteurs. Au MTR on a « débridé » la commande en site qui peut rallier à 750 mil/sec (contre 700 au TTR). En effet, au décollage du missile situé à quelques 900 m, le radar va devoir suivre la rapide élévation du missile au risque de le « perdre » et provoquer un dangereux « *fail safe* » à la verticale de la rampe. (L'accélération du missile, à son apogée est d'environ 25 g !).

TTR et PAR à Stetten, hiver 1960.

Pour conclure, les ingénieurs ont réussi la gageure d'obtenir des vitesses de ralliement d'antenne suffisantes pour les objectifs proches sans compromettre la haute résolution des contrôles de Gisement et de Site, essentielle, pour la poursuite des objectifs lointains.

L'organisation de ces radars nous interpelle. Ils devaient être d'une très grande précision, très au-delà de ce qui existait à l'époque. En conséquence la tourelle fut montée sur une base très rigide (une caisse) supportée par trois solides vérins fortement boulonnés à la caisse. Les vérins, sont fixes, c'est à dire non escamotables, mais démontables. Cette caisse servira à abriter une partie de l'électronique et des alimentations. Notons qu'une rumeur selon laquelle des astrophysiciens auraient été consultés ne nous étonne pas[47] !

Bien plus tard, en France, on verra que le constructeur du radar monopulse Aquitaine s'est clairement inspiré de ces radars[48].

Aurait-on oublié de souligner aux ingénieurs que l'ensemble devait être mobile ? Qu'à cela ne tienne…

Lunette d'alignement

Avec les trains de roues des cabines type G789, des remorques dont la partie centrale était surbaissée furent spécialement construites sur lesquelles fut simplement posée et arrimée la caisse de la tourelle. La tenue de route de cet échafaudage était étonnante[49] ! Arrivé à destination, on pouvait soit conserver la remorque porte-radar dans l'attente d'un éventuel mouvement (cas des unités aux FFA) ou, à l'aide d'une grue, élever le radar pour en soustraire la remorque (cas des unités « fixes » aux USA).

[46] Souvent dit, par erreur, "Ampli magnétique". Ces amplificateurs étaient très usités par les marins pour les tourelles d'artillerie de gros calibre.
[47] On retrouvera des bases d'antenne NIKE en "surplus": dans des universités et sur des stations de communication satellitaires.
[48] Aquitaine dépasse en précision les TTR/MTR du Nike, sa portée est aussi plus grande mais il est 3 fois plus gros et il est fixe !
[49] Nous en témoignons pour avoir fait le parcours, sur route moyenne « militaire » de Tobin Wells à McGregor à grand train, notre chauffeur américain (un appelé) ayant un rendez-vous galant, tenait à ramener le tracteur dès que possible au motor-pool du Fort!

La mise en batterie comprend l'installation des trois lourds vérins qui ont fait le déplacement sur le plateau du tracteur, les différents déverrouillages de l'antenne dont le lien remorque-tourelle, le câblage (cinq câbles) vers le RC-Van et la génératrice. On sort de sa caisse et déplie le radome au sol. Il est fait d'une lourde toile plastifiée armée avec de longues « baleines » en nylon qu'on enfile dans des coulisses. Tous les opérateurs de l'IFC sont mobilisés pour la mise en place du radome sur l'antenne. Une ouverture à glissière (*fermeture Eclair*) permet de pénétrer dans le radome et d'accéder à l'antenne. Une pompe à air maintient une pression positive dans le radome légèrement gonflé.

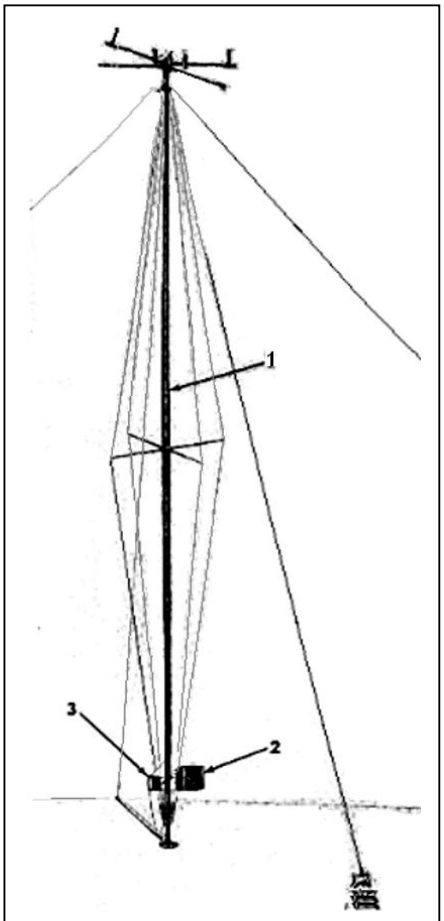
L'installation du radome n'est donc pas aisée ; par mauvais temps, elle est laborieuse ! Le but du radome est d'annuler les effets du vent sur les mouvements de l'antenne et de limiter les variations brutales de températures qui peuvent affecter les mécanismes.

Suivent alors la mise à niveau et l'orientation des radars de poursuite et d'acquisition, puis l'alignement électromagnétique et les mises en coïncidence des radars de poursuite.

La mise à niveau des radars de poursuite.

Elle est très importante considérant leurs portées de 180 à 230 km ! C'est en fait la raison première de l'installation de ces radars sur des plateformes bétonnées où leurs trois pieds reposent sur des piliers en béton enterrés à deux mètres.

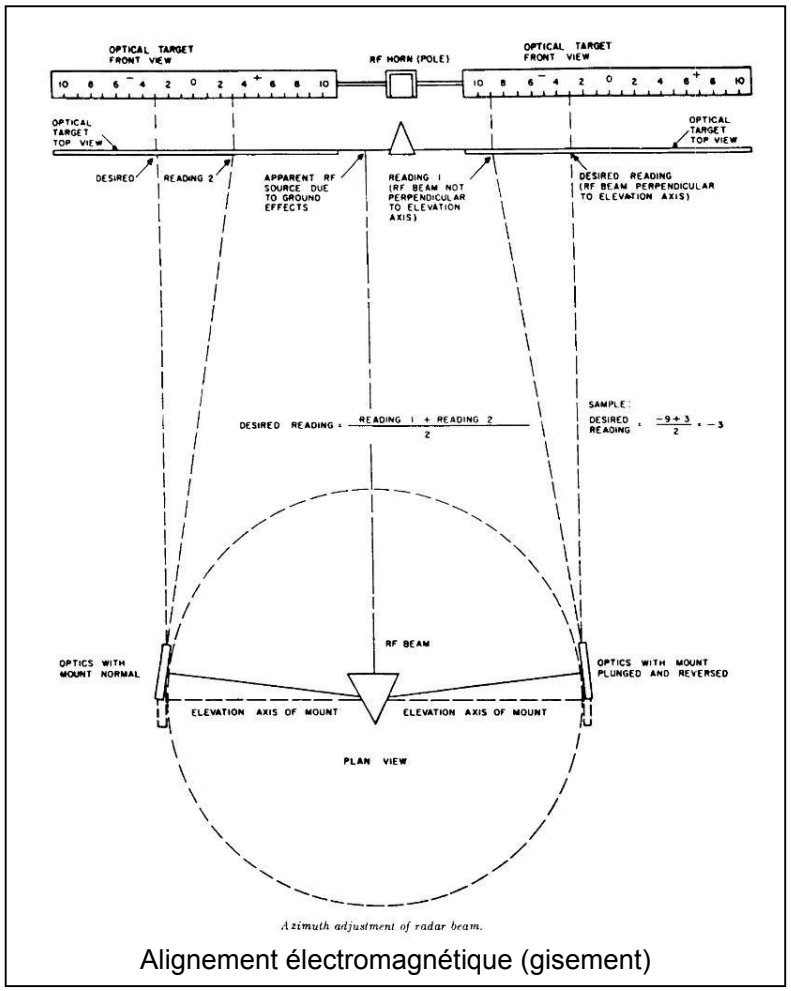
Idéalement la mise à niveau serait exécutée par temps couvert ou de nuit pour minimiser les gradients de température ; en particulier, par temps ensoleillé, des chaleurs radiantes qui affectent un coté ou l'autre de la base d'antenne. De plus les vérins, plus exposés étaient peints en blanc pour réduire l'effet de conduction de la chaleur sur la base. Les niveaux étaient vérifiés quotidiennement et à chaque variation de température dépassant 5ºC.



Mât de collimation

La version des radars du 721^{e} GAG comprend deux niveaux de grande précision disposés à 90º et positionnés sur la base d'antenne. Ils sont montés sur un axe et ajustables avec une molette-micrométrique graduée en1/100^{e} de millième. Après une mise à niveau dégrossie, on exécute la mise à niveaux de précision. Grâce à un artifice optique, l'opérateur ne voit que deux « demi-bulles » qu'il va mettre en coïncidence avec la molette graduée puis lire la valeur au micromètre. On tourne alors l'antenne à 3200 mil et on exécute la même opération. On est parfaitement de niveau quand l'addition algébrique des valeurs micrométriques est nulle. On corrige avec les vérins. L'élément humain pouvant affecter les lectures, c'est le même opérateur qui lit les résultats pour les deux radars.

Pour l'**orientation** on utilise une lunette à fort grossissement et un théodolite. Toutefois ce premier alignement reste (toute proportion gardée) grossier et on cherchera un point aussi éloigné que possible ou de préférence un astre sur lequel les deux radars MTR et TTR seront pointés au même instant. La procédure d'alignement comme pour les mises à niveau est extrêmement détaillée et particulièrement exigeante. On procède ensuite à des visées réciproques MTR-TTR pour confirmer l'alignement.



Alignement électromagnétique (gisement)

Alignement des faisceaux électromagnétiques.

Le personnel technicien participe à l'orientation et exécute les réglages de l'alignement électromagnétique. Il s'agit de faire coïncider le gisement et le site du faisceau d'émission avec la position physique de sa tourelle d'antenne. Cette opération était connue, mais rarement exécutée, des spécialistes SCR-268, 584 et Cotal. Avec le Nike-Hercules, vu les portées, l'alignement THF des deux radars est primordial et est vérifié chaque semaine (*Weekly checks).* On utilise un **mât de collimation.**

Concordance radars (Simultaneous tracking).

Finalement le test ultime est la concordance des radars. Pour confirmer les réglages précédents, les deux radars vont poursuivre simultanément un même objectif lointain[50]. On sait que le MTR peut redevenir un radar « normal ». Les données de la double poursuite sont automatiquement entrées dans le calculateur qui tient compte des parallaxes entre les positions des deux radars. Les résultats sont ensuite imprimés par l'enregistreur «d'évent » et dépouillés.

[50] En particulier, sauf "*avion plastron*" donc une mission officielle de l'Armée de l'Air, il fallait trouver un avion de ligne volant assez longtemps dans les parages. A Stetten on avait la chance d'être survolé par les avions des lignes régulières suisses qui volaient vers Frankfort en particulier; les avions Paris-Munich étaient aussi les bienvenus !

En opération, la concordance était vérifiée toutes les 6 heures. Dans ce cas, plus simplement, on lisait les données des deux radars sur les cadrans gradués du calculateur et le TCO prenait la décision d'accepter les résultats.

(Des spécialistes Nike américains assurent que les meilleurs « dépanneurs » savaient, pendant la poursuite, régler les radars « au vol ». Cette méthode n'avait pas la bénédiction des autorités mais était acceptée par les TCO qui gagnaient du temps).

LE MÂT DE COLLIMATION. (*Test Mast*).

C'est un mât de 19 m situé à environ 200 m et perpendiculaire à une ligne TTR-MTR comprenant au sommet un cornet d'antenne d'émission et de réception et à sa base une petite armoire électronique. Un guide d'onde dans le mât relie l'antenne à l'émetteur/récepteur de test à la base. De part et d'autre du cornet deux règles graduées serviront à centrer optiquement l'antenne.

Avec le mât convenablement orienté vers les radars de poursuite, on va mesurer la force des signaux et les fréquences des émetteurs. De la même manière on mesure la sensibilité des récepteurs en émettant des signaux calibrés.

La seconde fonction, et sans doute la plus importante, du *Test Mast* est l'alignement électronique des antennes ou la concordance du centrage des faisceaux d'émission avec celui des tourelles et donc des valeurs G_o et S_o présentées au calculateur.

Le principe est le suivant : le radar sur lequel on a monté deux lunettes d'alignement sur les porte-lunettes droite et gauche de l'antenne, est pointé sur le cornet du mât. Au récepteur du « *test mast* » un signal maximum est obtenu en faisant manœuvrer le gisement et le site de la tourelle. Dans les lunettes on observe sur les règles graduées la position vraie de l'antenne. On règle ensuite les servos de la base d'antenne pour une obtenir une coïncidence. (Voir l'exemple du schéma où le gisement de l'antenne est décentré à gauche du cornet).

LE RADAR D'ACQUISITION OU PULSE ACQUISITION RADAR (PAR).

Notons que le nom est étonnant puisqu'à l'époque on ne connaissait pas de radar qui ne soit pas à « impulsion » ! Dans la littérature plus récente il est aussi appelé LOPAR ou « *Low Power Pulse Acquisition Radar* » et, en même temps, on trouve un autre PAR, le HIPAR[51]. En effet, une des très nombreuses améliorations du système Nike intègre, à la batterie, un autre puissant radar de guet lointain « d'acquisition », le HIPAR qui supplée au radar du régiment ou du Groupement (*battalion*).

Montage de l'antenne du PAR.

Ce faisant, l'ancien PAR

[51] Portée 320 km à klystron de puissance et fréquences sélectionnables. Bande L.

devient donc un radar de « petite » puissance d'où, LOPAR ! Les unités françaises n'ont pas été équipées de ce HIPAR[52]. En tous cas, avec le HIPAR, le concept de mobilité du système Nike, déjà en question, était *de facto* abandonné. Le PAR a pour mission de désigner au fin faisceau (lobe) du TTR le gisement d'un objectif détecté par lui ou assigné électroniquement par le radar de guet du régiment au BOC. En effet, l'assignation électronique (FUIF[53]) est aussi présentée sur le même scope PPI à la BC-Van.

Le PAR est une tour, dite « *barbette* » par les américains, constituée de trois bidons électroniques étanches[54] surmontés par une base d'antenne tournante supportant le radome. La « barbette », qui ne repose pas au sol, est supportée par trois béquilles à vérin arrimées l'une à l'autre. La mise en place de l'antenne nécessite le camion grue de la batterie.

L'auteur au PAR à Tobin Wells, Texas (*Indulgence!)*

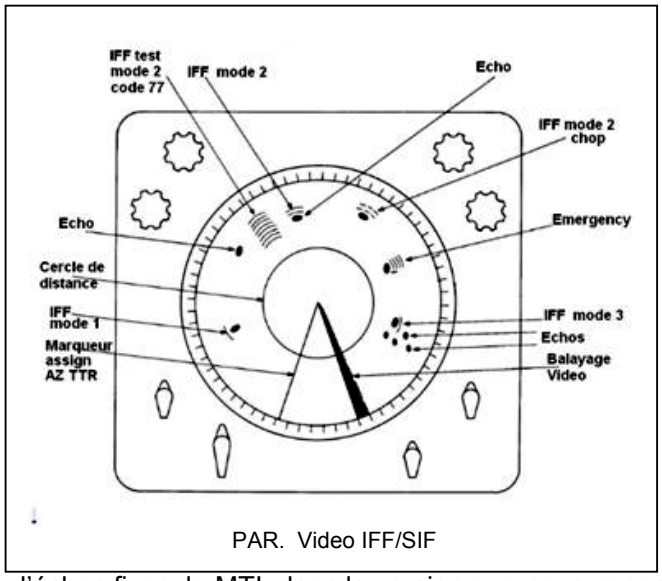
Notons que les PAR étaient livrés avec un petit palan qu'on attachait à la « *barbette*» pour monter l'antenne. Ces appareils de levage incommodes ont probablement tous été mis au rebut, neufs, dans leur emballage d'origine !

En 1958[55], ce PAR, pour les artilleurs américains, n'est pas une nouveauté : c'est celui du système M33 et il n'est pas beaucoup plus jeune que nos AN/TPS-1D. Au M33, il était le seul matériel qui ne fut pas sur roues ce qui n'était pas du goût des utilisateurs. Au Nike où il va faire une longue carrière, il restera pratiquement inchangé.

Caractéristiques du PAR :

Portée maximum	230 Km
Puissance de sortie	1 MW (magnétron à fréquence variable)
Antenne	Cosécante carrée.
Fréquence	3100 - 3500 Mhz (Bande S)
Fréquence de répétition	500 pps.
Largeur d'impulsion	1.3 µ/sec
Rotation d'antenne	5, 10 ou 15 tr/m
MTI	1000 µs ligne à retard à quartz.
IFF	Mark X SIF.

[52] En même temps, un autre radar antibrouillage fut ajouté à la panoplie: le TRR ou Tracking Range Radar, un radar de distance semblable au ROR du Hawk.
[53] Fire Unit Integration Facilities ou système de transmission automatique de données et d'alerte. Voir TSQ.
[54] On doit aux ingénieurs du PAR le concept, un temps à la mode en France, des bidons étanches contenant l'électronique. Voir entre autres les radars ACAL et GAL et le système de déport d'images de SFR. Toutefois dans le PAR américain, on ne pressurisait («gonflage ») pas les bidons !
[55] C'est à dire à l'arrivée des premiers stagiaires français à Fort Bliss.



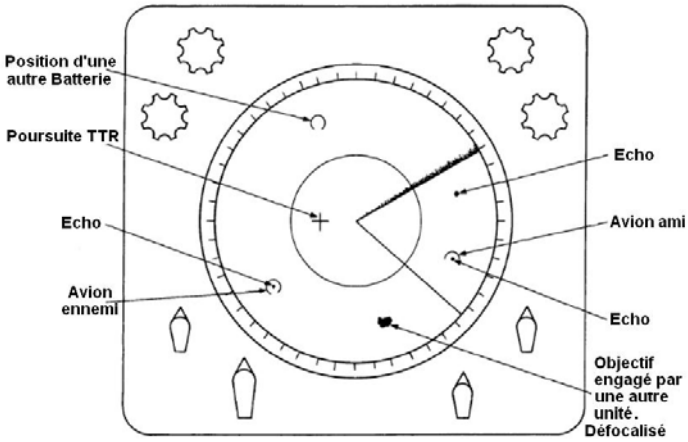
PAR. Video IFF/SIF

Le PAR a aussi servi l'Ajax mobile. Il avait alors reçu un magnétron plus puissant à fréquence variable (variation du volume des cavités) et une CAF plus réactive. Le lobe d'antenne est à cosécante carrée. Plus tard, il recevra un moyen mécanique permettant de faire varier cette cosécante et d'ainsi déterminer, grossièrement, les altitudes basses, moyennes et hautes des avions pour aider à leur prise en compte par le TTR. Il recevra aussi des circuits antibrouillage importants. Ces modifications n'ont pas été effectuées du temps du 721e GAG. L'effaceur d'échos fixes, le MTI, dans la version que nous connaissons avait une ligne à retard (1000 µs) à quartz et, avec le fameux phantastron (voir 11- annexe), on pouvait ajuster le rayon d'utilisation du MTI.

La vitesse de rotation de l'antenne était variable[56] à 10, 20 et 30 tr/mn, mais on ne pouvait pas, comme avec l'AN/TPS, l'arrêter sur un gisement. Durant son service au 721e, le PAR reçu une modification essentiellement mécanique sous le radôme d'antenne pour y adapter le nouvel IFF/SIF Mark X (AN/TPX-20) et sa télécommande à la BC-Van.

À l'aide d'une lunette montée sur la base d'antenne on orientait le radar par visée réciproque sur l'un des radars de tir. Les réglages synchros d'alignement étaient exécutés au PAR mais lus sur le scope de la BC-Van.

La précision de l'alignement sera évaluée lors de la poursuite simultanée des radars de poursuite, par la qualité du transfert de coordonnées PAR-TTR.

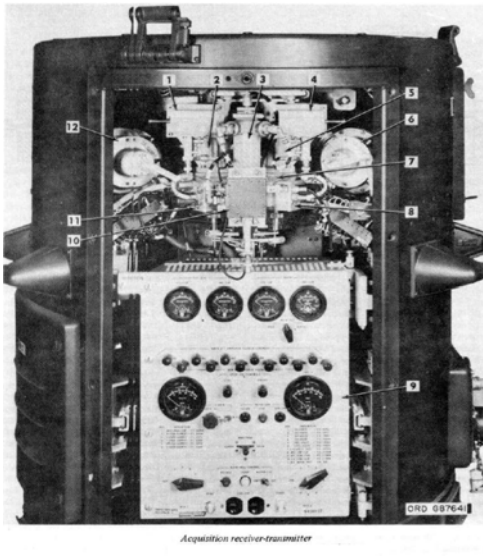


PAR. Signaux FUIF (MSQ-18)

Le radar alimente en vidéo le PPI du pupitre de tir et son scope « B » de précision ainsi que le PPI de la console du TTR et son scope « B ». Les PPI mesurent 10 pouces et les scopes « B », rectangulaires mesurent 4 x 6 pouces.

[56] Ces vitesses de rotations seront plus tard réduites à 5, 10 et 15 Tr.mn.

Sur le PPI de la BC-Van on trouve combinés, la vidéo du PAR, la vidéo IFF/SIF et enfin les signaux synthétiques du système de transmission automatique de données en provenance du Groupe (AADCP/MSQ-18). Le scope PPI de la console TTR ne reçoit que la vidéo PAR et le marqueur de désignation en provenance de la console du TCO.



PAR Émetteur- récepteur

Pulse Acquisition Radar (PAR)

Même sans interférences électromagnétiques toujours possibles, le scope PPI de la BC-Van peut être très « occupé » et il faut toute l'attention de l'opérateur d'Acquisition et du TCO pour l'exploiter.

L'opérateur d'acquisition a à sa disposition une petite panoplie de moyens anti-interférence et anti brouillage : fréquence du magnétron, fréquence de répétition, MTI, gains, intégration classique des échos (constante de temps, gain variable dans le temps, etc.). Mais il faut convenir que, du temps du 721^{e} GAG, le PAR souffrait encore de son ascendance M-33 et n'était pas convenablement équipé de circuits ECM.

Autres informations sur la BC-Van.

LE CALCULATEUR. (Ou Computer).

Il serait fastidieux de détailler le calculateur analogique du système Nike-Hercules qui est, à la base, celui de l'Ajax. Les mêmes algorithmes sont simplement appliqués à des distances et des vélocités plus grandes. Avec d'autres modifications propres à l'exigence d'Hercules, il a suffi, dans la plupart du temps, de remplacer les potentiomètres de l'Ajax par des potentiomètres adaptés au premier. Les importantes alimentations stabilisées ont aussi été revues. De nouveaux amplificateurs de courant continu font leur apparition.

Le TM 9-5000-3 (*Nike computer*) consacre 200 pages de calculs et de graphiques aux résolutions des problèmes du tir Nike. On y reconnaît, en particulier, des pages de l'ancien APT-M9 analogique concernant les calculs des parallaxes. En effet, afin obtenir un maximum d'efficacité des charges militaires, les positions relatives des deux radars TTR et MTR deviennent capitales, en particulier à l'interception. Ces calculs sont pondérés selon les types de charges militaires.

Le calculateur contient 250 tubes. La majorité est du type « miniature » octal[57].

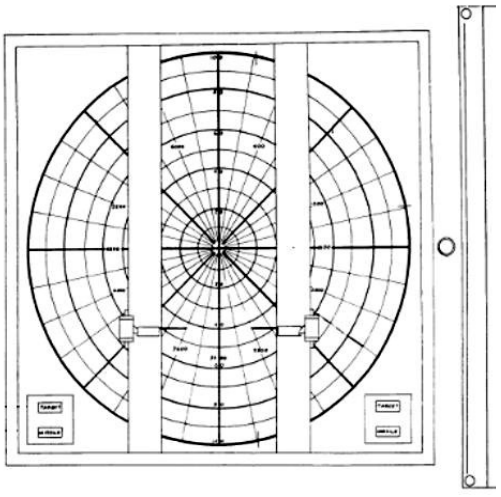
On note :

- 10 tubes à gaz (alimentation) ;
- 70 amplificateurs opérationnels (OP Amp) ou continus;
- 16 amplificateurs pour les moteurs des potentiomètres ;
- 8 alimentations stabilisées (5 tubes par circuits) ;
- 10 circuits de commandes de relais.

TRACEURS DE ROUTE ET D'ALTITUDE (PLOTTING BOARDS).

Le grand traceur de route faisant face à la console de conduite de tir est sans doute ce qu'on remarque en premier en entrant dans la BC-Van. Le second, celui des altitudes est moins imposant.

Le traceur de route (sur papier) couvre une surface de 200.000 yard^2 soit environ 183 km^2, deux bras supportent les encreurs rouge (le missile) et vert (l'objectif). Le marqueur rouge trace la position du point d'interception jusqu'au moment du tir. A partir du lancement, il trace la route du missile.



Traceur de route (*Plotting board)*

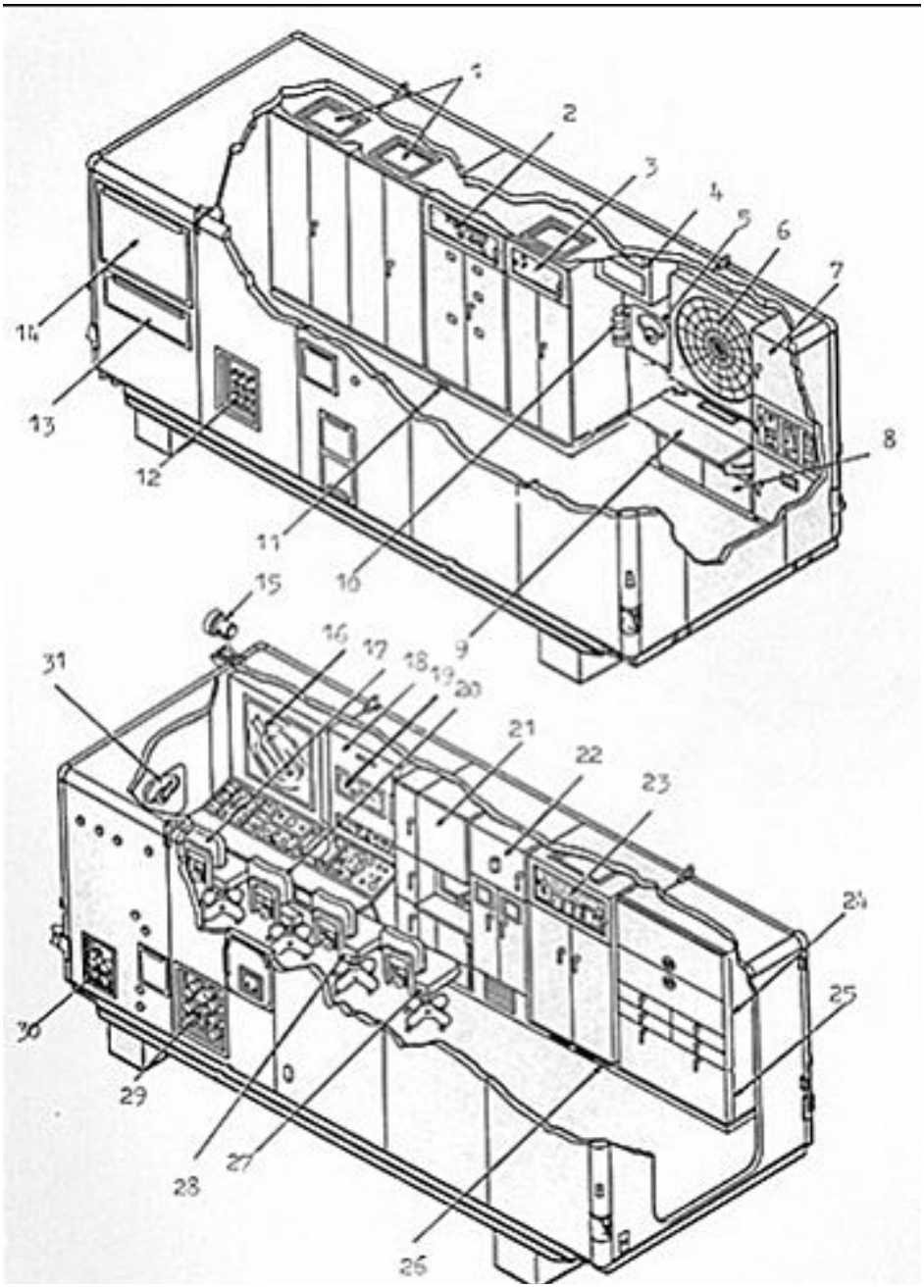
Au traceur d'altitude (de zéro à 100 000 pieds (30,4 km) et de zéro à 160 secondes, un bras suit l'altitude de l'objectif et le second marque l'altitude du point d'interception calculé, puis, après le décollage du missile, il trace sa course en altitude et en temps. Le temps est aussi décompté sur tous les tracés, toutes les 10 secondes.

COMMUNICATIONS À LA BATTERIE.

Consoles, radars, rampes, génératrices, mât de collimation, remorque de maintenance, MSQ-18, etc., sont équipés de moyens téléphoniques intégrés reliés soit au central de l'IFC soit à celui de la zone de lancement. Les centraux BD72 des deux zones sont eux-mêmes reliés par deux câbles à 4 pairs (enterrés), trois lignes de campagnes de secours et quatre postes radio AN/TRC-47[58] aussi de secours. Les postes radio sont directement reliés aux deux centraux.

Au 721^e, ces postes radios n'ont pas été perçus et n'ont pas été en service.

[57] On trouve en abondance ces nouveaux tubes qui remplacent les tubes type JAN-6SN7 grands consommateurs d'énergie.
[58] AN/TRC-47 est un poste FM de courte portée pour liaisons téléphoniques duplexes de remplacement. Il a deux antennes type râteau très directives à polarisation verticale.



BC-Van

(2 & 3) Calculateur ; (6) Tableau Georef manuel ; (16,18) Tableaux traceurs ;(17) Opérateur PAR ; (20) TCO ; (21) Centraliste ;(23) Électronique cabine ; (28) TCO adjoint ; (31) Issue de secours;

Les Américains qui avaient abandonné le célébrissime téléphone de campagne EE-8 (model 1932 !), utilisent alors le téléphone TA/312-PT. Il est intégré au matériel mais on utilise parfois sa version portable dans son étui en toile. Aux consoles IFC et LCT ce sont des boîtiers à commutation de réseau (*loop)* sur lesquels sont branchés les casques qui sont en service. A la batterie Nike, seuls les casques sont utilisés.

Téléphone TA/ 312-PT.
Cet appareil est le plus souvent intégré au matériel.

Hors les périodes d'alerte, c'est à dire en « *Condition Blanche*[59]», les abonnés utilisent le service des centralistes. Dès que la batterie passe en condition d'alerte « Jaune », « Bleu » ou « Rouge », certains postes sont automatiquement assignés à un des deux réseaux (***loop***) spécialisé de commandement ou d'administration technique ou les deux, par commutation, selon les fonctions. Les deux réseaux ne peuvent pas être interconnectés : ce sont les réseaux « ***Command Hot loop*** » et « ***Technical Hot loop*** ».

Par exemple, en condition d'alerte « Bleu », le téléphone de l'opérateur MTR est automatiquement connecté au « ***Command HOT loop*** » mais il peut commuter sur « ***Technical hot loop*** » qui le relie uniquement à l'antenne du radar MTR et au mât de Collimation.

En condition d'alerte, le central ne peut plus interconnecter les postes liés aux réseaux « **hot loop** ». Toutefois, le TCO normalement attaché au réseau «***hot loop*** » est également relié avec le BOC via le commutateur de son boîtier téléphonique par le réseau de données du MSQ-18 et éventuellement par le central. A la zone de lancement le réseau de commandement «***hot loop*** » est connecté aux haut-parleurs (*intercom*) des rampes.

L'enregistreur (*EVENT RECORDER).*

C'est un appareil galvanométrique enregistreur de **40 canaux** qui reçoit certaines informations du calculateur. Un rouleau de papier sensible est impressionné par la lumière émise par chacune des voies. L'enregistreur n'est en service qu'en « condition rouge » ou en test. Le centraliste est chargé de l'enregistreur.

