**Zeitschrift:** Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen

**Herausgeber:** Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere

**Band:** 56 (1983)

**Heft:** 9

**Artikel:** La guerre navale : une question d'électronique

**Autor:** Daumas, Jean-Robert / Ortolli, Sven

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-563134

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 18.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

unter anderem zur Folge haben, dass der Kommandant wieder vermehrt selber mit dem Funk arbeiten kann und das Netz nicht mehr den Funkern überlassen muss.

## Das Textverarbeitungssystem TVS-85

Mit einem Textverarbeitungssystem soll den Höheren Stäben endlich ein Mittel in die Hand gegeben werden, mit welchem die heute umständliche redaktionelle Arbeit und insbesondere die einen hohen Aufwand erfordernde übermittlungsgerechte Aufbereitung (Lochstreifen) erheblich rationalisiert werden kann.
Das TVS-85 lässt sich kurz in folgender Form charakterisieren:
Das von der Sektion Betrieb bediente System erlaubt das Erfassen, Korrigieren, Ändern, Ergänzen, Ausdrucken, Lochen und Archivieren von Information in Text- und Tabellenform.
Es besteht aus einer Zentraleinheit mit zwei Arbeitsplätzen sowie gemeinsamen Peripheriegeräten.
Ein hoher Bedienungskomfort erleichtert den Betreibern – es sind dies Stabssekretäre, Betriebspioniere, Bürogehilfen, Uem HD und FHD – die Arbeit am System.
Das Bedienungspersonal arbeitet bei der Textverarbeitung eng mit den Stabsangehörigen zusammen. Im Bereich des Armeekommandos ist ein Einsatz im Rahmen der Untergruppen vorgesehen; bei den übrigen Stäben hält die Sektion Betrieb die Geräte im Rahmen der Kanzlei zur Verfügung.
Grösse und Gewicht der Anlageteile erlauben den Transport und den Aufbau des Systems an beliebigen Standorten.
Es soll ein handelsübliches Gerät beschafft werden. Demnächst wird eine Erprobung mit zwei Fabrikaten beginnen, um eine Einstellung ins KMB 85 zu ermöglichen.

## Weitere Vorhaben

Mit dem VHF-Peiler 85 muss eine Lücke im wichtigen Bereich der Elektronischen Kriegführung geschlossen werden.
Mit dem als Pilotsystem vorhandenen Material – in Form von zwei Peilstationen mit den notwendigen Übermittlungs- und Steuersystemen, welche auf Pinzgauer 6×6 eingebaut sind – wird dieses Jahr eine vertiefte Truppenerprobung durchgeführt.
Die Truppentauglichkeit soll bis Ende 1983 erklärt und die Beschaffung möglichst rasch eingeleitet werden.
Mit dem Pupinspulenkasten PUK 82 kann eine über das Sprachband gleichmässigere und vor allem kleinere Dämpfung des Nachrichtensignals erzielt werden.
Erste Versuche haben ergeben, dass über pupinisierte F-2E-Leitungen eine Verständigung bis fast 60 Kilometer knapp möglich und bis zu 50 Kilometer in brauchbarer Qualität vorhanden ist. Dies entspricht ungefähr einer Verdoppelung der Reichweite – und erst noch mit passiven Mitteln.
Zusammen mit den Pupin-Versuchen laufen auch Tests mit dynamischen Mikrofonkapseln, welche die Verbesserung noch unterstützen.
Besonders auf Feldeinsatz und Bedienungsfreundlichkeit ist das Pegelmessgerät T-03 ausgerichtet. Bei 800 Hz gestattet das Gerät, Leitungsdämpfungen bis zu 60 dB zu messen. Die Auslieferung wird ab 1984 erfolgen.
Infolge Überalterung muss der Unimog 1 t ab 1983 liquidiert und durch einen normalen Gelände-PW (Jeep-Nachfolger) mit verlängerter Ladebrücke ersetzt werden. Als Kandidaten für ein neues Leitungsbaufahrzeug stehen gegenwärtig noch der Land Rover 110 und der Steyr-Puch G.32 im Rennen. Die Erprobung ist abgeschlossen, und nach dem Typenentscheid durch den Rüstungschef wird eine Beschaffung mit dem Kriegsmaterialbudget 1986 angestrebt.