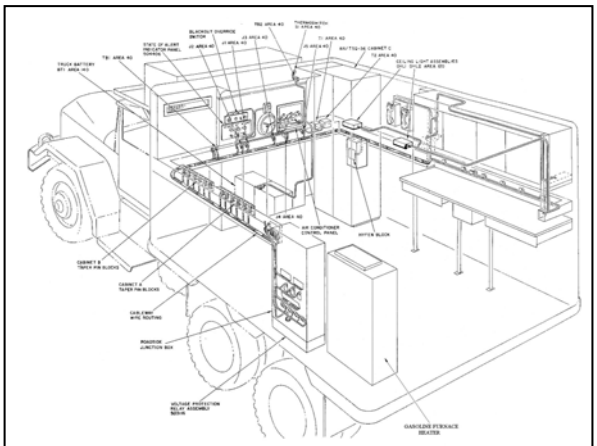
LE SYSTÈME DE DISTRIBUTION AUTOMATIQUE DE DONNÉES AN/MSQ-18.

C'est la première version opérationnelle des systèmes de distribution automatique de données transistorisées (transistors à pointe[60]). Il représente la génération suivant le FUIF (*Fire Unit Integration Facility)* qui était installé dans des bâtiments en dur et son électronique était à tubes ! Certains manuels techniques, sans doute imprimés avant les dotations MSQ-18, parlent de FUIF qu'il faut traduire par « MSQ » ou «TSQ ». (Voir « Transmissions de Données & Missile Monitor.).

[59]Les conditions d'alerte BLANCHE, JAUNE, BLEU et ROUGE sont tout à la fois des décisions de commandement (local ou supérieur) et le reflet du degré de préparation à l'ouverture du feu et par suite, de celui du matériel. Supposons un ordre de mise en alerte, si tel ou tel matériel majeur devient indisponible, cette condition n'est pas exécutable. Le commandement, à l'échelon supérieur de la batterie, ne peut pas ordonner une condition « ROUGE » qui est la décision du TCO d'un tir imminent. On peut noter que le terme « Condition XX » est une expression qui date de 1943. Les Manuels du Gradé de 90 mm (1951 et 1954) considèrent deux conditions: jaune et rouge. Le règlement de 1940 n'en fait pas état. On dit maintenant « Position d'alerte XX ».

[60] On considérait alors les tubes plus capables de résister à l'impulsion électromagnétique de la déflagration nucléaire que les transistors, leurs tensions de contrôle étant plus grandes. Les matériels de tirs Nike puis Hawk sont donc restés aves des tubes.

Le matériel est mis en marche par le personnel technique qui entre aussi les coordonnées X, Y et Z de la position de batterie, calculées par le TCO. Il n'y a pas d'opérateur affecté au MSQ. La cabine est reliée au BOC par liaisons hertziennes ou, comme à Stetten pour les batteries B1 et B2, par des câbles enterrés (câbles à 4 paires) le BOC étant implanté à moins de 5 km. La liaison avec la BC-Van est réalisée avec un câble coaxial ADL (*Automatic Data Link*) et trois câbles multiconducteurs de 25 m et éventuellement avec une ligne d'administration « *Admin* ».



MSQ -18

Une bizarrerie surprend les téléphonistes : le MSQ contient deux convertisseurs d'appel TA-182/U qui ont fonction de convertir les liaisons téléphoniques 4 fils en 2 fils et de « traduire » les signaux d'appel 1500 c/s *Hot Loop* et *Technical Loop* émanant du BOC en signaux 90 volt/60 Hz pour les sonneries. En effet, ces translateurs d'appels datent d'avant la deuxième guerre mondiale !

Le MSQ-18 est monté dans la cabine fixe d'un camion 2.5 t M35 Reo. Autrement dit, le MSQ-18 est hors service quand le véhicule est en maintenance au garage régimentaire. Situation inacceptable ! De telle sorte que le véhicule va se détériorer sur pied ! Cet ensemble, pratiquement identique, mais installé dans des cabines aérotransportables, deviendra l'AN/MSQ-28 des Hawk en France. On note dans la cabine un petit atelier de réparation et un bel outillage d'électromécanicien. Avait-on pensé à son utilisation pour la maintenance de l'IFC ? En fait, le matériel Nike proprement dit était déjà bien équipé rendant cet atelier inutile.

LA REMORQUE DE MAINTENANCE.

Elle est équipée d'armoires et de cabinets de rangement. On y trouve tous les tubes de rechange du système, les instruments de mesure nécessaires au dépannage, oscilloscopes, voltmètres, appareils spéciaux pour certaines opérations de maintenance (mât de collimation) et un excellent lampemètre[61], etc. Un sous-officier spécialiste magasinier préside à l'ordonnance de la remorque selon des méthodes américaines et à l'entretien et la mise à jour de l'importante documentation technique. On note l'utilisation de cartes IBM pour l'inventaire des pièces détachées. En mouvement, la remorque transporte les trois bidons du PAR et le mât de collimation replié.

LES GÉNÉRATRICES.

On trouve à l'IFC :

- Une génératrice diesel 208v/400Hz 45 kVa, pour la BC-Van, le PAR et la Van de maintenance ;

[61] Bien utile – aussi - à la réparation des postes de télévision des uns et des autres….

- Une génératrice diesel 208v/400Hz 45 kVa, pour les radars de poursuite et la RC-Van;
- Une génératrice essence 117v/60Hz 30 kVa, pour le MSQ-18.

Les génératrices 400 Hz sont alimentées par fûts et canes plongeuses. Un système d'interconnexion permet de changer de génératrice sans interrompre l'alimentation des matériels. On ajuste tensions (208 V) et fréquences (400 Hz) en « Remote » à partir des vans. Elles alimentent aussi les remorques en basses tensions continues et sont connectées au central téléphonique à travers leur câble d'alimentation. Elles sont garées sous un abri de fortune. Une troisième génératrice est disponible et peut assez rapidement prendre la relève en cas de panne (ou d'entretien) d'une des deux autres.

A Stetten, les génératrices 400 Hz furent montées (sans leur remorque) sur le berceau d'un wagonnet à voie étroite de telle façon qu'il était aisé de les sortir de l'abri et de les charger sur un camion pour leur maintenance à l'atelier régimentaire car à Stetten, la « Petite Sibérie », les températures hivernales pouvaient tomber -30 !

LES MOYENS DE COMMUNICATION.

Les « câbles hertziens » ne faisaient pas partie des dotations américaines Nike. Au 721^{e} GAG, ce sont les aviateurs qui en ont été chargés. La raison étant que les liaisons aboutissaient toutes directement ou indirectement au CATAC[62], on avait donc intérêt à unifier les matériels et les procédures. En fait, les matériels hertziens AN/TRC-3/4 en dotation de l'Armée de Terre auraient été satisfaisants. Ils seront en service pour un même usage avec les unités Hawk jusqu'aux années 1970.

o0§0o

[62] Commandement Aérien Tactique.

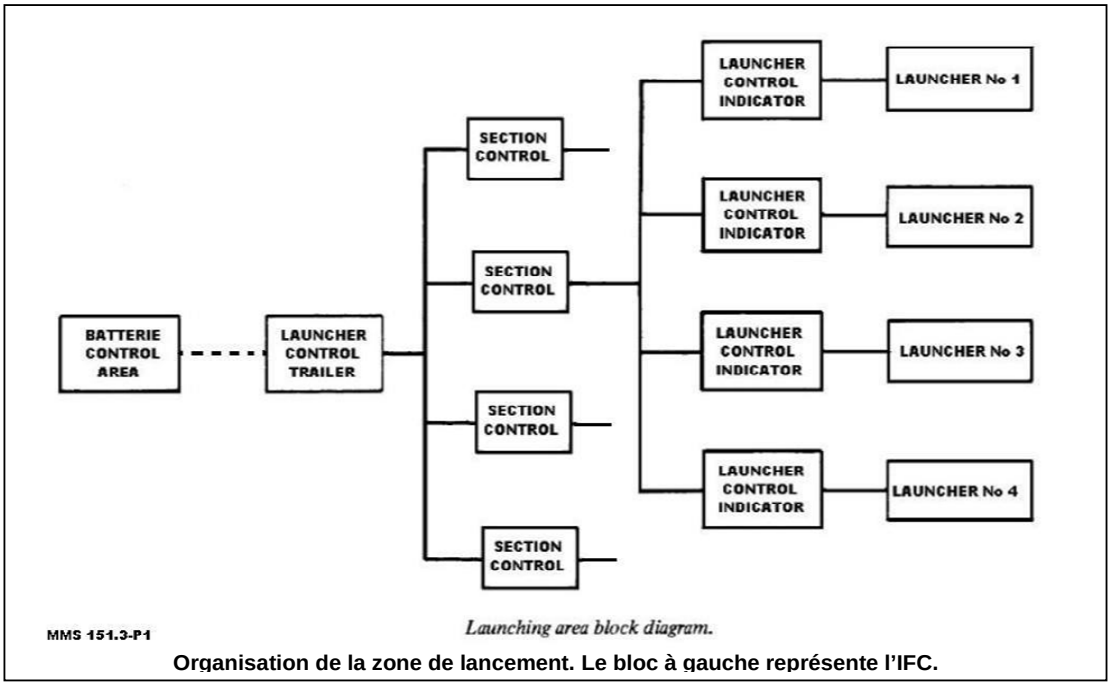
5 - LA ZONE DE LANCEMENT (LAUNCHING AREA).

GÉNÉRALITÉS.

La zone de lancement théorique comprend quatre sections de quatre rampes, une remorque de contrôle LCT (*Launching Control Trailer)* des moyens électriques (génératrices) et des équipements connexes. Aux sections de tir des abris souterrains abritent le personnel.

Console des sections et simulateur de vol.
(Section control indicator and simulator group).

Au 721e GAG, les rampes étaient boulonnées sur des pylônes en béton armé[63] enterrés de l'aire de lancement cimentée. Les rampes d'une section sont reliées par un système de rails sur lesquels roulent les poutres porte-missile (aussi dit « monorail »). L'ensemble portant un missile est manœuvré par l'équipe de rampe qui le positionne sur la rampe proprement dite, laquelle est alors abaissée à l'horizontale. Des câbles enterrés relient les sections à la remorque de contrôle. La zone de lancement est reliée à la zone radar et de commandement IFC (*Integrated Fire Control*) par des câbles de données et de téléphone généralement enterrés (unités fixes).



Organisation de la zone de lancement. Le bloc à gauche représente l'IFC.

[63] A Stetten, l'entrepreneur qui n'avait pas été très rigoureux dut refaire deux sections de la B1. Il ne manquait pourtant que 6 cm aux cornières de fixation. .

A Münsingen (B3), les câbles qui descendaient vers la zone de lancement étaient aériens, supportés par des poteaux.

En cas d'interruption des liaisons, toutes les opérations de tir peuvent être exécutées « manuellement » à partir de la console du chef de section. La remorque de l'officier de lancement (*launcher van*) est équipée de moyens radios. La liaison est phonique et entendue sur tous les haut-parleurs des rampes et des consoles de sections de tir. L'officier de lancement répercute alors les ordres de l'officier de conduite de tir (désignation de la section, choix du missile Ajax ou Hercule, type de charge, etc.). Après le décompte des secondes énoncées par l'officier de conduite de tir et le chef de la section désignée, ceux-ci appuient simultanément sur leur bouton « FIRE » respectifs. A l'IFC le calculateur a reçu l'information manuelle et en tient compte, à la zone de lancement, le missile est mis à feu.

REMORQUE DE LANCEMENT (LCT).

Cette remorque est le PC de l'officier de lancement. Toute la câblerie de la zone et de l'IFC y aboutit. On y trouve un central téléphonique intégré[64], des postes radios de secours également rattachés au central, les cabinets de rangement des instruments de mesures et la console de contrôle de sélection des rampes et des missiles (*Launching control console),*le simulateur de vol (*Flight simulator group),* divers cabinets électriques, un panneau d'états d'alerte (*alert status*), des batteries d'accumulateurs qui alimentent la sirène, certains circuits de communication, l'éclairage de secours et l'allumage du fourneau à essence pour le chauffage du LCT. (Nous reviendrons sur ce fourneau avec la climatisation des Van G789 et du BTE/TSQ).

On doit ici examiner une des composantes particulières du système NIKE : le simulateur de vol.

SIMULATEUR DE VOL.

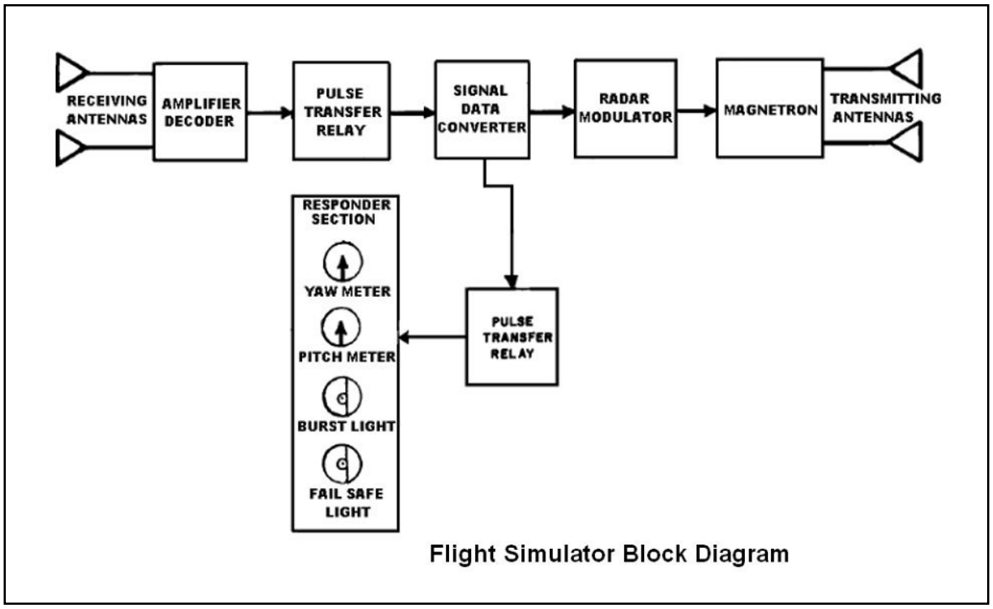
La longue chaîne des circuits de commandes, du radar de poursuite de missile (MTR) aux circuits de télécommande du missile et des signaux de retours au calculateur etc., est difficile à vérifier d'autant que le missile lui-même doit alors être activé sur sa rampe. Cette situation peut être dangereuse et surtout elle consomme le potentiel électronique du missile.

On préfère utiliser un simulateur de vol reproduisant l'essentiel des circuits de télécommande du missile (Ajax ou Hercule).

Le boîtier d'antennes du simulateur est hissé en haut d'un mât monté sur un des côtes de la remorque) de lancement LCT**.** Son électronique est dans la console des sections (*Section control indicator and simulator group).*

La hauteur du mât (3 m) est suffisante pour obtenir une vue directe, non obstruée, du MTR (sans arbres, etc.)**.** Les ordres reçus du MTR sont décodés et lus sur des voltmètres spécialisés. Le simulateur a aussi une utilisation opérationnelle puisque le MTR, entre deux tirs (*stand-by*), va venir se caler sur le simulateur en attendant l'ordre d'assignation pour le missile suivant. Son rôle est donc capital puisqu'il renseigne l'opérateur du MTR et l'officier de tir de la bonne liaison MTR – Simulateur éliminant ainsi une possible ambiguïté en cas de non communication MTR-Missile.

[64] Un BD-72, survivance de la deuxième guerre mondiale. Toutefois les postes de téléphone sont des TA-312 moins encombrants que les antiques EE-8 qu'on vit en France jusque dans les années1980. En alertes « Bleu » et « Rouge » les liaisons manuelles sont interrompues et les interconnexions sont réalisées automatiquement selon un schéma préétabli.



LA RAMPE UNIVERSELLE NIKE AJAX-HERCULES.

La rampe «universelle » proprement dite supporte la poutre dite « monorail » d'un missile Ajax ou Hercules et guide le missile pendant les premiers moments du décollage. Elle est élevée à la verticale à l'aide de quatre vérins hydrauliques assistés d'amortisseurs pneumatiques. Ces derniers atténuent les brutales variations de pression hydrauliques et permettent de moduler les manœuvres, comme par exemple, lors des opérations de vidange de l'Ajax. Ce système d'amortissement a aussi sa raison d'être lors de la remise à l'horizontale de la rampe quand celle-ci est encore chargée d'un missile.

L'ensemble, malgré la charge, est repositionné sur ses butées de repos avec une grande souplesse et bonne précision. L'énergie hydraulique est fournie par une pompe HPU (*Hydraulic Power Unit*) montée sur le châssis de la rampe.

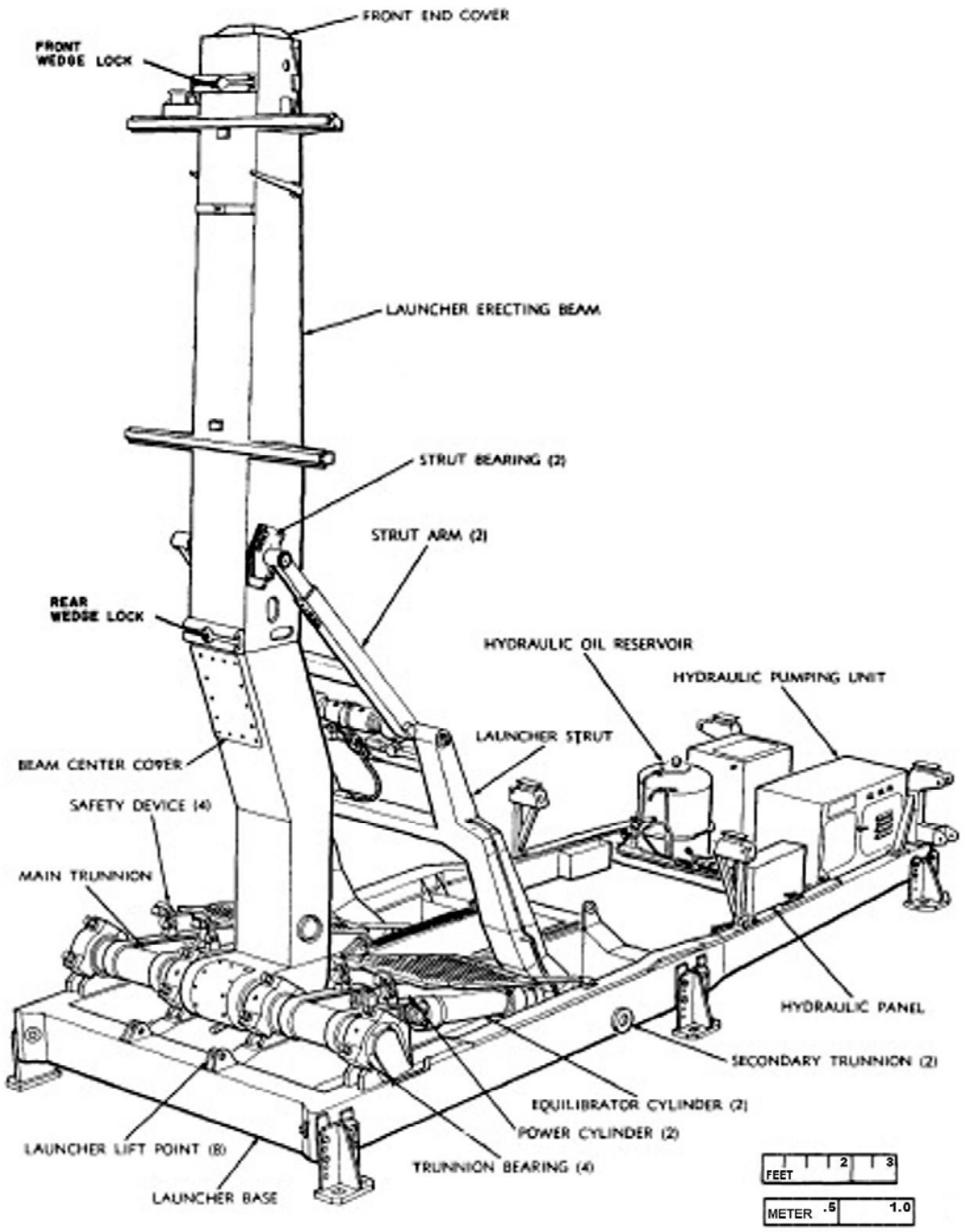
Les réservoirs hydrauliques sont pré-chargés à 3250 psi. (Utilisation à 2000 psi). Deux réservoirs d'azote (ou d'air) chargés à 3250 psi et 600 psi respectivement ont des fonctions et des circuits d'air différents[65]. L'un assure les amortissements, l'autre est affecté au circuit d'équilibrage des cylindres d'élévation. Un compresseur mobile est affecté à la zone de lancement pour le service des rampes. Un haut-parleur diffuse les alertes et les ordres de tir du LCT

La rampe est équipée d'un boîtier de commande locale d'où sont exécutées les vérifications finales du missile. Le chef d'équipe de rampe branche l'ombilical et place les commandes locales sur la position « FIRE ». Il s'assure que tous les personnels ont quitté le site (aux abris). A la console de section (*Section Control and Simulator and simulator* » avec les clés de sécurités correspondantes, il désarme les circuits de protection appropriés et déclare le ou les missiles prêts au tir.

LES ÉQUIPEMENTS DU LANCEMENT.

Une liste non exhaustive peut être établie des équipements de la zone de lancement. Elle montre la « lourdeur » de ce système d'arme.

[65] 3250 psi= 22400 kP ; 2000 psi= 14000 kP; 600 psi= 4150 kP



Rampe universelle NIKE Ajax-Hercules

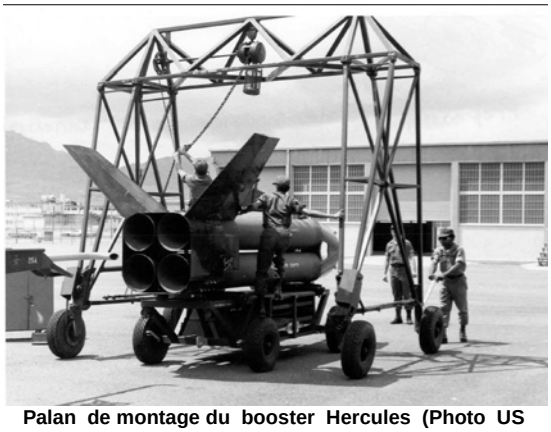
Montage et test du missile
Console de test électronique missile ;
Compresseur air ;
Console de test carburant/comburant (Ajax) ;
Moyens de recharge de carburant (pompe et drain) ;
Armoire et console de test d'hydraulique et recharge ;
Remorque spéciale de transport de missile ;
Portique et treuil ;
Outils (2) de préhension de missile (Ajax et Hercules).

Carburants et charges militaires (*warheading*)
Portique mobile ;
Pompes et conteneurs carburants ;
Citerne à eau et pompe incendie ;
Tracteur ;
Palan élévateur et treuil ;
Grue (camion);
Porte missile ;
Porte booster ;
Remorque spéciale transport de booster.

Lancement
Plateau de chargement missiles ;
Rails mobiles de transfert ;
Camionnette de transport d'outillage ;
Remorque(s) de booster ;
Appareillage d'adaptation booster-missile ;
Compresseur d'air ;
Génératrices (une par rampe et une pour la remorque LCT).

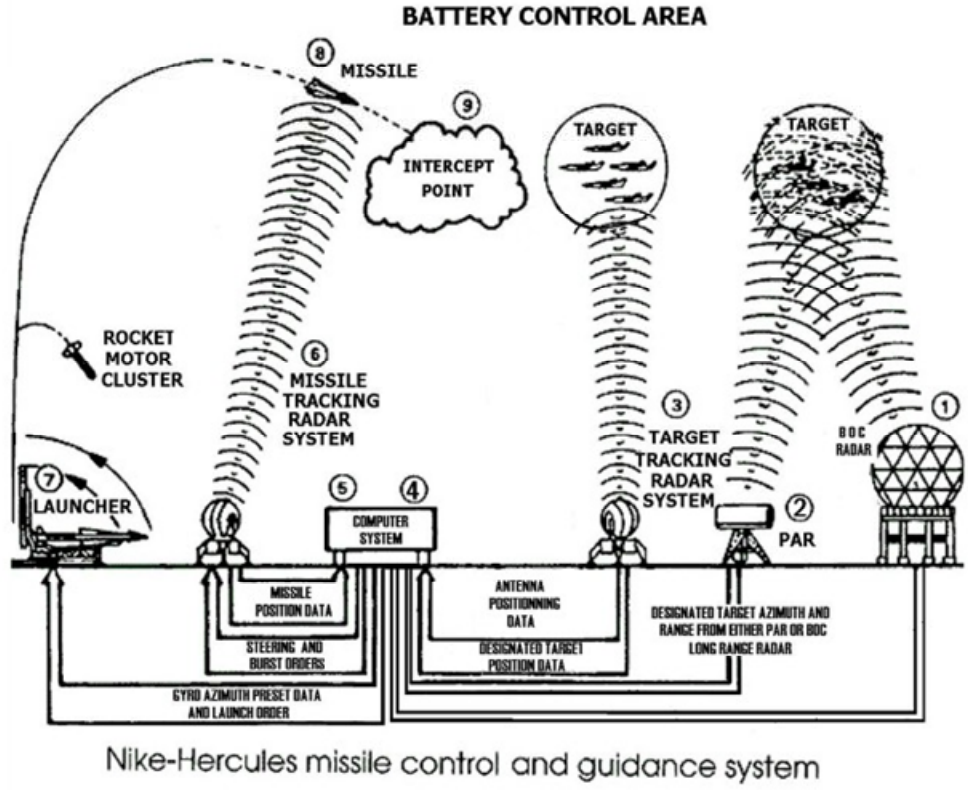
Remplissage des réservoirs Ajax

Assemblage d'un HERCULES



Palan de montage du booster Hercules (Photo US Army)

Instruction à Fort Bliss. Assemblage du booster d'Hercules On reconnaît au premier plan l'Adj/C Py.



Nike-Hercules missile control and guidance system

Mise en place d'un élément de rampe à Stetten.
On reconnaît le CE Mourlevat (képis) et le MdL Dessornes.

Le transport de l'Hercules assemblé sur remorque était exceptionnel. Au 721e GAG, l'appairage missile-booster était exécuté sur la rampe. Il est probable que ce cliché a été « posé » pour la presse.
(Photo origine inconnue).

NOTE SUR LES CHARGES NUCLÉAIRES DES HERCULES FRANÇAIS[66]

Les Nike français, après le versement du matériel à l'Armée de l'Air, ont reçu une dotation d'ogives nucléaires. On disait alors que les Hercules étaient armés d'une charge « A » c'est-à-dire d'une tête nucléaire ou d'une des charges « C », c'est à dire d'explosifs conventionnels « chimiques », pour la bombe à fragmentations T45.

Fin 1961[67], plusieurs modèles d'engins nucléaires étaient en principe à la disposition des TCO français :

- Warhead W-31 mod 2, de 2, 20 et 40 KT ajustable.
- Warhead for B-XS de 2 KT
- Warhead for B-XL qui était à l'origine de 40 KT fut réduite en 1970 à 20 KT.

Toutefois la tête W-31 n'a pas, semble-il, été longtemps en service. Le code d'appellation des autres bombes est le suivant :

B-XS : Hercules Nuclear, small.
B-XL : Hercules Nuclear, large.

Pour le tir Sol-Sol, on sait que des engins spéciaux ont été construits pour réduire les défenses souterraines de grandes profondeurs mais l'Army reste muette à ce sujet. Pour le tir sol-sol « ordinaire » au profit de l'Artillerie d'Armée, les ogives « A » antiaériennes devaient sans doute suffire. A ce jour, il reste de larges zones d'ombre quant à la nature exacte des engins disponibles sur les sites Nike alliés et américains en Europe.

Les opérations nucléaires sur les sites étaient complètement sous contrôle américain. Non seulement les sections spéciales *Warhead Support* du 512th US Army Artillery Group gardaient puis montaient les bombes sur les missiles (*mating*) mais les détonateurs restaient dans leurs mains, leur branchement se faisant (au grand regret du Président De Gaulle !) seulement avec l'accord de Washington.

Il est intéressant de noter que des documents de la Stasi (service d'espionnage et de contre-espionnage de la RDA -République Démocratique Allemande- ou Allemagne de l'Est) faisaient état de 8 têtes nucléaires de 2 KT et 2 têtes de 30 KT par batterie, toutes les batteries étant nucléaires.

Autrement dit, nos ennemis n'étaient pas aussi bien renseignés qu'on le pensait !

o0§0o

[66] IISS (International Institute for Strategic Studies, London) in "Military Balance 1984-85" et documents Stasi via Rick Anders (†) historien de l'état du Bade-Wurtenberg.

[67] Selon Nuclear Weapons Databook, Vol V, les États-Unis et la France signent le 27 juillet 1961, à Paris, un accord (***"The Agreement for Cooperation in the Operations of Atomic Weapon Systems for Mutual Defense Purposes")*** qui entre en vigueur le 9 Octobre 1961. En 1965, on compte ainsi deux escadrons de l'Armée de l'Air nuclérisés sous contrôle tactique de la 4th ATAF américaine, des « bataillons » Honest John aux FFA et enfin des unités Nike-Hercules du 1er CATAC. Cet accord est similaire à celui signé avec huit autres Alliés en Europe.

6 – LE PERSONNEL DE LA BATTERIE NIKE.

Ce qui suit est la liste minimale des personnels nécessaires à l'opération d'une batterie Nike-Hercules. En situation opérationnelle où la batterie est en alerte 24/24, c'est-à-dire à partir de la condition « Jaune » le personnel est renforcé.

Au 721e GAG, environ 90% des « opérateurs » étaient des sous-officiers[68]. Une quinzaine de caporaux et canonniers complétaient l'effectif, tous formés aux USA. Ces derniers, s'engagèrent à l'issue de leur temps légal et obtiendront rapidement leurs gallons de sous-officiers. Toutefois à Münsingen, des sous officier de très bon niveau issus du « contingent » et après un « training » local, furent qualifiés pour des postes opérateur IFC.

Les adjoints de l'officier de tir et de l'officier de lancement étaient des adjudants ainsi que le sous-officier chef de l'atelier de montage. Les sous-officiers techniciens Nike (dits «dépanneurs ») étaient au moins adjudants et brevetés aux échelons techniques les plus élevés, tous étaient déjà qualifiés sur de multiples équipements radar autres que le Nike.

La présence du personnel technique sur le site était variable selon **l'état d'alerte** qui est différent de la **Condition d'alerte[69]**. Par exemple, en alerte 5 ou 30 minutes, l'officier technique était présent ainsi qu'un sous-officier dépanneur qui était renforcé par un second dépanneur dans la période 08h00 – 18h00.

IFC (TOE AMÉRICAIN).

(Note : en situation opérationnelle ces effectifs sont « *adaptés* ».)

- **BC-Van** (remorque de commandement, calculateur et radar de guet PAR).
  - Un officier de tir TCO[70] ;
  - Un opérateur calculateur (aussi adjoint du TCO, au 721e GAG) ;
  - Un opérateur radar d'acquisition et d'IFF ;
  - Un centraliste ;
  - Un opérateur du tableau de renseignements.

- **RC-Van (remorque radars)**
  - Un opérateur MTR ;
  - Trois opérateurs TTR ;

- **Sur Zone IFC**
  - Un officier technique IFC ;
  - Trois sous-officiers électroniciens radar TTR, MTR, PAR et Computeur, dont un :
    - AN/MSQ-18 (distribution automatique de données);
  - Un sous-officier magasinier IFC ;
  - Un opérateur chargé des génératrices de la zone ;
  - Un sous-officier spécialiste transmission hertziennes[71];

---

[68] **Les raisons en sont données in « Les hommes du 721e GAG »**

[69] État d'alerte ou *service d'alerte*: l'unité est prête à engager dans les 5 mn, 30 mn, 2 heures, 12 heures, etc.. Les **Conditions d'alerte** ou selon certain règlements les "*positions d'alerte",* définissent les étapes de préparation au tir de l'unité. Elles sont codées Blanche, Jaune, Bleue ou Rouge. Cette dernière est celle de l'éminence du tir et de l'exécution du tir proprement dit.

[70] Tactical Control Officer : Officier de conduite de tir.

[71] Bien que le matériel Hertzien peut être, pour des conditions de propagation "hors zone", il dépend de l'IFC. Les stations Hertziennes étaient en dotation organique de la batterie Nike. Toutefois des batteries proches du BOC comme la B1 et la B2 à Stetten y étaient reliées par câbles et n'utilisaient donc pas ces stations.

- Un opérateur transmission hertziennes.

ZONE DE LANCEMENT.

- Un officier de lancement ;
- Un sous-officier technicien hydraulique et rampes ;
- Un opérateur de console de lancement ;
- Un opérateur du central téléphonique ;
- Trois chefs de section de lancement ;
- Trois opérateurs de console de section ;
- Six opérateurs de rampe (deux par rampe) ;
- Trois opérateurs de génératrices (un par section de lancement) ;

ZONE MONTAGE MISSILE.

- Un officier technique montage ;
- Un sous-officier chef de l'atelier de montage ;
- Deux sous-officiers mécaniciens missiles ;
- Un sous-officier électronicien missile ;
- Un opérateur du groupe compresseur ;
- Un opérateur grutier ;
- Trois opérateurs de montage.

7 – SERVICE.

MISE EN BATTERIE ET CONDITIONS D'IMPLANTATION.

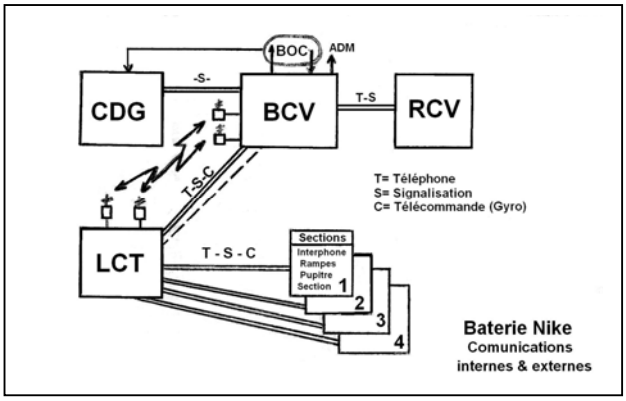
Soit une batterie normale à 2 sections de quatre rampes pouvant tirer indifféremment Ajax et Hercules. **(**Le 721^{e} était à deux sections de trois rampes).

- Distance entre TTR et MTR: 80 à 110 m; (longueur des câbles à l'IFC sauf MSQ : 198 m) ;
- Distance entre mât de collimation et une ligne TTR-MTR : 200 m ;
- Distance minimum entre zone de lancement et radar MTR : 950 m ;
- Distance Maximum entre zone de lancement et radar MTR : 9 Km ;
- Distance minimum entre section de tir 140 m.
- Distance maximum entre sections de tir : 5,5 km (limite de la parallaxe) ;
- Prévoir un chemin carrossable entre la zone de montage et les rampes ;
- Prévoir un secteur de retombée des boosters, en avant de la zone de lancement (en principe) ;
- Implanter la batterie (axe IFC–Rampes), si possible, vers la zone de tir probable (en Europe sur un axe Ouest-Est, c'est-à-dire MTR-Rampe-Zone de retombée booster ;
- Déboiser si nécessaire un axe MTR-Rampes pour une vue directe ;
- Il ne doit pas y avoir de barrière ou grillage métallique à moins de 20 mètres du MTR, des missiles et du simulateur de vol.

La surface minimum occupée par l'IFC seule est d'environ 1,5 hectare.

Câblage.

Une batterie Nike à quatre sections de quatre rampes peut utiliser **145 câbles.** Toutefois le 721e GAG se contentera de batteries à deux sections à trois rampes et aura donc des câbles de rechange qui ne seront pas superflus. On compte 43 câbles pour l'IFC et 58 pour la zone de lancement.



Les lourds câbles sont enroulés sur les bobines que les artilleurs du canon de 90 mm connaissent bien. Certains de ces câbles sont d'ailleurs les mêmes. Par ailleurs, les câbles ne sont pas tous de mêmes longueurs (125, 250 et 1000 pieds) et on peut en connecter certain bout à bout. Bien sûr, les classiques têtes de câbles sont colorées selon un code que les deux spécialistes câblage de la **batterie Ajax** déchiffraient car ils étaient finalement les seuls à s'y reconnaître ! On n'avait pas encore inventé le « *cable tester*» (du système Hawk) qui indique exactement à quelle prise le câble doit être branché !

Mais au 721e, on n'était pas en service en campagne, on s'installait dans la durée et sans précipitation. A la B2/721, le câblage proprement dit ne fut pas difficile, mais sa vérification, par tout ce qu'il y avait de gradés à la batterie, fut pénible. Ce le fut d'autant plus, que des câbles avaient été sabotés par des dockers à Cherbourg. La B2 reçut, peut-être, un câble « défectueux[72] » qui relança encore le processus de « vérifications ».

SERVICE EN CAMPAGNE.

On l'a compris, avec le Nike Hercules, on ne pouvait plus parler de « **Service en campagne**» comme du temps des 40 Bofors, des 90 mm et plus tard avec les Hawk. Néanmoins il restait des goûts de « campagne » dans l'esprit de certains états-majors antiaériens américains.

Les unités Nike américaines (comme les françaises) faisaient leurs écoles à feu annuelles à McGregor Range. Bien que ces batteries se déplaçaient sans leur matériel resté enfoui en Alaska, à Los Angeles ou en quelqu'autres lieux privilégiés, on n'oubliait pas entièrement cette facette un peu négligée du métier : **le service en campagne**.

Ainsi des batteries opérationnelles, gardiennes du ciel américain, étaient désignées sans préavis et arrivaient par avion au pas de tir de McGregor où les matériels, avec leur tracteur, les attendaient alignés comme à la parade. En position de route ? En tous cas démontés et les missiles dans leurs conteneurs.

Il était donné 8 jours (et nuits !) aux commandants de batterie pour mettre en place une Zone IFC, une Zone de lancement et une Zone de montage où étaient assemblés deux Ajax et un Hercules et, enfin, tirer sur une cible.

[72] Les rayons X montrèrent des aiguilles enfoncées dans les torons du câble. Travail de connaisseurs ! Nous n'avons rien su d'une enquête de la Sécurité Militaire et encore moins des auteurs de la perpétration.

Rappelons que ces personnels étaient, la veille encore, confinés depuis des mois dans le train-train quotidien de DAT[73], bien loin de l'esprit « *Service en Campagne* » qui anime, par exemple, les régiments d'artillerie classique ou de blindés. Tout au long de l'exercice, les « évaluateurs » observaient et prenaient des notes. Ce sont les fameuses *Operational Readiness Evaluation* (ORE) responsables de nombreux maux de tête et d'avancements gâchés !

Ceci nous donne une idée de ce qu'auraient pu être, si on en était resté à l'**Ajax mobile** de 1959, les temps de mise en batterie d'une unité en service en campagne.

o0§0o

8 - CONDUITE DU TIR NIKE.

La batterie Nike est dans un maillage de moyens antiaériens qui comprend des radars de veille et des systèmes d'information. On peut décrire une séquence de feu à partir de la détection d'un objectif par son propre radar de guet PAR. La batterie est alors en « condition JAUNE ».

Aspect de la BC-Van en opération.

LA SÉQUENCE DE TIR.

Les échos détectés au PAR sont immédiatement questionnés avec l'IFF (Chalenge) et la menace est évaluée. En même temps on peut recevoir des informations sur telle ou telle « piste » amie ou ennemie et des ordres d'engagement sur des pistes désignées par le BOC (Groupement régimentaire). Des ordres d'engagement peuvent également être reçus sur des échos non visibles pour des questions de portée ou de masque. Des symboles sur l'écran PAR dans la BC-van indiquent les engagements et l'activité des batteries adjacentes.

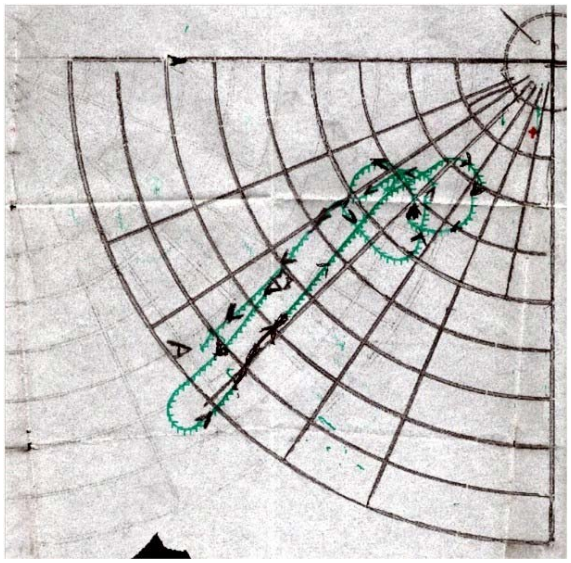
A la BC-Van, le TCO[74] ayant pris la décision de poursuivre un objectif, on positionne sur cet objectif une croix (électronique) de désignation. L'écho apparaît alors sur le scope de précision « B »; l'opérateur d'acquisition affine la position de l'objectif et «*maintient* » l'objectif au centre de ce scope.

Au TTR, les opérateurs qui ont été alertés voient l'écho sur leur scope « B » et le marqueur de désignation sur le PPI. L'opérateur de gisement positionne alors l'antenne du TTR sur le gisement de l'écho désigné, fait exécuter une recherche en site et en distance par ses deux coéquipiers puis passe en poursuite automatique dès que l'objectif est acquis par l'équipe (Gisement, Distance et Site).

[73] DAT : Défense Aérienne du Territoire. Généralement des postions fixes ou très sédentaires.
[74] Même s'il reçoit des ordres d'engagement assignés (distribution automatique de données MSQ-18), l'officier de conduite de tir (TCO) est en dernier ressort, responsable des tirs.

A la BC-Van, un indicateur lumineux indique au TCO la prise en poursuite effective de l'objectif par le TTR.

Un signal d'activité est automatiquement remonté au BOC du Groupement donnant la position de l'objectif. Ce signal confirmerait ainsi l'exécution d'un ordre de poursuite si tel avait été le cas. Cette prise en compte de l'objectif est également et automatiquement signalée aux unités voisines.



Tracé de la route d'une cible à McGregor Range.1959

Si l'objectif est confirmé et déclaré hostile, la batterie passe en condition BLEU. Les sirènes de l'IFC et de la zone de lancement sont actionnées. Les traceurs de route et d'altitude inscrivent la route de l'objectif et le point d'interception futur.

A la zone de lancement et à la discrétion de l'officier de tir, un ou plusieurs missiles sont préparés. Un ou plusieurs missiles sont poussés et montés sur leur rampe.

Aux rampes, sur les missiles qui ne sont pas encore levés, on retire les bouchons d'évacuation d'hydraulique et le capuchon du tube de Pitot. Les missiles sont connectés à la prise *gyro-preset* des rampes. Les chefs de rampe enlèvent la goupille de sécurité du régulateur d'air et la goupille de sécurité de l'étrier support du missile. Ils vérifient les tensions parasites (*stray voltages)* et la continuité entre la prise de mise à feu et le réceptacle des boosters (Hercules) avec un testeur spécial, le Squib tester (ou pétard d'allumage). Si les lectures sont dans les limites prescrites, les chefs de rampe annoncent la rampe prête.

Clés de sécurité des rampes

En principe, dès que le point d'interception élaboré par le calculateur est stabilisé, l'officier de tir passe en condition ROUGE et en rend compte au BOC. Les sirènes sont encore actionnées. Le TCO annonce sur le réseau *Command hot Loop* **« At battle station ».**

Si plusieurs rampes/missiles ont été activés, l'officier de lancement selecte une rampe. Le missile est alors élevé à la verticale. Les équipes de rampe sont évacuées. Le chef de section en introduisant la (les) clef(s) de sécurité de la rampe à la console de lancement (Launch Control Console) indique que la ou les rampes sont prêtes et le personnel en sécurité. Cette information est remontée à la console MTR, au calculateur et à la console de l'officier de tir.

A la BC-Van, le calculateur qui détermine en continu le **point d'interception**, permet le tir quand il entre dans la zone d'efficacité de la batterie et se stabilise. Au MTR, le magnétron est sous haute tension, l'antenne est callée sur le simulateur de vol et l'opérateur MTR vérifie les communications Simulateur-MTR.

Vue partielle de la console de l'officier de tir.
Commandes FIRE, BURST, FRIEND et MBA Override

A la désignation de missile, le radar quitte le simulateur de vol et se pointe sur le missile désigné qui est levé et déjà sous tension (extérieure). Ses gyroscopes sont repositionnés en fonction de la position du point d'interception calculé (G_{pkp} et S_{pkp}).

L'opérateur MTR surveille l'accrochage du radar MTR sur le signal codé en provenance du missile activé, ce qui permettra d'allumer l'indication "Missile prêt" et concourra à l'allumage du bouton "FIRE" lorsque l'objectif entrera dans le cercle d'efficacité élaboré par le calculateur. A la console du TCO, un voyant indique « MISSILE READY ». L'opérateur du calculateur surveille les indications. L'enregistreur d'évents est en marche.

A la console de tir, le TCO lève les capots de protection rouge des boutons[75] «FIRE», «BURST » « FRIEND » et éventuellement, « MBA Override ».

Il annonce sur le réseau Hot loop «**ABOUT TO ENGAGE**».

Il décompte 5 secondes à haute voix (micro du casque téléphonique sur HOT LOOP) et actionne le bouton «FIRE ». Le calculateur retarde de deux secondes l'exécution de l'ordre pour laisser aux gyroscopes du missile le temps de se stabiliser sur les dernières données.

Le signal de mise à feu vers la zone de lancement est ensuite routé via la remorque de lancement à la console de section de lancement puis à la rampe du missile sélectionné. La console de section de lancement dispose aussi d'un bouton de mise à feu en cas de non fonctionnement de la chaîne de mise à feu précédemment décrite ou d'interruption des communications fils avec l'IFC. (Le chef de la section de lancement à la console entend dans son casque le décompte de l'officier de tir répercuté par les haut-parleurs des rampes).

Le missile décolle.

A la BC-Van, les traceurs de route inscrivent la progression du missile et la route de l'objectif. L'adjoint du TCO annonce à haute voix (cadran de temps de vol du calculateur) le temps restant avant le moment calculé de l'interception.

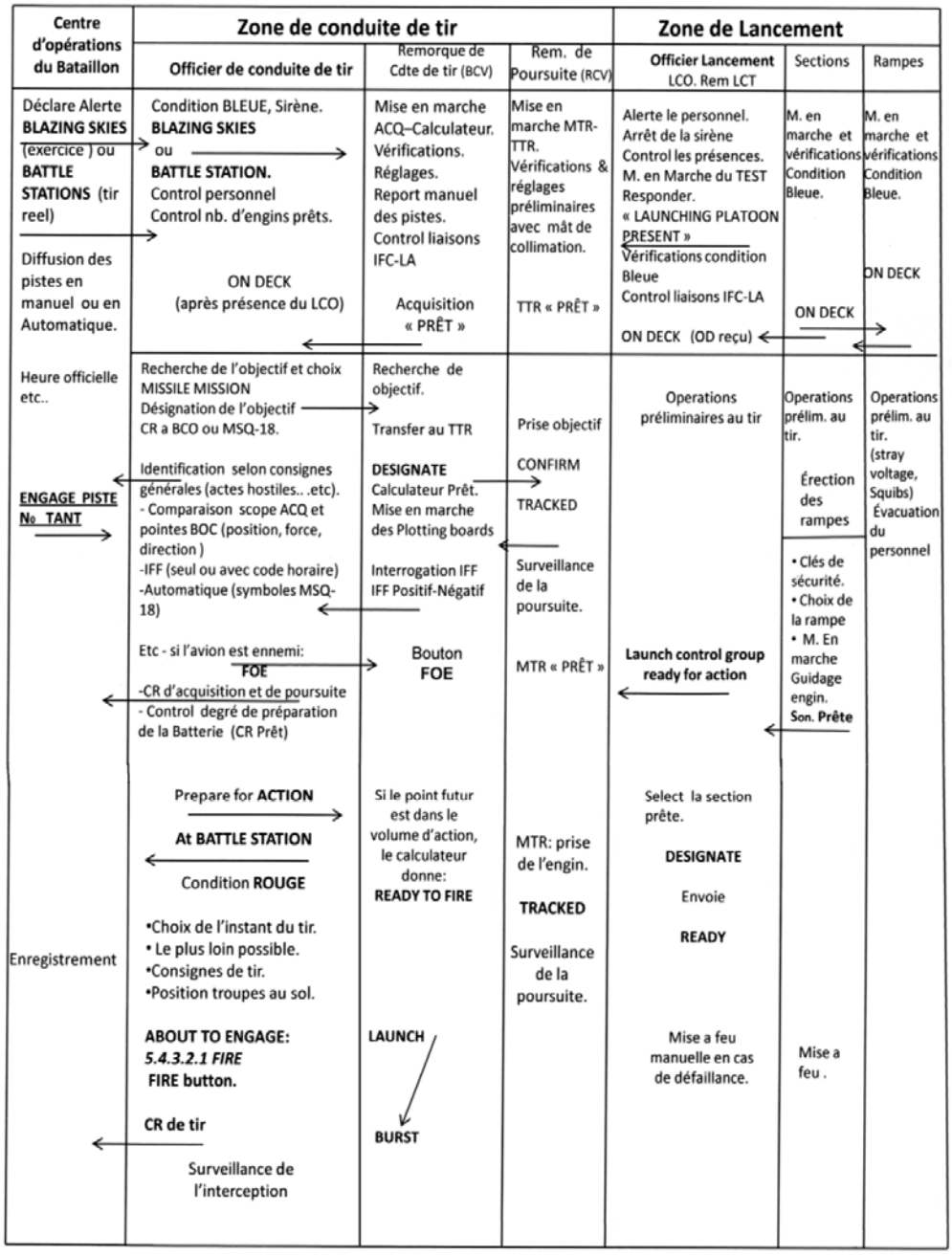
Le TCO surveille l'attitude du missile et se tient prêt à le détruire (*fail safe*) s'il dévie de sa route ou dépasse le point d'interception sans exploser.

Après l'annonce « Burst » (éclatement) et les pertes de poursuite des TTR et MTR qui en rendent compte, le TCO désigne un nouvel objectif et assigne une nouvelle rampe.

La batterie peut repasser en condition BLEU, prête pour une nouvelle interception ou, si le tir suivant est imminent, rester en condition ROUGE.

[75] A côté du bouton «FEU», le TCO dispose des moyens « Burst » et « Friend » de destruction du missile. Lors d'un « Burst », le missile utilise sa charge militaire. La commande « Friend » est utilisée en cas de présence imprévue d'avions amis et détruit le missile sans activer sa charge militaire nucléaire ou chimique : c'est un «Fail safe ». Un réglage MBA (Minimum Burst Altitude) restreint les explosions au-dessous de certaines altitudes (cas de la présence de troupes amies) ; un « Fail safe » est alors automatiquement exécuté. La commande « MBA override » annule les restrictions d'altitude.

Séquence de tir Sol-Air Nike à partir d'alerte à 15mn



.

o0§0o

LES LIMITATIONS DU NIKE.

On connaît les caractéristiques des radars de tir et donc de leur capacité. Mais les lobes d'émission des PAR avaient des « trous » en basse altitude. La littérature officielle ne nous renseigne pas. Toutefois les opérateurs PAR les avaient notés grâce à l'IFF qui soulignait des avions amis invisibles. Il était admis que les informations en provenance des radars de longue portée offraient une couverture adéquate. Malgré tout, les Américains ont, par la suite, ajouté à la panoplie des batteries le HIPAR, un PAR de grande puissance et de meilleure couverture basse et un radar de distance ROR (Range Only Radar) pour aider à combattre les brouillages.

En ce qui concerne les missiles, la figure 3 ci-dessous, indique les limitations en altitude.

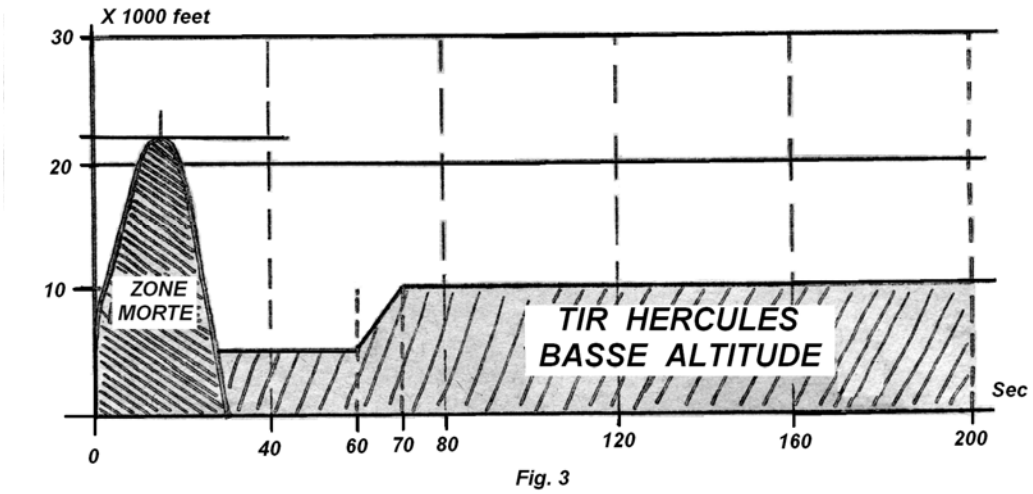
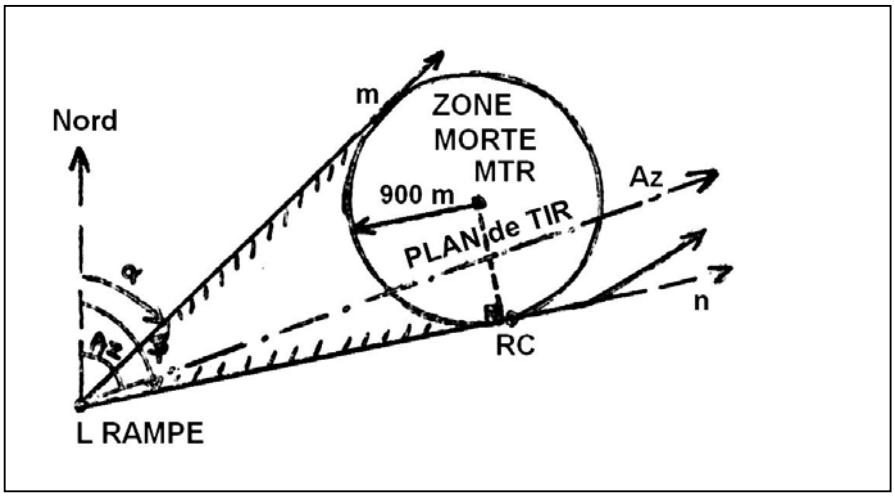


Fig. 3

Limitations en altitude

Par ailleurs, on a vu les raccordements Missile – MTR lors du tir : dès que l'engin a dépassé le point de tangence RC (distance L- RC connue), l'engin est pris en téléguidage et ramené progressivement dans le plan de tir. Le point RC (*radar clear*) détecté par le calculateur, marque la fin de la phase de virage initial où Il y a donc une « sphère » d'environ 900 m de rayon de limitation du système.



L'autre limitation du Nike, inhérente aux systèmes à télécommande intégrale, est la précision du tir qui se dégrade avec la distance d'où la nécessité de radars de guidage très élaborés. Toutefois la vitesse et la courte durée des vols (moins de 70 sec pour Hercules) reculent cette limitation qui ne sera bien résolue, plus tard, qu'avec les missiles à autodirecteurs où la précision de l'engin augmente à l'approche de l'objectif.

o0§0o

9 - ÉCOLES À FEU.

Des écoles à feu sanctionnaient l'instruction dispensée à l'école d'artillerie de Fort-Bliss. En particulier quand le training concernait une unité complète, comme le 721e.

McGregor Range 1959

Au cours d'écoles à feu annuelles on mettait à jour les connaissances et enfin on « évaluait » l'aptitude (*proficiency test*) des unités constituées.

Comparées au même exercice en France les différences sont notables. Les écoles à feu américaines sont de l'instruction suivie d'évaluations quand les françaises sont des manœuvres où on acquiert de l'expérience.

Tir Hercules B2/721 mai 1959.

Après les instructions individuelles reçues à Fort Bliss, on perçut le matériel pour le *package training*, c'est à dire une instruction en unité constituée. Ce matériel qui allait nous suivre en Allemagne allait aussi être utilisé pour les écoles à feu, autre manière de s'assurer de son bon fonctionnement intégral. Le pas de tir de McGregor Range était le couronnement du training. Les stagiaires, par batterie, prenaient leurs quartiers dans des casernements en dur, simples mais confortables. Même en plein désert les « *social services* » de l'US Army restaient bien supérieurs aux offres de nos meilleurs camps en France : cinémas, piscine, pressing, magasins Px, services de cars, mess, etc.

Les IFC à McGregor range. Mai 1959

Les mises en batterie furent assez longues puisqu'on allait aussi s'assurer par le menu que ce matériel neuf répondait en tous

points aux « specs » consignées dans d'énormes manuels. Cette prise en compte technique était exécutée ensemble par les techniciens américains et français.

Premier tir Ajax. B2/721, 18 mai 1959, 12h05.

Matériels dûment acceptés, réglés, missiles assemblés et vérifiés par les « évaluateurs » américains, une ultime séquence de tir à blanc était exécutée avec les instructeurs. Dans les jours suivants, la batterie, fin prête était en condition Bleu et « stand by », en attente d'une désignation de cible. D'une manière générale plusieurs batteries étaient en attente. Les cibles, de coûteux petits avions, avaient une autonomie de vol limitée. En fin de carburant elles retombaient en parachute. Il fallait donc lancer une nouvelle cible.

Si, pour quelque raison, une batterie était empêchée, la suivante était désignée pour engager la cible. Ainsi le premier tir du 721^{e}, un Ajax de la B2, fut tiré à la place d'une batterie Belge, soudainement en panne, qui devait montrer au roi Baudouin, présent, son savoir-faire ! Baudouin 1er dut donc se contenter de celui des Français !

Un capitaine, officier de sécurité du champ de tir, bardé de casques téléphoniques, se tenant derrière le TCO, surveillait la séquence et donnait son accord à la mise à feu ; il était prêt aussi à détruire le missile en cas de problème.

D'après le dépouillement de « l'enregistreur d'évent » et les radars de télémétrie du champ de tir mesurant la distance de passage, on distribuait des satisfécits aux uns et aux autres.

LES CIBLES.

Si les artilleurs cherchaient à détruire la cible, preuve irréfutable de leur réussite, les responsables ne l'entendaient pas exactement de la même oreille. Les charges militaires étaient réduites et une ligne à retard (*delay line*) à bord du missile retardait la commande d'explosion afin d'épargner les coûteuses cibles. Elles continuaient en principe de voler puis, le réservoir vide, retombaient en parachute. Tels les chats à neuf vies, après avoir été réparées, les cibles seront parfois réutilisées une vingtaine de fois.

Chargement de cibles RCAT "descendues" pour remise en état.

On tirait alors sur des cibles radio guidées MQM-33 ou RCAT (*Remote Controlled Aerial Target*) encore à hélice, des petits monstres ailés, 4 cylindres, deux temps, volant à plus de 450 km/h, extrêmement manœuvrables, plafond d'environ 9000 m, autonomie environ 30 mn ; coût, en 1959, 5000 dollars. Il sera remplacé dans les années 1970 par des drones à réaction tel le Firebee, volant à 1200 km/h, plafond 19000 m et autonomie 115 minutes.

L'étonnant est que les Américains avaient récupérés des éléments de la batterie M33, l'aïeule même du système Nike pour en faire, à moindre frais, des cabines de téléguidage et de contrôle des cibles. On y trouvait donc les mêmes traceurs de route, un radar de poursuite ancêtre du TTR Nike ainsi qu'un antique PAR. Le calculateur M9 était là aussi mais pour tracer les routes. Un simple coffret de télécommandes que les amateurs de modèles réduits auraient reconnu était installé dans la cabine.

Miss Norma Jeane Dougherty, future Marilyn Monroe, pose avec la nouvelle hélice RP8 d'un RCAT bicylindre. Los Angeles. 1946.

Finalement, à cause de la très grande efficacité des tirs et donc de la destruction à coup sûr des cibles, les coûts des écoles à feu classiques devenaient prohibitifs, on tirera alors de vrais missiles sur des objectifs « électroniquement simulés » !

Entrant de plein pied dans la petite histoire, ajoutons que le constructeur du RCAT était McCulloch (les tronçonneuses) de Los Angeles où une jolie mécanicienne- monteuse, une certaine Norma Jeane Dougherty posa devant un RCAT bicylindre pour une propagande militaire « *Women at war work* », vrai début de l'actrice Marilyn Monroe.

Le directeur de photographie était un (autre) certain USA Air-Force Captain Ronald Reagan…

LES ACCIDENTS.

La manipulation des engins Nike était relativement peu dangereuse dès lors qu'on observait strictement les consignes de sécurité ; ce qui ne fut pas le cas, en 1958, sur une base souterraine du New-Jersey. Un missile Ajax explosa alors qu'il faisait l'objet d'une modification[76]. Tous les autres missiles à proximité explosèrent à leur tour tuant 10 personnes. Le 721^{e} GAG n'a pas eu à déplorer d'accident. Mais en décembre 1962, la 520^{e} BE qui avait relevé le 721 eut à déplorer un accident mortel (Lt. Kholer) et des blessés dont un grave (Sgt. Cordier) lors de sa première campagne de tir à McGregor.

> On December 4 that same year, a Nike-Zeus fell to earth at McGregor Range, but it didn't fall very far. It exploded about 500 feet above the launch pad. This explosion killed one of our NATO allies, French Lieutenant Louis Kohler. In addition, French Sergeants Elein LeMirechal and Peter Cordelia and French Private Jean Their and American Staff Sergeant Gordon D. Parker sustained non-serious injuries [26].
>
> *(Extrait du **Alamogordo Daily News**)*

L'escadron Air de Münsingen, qui n'avait pas encore l'expérience des anciens, avait pour sa section de lancement, fait faire un ultime voyage américain à quelques « biffins » qui d'ailleurs se préparaient à rejoindre leurs nouvelles affectations[77]. Les tirs avaient été brillamment exécutés ce qui valut à l'escadron de se placer 3^{e} au trophée Spaak[78]. La fête fut gâchée par cet accident.

[76] L'ouvrier semble avoir percé par erreur un réservoir de carburant qui prit feu lequel atteint le booster qui explosa etc…
[77] Communication du CE Demange, alors maréchal des logis sous-officier de tir qui fut du voyage et qui retarda son autre voyage, bien moins plaisant celui-là, vers l'AFN.
[78] Alors secrétaire général de L'OTAN.

Le journal local, **Alamogordo Daily News** du 5 Décembre 1962, page 6, écrit[79] :

"*Le 4 décembre, de cette même année, un missile Zeus tiré au pas de tir de McGregor n'est pas retombé très loin et a explosé à environ 500 pieds au dessus de sa rampe. L'explosion tua un de nos alliés de l'OTAN, le lieutenant Louis Kohler. Les sergents français Elein LeMirechal, Peter Cordelia, le soldat de Première classe Jean Their ainsi que le sergent américain Gordon D. Parker ont été légèrement blessés… »*.

(Il faut lire un missile « Hercules », « Alain LeMaréchal », et « Pierre Cordier »).

Le Lieutenant Louis Kholer était l'officier mécanicien du 4/520[80]. Les autres militaires étaient de la même unité. Selon une source privée américaine à Fort Bliss, une enquête discrète de l'US Army aurait montré que ce personnel faisait des photos juché sur le toit du LCT d'une zone de lancement voisine de celle d'où fut tiré le missile défectueux. Cette zone avait été évacuée en prévision du tir. Le militaire américain fut sanctionné. Le missile Hercules qui fut réglementairement détruit par un « *fail safe* » manuel, avait été tiré par une unité américaine.