## Schlussbemerkung

Die hier vorgestellten Systeme und Geräte, zum grossen Teil in Zusammenarbeit von BAUEM, Gruppe für Generalstabsdienste, GRD und Industrie zur Reife gebracht, werden die Übermittlungstruppen in ihrem Bestreben unterstützen, auch in den kommenden Jahrzehnten die Führungsmittel für die Armee sicherzustellen.

**ARMÉE SUISSE**

**Jean-Robert Daumas et Sven Ortoli**

# La guerre navale: une question d'électronique

**PV. La guerre des Malouines a été une guerre presque classique. Avions, bateaux, hommes, fusils se trouvaient sur le champs de bataille. Cependant de nouveaux armements sont apparus: les missiles. Cet article décrit cet armement, son fonctionnement et les parades qui ont été inventées. Les sous-titres sont de la rédaction.**

L'électronique devient de plus en plus le facteur dominant dans les combats modernes. La guerre navale n'échappe pas à cette règle car, lorsqu'il est pris en chasse par un missile qui approche à 1000 km/h, seule une réponse rapide donc automatique permettra à un navire d'éviter la destruction.

## Bataille dans l'Atlantique Sud

Mardi 4 mai 1982. Le jour commence à décliner sur l'Atlantique Sud. Soudain, un Super-Etendard de l'aviation argentine quitte le ras des vagues et monte en chandelle à quelques milliers de pieds. Là, le pilote découvre sur son écran radar une soixantaine de points lumineux: la flotte anglaise. L'un de ces points est nettement détaché des autres et doit se trouver à peine à une cinquantaine de kilomètres de l'avion: c'est le Sheffield, bâtiment spécialisé dans la lutte antiaérienne, qui se trouve en «piquet radar», c'est-à-dire en mission de surveillance, à l'avant du dispositif naval britannique.
Le Super-Etendard, avion conçu et réalisé par la société Marcel Dassault, dispose de toutes sortes de perfectionnements qui transforment un bon appareil, c'est-à-dire une bonne cellule et un bon moteur, en une véritable machine de guerre parfaitement adaptée à sa mission. Ces «plus» technologiques sont essentiellement au nombre de trois. D'abord, un système de navigation extraordinairement précis, constitué d'une centrale inertielle et d'un calculateur qui

Jede Sache vernünftig versichert:
winterthur versicherungen

permet au pilote de connaître en permanence sa position, avec une marge d'erreur dépassant rarement 100 mètres dans le plan horizontal. C'est grâce à ce système que le pilote argentin a pu diriger son appareil au ras des flots jusque vers la zone où évolue l'escadre britannique. Deuxième point fort: un radar AGAVE, aux performances exceptionnelles (il peut détecter des bâtiments à plus de 150 km). C'est lui qui permet en ce moment au pilote de situer parfaitement la position des différents navires. Enfin, dernier atout du Super-Etendard: son armement, avec, entre autres, le missile AM 39 de la famille Exocet, fabriqué par l'Aérospatiale.
Sur son écran radar, le pilote argentin sélectionne le point isolé représentant le Sheffield. Automatiquement, les coordonnées du navire, distance et gisement, sont transmises au calculateur de l'Exocet. Parvenue à moins de 40 kilomètres de sa cible, le Super-Etendard pique brutalement, tandis que le pilote appuie sur le bouton de mise à feu. A peine le missile largué, l'appareil vire de bord et regagne l'abri des basses altitudes. Pour lui, la mission est terminée: il ne reste plus au pilote qu'à espérer avoir été repéré trop tardivement par les radars anglais pour être rattrapé par les chasseurs de la Navy. Le missile, lui, n'a plus besoin de personne: il est du type fire and forget (tire et oublie), autrement dit il se dirige de façon autonome vers sa cible.
Dans un premier temps, l'Exocet suit le cap qu'on lui a mis en mémoire juste avant le tir. Il stabilise son altitude à quelques mètres au-dessus des vagues grâce à un radio-altimètre. En langage spécialisé, il fait du sea skimming (du rase-mer). Parvenu à moins de 10 km de sa cible, il passe en phase autoguidée: son autodirecteur, qui est un radar de poursuite, se met en route et explore en distance et en direction la zone où se trouve le Sheffield. Une fois la cible identifiée, le radar «s'accroche» sur elle et guide le missile jusqu'à l'impact.
A bord du destroyer, le radar de surveillance aérienne a bel et bien signalé l'apparition, puis la disparition rapide du Super-Etendard. De plus, les systèmes d'écoute ont décelé l'émission radar de l'avion, lorsque celui-ci repérait sa cible. Mais le missile lui-même n'a été détecté qu'au tout dernier moment, alors qu'il se trouvait à moins de 5 km du navire. Encore une fois, ce sont les systèmes d'écoute qui ont «entendu» les signaux radar de l'autodirecteur de l'Exocet. Aussitôt l'alerte a été donnée: un certain nombre de contre-mesures destinées à leurrer l'engin ont été engagées. Mais il était trop tard: il restait à peine une douzaine de secondes, et le missile approchait inéluctablement à près de 1000 km/h. Seul, à cet instant, un missile anti-missile aurait pu stopper sa progression. Le Sheffield n'en possédait pas.