Louis Picard alors en stage Hawk avec Gérard Jolly écrit :

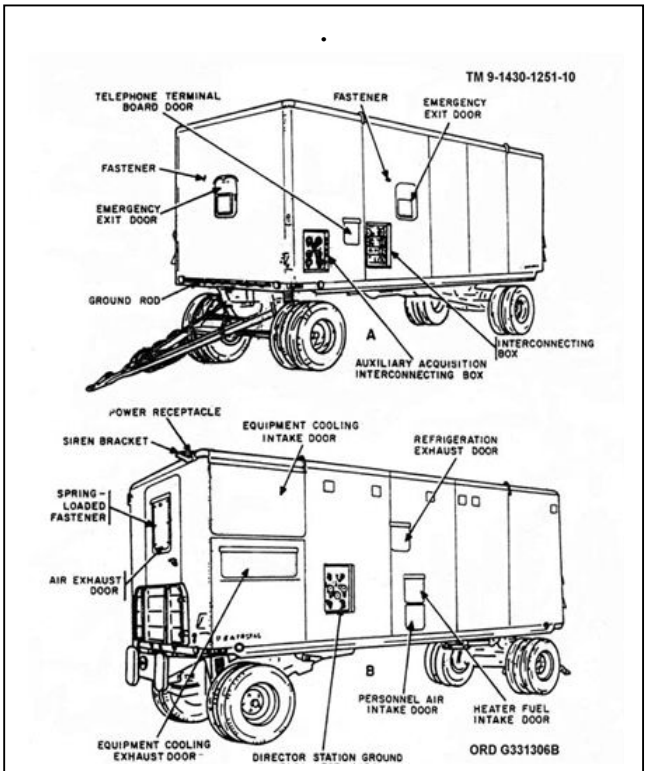
> *« Je me souviens très bien de cette malheureuse histoire. Il était aux environs de 17h30, me semble-t-il et la nuit tombait rapidement. En voiture, avec Jolly qui était venu me chercher, nous prenions la Copias Avenue pour rejoindre Fort Bliss et plus particulièrement le mess officiers où un cocktail attendait tous les stagiaires français des 1er et 2e régiments Hawk. C'était jour de sainte Barbe.*
> *La Copias est orientée Sud-Nord. Soudain dans le lointain, à l'horizon, nous vîmes une énorme lueur embraser le ciel. C'était dans la direction de McGregor. Nous avons tout de suite compris qu'un tir de missile venait d'échouer. Nous savions d'expérience comment cela se passait et nous avons même devisé sur le sujet, envisageant la déception de l'unité qui venait de rater une partie importante de ses épreuves d'évaluation opérationnelle.*
> *C'est environ une heure plus tard, au cours du cocktail, qu'on nous apprenait la mort tragique d'un lieutenant français de l'armée de l'air sans qu'aucun détail ne soit révélé sur les circonstances autres que l'explosion d'un missile*
> *Quelques jours plus tard, nous assistions à l'embarquement du corps sur un DC 6 de l'Armée de l'Air pour son rapatriement en France. »*

o0§0o

10 - LES VANS DU SYSTÈME NIKE.

Les remorques Van G789 sont des véhicules en tôle de magnésium de deux tonnes et demi à vide, de 6,50 m de long, 2,40 m de large et 2,10 m de haut. Elles ont deux essieux à suspension indépendante et roues doubles. Le freinage électrique est commandé par le tracteur. La porte est à l'arrière, un plancher métallique rabattu sert de palier d'accès avec un escalier. Il y a deux sorties de secours (trou d'homme) dont une est toujours accessible quel que soit l'aménagement intérieur. Quatre vérins pliables soulagent les roues et assurent le niveau sur un terrain de faible devers et relativement plat. Ces remorques qui répondent au code routier fédéral américain peuvent être transportées sur train.

[79] Rapporté par Space Journal Vol. 12, Winter 2010 (PDF) - New Mexico Museum org
http://www.nmspacemuseum.org/documents/SJ_Winter10_Vol12.pdf
[80] Article du Lt. Col. (H) de l'Air Geoffroy présenté à l'amicale Nike de l'Armée de l'Air en 2012



Van G789 générique.

Un éclairage de secours est assuré par un circuit 24 volts en provenance de deux batteries au plomb à bord des remorques. Un chargeur à demeure les maintient en condition. Ce circuit est aussi utilisé pour le fourneau de chauffage (à essence), et aux batteries de tir, pour les sirènes d'alerte, ainsi que pour les réseaux (« loop ») de communication et le central téléphonique. Toutes les inscriptions des consoles, sont phosphorescentes ; des rampes de lampes UV au plafond les illuminent.

Rarement mentionnés, parce que peu vus en Europe sont les climatiseurs. Ils sont installés au sol, près des remorques et raccordés à la gaine de ventilation sous le faux plafond. Il faut noter que le MSQ-18, sur son camion, est toujours climatisé.

En plus des vans des batteries, les ateliers spécialisés de maintenance sont installés dans les remorques G789: les *Shops*. Il y a les shops de « Mécanique », « Hydraulique », « Électronique » (deux) de l'unité de support directe, la nouvelle approche pour la maintenance de matériels extrêmement spécialisés. On y verra parfois, à côté des militaires, des employés détachés par les constructeurs. Il y en avait deux au 721e GAG, du moins durant les 2 premières années d'exploitation.

LE CHAUFFAGE.

On se souvient des inventeurs du SCR-584 qui avaient bataillé avec les autorités pour abriter les opérateurs de leur radar. Depuis ces temps, Il était entendu que l'inconfort du personnel pouvait affecter le succès de la mission. Les remorques Nike étaient donc chauffées. Elles sont aussi ventilées, principalement pour l'électronique et on l'a dit, elles peuvent être climatisées.

Disposant de groupes électrogènes, il paraissait évident d'utiliser des radiateurs électriques. Mais il a été démontré que transformer du carburant en énergie électrique pour la consommer dans des radiateurs était moins efficace que de brûler le carburant, directement, dans un fourneau de chauffage. Par ailleurs, il aurait fallu utiliser des groupes électrogènes plus puissants pour des utilisations seulement ponctuelles. On va donc brûler de l'essence[81] dans une chambre à combustion munie d'ailettes, comme le cylindre des motos, mais enfermée dans un carter. Un ventilateur extrait l'air chaud et le pousse vers les gaines de ventilation. Un petit ventilateur 24 volts fournit l'air nécessaire à la combustion et assure

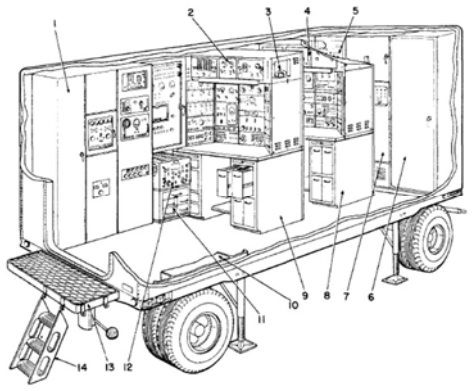
[81] Plus rien n'étonnait l'administration du 721e GAG qui nous venait du vieux 485e GAA à Karlsruhe quand on demanda de l'essence pour le chauffage ! Plus tard, bien plus tard, au 402e RAA à Laon, pour les MSQ-28 Hawk, un administratif du service des essences créa un carnet de consommation inspiré des carnets de véhicules pour les pleins et le kilométrage !

qu'avant l'allumage, la chambre est sèche de carburant. Puis une bougie d'automobile produit des étincelles en même temps que de l'essence arrive à travers un régulateur goutte à goutte. L'essence est pompée à partir d'un bidon disposé à quelques mètres de la remorque. Le MSQ-18 qui est équipé du même système pompe le carburant de son propre camion. Le ventilateur de combustion et l'allumage de la bougie utilisent le 24 v du circuit d'éclairage de secours.

Ce système simple, efficace, sans entretien compliqué était extrêmement fiable. La dangerosité supposée d'emploi de l'essence s'est avérée infondée[82]. Il est vrai que des millions de ménagères américaines dans la campagne ont utilisé des cuisinières à essence sans problème jusqu'à l'arrivée du gaz naturel ! Pour les Français, c'était une nouveauté impensable vu le prix, en France, de l'essence.

LES CABINES DE MAINTENANCE (MAINTENANCE SHOPS).

Le principe des échelons de maintenance américain est le même que celui de l'Armée française qui en a peut-être hérité après la guerre.



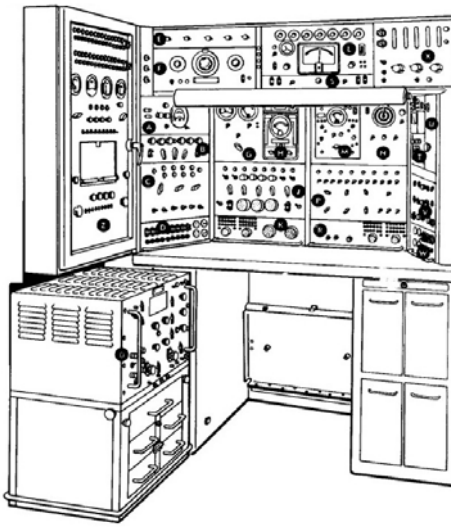
Shop électronique numéro 2

Au Nike, la nouveauté est avec les « *direct support unit* » ou détachements de support direct. Le 721e GAG, qui reprend l'organisation américaine, a donc un détachement de support direct, le « DSD ». C'est une unité de maintenance de troisième et quatrième échelon attachée pour emploi au régiment. C'est en fait une autre batterie.

Son personnel a été instruit à l'Army Ordnance Guided Missile School (OGMS) à Redstone Arsenal en même temps que leurs collègues «dépanneurs » l'étaient à Fort-Bliss.

Le personnel «Terre » provenait du Matériel ou des Transmissions. Pour les aviateurs « mécaniciens » du 721e GAG, cette organisation n'était pas nouvelle, on la trouve sur toutes les bases aériennes (Escadron technique).

Le TOE américain pour le DSD compte 37 techniciens dont 3 « apprentis ». Pour le DSD du 721e, ce sont 40 techniciens sous-officiers et quatre officiers spécialisés selon les shops (remorques ateliers automatisées de maintenance) : shops électroniques 1 et 2, shop missile, shop hydraulique et rampe. On ne verra pas comme sur les sites américains de véhicules spéciaux d'intervention.

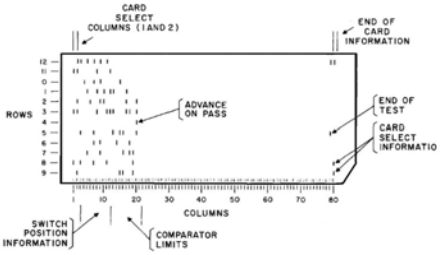


Console électronique 6 (shop 2)

[82] On se souvient du système de chauffage, très semblable, du SCR-584 où le réservoir d'essence était en charge, d'où son danger !

Les vérifications hebdomadaires ou mensuelles, les diagnostiques, le dépannage et les réparations qui en découlent sont de deuxième échelon et reste l'apanage des dépanneurs des batteries. Les grosses réparations et les remises à niveau etc., sont celles du DSD. Notons que ce n'est pas la compétence du personnel qui détermine l'échelon de réparation mais la nature du stock de pièces détachées et de l'outillage.

Des ateliers spécialisés sont aménagés dans les remorques type G789 dites « *shops* » où des consoles spécialisées permettent de brancher, par exemple, un tiroir électronique au complet ou des platines du calculateur, amplificateur THF, etc.



Carte de programmation de console de test.

On inaugure ici l'automatisme des réparations et, pour les shops électroniques, des cartes IBM programment la console de test, guident le technicien pour les branchements et enfin produisent des signaux ou des tensions qui vont être traités et lus. Idéalement, en se reportant à des listes de pannes et de symptômes le technicien sera amené vers le composant défectueux. La console va ensuite simuler l'environnement du châssis réparé (dy*namic testing*) et faire procéder à des réglages éventuels. Satisfaisant à tous les tests, le châssis est retourné à la batterie ou, le plus souvent, remis au stock « neuf ».

Les shops « mécaniques » ou « hydrauliques » ont des moyens appropriés qui ne sont pas aussi automatisés mais permettent de tester et réparer tous les mécanismes de la batterie y compris les missiles à l'exception de leur armement qui est renvoyé en usine.

SUPPORT TECHNIQUE.

Le support des unités Nike était assuré par la NAMSA (**NA**to **M**aintenance and **S**upply **A**gency) une agence de l'OTAN basée à Châteauroux avant de s'installer au Luxembourg après la sortie de l'Otan de la France. Elle devint plus tard la NSA (**N**ato **S**upport **A**gency).

Cet établissement s'occupait des achats centralisés, des approvisionnements en pièces détachées, de la documentation, des réparations ou des mises à niveau de 4^{e} échelon non seulement des systèmes Nike mais d'à peu près tous les équipements communs aux forces de l'OTAN. Au Luxembourg 800 personnes environ y étaient employées. Une grande partie du personnel technique était des anciens militaires hautement spécialisés, triés sur le volet et engagés selon des quotas de nationalité[83]. Ils intervenaient en support sur les bases OTAN. Ils avaient le statut de fonctionnaires internationaux. L'organisation, de structure américaine, était dirigée par des officiers généraux de l'OTAN (dont des français).

o0§0o

11 - CONCLUSIONS.

Dieu merci, le Nike n'a pas été mis à l'épreuve du feu. Il est donc difficile d'évaluer une arme qui n'a pas subi le test ultime d'un conflit.

[83] Ref. Louis Picard. L Picard, à sa retraite fut un de ces spécialistes NAMSA basé au Luxembourg.

Devenu avec le temps une addition au bouclier nucléaire stratégique de l'OTAN, le Nike fut partie prenante du jeu diplomatique Est-Ouest. Mais on peut toutefois se demander si ces missiles nous auraient efficacement protégés. Aux USA où 25% les batteries étaient en alerte opérationnelle 24/24, les grands espaces donnaient du temps aux défenseurs pour passer sur pied de guerre à 100%, même en Alaska.

En Europe la situation était toute autre ! La proximité du Rideau de Fer laissait peu de temps pour réagir. Admettant que toutes les unités soient, au moment d'une attaque surprise, en « condition d'alerte à 5 minutes », ce qui est douteux, il faut penser que sans tir nucléaire, quelques intrus auraient franchi la barrière. Par ailleurs, et retenant l'hypothèse de l'utilisation de charges conventionnelles, ne pouvant tirer qu'un missile à la fois et seulement toutes les 2 minutes, les batteries les mieux approvisionnées allaient être démunies en moins d'une heure[84]. Le déploiement des missiles Hawk pour couvrir les basses altitudes auraient alors rempli leur rôle avant de décrocher. Grâce aux belles autoroutes allemandes, les blindés soviétiques pouvaient arriver sur les sites Nike dans les quatre à cinq heures. Juste le temps nécessaire pour saboter le matériel et, pour les artilleurs du 721e, de déballer un – très moderne[85]- attirail d'infanterie, de monter dans les autobus de ramassage des équipes de tir et les quelques camions de servitude en dotation puis rouler plein Ouest vers des postions préparées à l'avance.

Tactiquement, le principal inconvénient du Nike était son système de guidage qui ne pouvait gérer qu'une cible à la fois ce qui amena à le nucléariser. Cette option étant de dernière extrémité on a multiplié les bases de lancement pour obtenir, avec des charges militaires

Nombre de batteries NIKE opérationnelles à travers le Monde: 329

Continent américain :
Plus de 212 batteries. (Années1960)

Europe : 104 batteries :
- Allemagne 24.
- Belgique 8.
- Espagne 4.
- France 4 puis 8.
- Grèce 4.
- Hollande 8.
- Italie 12.
- Norvège 4.
- Turquie 8.
- USA 24 (remplacent 6 régiments de 90 ou 120 mm).

Asie : 13 :
- Japon 5.
- Corée du sud 4.
- Taiwan 4.

Note : 100 régiments antiaériens de haute altitude avaient été prévus, soit 400 batteries. Les chiffres ci-dessus ne semblent donc pas concorder avec les tableaux de livraison des usines.

398 batteries Nike furent construites entre 1956 et 1964 dont 2 expérimentales en 1956 et 3 prototypes pré-opérationnels en 1957. Les unîtes ont été livrées à des cadences assez erratiques sans doute dépendantes des allocations budgétaires et des escarmouches AirForce-Army. (143 batteries en 1958, aucune en 1961 pour reprendre en 1962 (18), etc.).

Le nombre important des matériels d'instruction n'apparaît pas dans les tableaux d'affectation. Faudrait-il ajouter une dizaine de systèmes et quelques exemplaires d'usine au décompte total ? Les constructions japonaises (modifiées) ne sont pas comprises.

[84] Problème concrétisé en 1973, lors de la guerre du Kipur, les Egyptiens avaient, en 5 jours, pratiquement "consommé" tous leurs missiles sol-air et les Israéliens perdus 4/5 de leurs avions (pas tous par les missiles SA égyptiens).
[85] Les dotations de « mobilisation » du 721 en armement modernes d'infanterie auraient bien surpris les vrais biffins !

conventionnelles, des densités antiaériennes convenables. Puis, les batteries, quoiqu'on en dise, n'étaient pas déplaçables. Enfin sur site, des militaires américains avaient la clé des engins atomiques car le feu nucléaire était subordonné à Washington.

D'un point de vue strictement technique et scientifique le système d'arme Nike a été exceptionnel à plus d'un titre. Il a été le premier système de missile antiarien opérationnel au monde et resta opérationnel pendant presque 30 ans, ce qui, en matière d'armement moderne est rare. Destiné à l'origine à la défense des points stratégiques des États-Unis, il fut en service dans un grand nombre de pays.

Les technologies qui ont été développées pour satisfaire ses exigences ont eu des retombées importantes, parfois fondamentales, au nombre desquelles on reconnaît l'introduction des premiers circuits imprimés à tubes et à transistors et surtout le concept des « processeurs ». Ces derniers ont à leur tour, (très… logiquement !), ouvert les portes au traitement automatique des données, un autre fondamental ! Pour ce qui est de la détection électromagnétique, le Nike montre brillamment la voie aux radars monopulses. Les recherches sur les antennes constituées de diélectriques artificiels (les lentilles) et les guides d'ondes très particuliers des radars de poursuite TTR et MTR nous amènent aux radars multi-modes, début d'une longue chaine technologique des hyperfréquences, etc. Il reste le premier et sans doute le dernier système à téléguidage intégral réussi. Il sera dépassé par les missiles à autodirecteurs.

La fiabilité du matériel est une autre mesure du Nike ; hors les Écoles à Feu toujours techniquement réussies, les tests journaliers et de simulations montraient que le système était sûr. Mais on y mettait les moyens comme de changer tous les tubes tous les mois et pratiquement une semaine sur trois était consacrée à la grande maintenance et aux réglages. Le calendrier des sacro-saintes vérifications rythmait la vie des batteries : journalier, hebdomadaire, mensuel : on passait des heures devant des instruments de mesures. Les génératrices électriques américaines ont été superbes, souvent fonctionnant au delà des temps de maintenance sans broncher ! L'approche américaine de la maintenance est nouvelle : le DSD. Les Hawk auront évidement leur DSD ainsi que, un peu plus tard, toutes les unités françaises un peu techniques. Enfin on doit noter que le Nike a réussi la gageure de faire cohabiter le très nouveau et le très vieux[86], souvent à partir de matériels sur étagère ou, pour reprendre l'expression d'un officier de la DGA, à propos d'un certain système d'arme raté, le Nike a été un «assemblage Lego».

Mais ici, ça a bien marché !

o0§0o

REMERCIEMENTS

Plus de 55 ans après avoir servi ce matériel, les mémoires étant ce qu'elles sont, et malgré les nombreux documents disponibles tant officiels que privés, j'ai encore dû « taper » mes camarades *Nikistes* et plus particulièrement les experts comme Louis Picard en France et Ed Thelen aux USA.
Mon camarade d'école préparatoire militaire Pierre Balliot, bien que non *Nikiste* (mais colonel d'un régiment Hawk !) a bien voulu me donner son avis sur la présentation,

[86] Des matériels de transmission datent de 1918 à 1940 ; et la câblerie date des années 1930 !

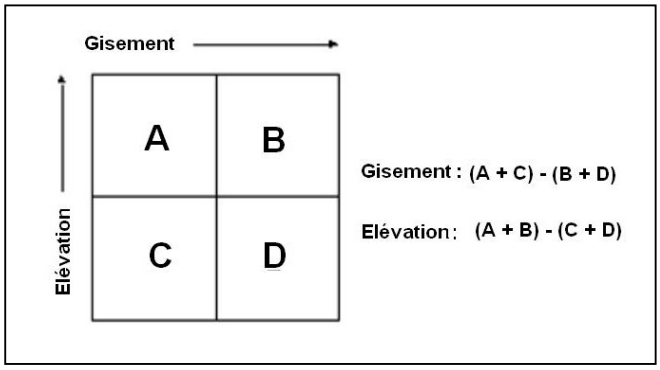
l’organisation et le rythme du ce texte. Enfin, Jacques Dotzler et bien sûr, Louis Picard, ont revus et corrigés ma grammaire et traduit mon franglais…
Qu’ils soient ici chaleureusement remerciés.

More than 55 years after serving this equipment, memories being what they are, and despite the many documents available both official and private, I still had to "tap de brain” of my comrades Nikist and especially experts like Louis Picard in France and Ed Thelen in the USA.
My school buddy Pierre Balliot, although not a Nikeman (but colonel of a Hawk regiment!) kindly gave me his observations on the presentation, organization and rhythm of the text. Finally, Jacques Dotzler and of course, Louis Picard, have reviewed and corrected my grammar and translated my Franglais…
They are here gratefully acknowledged.

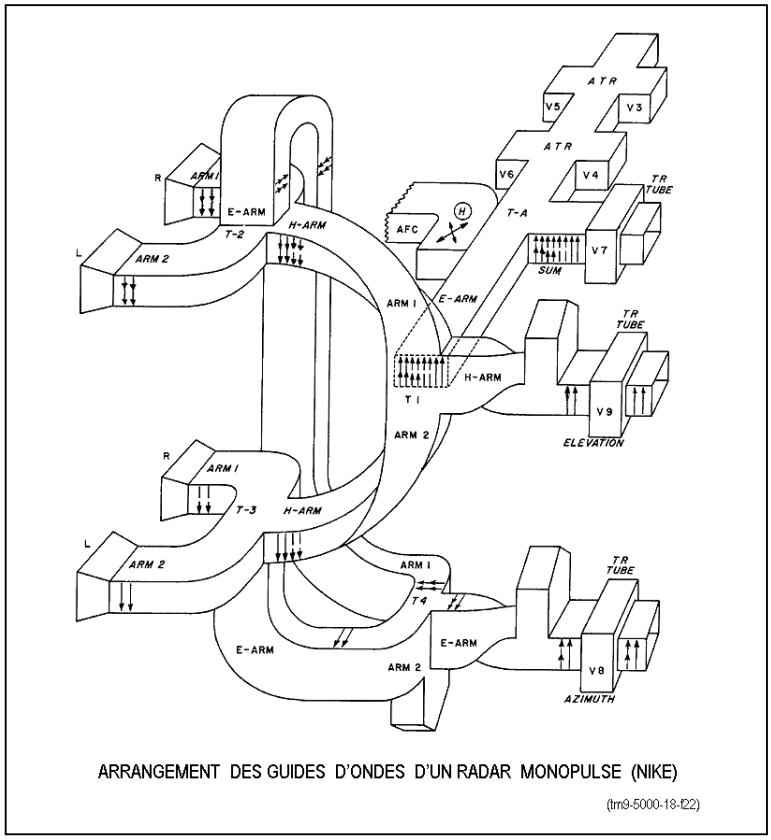
o0§0o

12 - ANNEXES

LES RADARS MONOPULSES[87].



On ne reviendra pas sur la nécessité quasi absolue qu'il y a à automatiser la poursuite radar des objectifs antiaériens. Pour le ***Massachusetts*** Institute of Technology (MIT), l'inventeur du premier de ces radars, le problème était moins de construire un système que d'en choisir le principe. Les choix étaient de toute façon limités à ce qui était technologiquement possible. À l'époque, le système du doublet tournant fut retenu car les ingénieurs mécaniciens s'y reconnaissaient et qu'intuitivement tout le monde en comprenait le principe. Mais le Naval Research Laboratory (NRL), laissé pour compte, démontrait pourtant qu'un système passif, sans pièce mobile, était en tout point supérieur. Mais on maîtrisait alors à peine (et fort mal) la jeune technologie des guides d'ondes. Or la *plomberie* d'un radar monopulse est particulièrement impressionnante.



ARRANGEMENT DES GUIDES D'ONDES D'UN RADAR MONOPULSE (NIKE)

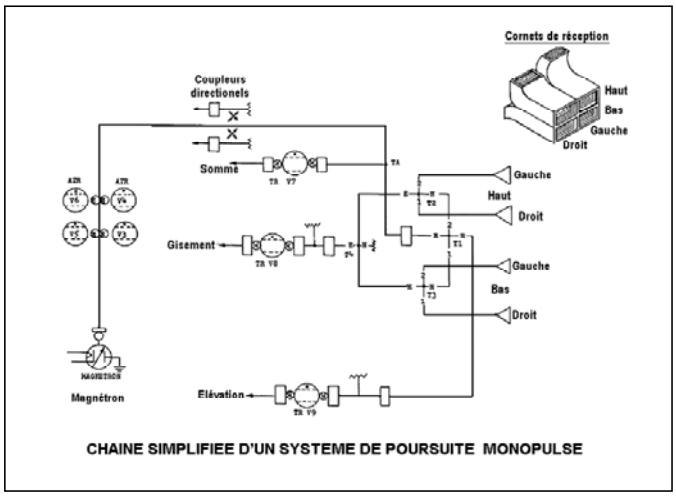
(tm9-5000-18-f22)

Le principe est le suivant : l'antenne de réception consiste en quatre cornets accolés deux à deux (droite-gauche et haut-bas). Soit les cornets A, B, C et D liés à quatre chaînes de réception rigoureusement identiques si la somme algébrique des forces de l'écho est nulle (on donne un signe +/- aux cornets), l'écho est divisé en quatre parties égales, l'antenne est donc parfaitement centrée sur l'objectif.

[87] Un radar type monopulse, sans son nom, semble bien avoir été utilisé en France dès 1939 avec le radar à antenne fixe de Sant-Mandrier. Aux USA au NRL, premières recherches dans les années1940-41. Première maquette pratique 1942. !

Le même principe s'appliquerait à une détection de déphasage des signaux reçus. On y a préféré les détections d'amplitude plus simples.

Lors du déplacement de l'avion, les sommes sont déséquilibrées et des signaux d'erreur site et/ou gisement sont générés pour corriger l'écart.

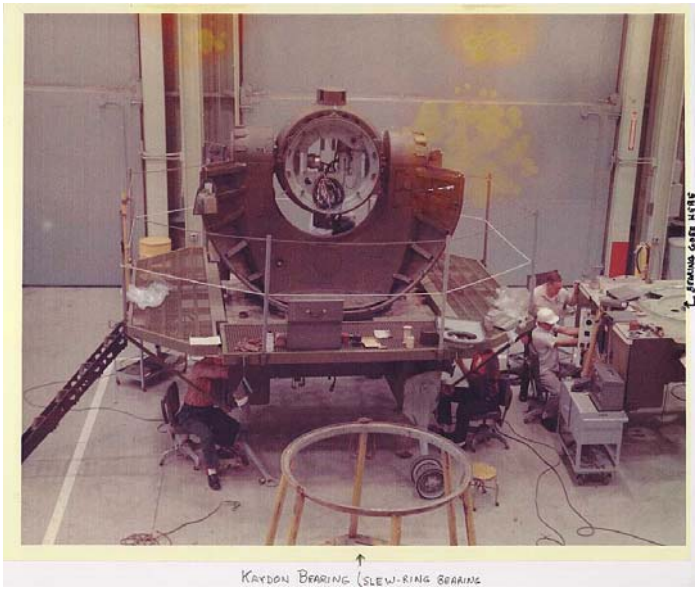


CHAINE SIMPLIFIEE D'UN SYSTEME DE POURSUITE MONOPULSE

Sur les radars TTR et MTR du Nike, les opérations sommes et différences sont exécutées avec des mélangeurs dans les guides d'ondes eux-mêmes ce qui élimine les déséquilibres potentiels des amplificateurs. Les visibles « contorsions » des guides d'ondes polarisent (verticalement ou horizontalement) les signaux pour leur assigner leur signe algébrique +/-.

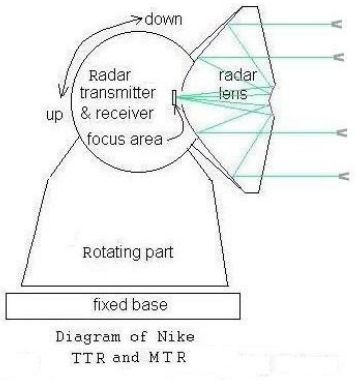
On note sur le diagramme, les sorties CAF (*AFC*) et les tubes TR aux sorties **Gisement** et **Elévation.** La sortie **SUM** alimente en vidéo classique des scopes d'exploitation « A » et (éventuellement) « PPI ».

Pour l'émission, on utilise soit un cinquième cornet émetteur, soit, à l'aide de tubes ATR et TR, une partie de la *plomberie* de la réception. Outre l'absence de pièces mobiles et de leur usure, l'avantage du système monopulse réside dans l'amélioration, significative, par rapport aux doublets tournants, de garder, toutes choses égales, sa précision angulaire en dépit de la distance de l'objectif. Finalement, c'est la perte de signal qui interrompt la poursuite et non pas la diminution des taux de mesure due à l'élargissement des lobes (tournants) aux grandes distances qui affolaient les amplidynes. En effet, le taux d'information de positionnement est celui de la récurrence du radar et non plus celui de la vitesse de rotation d'un doublet. Ces radars ont donc une grande finesse de mouvements d'antenne au point que leur mouvement, en poursuite lointaine, peut être imperceptible !



Radar de poursuite TTR ou MTR en usine. Noter en premier plan le chemin de roulement de précision (gisement), système « Kaydon » .
Photo KENNITH BEHR by permission.

La poursuite automatique monopulse est essentiellement dépendante de la force des signaux. Il suffit d'augmenter la puissance de l'émetteur et la sensibilité du récepteur pour obtenir des poursuites automatiques à très grande distance.



Antenne TTR-MTR

Sur le plan brouillage ECCM (*Electronic Counter-Counter Measures*), les radars monopulses ne sont pas sensibles au bruit d'amplitude de la cible et, sans être totalement à l'abri des brouilleurs type « brute force », ils sont peu brouillables[88]. Bien sûr, la fameuse perte de poursuite par déphasage de la modulation créée par le doublet tournant des 584 et des Cotal est ici éliminée !

Ces guides d'ondes n'étaient pas exempts de maintenance, en particulier à l'humidité qui pouvait y pénétrer. Au Nike ils seront pressurisés et les *Daily checks* s'assuraient de leur étanchéité.

Pourquoi «*monopulse*»[89] ? Pour la raison qu'un seul écho est suffisant pour positionner l'antenne sans attendre l'écho suivant. Pour tirer tout l'avantage des radars monopulses, de leur précision et de leur portée, les antennes doivent être extrêmement stables et leur mise à niveau très soignée. En particulier, on l'a dit, pour les TTR et MTR de l'Hercules .les niveaux étaient vérifiés quotidiennement et à chaque variation de température dépassant 5ºC. De plus, sur les sites fixes (soit 99% des cas), les radars étaient en position sur des plateformes bétonnées.

La commande mécanique des lourdes antennes a des affinités avec les mécanismes d'horlogerie de précisons. Les antennes (Nike-Hercules) sont à l'abri sous des dômes plastifiés (effets du vent) et on ira même, au grand dam des spécialistes du camouflage, peindre les TTR et MTR avec une peinture réfléchissante blanche pour diminuer l'effet de la température. On imagine le bonheur des pilotes d'avions ennemis d'attaque au sol !

o0§0o

LENTILLE ÉLECTRONIQUE

Les TTR et MTR utilisent une « lentille» électronique qui focalise le signal reçu sur les quatre cornets d'antenne. Selon Winston E. Kock[90], un de ses inventeurs chez Bell System, cette

[88] Doyle Piland, ancien TCO de batterie Nike américaine écrit: « J'ai souvent observé les tentatives infructueuses des avions de l'Air Force pris dans le filet d'un TTR ,tenter de s'en sortir (lock-on) malgré leur ECM. J'ai même vu des messages de l'Air Force priant les Nike d'arrêter les poursuites (tracking) qui avaient tendance à miner la confiance des pilotes dans leur propre équipement ECM ».

[89] Un radar monopulse n'est pas, « Un radar à un coup, comme les fusils… », pour reprendre le mauvais mot d'un officier supérieur artilleur de campagne en AFN à qui on expliquait le principe … et son état-major assemblé pour le « grand rapport » de s'esclaffer bruyamment

[90] Metallic Delay Lenses: "…*the focusing action is obtained by a reduction of the phase velocity of radio waves passing through the lens. The lens shape accordingly corresponds to that of a glass optical lens, being thick at the center and thin at the edges. The reduced velocity or "delay" is caused by the presence of conducting elements whose length in the direction of the electric vector of the impressed field is small compared to the wavelength; etc..* Technical Journal, 27: 1. January 1948. Toutefois, il convient de noter que dès 1940, le Prof. Dr. H. Busch, (Institut Für Fernmeldetechnik, à Darmstadt) qui fut le « patron » du Dr.

« loupe » ou lentille métallique consiste en des dipôles arrangés de telle sorte « *qu'on obtient une réduction de la vitesse de phase des ondes passant à travers la lentille, privilégiant le centre. La forme de la lentille agit donc comme une lentille optique en verre ayant une plus grande épaisseur au centre qu'à ces bords. La vitesse réduite ou «retardée» est causée par la présence d'éléments conducteurs dont la longueur dans la direction du vecteur électrique du champ impressionné est faible par rapport à la longueur d'onde* ».

An experimental monopulse radar system. To overcome the angular limitation of existing radars, the monopulse radar, developed by the NRL in 1943, provided a tenfold improvement in angular accuracy.

Photo NRL

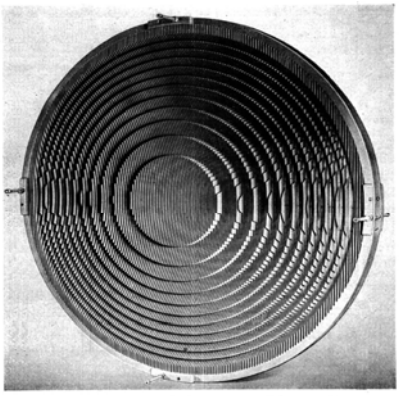


Fig. 1—Waveguide metallic lens having an aperture of 96 wavelengths and a useful bandwidth of 5%.

Lentille électronique (*metallic lens*)

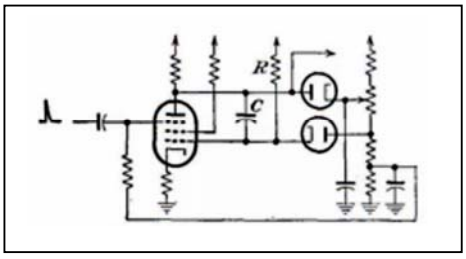
o0§0o

LE PHANTASTRON.

Il y a un peu d'humour et de technologie dans ce qui suit ; le phantastron (aussi appelé *phanastron*) est un circuit développé au cours de la Seconde Guerre mondiale pour les balayages des écrans radars.

C'est un multivibrateur à relaxation développé à partir d'une base de temps (oscillateur) de Miller. Le signal de sortie a une configuration en dents de scie asymétrique.

Le cycle complet du phantastron est divisé en étapes de repos, de déclenchement, d'exploitation et de récupération. La durée de la phase active du phantastron se situe dans l'intervalle de quelques microsecondes à quelques dizaines de secondes. Elle peut être réglée finement par un potentiomètre. Les phanatrons sont traditionnellement utilisés dans les circuits de contrôle précis du temps de retard, en tant que générateur de tension en dents de scie ou comme générateur d'impulsions, etc.



Au PAR du Nike et sur les radars AN/TPS les plus récents, il était utilisé en conjonction avec le MTI. Il permettait de délimiter l'action du MTI sur des zones d'intérêt ou d'examiner des portions de video lointaines en dégradant progressivement les plus proches. Au 21e siècle on trouve les

---

Muller du futur LRBA (Parca), mettait au point un système similaire. Ref Pierre ROUSSEAU in La science du vingtième siècle, p 90 (Hachette 1964).

phantastrons dans les synthétiseurs de musique, le plus souvent associés avec des antiques penthodes 6AS6 !

Où est l'humour ?

Au moment où apparaissaient les ésotériques Thyratrons, Magnétrons, Memotrons, Charactrons ou autres Typotrons sérieusement présentés par des sommités universitaires, un groupe de copains **fana**tiques créent un curieux circuit et se moque des académiciens.

Ce circuit n'est-il pas pour ces « fanas » remarquable ? Fantastique ? Ce sera un… Fanatron ou un Fantastron et même un Phantastron ! (Qui se souvient des Typotrons ?).

o0§0o

LE MTI DU PAR

On connaît le principe du MTI (Moving Target Indicator) : il s'agit de retarder l'écho d'un objectif suffisamment longtemps pour le comparer (retardé) à celui reçu lors de l'émission suivante. Si l'objectif est fixe, la somme algébrique de deux signaux annule leur présentation. Si l'objectif est mobile, il n'y a pas d'annulation et on voit l'écho qui a changé de position. Seuls sont donc effacés les échos fixes : constructions, terrain, obstacles, etc...

Le MTI du PAR Nike met à l'écart le lourd et encombrant MTI à cuve de mercure des AN/TPS mais il est encore "sonique". C'est la dernière transition avant les MTI modernes à ligne à retard « électronique ».

La cellule à retard du PAR est faite d'un petit disque polygonal de 15 côtés, plats et parfaitement polis. Un transducteur à cristal est excité par l'application d'une tension porteuse modulée à 15 mégacycles qui produit des vibrations mécaniques qui vont frapper les surfaces polies. Les vibrations sont réfléchies vers une seconde puis une troisième surface, etc., jusqu'à la dernière, 1000 microsecondes plus tard. Cette dernière est équipée d'un transducteur-capteur qui transforme les vibrations mécaniques en signal électrique de 15 Mhz.

o0§0o

DÉCISIONS

Parca ou Nike-Ajax ou Hawk …

Une question – pour les amateurs de petite histoire- qui est restée sans réponse satisfaisante est celle de la décision du commandement des FTA de la création en 1957, d'une unité mixe Air-Terre, le 721^{e} GAG : ¼ Armée de l'Air, ¾ Armée de Terre. Un an plus tard ce rapport est inversé et moins de deux ans après, cette structure inhabituelle à peine opérationnelle est remise à l'Armée de l'Air (520^{e} BE). Même si 90% du matériel était un « prêt » américain (missiles et matériels de données automatiques étant acquis), les dépenses engagées pour la longue instruction des artilleurs avaient été considérables alors que les unités d'AFN manquaient de personnel d'active.

Quelles purent être les raisons de cette décision et de son abrogation ?

Des indices, des faits et une réévaluation historique du matériel[91] permettent, à défaut de documents irréfutables, d'étayer une solide hypothèse[92].

Ajax sur sa rampe "mobile".
Notez la légèreté de la rampe et de ses rails d'approvisionnement
(Photo White Sand Museum)

Depuis 1944 les choses étaient claires : la course à l'altitude mettait les cannons hors jeux, seul le missile, pour les altitudes moyennes et hautes avait une chance.

A partir de 1946, en France, les études se succédaient. Partant de presque rien, dans les années 1950, les essais du projet Parca allaient bon train[93]. Vers 1954, à Hammaguir, on pouvait espérer mettre en œuvre un système d'arme (l'expression n'était pas encore de mode) suffisamment fiable pour envisager de commander une centaine de rampes, soit 25 batteries, les « besoins » étant chiffrés à 40 batteries (16 pour les artilleurs et 24 pour les aviateurs).

Pendant ce temps aux États-Unis, après une fameuse chicane Air-Terre, le général LeMay concluait en 1951, que les aviateurs avaient mission de voler[94] et il laissait donc à l'US Army ses missiles.

Les moyens des uns et des autres n'étaient pas de même échelle d'autant que la France se relevait péniblement de la guerre et s'essoufflait financièrement en Indochine puis en AFN. De plus, ses moyens étaient assez dispersés. Par exemple, en 1959 on comptait encore quatre programmes de recherche missiles Sol-Air comme les R.422, R.422-51 et R.431 de Matra ou l'ACAM.5301 et 5103 de Nord Aviation. Le R422 de Matra aurait été l'équivalent du Nike-Hercules américain mais sans capacité nucléaire.

En 1957, puis en 1958, les démonstrations à Fort Bliss à deux missions françaises du système d'arme Hawk furent une « révélation »[95]. Révélation toute relative puisque des officiers français comme le capitaine Raspaud, futur CdC du 721, visitaient Fort Bliss en 1952 !

Rampe mobile Ajax déployée.
(Le missile et levé, seul est visible la base du booster).

[91] Avec les photos et l'aide de M. Doyle Piland, historien archiviste du White Sands Missile Range Museum.
[92] On ignorera les rumeurs imbéciles selon lesquelles : «*La Bif n'avait pas été capable techniquement de les faire fonctionner ».*
[93] Il est curieux de noter que la télémétrie du pas de tir d'Hammaguir était assurée (entre autres) par un radar Würzburg allemand associé à un SCR-584 américain : les ennemis réunis !
[94] On retrouve ici le classique «Le meilleur ennemi de l'avion, c'est l'avion" du général Gamelin en 1937. Adepte de Giulio Douhet, LeMay se consacrera au bombardement avec le Strategic Air Command.
[95] « Entre le Hawk et les divers programmes français, l'écart en matière d'avancement et de performances attendues justifiait techniquement la décision… etc. » Ref, Comhart).

Enfin on a dit que ces présentations avaient ruiné les chances du Parca[96].

Rappelons aussi qu'en 1957, le CEMA (général Ely), définissait les responsabilités de chaque arme en matière d'engins guidés. A l'Armée de Terre les engins **sol-sol** de portée inférieure à 300 km et les engins **sol-air** pour la défense du champ de bataille de la très basse altitude jusqu'à 10 000 m. À l'Armée de l'Air revenait l'ensemble des **sol-air**, « *à l'exception de ceux laissés à l'armée de Terre »*. La Marine, restait maîtresse de ses spécificités surface-surface et surface-air.

Et ainsi, les ambiguïtés demeurèrent !

Les matériels

Nike Ajax :

US Air Defense: Western Electric et Douglas.

Ce missile avait été défini pour remplacer le canon de 120mm désormais dépassé par les altitudes de vol des nouveaux bombardiers soviétiques. Le système reprend des composants de la conduite de tir M33 du canon de 120 mm : radar de poursuite monopulse, radar d'acquisition, PC de commandement.

Caractéristiques : Portées maximale 40 Km. Altitude 20000 m. Vitesse 2.2 Mach.

Emploi : Arme de théâtre, défense aérienne des centres urbains et du champ de bataille.

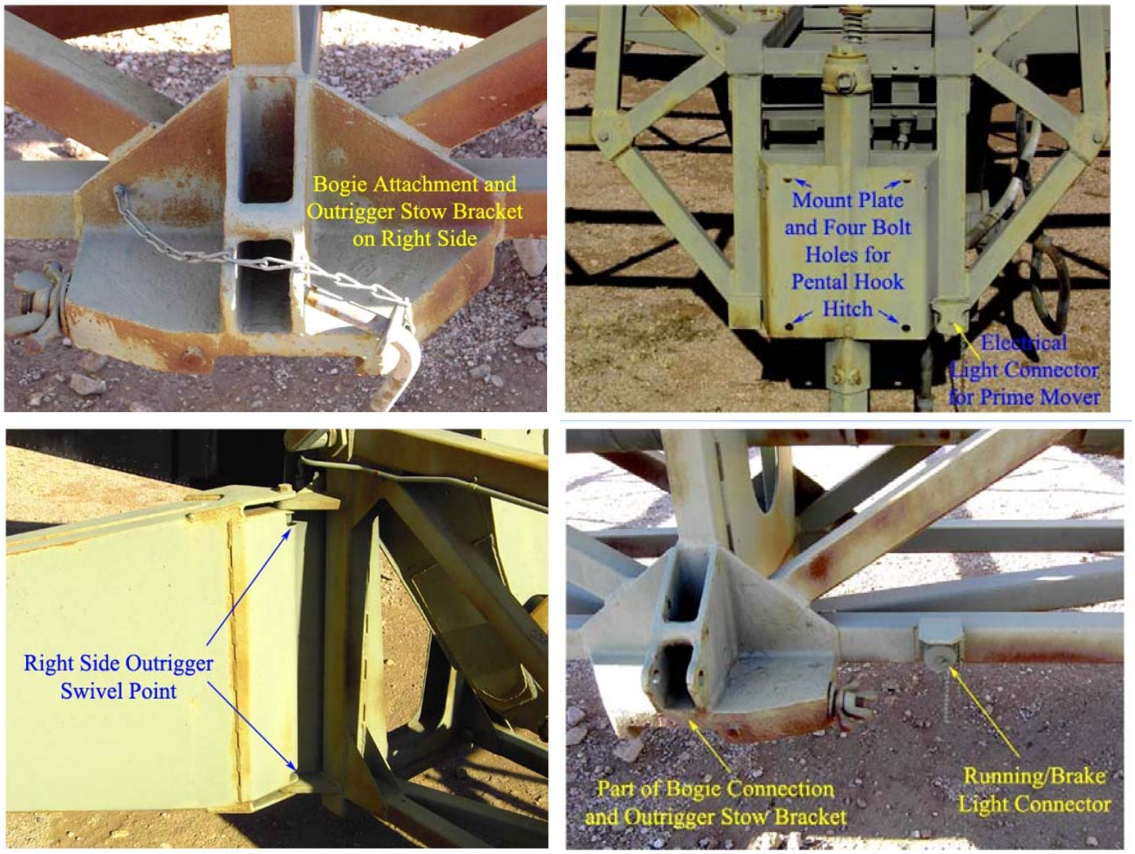
« *The NIKE System*[97] *was thus designed for dual application - one version modified to take maximum advantage of the automation possible in a **fixed** installation, the other version adapted to **mobile** field use in a battle area. The latter version is transportable by both land and air. The entire system can be transported on unimproved roads* … »

Pour répondre à toutes ses missions, la première génération du système d'arme **MIM3-Ajax** est donc aussi **mobile**.

Une version « semi-fixe » est développée en 1954. Cette notion n'est pas apparente et ne fut pas soulignée aux stagiaires français qui furent instruits sur les rampes *universelles* Ajax-Hercules[98]. En effet dans la batterie AJAX, tous les éléments de conduite de tir et de lancement sont sur roues ou en caisses (bidons étanches du radar d'acquisition) à l'exception des rampes qui reçoivent pour leurs déplacements un train de roulement détachable.

La structure de la rampe Ajax est légère (1,5 à 3. 5 t selon les modèles) et relativement simple. Sa mise en batterie en quelques heures nécessite huit hommes sans moyen de levage particulier. Par exemple, les rails d'approvisionnements latéraux sont déchargés du camion et mis en place par deux servants. Le terrain doit être relativement plat et ferme et peut nécessiter des travaux légers de terrassement.

[96] Sur proposition du général Crépin et décision du 4 août 1958 signée du ministre Guillaumat, le Parca et quelques autres projets étaient aussi abandonnés.
[97] Historical Monograph NIKE-AJAX 1945-1959. ARGMA (Redstone Arsenal) June 1959. Déclassifié en 1984.
[98] En fait, l'imposante rampe de l'Hercules est aussi « transportable », mais dans d'autres conditions.



Les photos montrent les éléments d'accrochage, de traction et les connections électriques du tracteur.

PARCA :

Missile français de LRBA et Thomson/Csf.

Emploi : Arme de théâtre, défense aérienne du champ de bataille.

Caractéristiques : portée 30 Km, altitude 20000 m, mach 1.8, Le Parca serait d'inspiration allemande (Rheinmetall), il fut mis en étude dès 1948. Il répond à peu près aux mêmes spécifications que l'Ajax, il est mobile. Le système reprend des composants français de la conduite de tir du 90 mm dont le radar Cotal (Thomson) et un calculateur analogique adapté du PHF (Csf). Il doit remplacer le canon de 90 mm américain après l'étude avortée d'un canon Schneider (SFAC) de 105mm à double barillet. L'étude exploratoire d'un missile ACAM (Attaque Contre Avion Moyen) avait été lancée en 1956, puis

PARCA installé sur une base de canon de 40mm à Nîmes pour une cérémonie

abandonnée en 1958, en même temps que le Parca (On verra encore ce missile au salon du Bourget de 1959).

Un bulldozer en dotation normale à la batterie sert à préparer les positions des rampes. Ici aussi, les rampes seront mises en batterie sans leurs roues. Notons que la présentation à l'ESAA de Nîmes d'un Parca monté (juché ?) sur un affût de canon de 40 mm Bofors ne doit pas faire illusion : c'était du « cinéma ».

Similitudes des principes Ajax et Parca : Sans entrer dans les détails, les similitudes entre les deux missiles sont claires. Pour s'en convaincre il suffit d'examiner les principes mêmes des deux missiles : télécommande complète, courbes balistiques, courbes de ralliement et de raccordements, principes généraux de poursuite, carburants et comburants qui sont similaires et les fusées d'appoint (booster) sont à poudre. Toutefois, la rampe d'Ajax, qui est tiré verticalement, est infiniment plus simple que celle du PARCA qui est orientable en gisement et en site puisque le missile est tiré en direction d'un objectif « futur ».

Des faits

C'est dans une ambiance d'urgence qu'en juillet 1957, la première équipe de techniciens, (Air et Terre) officiers et sous-officiers est réunie à Paris pour préparer leur séjour de 14 mois à Fort Bliss, Texas. Mission : recevoir une instruction sur le système NIKE-AJAX[99]. Ils arrivent à Fort Bliss en octobre 1957.

Fin 1957, l'administration Eisenhower **propose** aux Européens une coopération Hawk (acquisition et/ou construction). Toutefois la décision n'est pas immédiatement prise.

Début 1958, l'Hercules est homologué par l'US Army. En Juin 1958, commence aux USA la conversion des sites Ajax en sites Hercules lesquels deviennent de facto des sites fixes ou « semi-fixes ». L'Hercules devient le missile de choix et l'Ajax son complément pour les objectifs rapprochés.

En juillet 1958, il est décidé de prolonger le stage des premiers techniciens (radars et calculateur) de 6 mois pour étudier le nouveau système Hercules. Les stagiaires missiles et rampes qui arrivent alors seront immédiatement intégrés aux cours Hercules-Ajax.

Avec l'arrivée en octobre 1958[100] du « *package training*[101] » pour l'instruction Hercules-Ajax, le Lt. Col. Raspaud, Chef de Corps du 721^{e} GAG[102] est confronté au problème de payement des indemnités (en dollars) du personnel «*déjà oublié par Paris* » ; puis à celui de son rapatriement en juin 1959, car on n'avait pas prévu la logistique du retour des 250 militaires !

Après des « congés de retour de mission » très étendus, le régiment se retrouve à Karlsruhe dans une caserne qui pouvait sans doute recevoir une unité de missiles légers mais pas les lourds Hercules. On y entasse le matériel tant bien que mal ; la cour d'honneur est même envahie

La batterie AJAX prévue, qui se contentait de peu, fait place à la batterie mixte Hercules-Ajax exigeant des rampes sur béton, des plateformes radar très stables et des conditions de

[99] Fut aussi appelé NIKE I lors du développement du Nike II, c.à.d. de l'Hercules.

[100] Dans cette chronologie on peut signaler la proposition américaine en juin 1959 de nucléariser Nike et Honest-John. (ACE IN THE HOLE, de Timothy J. Botti, Greenwood Press, Westport, CT, 1965, et des difficiles relations entre les présidents Eisenhower et De Gaulle pour le control souverain de ces armes).

[101] Soit l'ensemble des operateurs, sous officiers, officiers de tir et officiers de lancement des trois batteries et de l'escadron Air et l'état major.

[102] Alors encore appelé Premier Bataillon Français Nike.

sécurité autrement plus contraignantes que pour Ajax.

Base de la rampe PARCA en batterie sans son train de roulement.
Notez à droite et à gauche l'évidement de l'attelage et l'axe support.

Puis ce sont les reports successifs du mouvement vers les sites opérationnels qui ne sont pas prêts :

- Bétonnage des sites de lancement.
- Enfouissement (tranchées) des câbles de transmission.
- Travaux de terrassement et aménagements des positions de radars de tir (les vérins reposaient sur des piliers en béton ancrés dans le sol à plus d'un mètre de profondeur).
- Abris des génératrices.
- Aménagement des halls de montage et ateliers de réparation (*maintenance Shops*).
- Reconnaissances et installations des stations hertziennes et de leurs relais.
- Déboisage et chemins d'accès pour le BOC et ses radars sur les hauteurs du camp de Stetten.
- Clôtures et postes de gardiennage.
- Etc.

Des explications

Les spécifications de l'Ajax sont virtuellement celles souhaitées par les FTA pour le Parca. En particulier, sa mobilité, car la batterie doit, comme les unités de 40 et 90 mm, suivre le « mouvement » du corps de bataille. Toutefois, le Parca est en retard sur son programme. L'offre américaine est difficile à refuser d'autant que le matériel est un prêt (*leasing*). Comme on le fit pour le missile sol-sol Honest-John, faute d'un missile national, on reçoit l'Ajax pour se faire la main en attendant le Parca, ou mieux encore !

L'arrivée de l'Hercules n'est pas nécessairement la bienvenue[103] car elle remet en question les doctrines d'emplois françaises. Mais puisque l'Ajax est à terme abandonné, force est de se convertir à l'Hercules qui devient la clef de voûte d'une ligne Maginot antiaérienne statique qui n'enchante pas les FTA.

[103] Notons que la DEFA lança l'étude d'un Super-PARCA à statoréacteur utilisant le kérosène comme carburant pour augmenter la portée du Parca à 70 km. Inspiration du Bomarc ?

La décision d'acquérir le Hawk sera d'autant plus aisée que le Parca est définitivement hors compétition pour des raisons – désormais – de technologie. À cette époque les missiliers français étaient plus intéressés par le « véhicule » que par son électronique et l'industrie française n'était pas encore assez avancée, telle la distribution automatique de données. Seule survit à Nîmes pendant quelques années une batterie Parca dite « Parca de Transition » pour l'instruction.

Conclusions

Ces événements se sont succédé dans un temps (administrativement) très court. L'Armée de Terre est prise à contre-pied. Le Parca est en retard. Engagé avec l'Ajax, le commandement ne peut plus reculer quand, sans préavis, Hercules le remplace. Le Hawk arrive à point nommé. Les prévisions du général Jean Crépin de 40 batteries Hawks (celles prévues pour le Parca) ont toutefois été drastiquement réduites à 12 batteries, soit deux régiments sur la barrière OTAN et le troisième affecté à la DAT (Corps de bataille) et à l'instruction. Encore faut-il rappeler que Crespin a dû batailler pour que le Général De Gaulle n'annule pas entièrement le projet ! (Eut-il rejeté une commande du Parca ?).

Si on veut montrer le désintéressement des FTA pour le Nike-Hercules, il suffit de consulter les collections des Cahiers de l'Artillerie, de l'ESAA, des FTA ou des FFA pour remarquer leur plus complet silence à l'exception d'un entrefilet en 1963 qui note les excellents résultats obtenus aux Écoles à feu à McGregor Range. De plus, pendant les trois ans de sa « vie », cette unité de ***haute technologie et opérationnelle*** ne voit aucun officiels[104] français autres que des officiers de Baden-Baden accompagnant les sections américaines d'inspection (ORE).

Remettre à l'Armée de l'Air les batteries du 721^{e} GAG devient alors logique. L'Armée de l'Air avait été entraînée vers les Ajax pour la défense de ses bases comme celle de Lahr, où l'escadron unique Ajax devait être le noyau d'un plus grand déploiement. Avec l'Hercules sur des bases quasi fixes, les aviateurs retournent aux fonctions « d'interceptions » qui leurs sont familières. Par ailleurs, à cette époque, les aviateurs, toujours très sensibles à l'idée de perdre leur indépendance, étaient dans une deuxième[105] vague d'introspection : passer au « *tout engin* » et donc à un morcellement possible de l'arme (« Le crépuscule d'Icare [106]»), ou perdre leur avance technique. Leur prise en main, à moindre frais des Nike, allait leur permettre de goûter aux missiles sans pour autant perdre leurs avions.

Bien plus tard, la remise à l'Aviation des missiles intercontinentaux SSBS, pourtant mis au point par les artilleurs au Sahara, allait alors de soit. Cette décision a par la suite précipité l'étude, pour les aviateurs, d'une défense rapprochée indépendante de celle offerte par l'Armée de Terre (notamment des FAS) d'où l'acquisition des batteries de missiles Crotale.

Ainsi donc, et contrairement aux idées reçues[107], le 721^{e} GAG ne fut pas une unité « provisoire ou transitoire », et il n'y eut pas de chamaillerie Air-Terre. Simplement, les états-

[104] Désabusé, un officier supérieur rapporte que les seuls officiels vus à Stetten furent ceux de la Sécurité Militaire (SM) s'enquérant auprès des « appelés du contingent » de l'attitude de leurs chefs durant le putsch d'Alger !

[105] *La première vague* : immédiatement après la guerre, dès l'apparition des engins spéciaux, l'Armée de l'Air s'est posée la même question. Mais les technologies d'alors n'ont pas permis leurs réalisations ; de plus le conservatisme des officiers de cette génération s'est opposé à la création de structures interarmées seules capables de conduire à des résultats. Voir les articles de Mme Claude d'Abzac-Epezy in Revue Historique des Armées et « Le problème de la défense aérienne, 1949-1966 », Adrien Houizot. SHD, Vincennes.

[106] « *Le crépuscule d'Icare ?* » Commandant Gense. Forces Aériennes de l'Air no 133, 1958.

[107] En particulier du Comhart qui reprend la thèse du Colonel Augustin.

majors ont navigué au mieux sous la contrainte des politiques et des technologies nouvelles qu'ils ne pouvaient pas maîtriser.

o0§0o

LEXIQUE.

Acronymes, abréviations et quelques traductions.

AA: (*Anti-Aircraft*). Anti-aérien.
AAA: (*Anti-Aircraft Artillery*). Artillerie antiaérienne.
AADCP: (*Army Air Defense Command Post*) : Poste de Commandent Antiaérien inter Arme.
AAFCS M33 (*Anti Aircraft Firing Control System M 33*) : Système de conduite de tir antiaérien M 33
ABOUT TO ENGAGE: Tir imminent.
ACAM : (Attaque Contre Avion Moyen). Missile français.
ADA: (*Air Defense Artillery*). Artillerie Antiaérienne.
ADL: (*Automatic Data Link*). Liaison automatique de données.
AFC : voir CAF.
Aid : Mécanisme ou système d'aide à la poursuite manuelle d'objectif.
Aiming point: Point de mire, visée (Terme du calculateur).
Alert status: Position d'alerte.
Angel (s). (*Ange*) Mesure conventionnelle d'altitude ou Un Angel = 1000 pieds. Utilisé par les pilotes d'avion et les contrôleurs aériens militaires.
AN/MSQ-18 : Système de distribution automatique de données version « 18 ».
AN/MSQ-28 : Système de distribution automatique de données version « 28 ».
AN/TPL: Radar de conduite de projecteurs (1943-1955).
AN/TPS: Radar de guet.
AN/TRC-3/4 : Matériel de transmission hertzien.
AN/TRC-47 : Émetteur-récepteur radiophonique de secours.
APS (*Auxiliary power supply):* Alimentation électrique auxiliaire (missile).
APT : Appareil (calculateur) de préparation de tir de canons antiaériens.
APU (*Auxiliary power unit) :* Générateur auxiliaire d'alimentation électrique (missile).
ARGMA (*US Army rocket and guided Missile Agency*): Directoire pour les rockets et les engins guidés.
At battle station: A vos postes de combat.
Ballistic elevation : Angle de tir.
Battery squibs: Électrolyte de démarrage pour batterie stockée sèche.
BC-Van: (*Battery Control Van*): Remorque de commandement.
BD-72 (Board-72) : Tableau d'interconnexions : Central téléphonique.
BOC (*Bataillon opération center*) : Centre de commandement et d'alerte de groupement.
Bomarc : Missile antiaérien de l'US Air Force.
Booster disposal area: Zone de retombée de fusée d'appoint.
Booster: Fusée d'appoint ou d'aide au décollage.
BTB *(burst time bias)*: Application d'un retard ou d'une avance à la commande d'explosion de l'engin.
BTL : Laboratoires de Bell Telephone Company.
Burst: Éclatement, explosion.
CAF : Control automatique de fréquence.
CALTECH: (*California Institute of technology*) Université de technologie de Californie.
CATAC : Commandement Aérien Tactique (Armée de l'Air).

CdC: Chef de Corps.
Challenge: Interrogation du transpondeur d'un avion pour l'identifier (IFF).
Command Hot loop: Réseau de commandement.
COTAL : Radar De Conduite De Tir d'Artillerie Antiaérienne Lourde.
DA : Défense Aérienne (Armée de l'Air).
Dailies: Expression courte pour « *Daily checks* ». (Faire les « Dailies »)
Daily checks: Vérifications journalières.
DAP: (*Displaced aiming point)* : point de mire (visée) décalé. (Terme du calculateur)
DAT: Défense Aérienne du Territoire.
Deep Earth: Enterré profondément. Se dit des installations militaires et abris souterrains.
Delay line: Ligne à retard.
DEM: Détection électromagnétique.
DESTROY: Ordre de destruction.
DGA: Délégation Générale de l'Armement.
DSD : Détachement de Soutien Direct.
ECCM (*Electronic Counter-Counter Measures*) : Contre-contre mesures de brouillage.
ECM (*Electronic Counter Measures*): Contre mesures électroniques (brouillage).
EE-8: Téléphone de champagne.
Elevon actuators: Vérins d'elevons.
ESAA : École De Spécialisation De L'artillerie Antiaérienne.
FAIL SAFE: Commande de destruction de sécurité (ou de sûreté intégrée).
FAS Forces Aériennes Stratégiques.
FDT (*Final Dive Trajectory)* Finale trajectoire de plongée
FFA: Forces Françaises en Allemagne.
FIRE : Ordre de mise à feu.
FOT: (*Final On Trajectory*). Sur la trajectoire finale.
Free-free gyro. Gyroscope libre sur deux axes.
FTA : Forces terrestres antiaériennes.
FUIF (*Fire Unit Integration Facilities*). Ancien système de distribution automatique de données.
GAG : Groupe d'Artillerie Guidés.
GCO *(guidance cut-off):* Fin de guidage (ou interruption d'ordre de guidage).
Georef: (Géographique de Référence): Carroyage géographique mondial OTAN.
Gyro tumble : Perte de référence gyroscopique.
Gyro-preset : Calage d'un gyroscope sur un axe de référence.
Hawk: Missile antiaérien moyenne portée américain.
HD : (*Height displacement)* : Altitude décalée (Terme du calculateur).
HIPAR : Radar d'acquisition à impulsion de grande puissance.
Hot Loop : Terme générique des réseaux de commandement.
HPU (*Hydraulic Power Unit*) : Générateur de pression hydraulique.
IFC (*Integrated Fire Control*) : Centre de conduite de tir.
IFF: Système d'identification ami ou ennemi.
Initial turn phase: Phase de virage initial.
IRFNA (*Inhibited Red Fuming Nitric Acid*). Comburant, *(oxidizer*) de l'Ajax.
JATO (Jet Assisted Take Off*).* Fusée d'assistance au décollage.
JP-4: Kérosène pour avion.
JPL: (Jet Propulsion Laboratory). Laboratoire de Recherche de Caltech à Pasadena, en Californie.
Launch order : Ordre de lancement (tir)
Launching zone: Zone de lancement.
LCC: (Launch Control Console): Pupitre de lancement.
LCT (*Launch Control trailer*) : Remorque de Zone de lancement.
LRBA: Laboratoire de Recherches Balistiques et Aérodynamiques à Vernon.
Matting / de-matting: Installation/ Démontage de la charge nucléaire.