## Les missiles

Qu'un navire de guerre moderne, fleuron de la Royal Navy, ait pu être aussi facilement mis hors de combat, par un seul missile, soulève des questions et suscite le doute. Au cours des siècles, toutes les marines du monde ont eu à affronter successivement différents dangers: les abordages d'abord, puis les canonnades, ensuite les sous-marins, plus tard les avions, aujourd'hui les missiles. Jusqu'ici elles ont toujours trouvé des systèmes de défense et de riposte (blindage, lutte anti-sous-marine, défense antiaérienne). Seraient-elles impuissantes devant les missiles? En 1967 déjà, la corvette israélienne Eilath avait été détruite par deux missiles Styx, de fabrication soviétique, lancés par une vedette égyptienne. Bref, les missiles ont-ils signé l'arrêt de mort des marines?
Les experts ne le pensent pas. Les missiles antichars n'ont pas condammné les chars, ni les missiles antiaériens les avions de bombardement ou de combat. Simplement, l'apparition des missiles antinavires a obligé les marines modernes, d'une part, à trouver des systèmes de parade, d'autre part, à définir une nouvelle stratégie. Ce sont ces deux axes que nous allons successivement examiner.
Mais voyons d'abord le nouvel ennemi: *le missile*. Dans la guerre navale, il peut être *mer-mer* (tiré d'un bateau vers un autre bateau), *air-mer* (tiré d'un avion ou d'un hélicoptère en direction d'un bateau) ou *mer-air* (tiré d'un bateau en direction d'un objet volant qu'il vaut mieux identifier). Certains missiles peuvent être tirés à partir d'un sous-marin, mais il ne s'agit là que d'une variété d'engins mer-mer.
Les missiles utilisés sur les théâtres d'opérations maritimes se différencient également par leur mode de propulsion. Un grand nombre sont animés par un ou plusieurs *moteurs-fusées à poudre* (c'est le cas des Exocet): d'autres sont propulsés par un *turboréacteur* (moteur à réaction de même type que les réacteurs d'avion) ou par un *statoréacteur* (genre particulier de réacteur, constitué par une simple tuyère sans aucun organe mobile). L'avantage des moteurs à poudre réside, d'une part, dans la rapidité de leur mise à feu (elle est instantanée, alors que les turboréacteurs demandent parfois plusieurs dizaines de secondes pour tourner à plein régime); d'autre part, dans le peu d'entretien qu'ils nécessitent, tandis que les missiles à réacteur réclament des soins constants (il faut, par exemple, faire tourner les moteurs de temps à autre afin de les maintenir en état). En contrepartie, turboréacteurs et statoréacteurs ont une plus grande autonomie: en théorie, près d'une heure de vol, contre quelques minutes seulement pour les moteurs à poudre. De plus, ils sont plus difficilement détectables, car émettant moins d'infrarouges.
Les missiles se distinguent encore les uns des autres par leur *«silhouette radar»* (plus leur diamètre est faible, moins ils sont détectables par les radars de veille), leur charge explosive, leur vitesse, leur portée et, enfin, leur mode de guidage.