MBA (*Minimum Burst Altitude*): Altitude minimum d'explosion (ou de sécurité).
MBA OVERRIDE. (Ordre d') Annulation de l'altitude de sécurité d'explosion
Mil : Millième, unité d'angle.
MISSILE AWAY (ou **Msl AWAY);** Missile parti (Décollage)
MISSILE READY: Missile prêt.
MIT: Massachusetts Institute of Technology.
Monthly checks: Vérifications mensuelles.
MS (Motor Start): Allumage ou démarrage du moteur.
MSL- TKD (*Missile Tracked*). Missile poursuivit (accrochage missile)
MTI (*Moving target Indicator*): Effaceur d'échos fixes.
MTR (*Missile Tracking Radar*): Radar de poursuite de missile.
NRL (*Naval Research Laboratory*). Laboratoire de recherche de la Marine américaine.
On Deck: "A vos postes !" (Sur le pont).
ORE (*Operational Readiness Evaluation*): Tests de préparation opérationnelle.
Over the shoulder: Par dessus l'épaule**.** Trajectoire d'un missile survolant sa batterie de tir.
Package training: Instruction d'ensemble d'une unité constituée.
PAR (*Pulse Acquisition Radar*) : Radar d'acquisition à impulsions.
PARCA (Projectile Autopropulsé Radioguidé Contre Avions). Missile antiaérien français.
PATRIOT: Missile antiaérien Américain.
PC : Poste de commandement.
PHF: (Poste à haute fréquence). Calculateur de tir des canons de 90 mm. France.
PIP, (*Predicted Intercept Point*). Point calculé d'interception**.**
PITCH: Tangage.
PKP (*Predicted Kill Point*). Point calculé d'éclatement.
Plotting board: Table traçante.
PPM (*Pulse Position Modulation* ou *Pulse Phase Modulation*) : Modulation à impulsions à variation de temps ou de phase. Technique d'encodage des ordres au missile.
PPS (*Pulses per second*) : Fréquence de répétition d'impulsions (ou récurrence).
Prelaunch-phase : Phase de pré-lancement.
Proficiency test: Évaluation d'aptitude.
PRR (*Pulse repetition rate*): Taux de répétition d'impulsions.
RC (*radar clear*) : Fin du virage initial détecté par le calculateur, raccordement du MTR.
RCAT : (*Remote Controlled Aerial Target*) : Cible aérienne télécommandée.
RC-Van (*Radar Control Van*): Remorque d'exploitation des radars.
RD : (*Range displacement*):Distance décalée. (Terme du calculateur).
Roll-stabilization: Stabilisation du roulis.
ROR (*Range Only Radar*). Radar de distance.
Scope "A" : Scope à balayage simple ; ex : balayage de distance.
Scope « B » : Scope présentant une portion de vidéo sélectée d'un scope PPI.
Scope PPI: (*Plan Position Indicator*). Scope à balayage panoramique et rémanent.
Scope PPPI (*Precision Plan Position Indicator*): Voir Scope « B »
SCR-268 : Premier radar de guet américain.
SCR-584 : Radar de conduite de tir.
Shops : Ateliers de maintenance et réparations.
SIF : (*Selective Identification Feature*) : Permet de s'adresser à un avion particulier. Associé à un IFF.
Simultaneous tracking : Poursuite simultanée (radars TTR et MTR).
SMET (*Sub-Missile Ejection time);* Durée de trajet des projectiles secondaires. Employé avec la charge T46 à fragmentation.
Spay patern: Distribution des éclats de bombe.
Specs : Familier pour « spécifications » ou « caractéristiques ».
Squib tester: Appareil de vérification du pétard d'allumage (missile).
Stand-by: En attente.

Steering phase: Phase de guidage.
TA/312-PT: Téléphone de campagne.
TCO (*Tactical Control Officer*): Officier de conduite de tir.
Technical Hot loop : Réseau téléphonique administratif ou technique.
TED : Tableau des effectifs et dotations.
TGT-TKD (*Target Tracked).* Objectif poursuivie manque (accrochage radar)
THF : Très Haute Fréquence.
Thiokol : Compagnie américaine de poudres militaires.
TOE (*Table of Organization and Equipment*): Tableau des Effectifs et Dotations (TED)
TR : (*Transmit-Receive*) : Commutateur Émission/Réception de signaux d'antenne (radar).
TTR (*Target Tracking Radar)* : Radar de poursuite d'objectif.
Tu-95 Bear : Bombardier Russe**.**
UDMH (*Unsymmetrical- Dimethylhydrazine*) : Allumeur Hypergolique de l'Ajax.
UV : Ultraviolet.
Warheading: Installation et armement des charges militaires (généralement nucléaires).
Weekly checks: Vérifications hebdomadaires.
YAW: Lacet (s).

o0§0o

13 - IST

721e GAG
INSTRUCTION SUR LE TIR NIKE

Note.

Ce document est la copie de feuilles de cours « ronéotypées » destinées à l'instruction du personnel du 721e GAG et plus particulièrement des sous-officiers candidats au brevet d'arme Sol-Air Nike.
Ces textes étaient aussi l'ébauche d'un Règlement du système d'arme qui ne sera pas terminée. Les auteurs, à cette époque, ne savaient pas qu'ils allaient être bientôt dispersés ou mutés sur le système Hawk. Le projet sera donc abandonné. Le capitaine Alibert qui fut TCO Nike puis commandant de batterie (B2) était l'un des auteurs. Il enseignât ensuite à l'ESAA.

Seules quelques heures de cours seront dispensées en particulier sur les trajectoires et les séquences de tir. Les illustrations dessinées (à la main) par les instructeurs ont été reprises pour une meilleure lecture à l'exception de la fig.3, du premier chapitre et de la fig.4, du dernier chapitre, qui ont été entièrement refondues.
Enfin, on note qu'au 721, on pratiquait le *franglais* sans complexe et sans doute avec excès!
Certaines pages sont des documents *récupérés*[108] lors de la dissolution du 721e GAG à Stetten.

[108] Autrement dit « *trouvés dans les poubelles* » !

SECTION I

GÉNÉRALITÉS

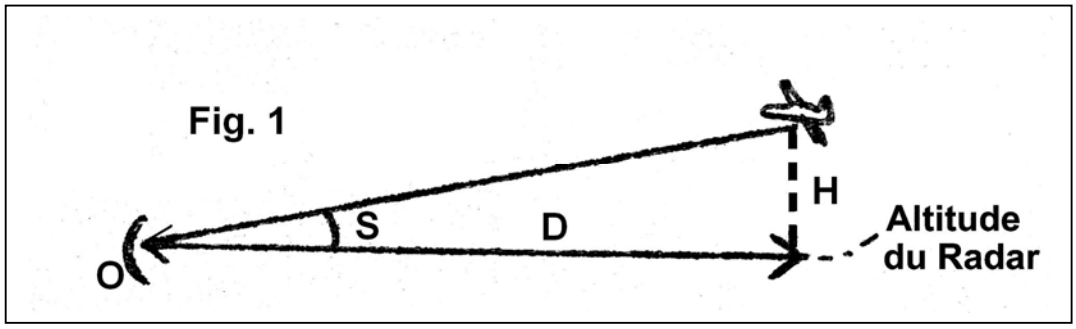
I - Unités d'angle :
L'unité utilisée dans le système NIKE est le millième 6400 (symbole : μ, symbole US : m « barré ») Un angle droit vaut 1.600μ (pour la mise de niveau des antennes, les graduations des niveaux (counter-numbers sont de 1/100^{e} de μ).

— Définition du millième Angle sous *lequel* on voit 1m à 1000m ou 1 yard à 1000 yards
— Formule du site (valable uniquement pour les petits angles)

$$S \text{ millièmes} = \frac{H \text{ (dentvele en m ou Yards}}{D \text{ (distance en Km ou KYards)}}$$

— Les candidats rechercheront à titre d'exercice les correspondances :

Millième -degrés
Millièmes-grades



II. Le Problème du Tir Sol-Air.

Consiste à choisir la meilleure trajectoire permettant à l'engin d'atteindre l'objectif en fonction de sa position et de son comportement (loi de guidage). Cette trajectoire doit pouvoir être modifiée en vol selon les évolutions de l'objectif.

1- Rappel sur le guidage des engins Sol-Sol autopropulsés (Objectifs immobiles)

a) Engins balistiques (ex : V2, Atlas) propulsés et guidés en début de trajectoire seulement. Trajectoire parabolique par*faite* (dans le vide)-, Se comportent comme des projectiles inertes. Très grandes portées (plusieurs milliers de Km). Précision relative (compensée par effet des charges nucléaires)

Appellations US ICBM. Intercontinental Ballistic Missile
ou :
IRBM : Intermediary Range Ballistic Missiles

b) Engins non balistiques comparables à des avions (turbo ou statoréacteurs) altitude constante, guides, piqué télécommandé sur l'objectif (fig2)

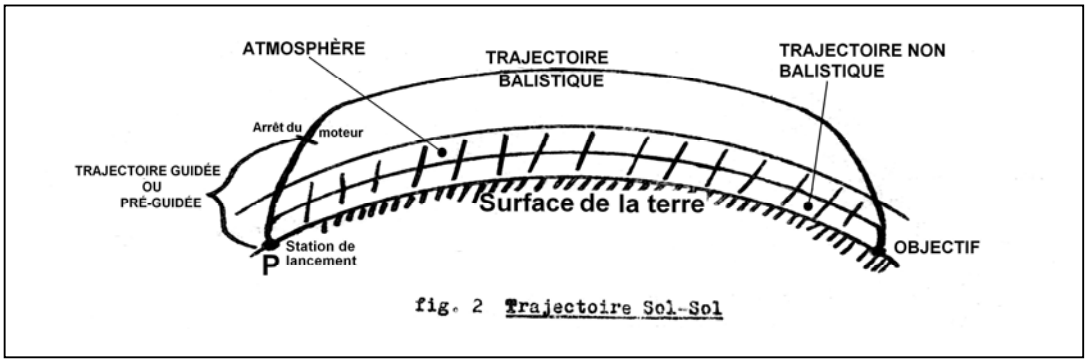


fig. 2 Trajectoire Sol-Sol

Exemples -

SE 4200 (Français maintenu par télécommande dans un plan de guidage passant par l'objectif. Piqué télécommandé)
SNARK (US) guidage sidéral- l'engin se réfère lui-même sur un astre (compliqué mais imbrouillable) Piqué commandé par calculateur à bord.
Guidage par inertie- des accéléromètres et un calculateur à bord déterminent la distance parcourue, corrigent les écarts et commandent le piqué (très *complexe* mais imbrouillable)

2) Théorie du Tir Sol-Air 3 modes principaux de guidage.

a) pré guidage : pointage précis de la rampe (ou du gyro Azimutal) l'engin après son lancement est simplement stabilisé. Procédé insuffisant pour le tir sol-air. Utilisable pour la phase de lancement.

b) guidage en cap : l'axe de l'engin passe en permanence par l'objectif ou le point future quelle que soit la position de l'engin dans l'espace0 (cas des engins autoguides décrivant ainsi un courbe d'auto-poursuite (exemple le HAWK).

c) guidage en position : l'engin est obligé à rester sur une courbe déterminée (élaborée par un calculateur). L'axe de l'engin ne passe plus forcément par l'objectif ou le point futur, mais l'engin se trouve à tout moment ramené sur la courbe. Les écarts sont mesurés du sol (généralement par radar) et les ordres nécessaires à les annuler sont envoyés du calculateur à l'engin par radio. (Cas des engins téléguidés décrivant ainsi des courbes d'alignement (PARCA, ou de rencontre NIKE).

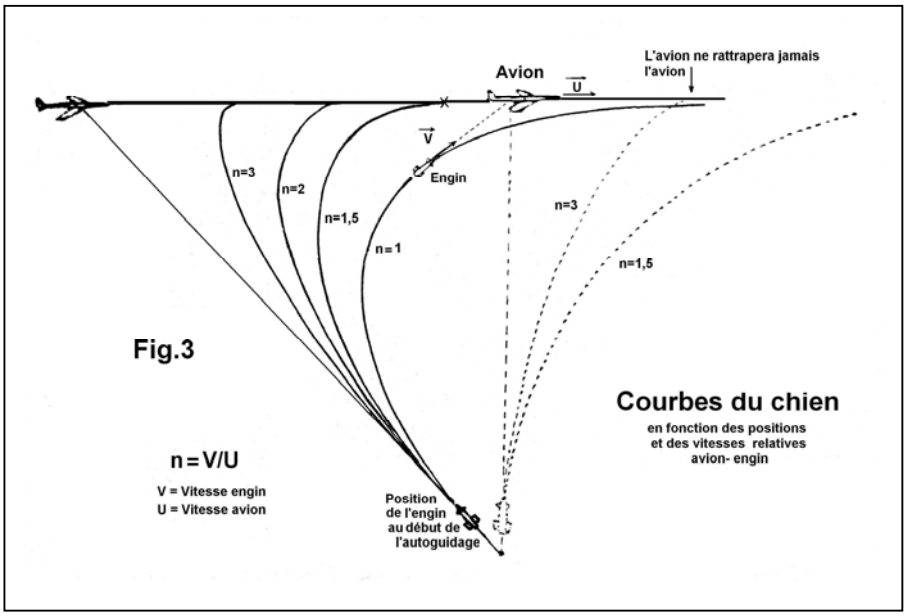
3) Trajectoire de poursuite (autoguidage en cap).

A - (la plus simple) Dans ce cas l'objectif suit une route rectiligne à vitesse constantes, le missile est à tout moment pointé vers l'objectif (guidage en cap). A chaque instant, le segment de droite engin-objectif est tangent à la courbe.

Soit n = $\frac{1}{u}$ le rapport des vitesses (supposées constantes) de l'avion et de l'engin.

Il apparaît que :

- si n ≤ 1, l'engin ne rattrapera jamais l'avion.
- au point de rencontre la courbure de la trajectoire est très accentuée, l'engin peut se trouver dans l'incapacité de la supporter (facteur de charge limité).
- La trajectoire est longue (durée de trajet prohibitive) — Cette courbe n'est donc pratiquement pas utilisée.



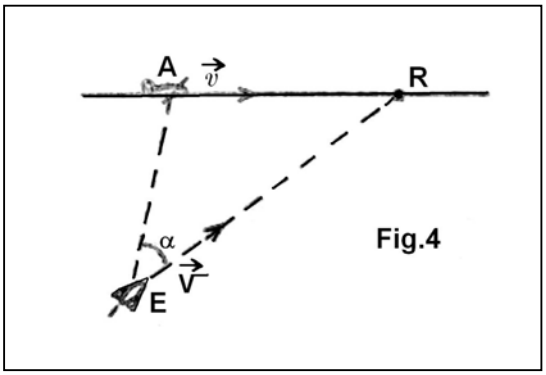
B - <u>Courbe de poursuite avec avance.</u>

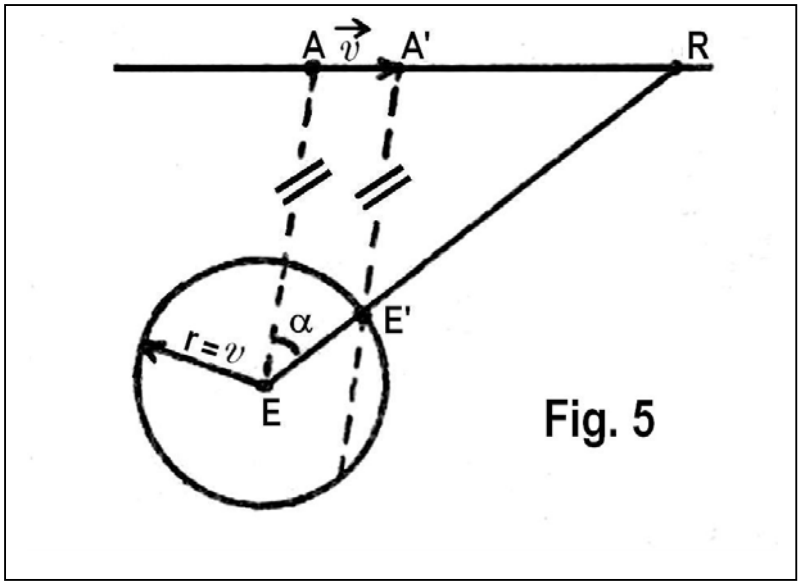
a) Au lieu d'être dirigé vers l'objectif l'axe de l'engin fait un certain angle α avec la direction engin-objectif (fig. 4) Si les vitesses U de l'avion et V de l'engin sont constantes, il se trouve un point R sur la route de l'avion tel que

$$\frac{RE}{RA} = \frac{V}{U} = n = Cte$$

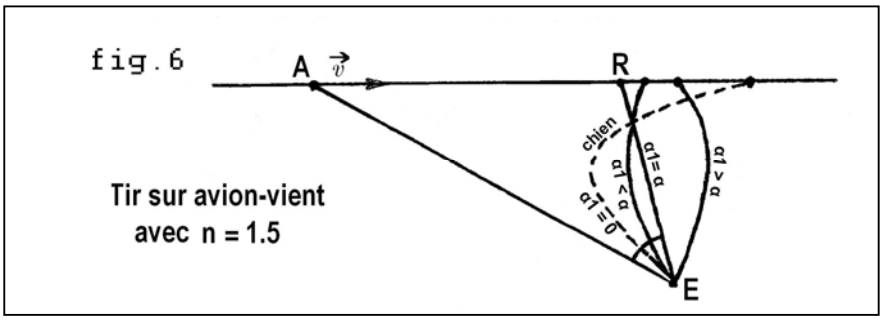
Le triangle RAE détermine l'angle α si l'engin est guidé en cap sur l'avion avec avance α il suivra alors la meilleure trajectoire c.à.d. la droite ER.

b) construction géométrique de la droite ER revient à construire le point E', intersection du cercle de rayon =V et de la droite A'E' parallèle à AE





c) Dans le cas où, pour une valeur n donnée, l'angle d'avance α*1* de engin est différent de l'angle théorique α, l'engin décrit une courbe de plus en plus concave lorsque α*1* tend vers zéro, pour arriver à la courbe du chien lorsque α*1*=0. (fig.6).



C- <u>Principe de l'autoguidage.</u> Utilise généralement la courbe de poursuite avec avance. L'engin comporte une tête chercheuse influencée par les ondes lumineuses, infrarouges, (Red Eye), sonores (émises par l'objectif ou réfléchies par l'objectif (HAWK).

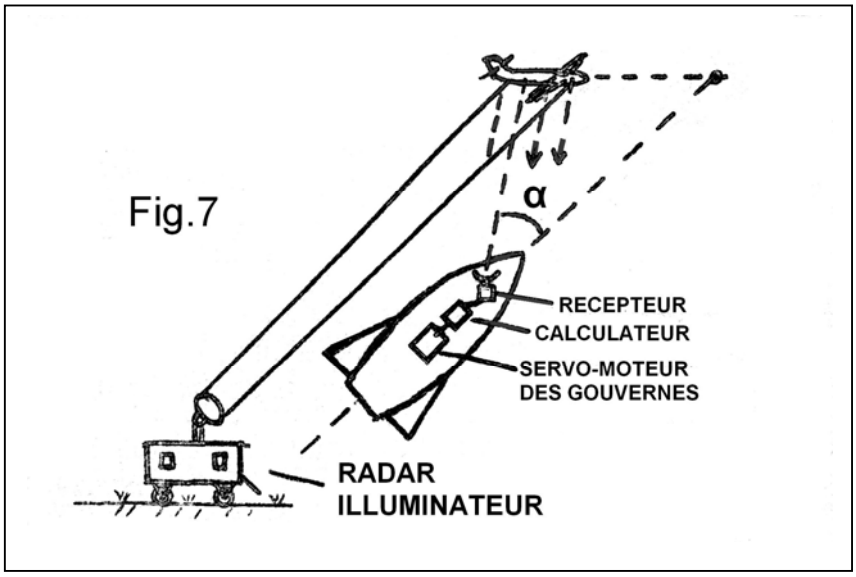
a) <u>Autoguidage passif</u> . Pas d'émetteur à bord, l'engin localise son objectif (infrarouge, bruit… etc.) et élabore ses propres ordres de guidage. Très grande facilité de mise en œuvre, bonne précision mais portées très faible (quelques Km), généralement utilisés pour engins Air-Air ou Sol-Air très basse altitude (bazooka US RED EYE à infrarouge) Grave inconvénient : la tête chercheuse est aveugle, l'engin peut être intercepté sur sa trajectoire par une émission amie plus forte et risque de se retourner contre la batterie, d'où limitations d'emploi.

b) Autoguidage actif . L'engin possède un petit radar (émetteur-récepteur) et localise de lui-même son objectif après avoir été pointé dans sa direction. Mais les dimensions réduites du radar de bord limitent sa puissance donc sa portée (quelques centaines de mètres) procédé le plus sur.

c) Autoguidage Semi-actif (fig.7). Pas d'émetteur à bord à mais un récepteur directif qui capte les ondes électromagnétiques réfléchies par l'objectif lorsqu'il est poursuivi par le radar "illuminateur" de la batterie. Un calculateur à bord élabore des ordres de guidage en fonction du dépointage (HAWK). L'antenne (généralement parabolique) du récepteur fait avec l'axe de l'engin un angle α (voir § 3B) qui est généralement introduit avant le tir en fonction de la vitesse de l'objectif. (Peut-être également calé à priori par le constructeur, auquel cas, l'engin décrira une des courbes de la figure 6) -- Autre solution riche, l'angle α peut-être constamment recalculé et modifié dans l'engin par télécommande au sol. Inconvénient du système semi-actif : si l'engin perd son objectif (écho très faible) il risquerait de se retourner contre la batterie (source très puissante du radar illuminateur) d'ou nécessité d'un dispositif anti-boomerang. Portées intéressantes (plusieurs dizaine de Km). Possibilité de tirer plusieurs engins sur une même trajectoire (salves).

d) Conclusion. Mis à part le système semi-actif qui donne actuellement de très bons résultats (HAWK) les engins autoguidés sont encore limités au point de vue portée. Mais toutes les recherches actuelles tendent à les développer.

Raisons : facilité de mise en œuvre, installation au sol réduite, donc mobilité, de plus, et à l'inverse des engins téléguidés, la précision augmente au fur et à mesure que l'engin se rapproche de l'objectif l'explosion est généralement déclenchée par fusée de proximité. C'est la solution d'avenir.



4. **Trajectoire d'alignement** (Téléguidage en position).

A - Courbe d'alignement simple (3 points) l'engin est astreint à rester constamment sur le rayon directeur radar-avion (Appellation US : Beam rider) en supposant

$n = \frac{V}{v} = C^{te}$, la courbe se construit point par point (fig. 8). Son rayon de courbure est acceptable pour les engins. Il existe 2 systèmes de guidage, différents dans leur réalisation selon que les écarts de l'engin par rapport au rayon sont mesurés et corrigés par l'engin lui-même (engin suisse OERLIKON, coûteux mais installation au sol réduite et possibilité de tirer plusieurs engins sur une même trajectoire), ou bien mesures du sol par un radar-goniomètre, transformés en ordres de guidage par un calculateur au sol, ordres transmis à l'engin par radio (engin PARCA, peu coûteux mais installation au sol complexe et lourde).

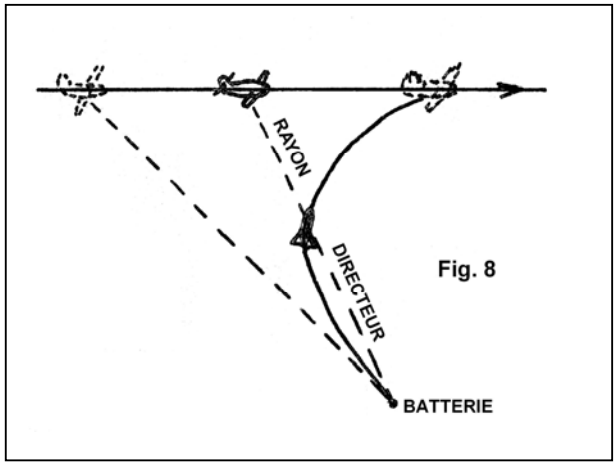


Fig. 8

B) Courbe d'alignement sur avion futur (courbe de rencontre)

But : faire décrire à l'engin une trajectoire la plus courte possible, se rapprochant au maximum de la ligne droite (durée de trajet minimum)

a) l'engin est astreint à demeurer dans un rayon directeur « Batterie-point futur » élaboré par un calculateur au sol (en fonction de la vitesse de l'objectif). Dans l'hypothèse où l'avion suit une route rectiligne à vitesse constante, la courbe décrite par l'engin est une droite. Si l'avion change de cap ou de vitesse, le point futur se déplacera mais dans des proportions assez faibles pour que la trajectoire du missile ne subisse qu'une faible courbure.

b) le rayon directeur peut ne pas être matérialisé. Un radar poursuit l'avion, un autre l'engin. Les positions respectives sont comparées dans un calculateur qui élabore des ordres de guidage dont le but est de maintenir l'engin sur une trajectoire idéale déterminée par le calculateur avant le lancement, avec possibilité de modifier à chaque instant cette trajectoire si l'avion manœuvre. C'est le système employé par le NIKE (Voir 2°Partie de l'exposé)

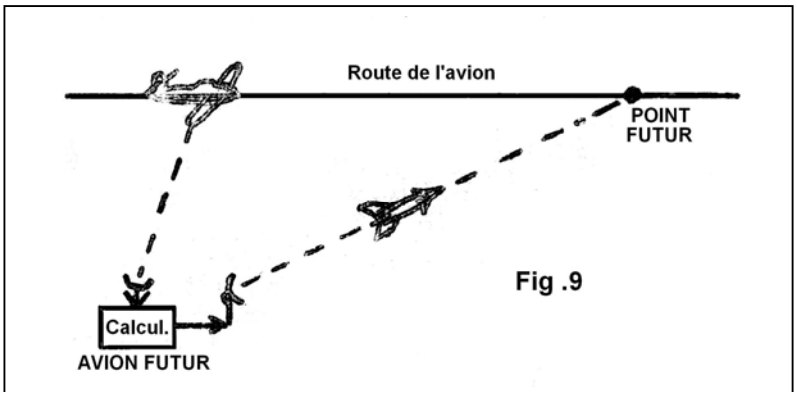


Fig .9

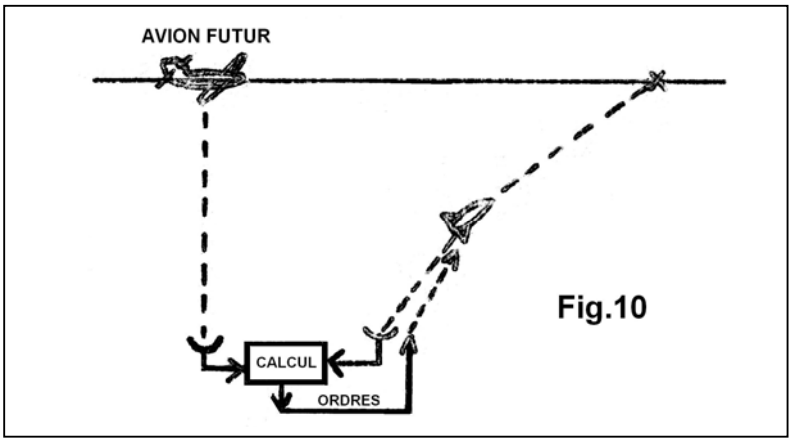


Fig.10

C) Quelques problèmes posés par le téléguidage :

a) l'engin étant astreint à rester sur un rayon directeur ou à suivre une trajectoire déterminée, il est nécessaire que ce rayon directeur ne pivote pas trop vite autour de la batterie ou que les ordres destinés à ramener l'engin sur la trajectoire choisie ne soient pas trop violents. Sans ces précautions l'engin qui ne peut effectuer que des manœuvres limitées, risque de "décrocher" et d'échapper définitivement au control. On préfère apporter un certain retard dans l'exécution des ordres (*orders limiting* du NIKE)

b) Un des problèmes les plus délicats consiste à amener l'engin dans le faisceau directeur (qui est relativement étroit) ou de le placer le plus tôt possible sur la trajectoire choisie. On utilise des trajectoires de raccordement, réalisées soit par un pointage de la rampe permettant une approche de l'engin tangentielle au faisceau directeur, soit par la prise en charge de l'engin au départ dans un faisceau très large de raccordement, qui l'amène progressivement sur le rayon directeur (cas particulier du NIKE, voir 2^{e} partie).

c) Le téléguidage, qu'il soit réalisé par rayon directeur ou par télécommande intégrale depuis le sol, présente le grave inconvénient d'une précision d'autant plus faible que l'objectif est plus éloigné, diminuant au fur à mesure que l'engin se rapproche de l'objectif. La portée des engins téléguidés à été considérablement augmentée par l'emploi de radars "monopulse » capables de donner une précision de l'ordre de 20m à 200 Km, au prix d'une grande complexité (Voir récepteur, mise de niveau de antennes etc., du NIKE).

5- Conclusion. En examinant les possibilités des différents systèmes d'engins, il semble que l'on devrait dans l'avenir arriver à un compromis permettant d'améliorer sensiblement leur efficacité (portée, précision, facilite de mise en œuvre).
Il faudrait que cet engin idéal soit :

a) Pré-guidé au départ (problème du raccordement)

b) téléguide dans la majeure partie de la trajectoire (portée augmentée au détriment de la précision).
c) Autoguidés en fin de trajectoire au voisinage de l'objectif (amélioration très sensible de la précision, explosion par fusée de proximité), A ce sujet il a été question de doter le NIKE d'une tête chercheuse utilisée en fin de trajectoire ce qui donnerait à cet excellent engin une probabilité d'atteinte très voisine de 100%

o0§0o

SECTION II

Principe du tir sol-air Nike.
Notions du tir sol-sol Nike.

1) LE PRINCIPE DU TIR adopté pour le NIKE (AJAX & HERCULES) est le téléguidage selon une courbe de rencontre (alignement sur avion futur) (guidage en position).

Le radar TTR donne en permanence la position de l'avion.
Le MTR donne en permanence la position de l'engin.
Le calculateur en déduit par dérivation la vitesse $\vec{\mathbf{U}}$ de l'avion et la vitesse $\vec{\mathbf{V}}$ de l'engin.

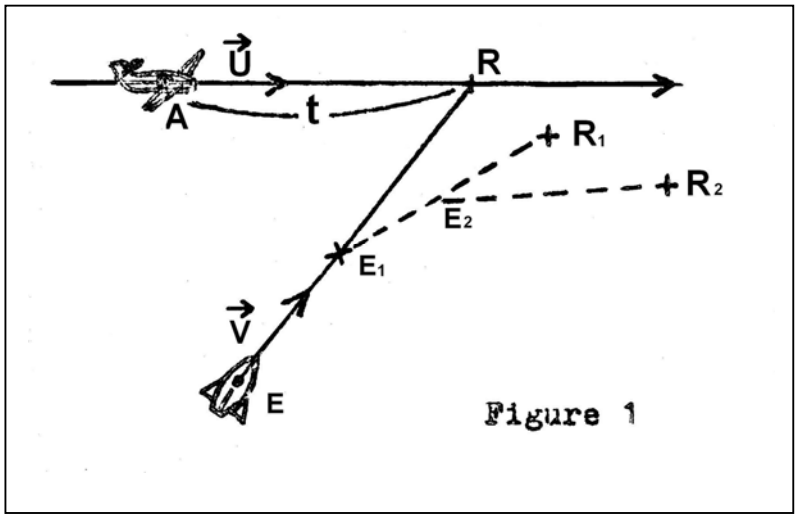
Le problème revient à déterminer un point de rencontre R sur la route de l'avion
tel que :

$$\frac{\mathbf{AR}}{(\mathbf{U})} = \frac{\mathbf{ER}}{(\mathbf{V})} = t \text{ (durée de trajet)}$$

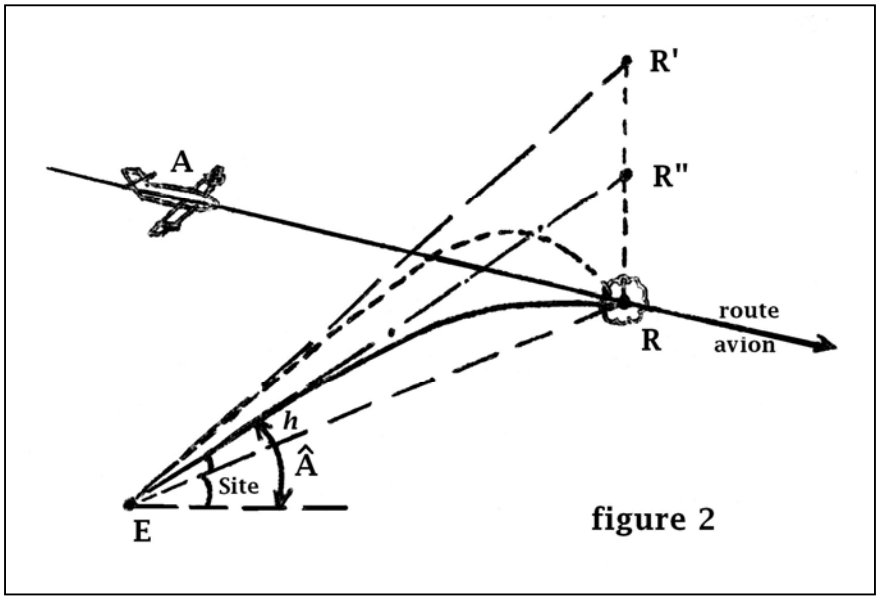
En supposant, en première approximation, les vecteurs $\vec{\mathbf{U}}$ et $\vec{\mathbf{V}}$ constants (en grandeur et direction), l'avion et l'engin se rencontrent en R au bout du même temps t.
S'il y a des variations le point R sera recalculé en permanence, passant par exemple en R_1 alors que l'engin et E_1, en R_2 alors que l'engin est en E_1, etc.
La trajectoire décrite par l'engin est alors l'enveloppe des droites ER, $E_1 R_1$, $E_2 R_2$ … etc.

Avantage : En fait, le point R varie peu et l'engin reste pratiquement dans un plan fixe passant par la rampe et le point E, d'où durée de trajet réduite.

2) RÉALISATION PRATIQUE
Si l'on tirait effectivement un NIKE selon cette trajectoire ER toujours ascendante, la portée serait réduite car l'engin devrait vaincre en permanence l'action de la pesanteur
(ex : le PARCA qui utilise cette courbe, portée 2 fois moins loin que l'Ajax, pour une puissance sensiblement égale)



- Comme pour un projectile classique, l'augmentation de portée pourrait être obtenue en dirigeant l'engin non pas directement sur le point R (selon l'angle site) mais selon un "angle au niveau" (angle de site + hausse h) correspondant à un point R' tel que RR' = – gt^2 (perte d'altitude due à la pesanteur, t étant la durée de trajet)
- En fait on a préféré sacrifier un peut cette portée maximum (qui entraîne une durée de trajet excessive, la batterie étant indisponible pour une autre mission pendant toute l'interception) au profit de la cadence de tir.
- Le compromis adapté consiste à diriger l'engin sur un point R'' tel que RR'' = – gt^2, la trajectoire décrite étant alors plus aplatie (comme si la pesanteur terrestre avait diminué de moitié). La portée maximum reste très acceptable alors que la durée de trajet est considérablement réduite et la cadence de tir augmente d'autant.



3) **DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS INITIAUX – PRÉ-GUIDAGE.**

A) BUT-

- Placer l'engin dès son départ dans le plan de tir (rampe point-d'interception calculé).
- Raccorder la trajectoire de lancement à la trajectoire d'interception, (fig.3).
  Pour ce faire il faut connaître la position du point d'interception d'où l'on déduira

  - L'azimut AZ du plan de tir.
  - La durée du trajet t.
  - L'angle de tir A (Ballistic elevation) correspondant au point de visée R.

- Le calculateur comporte une partie « pré-lancement » (pre-launch phase) dont le fonctionnement s'apparente en tous points à celui d'un APT classique d'AA lourde (M9 ou PHF)

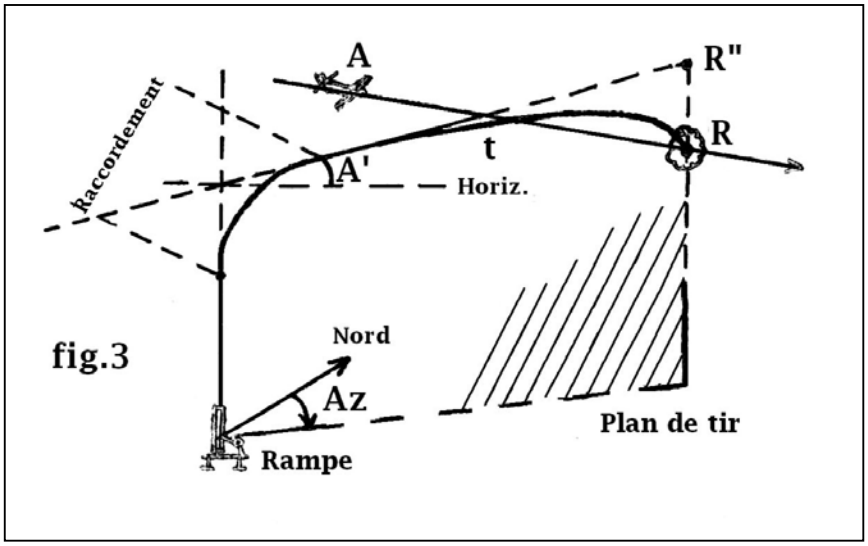


fig.3

B) RESOLUTI0N DU PROBLÈME :

Elle commence dès «Target Tracked »

- a) Le TTR détermine la position actuelle A de l'avion en coordonnées polaires (CSD) transformées dans l'antenne elle-même en coordonnées rectangulaires X_0, Y_0, Z_0 (par un jeu de potentiomètres en sinus et cosinus en combinant C et S en fonction de D).
  Ces coordonnées sont :
  - affichées par les plumes « target » sur les plotting boards (horizontal et vertical).
  - exploitées par le calculateur qui par dérivation détermine les composantes Ux, Uy, Uz, la vitesse avion.
- b) Le bloc balistique du calculateur (potentiomètres) et actuellement au repos (notamment la durée de trajet affichée est environ 60 sec). Ce bloc balistique est en fait une table de tir électrique donnant la durée de trajet et l'angle de tir en fonction de la position du point d'éclatement et vice versa. Au repos, il affiche un point d'éclatement E quelconque de coordonnées Xe, Ye, Ze (pour t=60 sec).

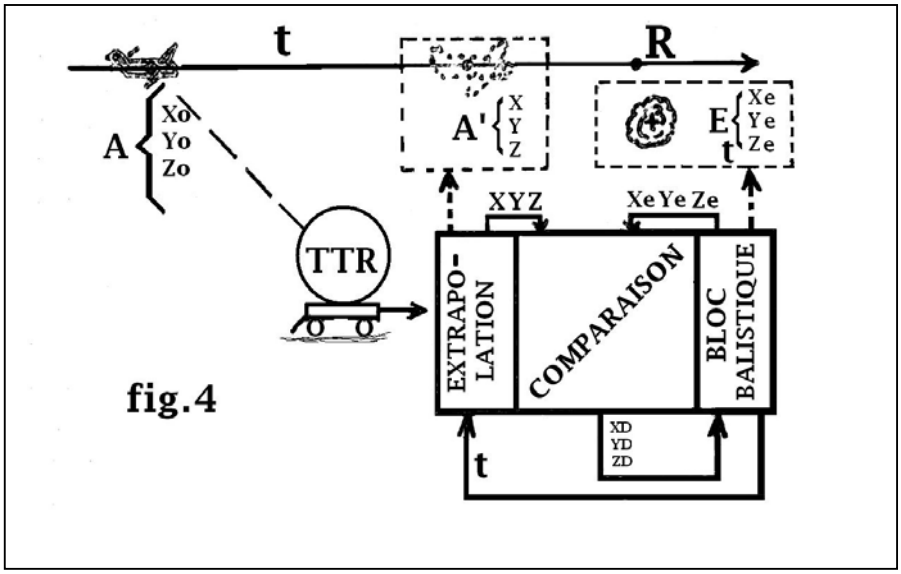


fig.4

- c) Connaissant la vitesse de l'avion Il est facile de déterminer sa position au bout de t 60 : il se trouvera en un point A' de coordonnées.

$X = X_O + U_X\, t$

$Y = Y_O + U_Y\, t$ (extrapolation)

$Z = Z_O + U_Z\, t$

- d) Le calculateur analogique compare les coordonnées de l'avion au bout du temps t = 60sec et les coordonnées de l'éclatement correspondant à ce même temps, il en résulte des différences : Xd, Yd, Yd.

$X - X_E = Xd \rightarrow$ Signal d'erreur en X

$Y - Y_E = Yd$ Signal d'erreur en Y

$Z - Z_E = Zd \rightarrow$ Signal d'erreur en Z

Les signaux d'erreur sont appliqués au bloc balistique qui réagit dans un sens tendant les annuler. Ce faisant la durée de trajet t varie, entraînant une variation de X Y Z (voir§ c) et de

Xg, Yg, Zg (voir b). Par approximations successives, le calculateur se stabilise sur une valeur finale de t (time to intercept) lorsque $X = X_E$, $Y = Y_E$, $Z = Z_E$, le point E est alors confondu avec le point R d'interception.
Il faut 4sec au calculateur pour fournir cette première solution. Les coordonnées X Y Z (correspondant alors au point futur R) sont :

- affichées par les plumes « missile » des plotting boards (X et Y sur horizontal PB et durée de trajet t sur le vertical PB)
- transformées en :
  - AZ (azimuth gyro) appliqué en permanence au gyro A de l'engin.

- Â (Ballistic elevation) conservé dans le calculateur.

Ces résultats sont fournis de façon continue au fur et à mesure que l'avion poursuit sa route de façon continue et sont bloqués à la valeur qu'ils ont au moment du « FIRE ». Le point futur occupe alors une position fixe correspondant à sa valeur calculée au moment du FIRE. Les plumes « missile » affichent alors la position de l'engin.

C) PHASE DE VIRAGE INITIAL (initial turn phase). Cette phase peut encore être rattachée au préguidage.

a) But : Interdire au missile de pénétrer dans la zone morte (due à la limitation de vitesse de pointage en gisement du MTR) lorsque le plan de tir la traverse (cas du tir « over the shoulder », par dessus l'épaule.)

b) Principe (Fig. 5)

- Lorsque Â est compris entre les valeurs critiques α & β connue (angles formes par le Nord et les droites Lm, Ln tangentes à la zone morte) Un signal d'erreur (β – Az) est appliqué au temps MA + 4 de telle sorte que l'engin suive au départ la direction Ln (voir trajectoire Sol Air).

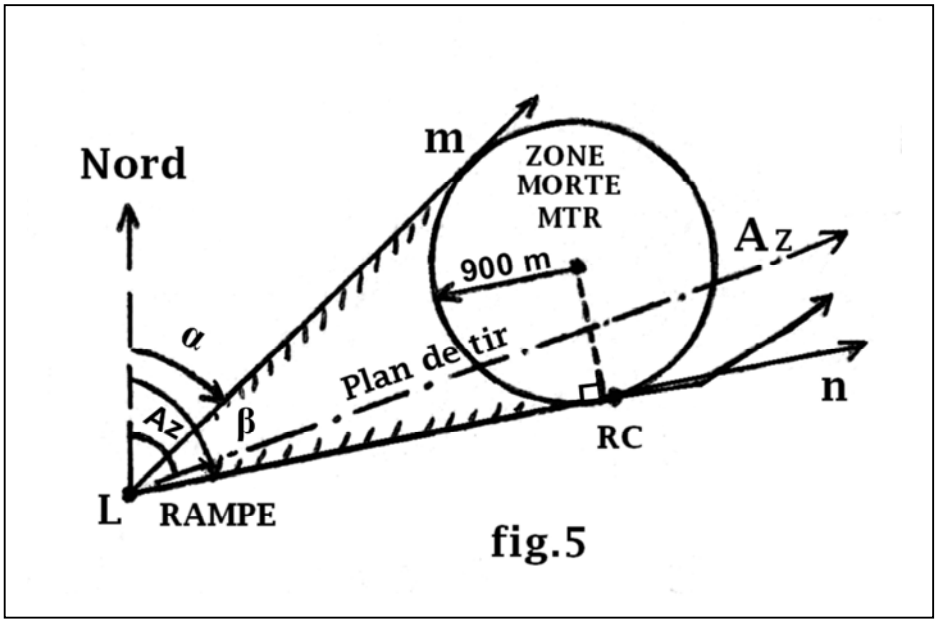
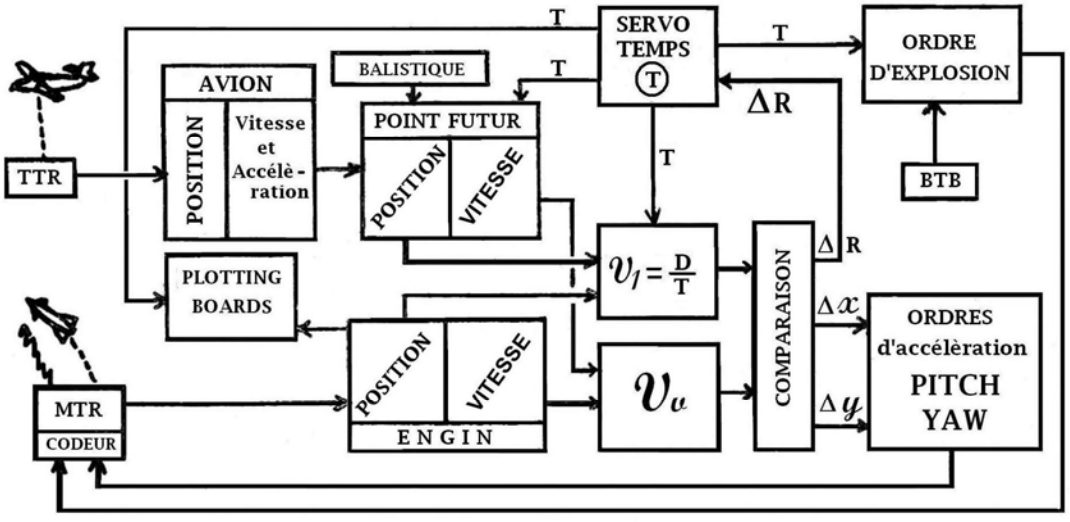


fig.5

- Dès que l'engin a dépassé le point de tangence RC (distance L- RC connue), l'engin est pris en téléguidage et ramené progressivement dans le plan de tir - le point RC (radar clear) détecté par le calculateur, marque la fin de la phase de virage initial- (voir trajectoire).

4) LE GUIDAGE. (Steering phase).

Fig.6



NOTA : la figure 6 est un schéma volontairement erroné en vue de sa simplification (ne pas essayer de le comparer aux schémas des TM) - Seuls le principe est valable.

A) BUT.

a) Maintenir le missile sur la trajectoire calculée (courbe de rencontre) en tenant compte des variations possibles du point d'interception (voir Chap. 1) .
b) Commander l'explosion de l'engin au temps approprie pour détruire l'objectif.

B) PRINCIPE (Fig. 6) On compare algébriquement :

a) la vitesse d'approche vraie engin- point futur Vv.
Vv = vitesse vraie engin V mesurée par MTR + vitesse point futur .
Dans le cas où elle n'est pas nulle, cette dernière est calculée en fonction de l'accélération (variation de vitesse) de l'objectif, obtenue simplement par seconde différentiation de ses coordonnées actuelles X_O, Y_O Z_O mesurées par le TTR (plus constantes balistiques).

b) La vitesse d'approche idéale engin – point futur (Vi)

$$Vi = \frac{D\,(\text{Distance connue de l'engin au point futur})}{T\,(\text{temps d'interception affiché au calculateur})}$$

c) Vv + Vi = S = Signal d'erreur se décomposant sur trois axes en corrections de vitesses rectangulaires : Sh, Sy, Sx

d) Les corrections Sx et Sy sont transformées en corrections angulaires (référence : gyroscopes de l'engin) puis en ordres d'accélération en tangage et lacet (⊥ n G Pitch ou Yaw avec un maximum 5 pour Ajax et 7 pour Hercules)[109]. Ces ordres sont transmis à l'engin par le MTR après codage.

e) La correction Sh est transformée en correction de vitesse engin (Velocity correction). En fait, comme il n'est pas possible de modifier la vitesse de l'engin, on applique cette correction sur le temps d'interception T (si la vitesse de l'engin augmente, le temps d'interception diminue et vice-versa).

f) Le servo « time to intercept », qui avait démarré à Msl AWAY (voir trajectoire S-A) en décomptant le temps à raison de 1 sec de durée de trajet par seconde de temps vrai, voit sa vitesse de rotation modifiée par la Velocity correction.
En effet, la durée de trajet t, calculée au pré-lancement ne peut plus convenir en guidage. (Variation du point futur, imprécision dans la durée de combustion du moteur, vent, etc.). Le calculateur affiche maintenant un temps d'interception T dont l'unité n'est plus la seconde de temps vrai, mais une valeur approchée, variable selon la valeur de Sh.

g) L'explosion de l'engin est commandée 91,5 millisecondes (Ajax) ou 51,5 millisecondes (Hercules) (Burst Time Bias) avant T=0 où l'avion est détruit.

C) REMARQUES.

a) Dans ce système de téléguidage le calculateur élabore une courbe de rencontre recalculée en permanence. Plus l'engin et l'avion se rapprochent du point d'interception et plus le calcule de la trajectoire est précis. Notamment le temps interception devient de plus en plus précis au fur et à mesure qu'il diminue (la correction de vitesse est supprimée 12,5 sec avant BURST. La précision du tir ne dépend pratiquement plus de celle du calculateur mais de celle des radars de poursuite. (Nécessité d'une bonne collimation)

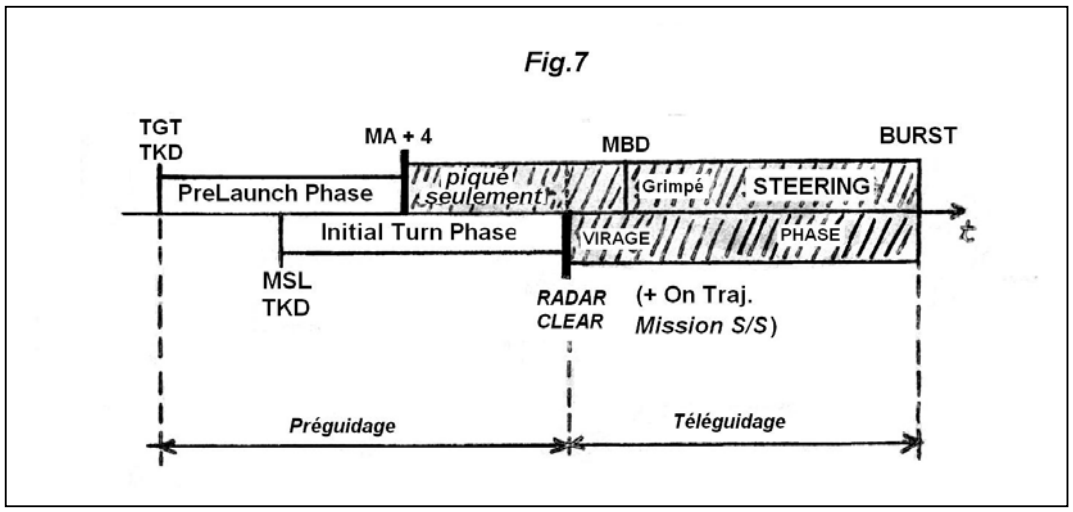
b) L'efficacité de l'engin est accrue par le fait qu'en fin d'interception la trajectoire est descendante. La surface apparente de l'avion (et donc sa vulnérabilité) est alors 5 fois plus grande que dans le cas d'une approche à la même altitude que l'objectif.

5) TRAJECTOIRES

A) Séquences du calculateur (Fig. 7)

[109] Les gouvernes YAW et PITCH ne sont pas placées, comme sur un avion, verticalement et horizontalement, mais en diagonale – gouvernes différentielles - les ordres sont toujours une combinaison de YAW et PITCH

L'instant où s'arrête le pré-guidage et où commence le téléguidage est assez délicat à définir. On peut néanmoins inclure le « INITIAL TURN PHASE » dans le pré-guidage, étant donné que le missile ne peut exécuter d'autre ordre de virage que celui résultant du calcul avant FIRE (si le missile ne traverse pas la zone morte du MTR), on lui applique tout de suite un « Turn angle zero » c.à.d. qu'il est astreint à rester sur l'Az gyro impérativement. Ce pré-



guidage serait absolu si l'ordre de piqué et éventuellement l'ordre de virage initial étaient calés sur le missile lui-même (comme l'Az gyro) avant le FIRE. En fait ces deux ordres sont conservés par le calculateur qui ne les applique au missile qu'après le décollage, par télécommande du sol. Mais Il ne s'agit pas encore de « guidage » à proprement parler puisque ces ordres correspondent encore au point futur Théorique calculé en PRELAUNCH-PHASE

B) <u>Trajectoire SOL-AIR</u> (fig.8)

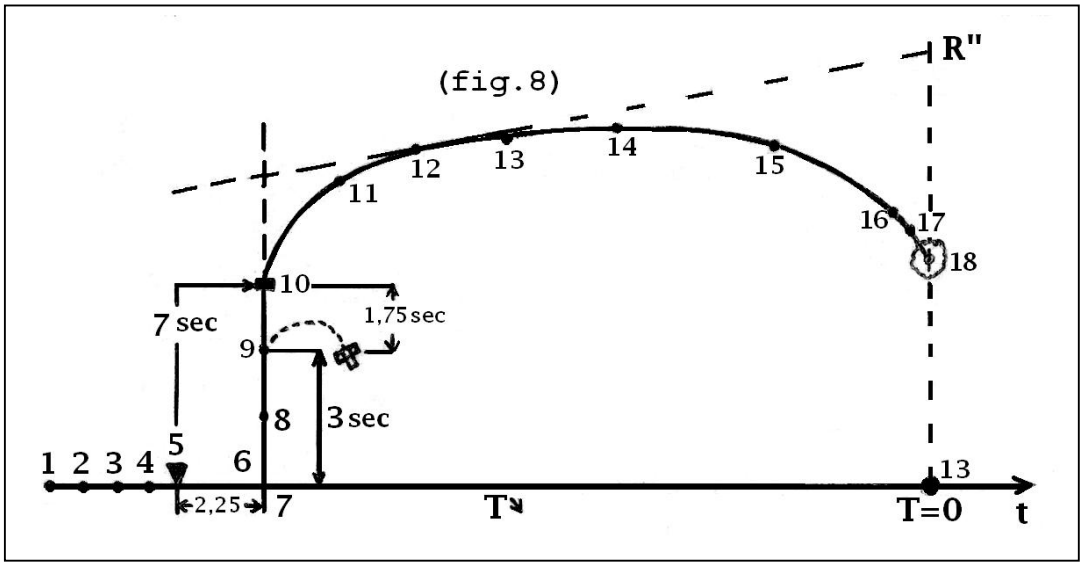
1- TGT-TKD Démarrage du calculateur.

2- MSL- TKD. Début « initial turn phase » (peut se produire à n'importe quel moment avant FIRE, mais seulement en condition rouge. Voir fiche IST 3e partie).

3 - CALCULATEUR PRÊT (voir § 3,b,d) Intervalle 1+3= 4 sec.

4- **READY to FIRE** – Lorsqu' on a:

- Target FOE
  - DESIGNATE at :
    - MISSILE DESIGNATE
    - MISSILE READY
    - MISSILE TRACKED (manuel ou automatique)
  - CONFIRMED
  - TRACKED
- .. et que l'avion futur est dans la zone d'action (voir fiche IST 3e partie : le tir dans la batterie NIKE)



5- FIRE : Démarrage du relais temps mort (7 sec), Az Gyro. Les ordres de piqué et de virage initial sont bloqués.
Démarrage du relais « Launch order » (2 sec) au LCT.

6 - LAUNCH ORDER. Le booster est mis à feu – Intervalle 5 →6 = 2 sec permet le blocage du gyro Ax après stabilisation et le démarrage de l'APS.

7- LIFT – OFF : Le missile quitte la rampe (contact missile –rampe actionné).
Intervalle 6 →7 = 0, 25 sec.

8- MISSILE AWAY signal du calculateur (lorsque la vitesse en site du MTR atteint une certaine valeur).

- Démarrage du relais Missile Away + 4 sec.
- Démarrage du relais matérialisant la durée de combustion du moteur :
  - AJAX : 21 sec (moyenne empirique).
  - HERCULES : 37 sec (moyenne empirique).
- Démarrage du servo temps, seconde par seconde (voir § 4) B, F) intervalle 7 →8 = environ 1.3 sec. (fonction de la poussée du booster).

9- SÉPARATION DU BOOSTER : (Sous l'effet de la traînée) - démarrage du moteur.

- Déblocage des ailerons, début de « roll stabilization » (orientation du plan de référence du missile selon Az (voir § 3) A). Intervalle 7 →9 = 3 sec.

10- MISSILE AWAY + 4.

- L'ordre maximum de piqué initial est appliqué à l'engin.
- Fin de «roll stabilisation » (Intervalle 9 →10 = 1, 75 sec.)
- Éventuellement ordre de virage initial (voir § 3) C) a).
- Début du guidage en piqué seulement.

11- RADAR CLEAR

- Fin du virage initial
- Début guidage en lacet.

12- ON TRAJECTORY

- Est détecté par le calculateur lorsque l'engin est dirige sur le point R'' selon l'angle A (voir § 3) A).
- Fin de l'ordre de piqué.
- Début du guidage en grimpé.

13 - MOTOR BURN OUT :

- Arrêt (théorique) du moteur. (voir point B).
- Peut se produire avant 12, dans ce cas il ne se passe rien.
- … mais des avant que 12 et 13 sont réalisés, la correction vitesse Sh est appliquée.
- Le temps est recalculé T (temps d'interception) (Voir § A).

14- T= 24 : Peut se produire avant d'avoir 12 et 13, (Time re-computation)

- Il se passe la même chose qu'en 13 (ex Dynamics course II).

15- T+ 12.4 : Suppression de la correction vitesse (voit § 4) C) a). Elle est supprimée de toute façon lorsqu'elle atteint 4% de la vitesse V de l'engin.

16- T+ 10.27 : Ordre de « Burst enable » (Armement « électronique » de la section de guidage en vue de la réception de l'ordre d'explosion).

17- T= BURST TIME BIAS : Ordre de « burst » du calculateur (voir § 4)B) g)

18- T=0 BURST : Destruction de l'objectif.

19- T= 0.3 : Le calculateur est revenu au repos (voir § 3)B)b) et se trouve disponible pour une nouvelle séquence de tir.

C) Trajectoire SOL-AIR basse altitude (L-A) (Fig. 9)

a) Principes

1. Diminuer la vitesse de l'engin de façon à augmenter sa maniabilité pour les missions basse altitudes a faible distance (Hercules).
2. L'Ajax remplit normalement la mission Low altitude (vitesse plus faible).
3. Pour obtenir une portée normale la trajectoire se rapproche au maximum d'une trajectoire balistique avec piqué final.
4. Cette trajectoire est obtenue en utilisant un point de visée (DAP) décalé de RD et HD (données élaborée par le bloc balistique).

5. Différences avec la trajectoire S-A.

6 : Launch order- Démarrage d'un relais 9.25 sec sur le circuit d'allumage du moteur.

9 : Booster séparation : **le moteur ne s'allume pas.**

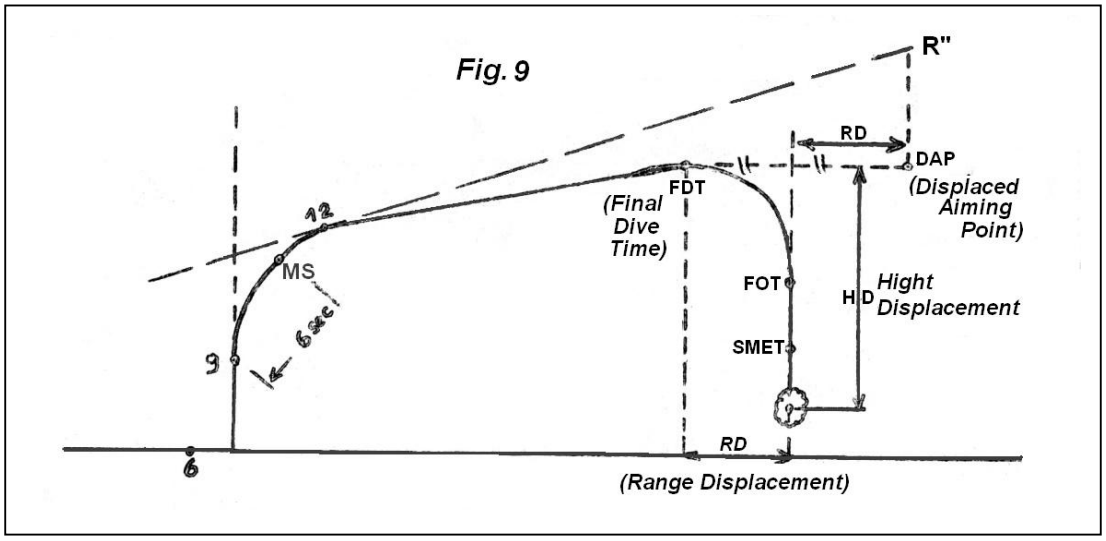
MS : **Démarrage du moteur** (6 sec après le point 9) Motor start.

12 : On trajectory correspond au point de visée balistique décalé.

FDT : Piqué final- Lorsque la distance horizontale Engin-Point futur =RD et que la différence d'Altitude-Engin = HD.

FOT : On trajectory final Lorsque la trajectoire passe par la verticale du point futur.

SMET : Durée de trajet des projectiles secondaires (Sub- Missile Ejection time) Uniquement employé avec la charge T46 *(*voir IST 3e partie)



NOTA : La correction vitesse qui était en trajectoire SA était appliquée à « on trajectory » (obligatoirement) plus « motor Burn-out » ou à T = 24) n'est appliquée en Mission Basse Altitude, qu'au FOT (en effet, toute trajectoire avant FOT est prédestinée en fonction du point d'interception théorique de la « pre-launch phase » et des données balistique RD-HD)

D) Trajectoires SOL-SOL (notions)

a. L'engin HERCULES comporte la possibilité d'effectuer des missions tactiques Sol-Sol (avec explosifs nucléaires seulement et de type BXS et BXL).
b. Les coordonnées de l'objectif sont calculées topographiquement et introduites manuellement dans le calculateur par pointage du TTR. (Voir IST 3e partie).
c. L'explosion de l'engin n'est plus basée sur le temps mais sur l'altitude (barometric fuze).
d. La fin de la trajectoire ne peut plus être contrôlée au TTR (rotondité de la terre, site du masque MTR) et ne peut donc être que balistique. FDT & HD sont pris dans une table de tir et introduits manuellement dans le calculateur en fonction de la distance vraie de l'objectif (courbure de la terre). La fusée barométrique est réglée avant le lancement en fonction de l'effet que l'on désire obtenir sur l'objectif (thermique, souffle, radioactivité, etc…).

e. Le MTR abandonne l'engin lorsque l'antenne arrive à 5µ au dessus du masque (GCO= fin de guidage).

A ce moment là :

- Le récepteur du missile est coupé (brouillage impossible).
- Le système d'auto destruction (fail-safe) est neutralisé.
- L'armement final de la charge est réalisé.
- L'engin tourne sur lui-même de 180º (compensation de l'erreur de pointage).