Le choix entre tel ou tel modèle dépend à la fois de considérations tactiques et de l'usage que l'on veut faire du missile. En ce qui concerne la portée et la vitesse, par exemple, l'élément discriminateur est l'éloignement de la cible à atteindre. S'agit-il d'une cible transhorizon, située au-delà de l'horizon radar du lanceur (cet horizon résulte de la courbure de la Terre), ou d'une cible plus proche? Dans le premier cas, et à vitesse subsonique, il faudra qu'un dispositif relais (avion, hélicoptère, satellite) réinforme le missile sur la position de sa cible, car celle-ci aura entre-temps bougé. Sinon, après avoir parcouru une longue distance sur la base des coordonnées introduites au moment de son départ, l'engin perdra un temps précieux, lors de la mise en route de son radar autodirecteur, à essayer de retrouver sa cible, multipliant du même coup les risques d'être non seulement détecté, mais détruit.

## Guidage

Le mode de guidage, lui aussi, peut être un élément de choix entre un modèle ou un autre. Grosso modo, le guidage d'un missile s'effectue de cinq manières différentes:

*1. Le missile peut être télécommandé par fil.*

Dans ce cas, un fil relie l'engin à un centre de commande et, se déroulant à grande vitesse, transmet au projectile les instructions nécessaires à sa progression en direction de la cible. Les AS 11 et AS 12 (missiles surface-surface) qui équipent certains patrouilleurs de la marine française sont de ce type. Leur portée varie entre 3 et 5,5 km.

*2. Le missile peut être télécommandé par radio.*

Dans ce cas, les instructions ne transitent plus par un fil, mais sont communiquées directement au récepteur radio du projectile. Les AS 30, missiles air-surface dont sont dotés les Etendard de l'Aéronavale, appartiennent à cette catégorie.

*3. Le missile peut être pourvu d'un guidage dit «actif»*

C'est le cas des Exocet. Nous en connaissons maintenant le principe: 15 secondes avant la mise à feu, le pilote de l'avion porteur fait entrer dans le calculateur du missile la position de la cible: le projectile entame alors sa course au ras des flots en suivant ces directives, constamment maintenu dans le droit chemin par une centrale à inertie. Parvenu à quelques kilomètres de sa cible, il déclenche son système autodirecteur: désormais, c'est son propre radar qui va conduire sa trajectoire. Ce mode de guidage est dit «actif», parce que, en dernier ressort, c'est le missile lui-même qui, au moyen d'un radar émetteur et récepteur, se renseigne sur la position de sa cible.

*4. Le guidage est dit «semi-actif»*

quand l'autodirecteur du missile n'émet pas lui-même de signaux radar, mais se contente d'exploiter l'écho renvoyé par la cible lorsqu'elle est «éclairée» par un autre radar (en général celui du navire ou de l'avion lanceurs). Dans ce cas, le radar du missile ne comporte qu'un système de réception: il ne «palpe» plus sa cible, mais fonce dans la direction d'où vient l'écho. Les Masurca, missiles fabriqués par Matra et équipant la frégate lance-engins Suffren, sont de ce type.

*5. Enfin, le guidage est dit «passif»*

quand l'autodirecteur du missile se branche sur les signaux radio, radar ou infrarouges émis volontairement ou non par la cible. Dans ce cas, c'est la cible elle-même qui attire le projectile. L'AS 37 Martel, missile air-surface antiradar mis au point par Matra, se dirige selon ce principe.
On le voit, l'électronique, et en particulier le radar, occupent une place primordiale dans le fonctionnement des missiles. Aussi n'est-il pas étonnant que l'on retrouve cette même électronique et ce même radar dans les contre-mesures mises au point pour protéger les navires contre les engins télécommandés ou autoguidés. Voilà pourquoi l'on utilise volontiers aujourd'hui les expressions de «guerre électronique» ou de «bataille d'ordinateurs» pour caractériser ce nouveau type de combats où assaillants et défenseurs rivalisent d'ingéniosité dans l'exploitation des ondes électromagnétiques et des calculateurs ultra-rapides.

*Contre-mesures*

Entrons donc maintenant dans le vaste domaine des contre-mesures et, tout d'abord, précisons la terminologie en usage. Fondamenta-

lement, il existe deux types de contre-mesures: les *contre-mesures passives,* ou ESM (Electronic Support Measurements), et les *contre-mesures actives*, ou ECM (Electronic Countermeasures.