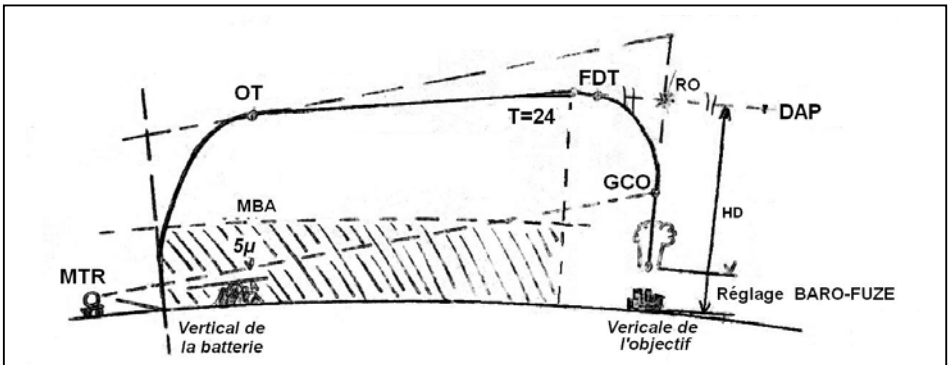
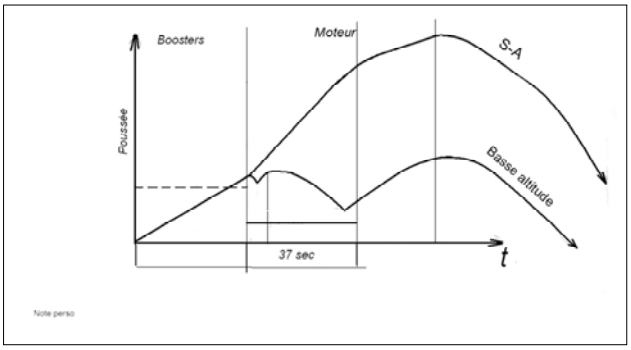


Fig. 10

f. Pour assurer la sécurité des troupes au sol, l'explosion atomique est rendue impossible au-dessous d'une altitude réglable (Minimum Burst Altitude : MNBA) jusqu'à T= 24. Il est toutefois possible d'éliminer cette sécurité si un besoin impérieux se fait sentir (MBA override) Voir IST 3e Partie.



Séquence des poussées (Sol-Air)

o0§0o

SECTION III

LE TIR DANS LA BATTERIE NIKE.

1. ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA BATTERIE EN VUE DU TIR :

La batterie NIKE est divisée en deux parties distinctes (séparées par une distance minimum de 1Km. Maximum 6 Km. Une Zone de Conduite de tir où se tient le Commandant de Batterie de Tir et une zone de lancement reliées entre elles par un système de communications.

A) Zone de Conduite de Tir.

a) Remorque de Conduite de tir (Battery Control Van)

- Matériel - Comprend essentiellement
  - Le pupitre de l'officier de Conduite de tir
  - la console du radar d'acquisition.
  - Le calculateur et ses tableaux de tracé automatique.
  - Le central - enregistreur.
  - Le tableau de tracés des pistes. (manuel)

- Personnel-
  - Officier de conduite de tir.
  - Opérateur acquisition.
  - Opérateur calculateur.
  - Centraliste.
  - Marqueur de renseignements.

- Responsabilités. En liaison avec l'échelon supérieur (Centre d'Opération du Bataillon).
  - Détecter le plus loin possible, identifier l'objectif assigné à la Batterie et le passer au TTR.
  - Diriger et coordonner le travail des différentes équipes afin d'obtenir la rapidité et l'efficacité du tir.
  - Surveiller l'interception et prendre les mesures nécessaires en cas de défaillance matérielles ou de danger pour les avions amis.
  - Effectuer les vérifications et réglages préliminaires au tir.
  - Établir et vérifier les liaisons de secours en cas d'application du procédé de secours.
  - Calculer les éléments du tir Sol-Sol.

b) Remorque de poursuite (Radar Control Van)

- Matériel.
  - Console TTR
  - Console MTR
  - Récepteurs MTR et TTR.

- Personnel.
  - 3 Opérateurs TTR (El, AZ, Range.)
  - 1 Opérateur MTR.

Responsabilités. Assurer la poursuite de l'objectif et de l'engin.

- o au TTR en modes automatique, aidé ou manuel
- o au MTR automatique.

- Quelque soient les conditions de réception (atmosphériques, échos fixes, brouillage).
- Surveiller constamment la poursuite en cours d'engagement et prendre les mesures nécessaires en cas de défaillance du matériel.
- Effectuer les vérifications et réglages préliminaires au tir.
- MTR : effectuer les opérations manuelles en procédé de secours.

c) Camion CDG- Un opérateur est chargé de la mise en œuvre et de la vérification des liaisons automatiques (MSQ-18) entre le centre d'Opération du Bataillon et la Batterie (BCV).

B) Zone de lancement

a) Remorque de lancement (Launching Control Trailer).

Matériel :

- Pupitre de commande.
- Central.
- *Test responder* (répondeur d'essai)

Personnel

- Officier de lancement (LCO)
- Opérateur pupitre (LCCO)
- Opérateur central

Responsabilités. En liaison avec le BCO, diriger et coordonner l'activité de la section de lancement afin d'en obtenir rapidité et efficacité.

- Mettre en œuvre le répondeur d'essai.
- Sélecter la première section prête.
- Assurer le fonctionnement manuel dans le cas du tir en procédé de secours.
- Effectuer les opérations préliminaires au tir.

b) Sections (maximum 4 par batterie)

Matériel

- 1 pupitre de commande de section
- 4 rampes avec pupitre de commande (au maximum).
- Un certain nombre d'engins (minimum 1 par rampe).

Personnel

- 1 chef de section.
- 1 Opérateur pupitre section.
- 3 servants de rampe.

Responsabilités.

- Vérification et préparation des engins en vue du tir.
- Approvisionnement des rampes

- Choix de la rampe en fonction du type d'engin demandé.
- Exécute les procédures de secours (avec ou sans le LCT).

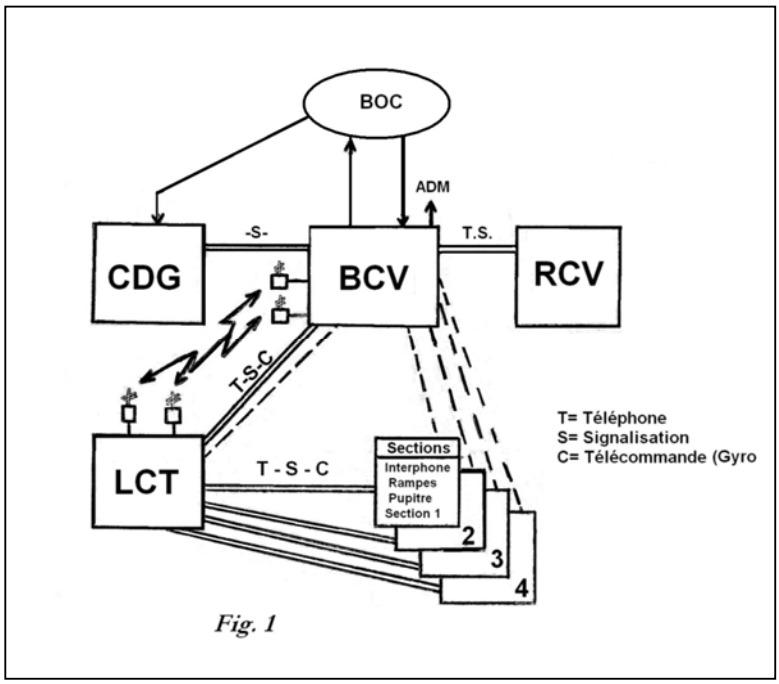


Fig. 1

C) Liaisons

- Normales

⟶ Fils (éventuellement câble hertzien) BCO : renseignements (pour mémoire) descendants et remontants.

═══ Câbles :
BCV CDG : Signalisation, symboles MSQ 18
RCV : Signalisation, Hot Loops, circuits techniques.
LCT : 2 sections (Signalisation, Hot Loops, AZ Gyro)

- Secours

---------- 2 pairs fils : BCV LCT (hot loops)
Sections (hot loops)

⟿ Radio BCV ⟶ LCT (hot loops, 2 postes duplex.

Bouclage d'alerte réalisé automatiquement en condition jaune, bleue ou rouge comme suit :

- Hot Loop : IFC à L-A
  - Command loop : (BCO/Command, Acquisition, TTR, MTR/Command.
  - Opérateur LCT (LCCO), section sélectée (station 1)
- Technique loop : IFC à L-A
  - BCO/Technique, Calculateur, MTR/Technique.

- LCO, Section sélectée (station 2), Section non sélectée (Station 1).

NB La station 2 de la section non sélectée est reliée au central LCT.

2. SÉQUENCE DE TIR .

A) Alerte 15 mn. (Voir tableau)

B) Alerte 5 mn (différences avec alerte à 15mn)

a) La batterie est en condition BLEUE.
b) Tout le matériel est complètement sous tension et le personnel est à son poste.
c) Les opérations préliminaires au tir sont faites.
IFC- Vérifications toutes les 4 heures.
L-A – Vérifications conditions bleue, toutes les 4 heures.

Dès réception de l'alerte le BCO peut :

- Mettre une ou plusieurs sections ON-DECK.
- Rechercher, identifier et designer l'objectif au TTR.
- Passer en condition ROUGE (dès que L-A est prête, délai 3 à 4 minutes pour les opérations ON-DECK.
- Tirer.

En effet, dans l'alerte à 15 mn, une grande part du délai de préparation était due aux vérifications dans la remorque de poursuite (environ 10 mn) qui sont extrêmement réduites pour l'alerte à 5 mn.

C) Tir en Salve

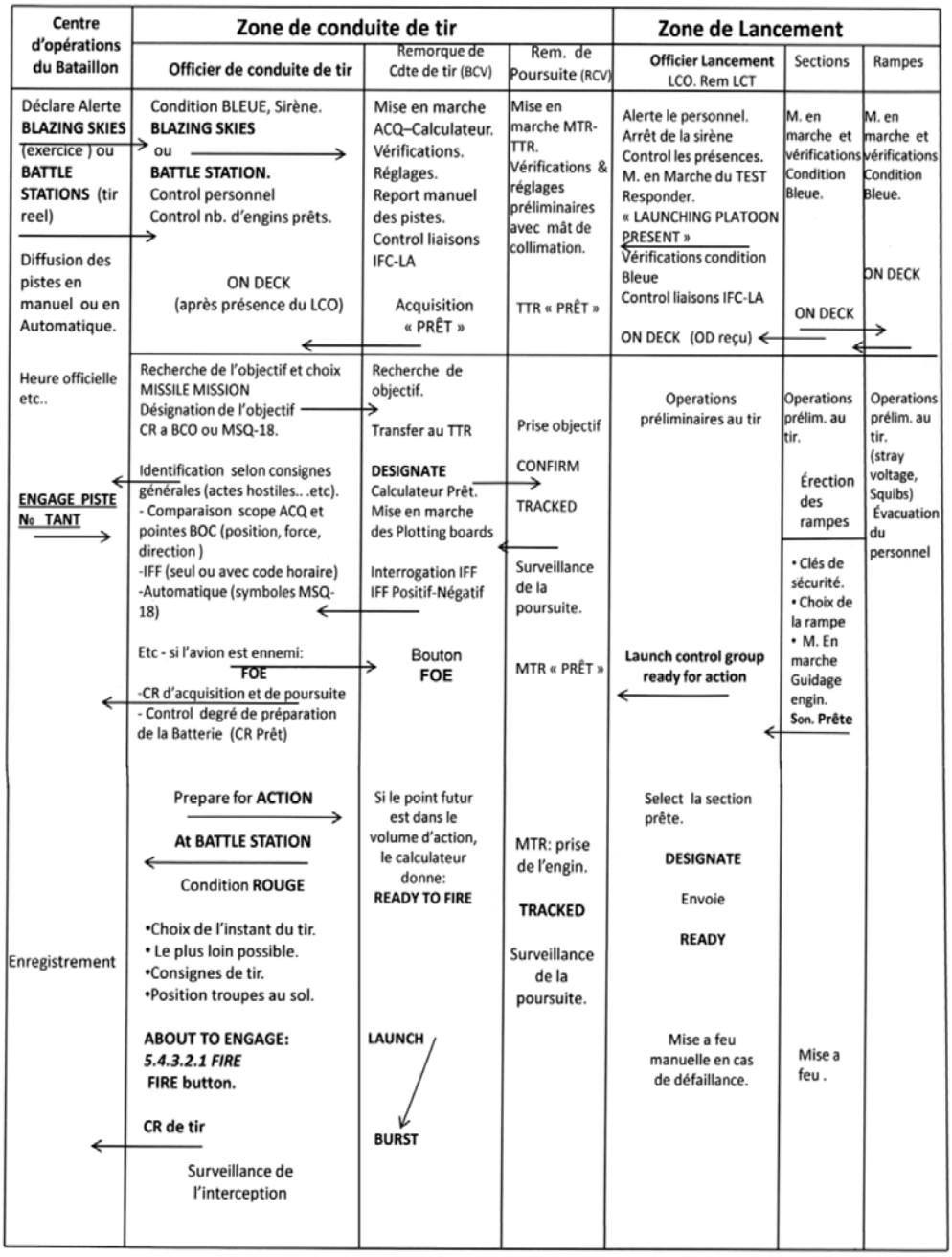
a) Peut être justifié par une des raisons suivantes :
- L'objectif n'a pas été abattu (imprécision du tir, défaillance du matériel en cours de l'interception).
- Objectif multiple (plusieurs avions pour une même piste).
- Attaque massive dans uns zone affectée à la Batterie.

b) Avant le BURST de l'engin en vol :
- Le BCO refait éventuellement sa sélection MISSILE-MISSION.
- L'acquisition se pointe sur le prochain objectif.
- Les sections mettent sous tension le prochain engin.

c) Dès le BURST :
- Le LCO selecte la section prête.
- Le MTR se pointe automatiquement sur l'engin désigné.
- Le TTR acquiert l'objectif.
- Le BCO déclenche le tir.

d) Au cours du tir en salve- la batterie reste en condition ROUGE.
- Le BCO engage en premier les objectifs présentant une menace immédiate (soit les plus rapprochés soit les plus rapides). Il peut donc être amené à tirer les AJAX en premier lieu, puis les Hercules.

Séquence de tir Sol-Air Nike à partir d'alerte à 15mn



NOTA- Une prochaine modification du matériel permettra de sélecter une section pendant le vol du premier engin, ce qui réduira les délais de tir des engins suivants (le MTR reprendra un nouvel engin immédiatement après BURST).

D) Procédés de secours-

Sont employés en cas de perte des liaisons automatiques IFC-LA (voir § 1). Sur ordre du BCO le centraliste établit et vérifie les liaisons de secours (fil ou radio)
Deux cas se présentent alors :

a) LCT fonctionne (Seuls les câbles interzones son coupés)

Transmission verbale de tous les ordres et CR, notamment :

- IFC → LA	- État d'alerte ON-DECK	(M)
	- Missile mission	(M)
	- Azimut gyro (aux sections	(LCT)
	- Ordre de mise à feu (LCO) +Launch order.	(M)
	- BURST.	
- LA → IFC	- nombre d'engins prêts par type.	
	- CR de réglage AZ Gyro (section)	
	- Sections sélectées, rampe désignée.	(M)
	- Section READY	(M) MTR.

Les rubriques marquées (M) font l'objet d'une opération manuelle au LCT et au MTR.

b) Le LCT ne fonctionne pas (panne du matériel ou des communications)
Différences avec « a » :

- Le BCO est mis en liaison directe avec les sections (éventuellement le LCO se porte à une section)
- Les opérations manuelles affectées au LCT sont maintenant affectées aux sections (ainsi que les CR engins prêts).
- La section choisie par le BCO se selecte elle-même en manuel (condition ROUGE) et annonce la rampe désignée, section prête (pour le MTR).
- La mise a feu (+ launch order) est faite a la section sur ordre du BCO.

E) « MISSILE REJECT » L'engin peut être rejeté lorsqu'une des trois défaillances ci-dessous se produit :

a) Le niveau du signal émis par l'engin (beacon) est trop faible.
   - Le MTR ne donne pas le TRAKED automatique.
   - L'opérateur MTR, après entente avec le BCO peut donner le TRACKED manuel si le signal a un certain niveau.
   - Si le signal est insuffisant, l'opérateur donne manuellement MISSILE-REJECT.

b) Au moment du FIRE, l'allumage du booster n'a pas lieu (cas du câble de mise a feu débranché) on a un MISSILE REJECT automatique.

c) Dans l'intervalle qui sépare FIRE et LAUNCH ORDER (2 sec) le moteur APS doit atteindre une certaine vitesse. Dans le cas contraire on a MISSILE REJECT automatique.

d) Dans les deux cas de MISSILE REJCT automatique le personnel de la section doit rester à couvert pendant 20mn avant d'entreprendre la procédure de vérification ou de désamorçage.

F) Anomalies dans l'interception

- Fail Safe - Autodestruction de l'engin entre 3 et 7 sec après qu'il ait été perdu par le MTR (panne MTR ou émetteur engin)
- Destruction commandée - (bouton BURST) par le BCO lorsque la trajectoire est erratique (panne calculateur ou des servomoteurs guidage de l'engin, son émetteur –récepteur fonctionnant toujours).
- Avion ami. (bouton FRIEND) destruction de l'engin par le BCO.

    - L'objectif est identifié AMI après le départ de l'engin.
    - Lorsque le tir peut présenter un danger pour l'aviation amie à proximité de l'objectif.

L'action du bouton FRIEND donne toujours FAIL-SAFE, quelque soit le type d'engin, de charge, et de mission.

- Action du bouton BURST, en fonction des charges et des missions :

MISSION	H-E	CLUSTER	BXS-BXL
S-A	BURST	BURST	**BURST**
LA	BURST	BURST	n/a
S/S	n/a	n/a	FAIL-SAFE

NOTA : En FAIL-SAFE, la charge atomique est détruite par son explosif primaire (TNT) sans qu'il y ait explosion atomique (sécurité troupes au sol).

- Action du bouton MBA OVERRIDE – Dans le tir des ogives nucléaires BXS et BXL, un dispositif de sécurité réglable (Terrain Elevation) détermine l'altitude minimum d'explosion (MNBA) – Dans le cas où la mission S-A prime la sécurité des troupes au sol (attaque massive, bombardiers atomiques, etc…) le BCO peut neutraliser le dispositif de sécurité MBA au moyen du bouton rouge MBA OVERRIDE.

3) REPRÉSENTATION DE L'OBJECTIF.

A – Tableau de tracés manuels- Pistes reportées au crayon gras avec indications : Baptême, Identification, Force, Altitude en « Angels » (1 angles = 1000 pieds)

B- Tableau de tracés automatiques (pour mémoire, voir IST 2e partie)
C- Scope acquisition.

a) L'écho apparaît sous forme d'une petite « banane » tournant sa concavité vers le centre du scope (rotation de l'antenne).
b) Lorsqu'on utilise l'IFF, cet écho est coiffé par un nombre d'échos semblables correspondant au code employé (fig. 2)
c) Lorsqu'on utilise le system MSQ, la représentation est complétée par des symboles d'identification.

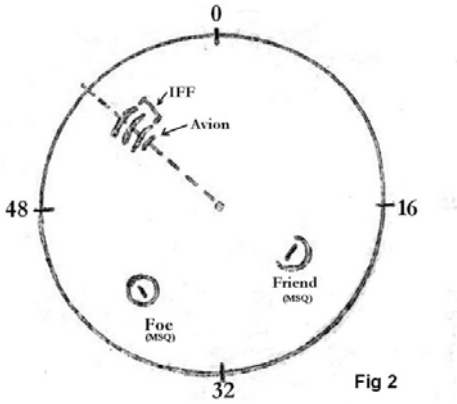


Fig 2

- Avion ennemi

- Avion ami

4) ZONE D'ACTION (ordres de grandeur).

A) Portées : HERCULES

- SA- 150 Km.
- SA - Basse altitude 80 Km.
- S/S – 180 Km.

AJAX : SA- 45 Km.

B) Limitations en altitude. (en fonction de l'altitude en pieds et de la durée de trajet en secondes (fig 3)

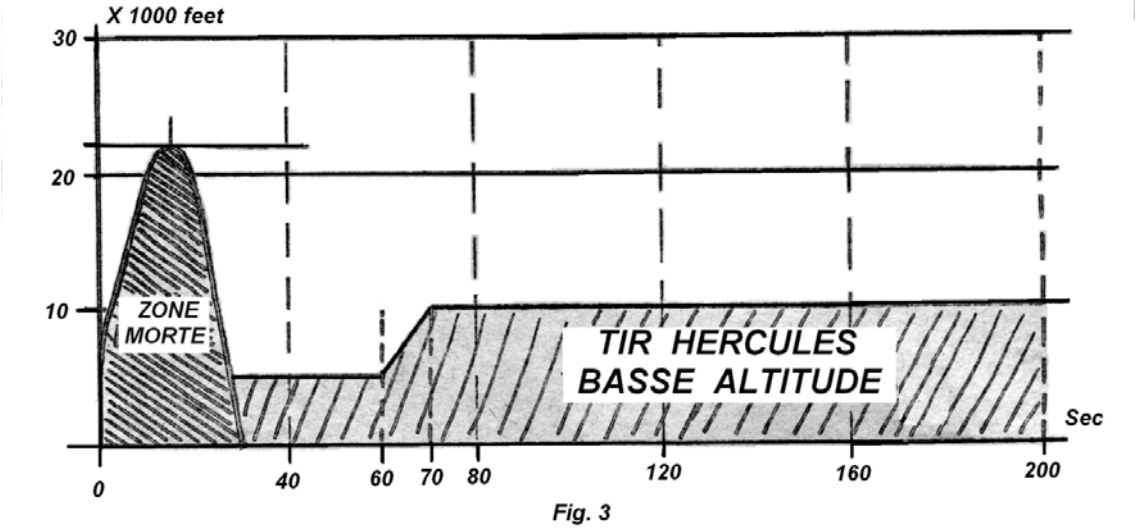


Fig. 3

5) EFFET DES ENGINS.

A) Ajax

- L'engin emporte 3 charges à fragmentations (fig, 4)
  - De nez - gerbe d'ogive 600 fragments.

- Central - gerbe latérale 6600 fragments.
- Arrière - gerbe latérale 4800 fragments.

- Vitesse moyenne des éclats : 2000m/s.
- Volume des éclats dangereux –ellipsoïde de 30m de rayon

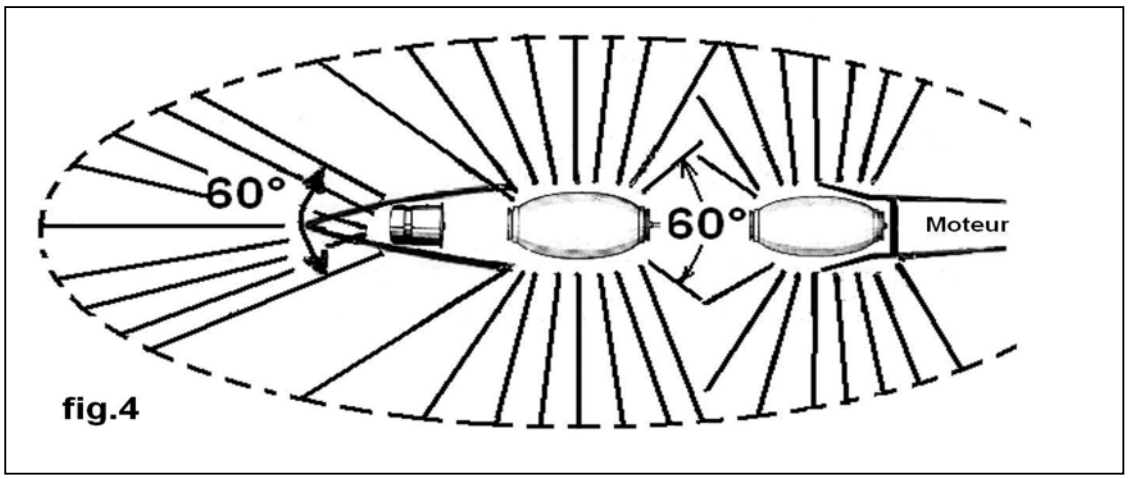


fig.4

B) Hercules.

- T45 (H-E) - Charge à fragmentation produit 19000 éclats cubiques d'environ 1 $cm^{3.}$ Vitesse moyenne 2.700 m/s. Cône mort AR 114º d'ouverture due à la présence du moteur. Destruction certaine de l'objectif dans un rayon de 35m. La charge T45 est une charge de transition appelée à être remplacée ultérieurement par la T46.
- T46 (cluster warhead) – Éjection de 205 projectiles secondaires équipées de fusées à double effet (percussion, retard). Ces projectiles sont repartis, au point d'interception dans un cercle de 90 m de diamètre.
  - Délai de 250 à 300 µ sec. après percussion permettant aux projectiles d'exploser à l'intérieur de l'objectif.
  - Autodestruction par fusée à retard 3 à 4 sec. après éjection pour les projectiles qui n'auraient pas atteint l'objectif (sécurité au sol).
- Charges nucléaires : (pour mémoire). 2 types Small (BXS) large (BXL).

-o0§0o-

ANNEXE :
Renseignements additionnels.

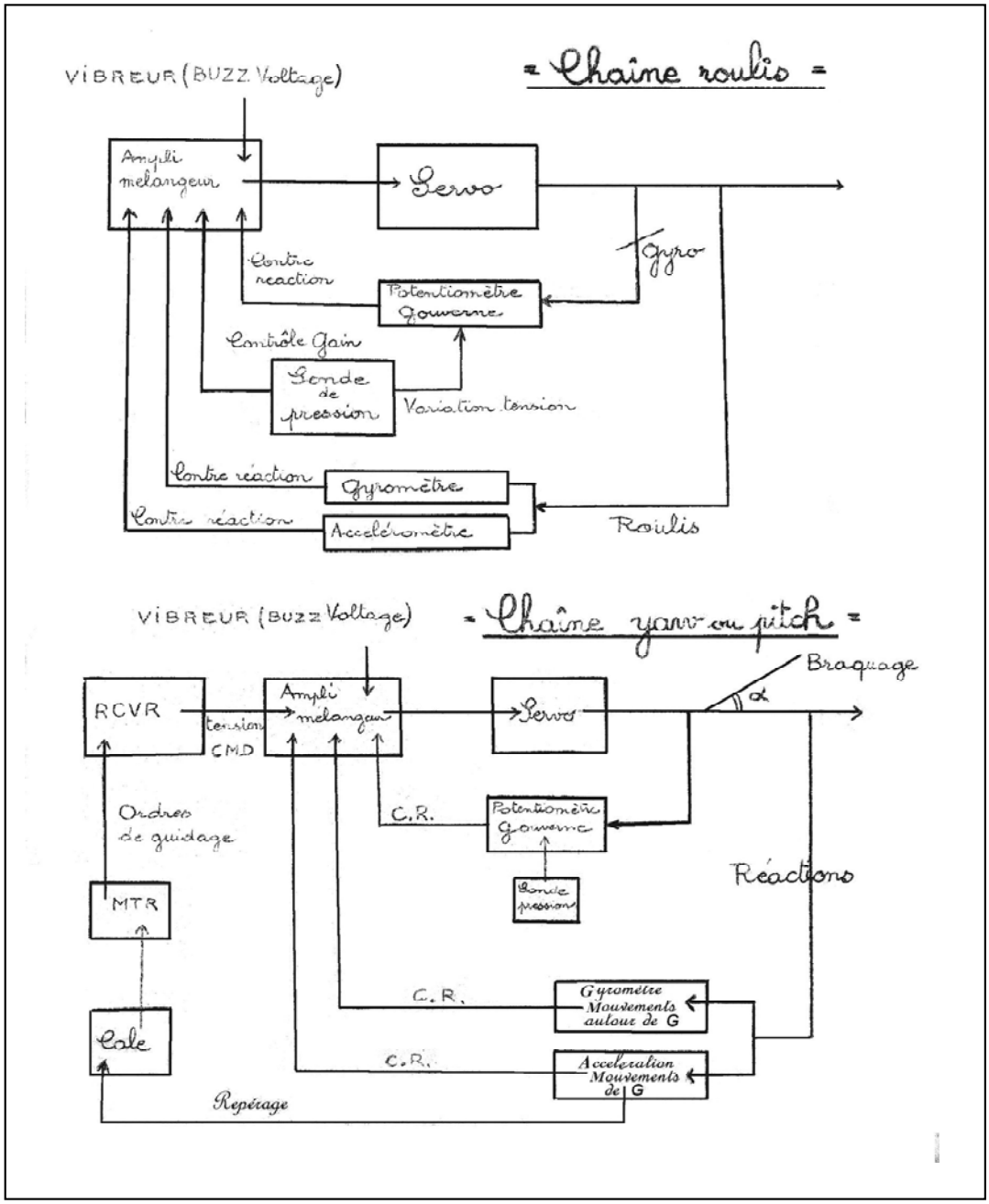


Schéma de principe des commandes ROULIS et LACET
des missiles AJAX et HERCULES.

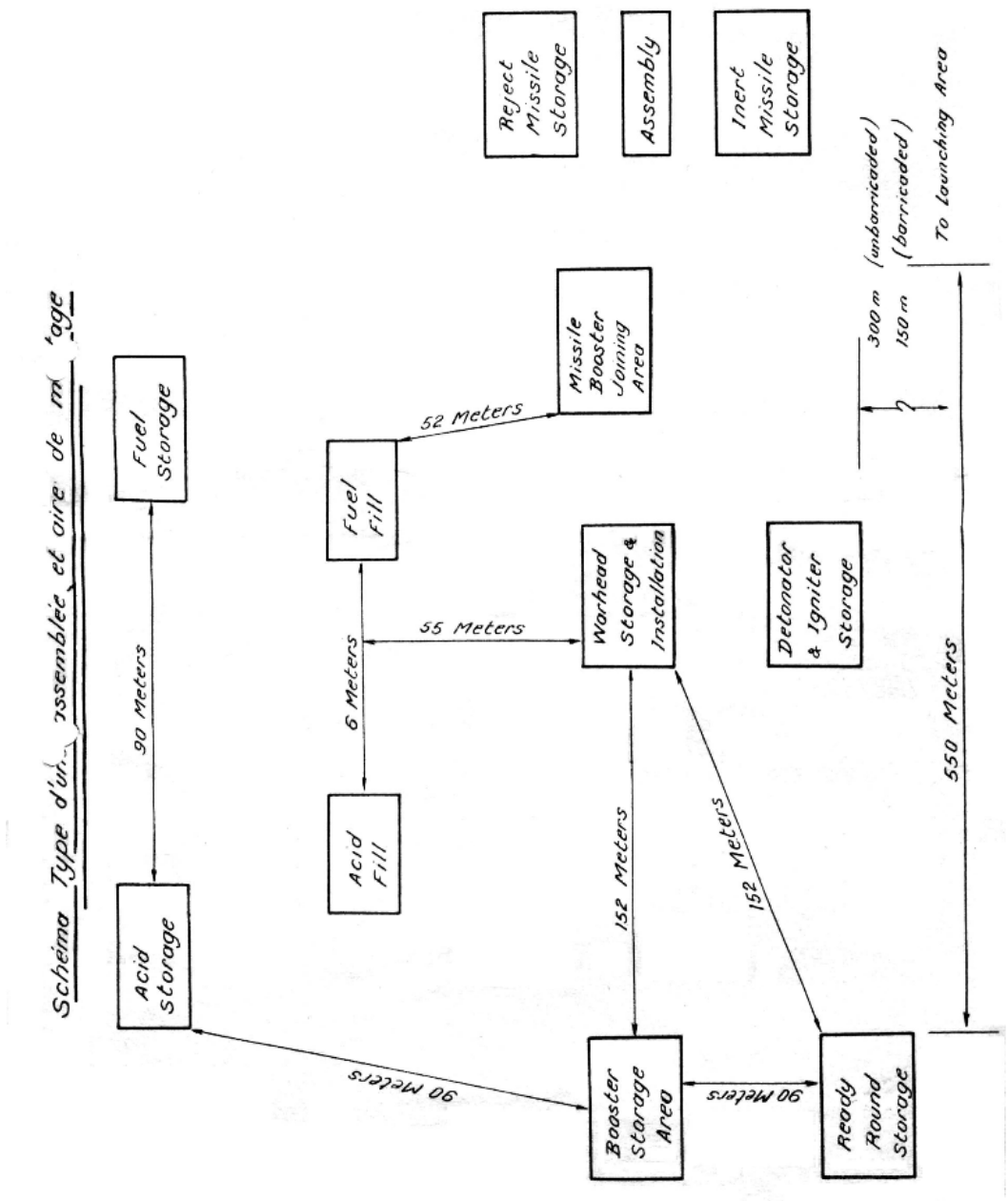


Schéma d'implantation des aires d'assemblage, d'armement, de remplissage des réservoirs et de stockage des Ajax.

-o0§0o-