## Les contre-mesures passives

ont pour objet de renseigner sur les «mesures» prises par l'adversaire. Elles prennent des appellations différentes selon la nature des signaux qu'elles sont chargées de détecter: COMINT, ou Communication Intelligence[1], pour les signaux relevant des télécommunications; ELINT, ou Electronic Intelligence, pour les signaux radar; SIGINT pour les signaux électromagnétiques émis volontairement ou non; RINT pour les radiations diverses.
Cette détection peut avoir un but tactique immédiat (par exemple, prévenir le pilote d'un appareil qu'il est suivi par un missile) ou une finalité plus lointaine (par exemple, une meilleure connaissance des moyens adverses, afin de pouvoir éventuellement mieux les contrer). Les célèbres «chalutiers» soviétiques dont les lieux de «pêche» se situent volontiers aux abords des champs de tir du CEM (Centre d'essais de la Méditerranée, à l'île du Levant) ou du CEL (Centre d'essais des Landes), où sont expérimentés les nouveaux armements français, participent à cette activité de renseignement à long terme.

## Les contre-mesures actives,

elles, ont pour objet d'empêcher les moyens adverses de remplir la mission qui leur est assignée. Elles consistent soit en un brouillage offensif déclenché contre les radars de veille ou les radars de désignation d'objectif, soit en un brouillage d'autoprotection contre les radars de conduite de tir ou les autodirecteurs d'engins.
Ces définitions posées, examinons plus en détail la panoplie des contre-mesures, et commençons par les contre-mesures passives en nous limitant aux systèmes d'écoute radar les plus représentatifs.
Ces systèmes sont utilisés soit de façon purement passive (ils sont uniquement chargés de donner l'alerte et d'informer sur la nature de la source radar détectée), soit en liaison avec des brouilleurs actifs dont ils commandent automatiquement la mise en route. Un dispositif d'écoute radar est en général composé de trois éléments:

- *un récepteur large bande*
  qui, selon son degré de perfectionnement, permet ou bien de définir les principaux paramètres du radar intercepté (fréquence de fonctionnement, rythme des impulsions, largeurs des impulsions) ou bien d'obtenir des renseignements plus détaillés sur le type de la modulation émise et même sur la forme du diagramme de l'antenne d'un radar panoramique;
- *un calculateur,*
  le plus souvent à microprocesseur, qui traite automatiquement l'information et analyse de façon approfondie le signal. Cette analyse est indispensable si l'on veut isoler et définir avec précision un émetteur donné parmi les centaines, voire les milliers, d'émissions amies ou ennemies. L'identification se fait par comparaison avec le contenu d'une bibliothèque de «signatures» radar. Ces bibliothèques, qui peuvent contenir les caractéristiques de plusieurs milliers de radars, sont constamment tenues à jour en fonction des renseignements obtenus sur les matériels adverses;
- *une console de visualisation*
  qui fournit à l'opérateur des renseignements synthétiques et comporte éventuellement des alarmes visuelles ou sonores graduées selon une hiérarchie de menaces. Ajoutons que la direction du radar intercepté peut également être visualisée sur un écran panoramique grâce à des techniques de radiogoniométrie (comparaison des signaux reçus par plusieurs antennes différentes).

Cela dit, savoir que l'on fait l'objet d'une surveillance radar ou bien que l'on est poursuivi par un radar pointé ou un autodirecteur d'engin ne suffit pas. Il faut pouvoir réagir efficacement, en général dans des délais extrêmement courts. C'est alors qu'interviennent les contre-mesures actives, dont voici un échantillonnage significatif.

## Le chaff

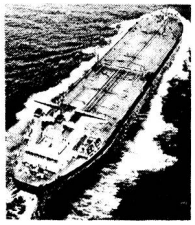
A tout seigneur, tout honneur: commençons par l'ancêtre des contre-mesures actives, le chaff[2], ou nuage de leurres électromagnétiques, dont les premières utilisations remontent à la Seconde Guerre mondiale. L'idée de base était simple: elle consistait à déployer un nuage fait de millions de petites languettes de papier argenté, qui, vu sur les écrans radar de l'époque, se présentait comme l'écho d'un avion ou d'un bateau véritables.
Quarante ans après, les chaff font toujours partie des équipements de contre-mesures, en particulier pour la protection des bâtiments de guerre. Ils ont cependant évolué et il en existe aujourd'hui différents types: les black chaff par exemple, qui sont constitués de particules riches en carbone et qui, de ce fait, absorbent une grande partie de l'énergie des ondes radar, si bien qu'une cible dissimulée derrière un tel nuage est difficilement détectable.
Les leurres électroniques les plus répandus restent cependant ceux qui simulent un fort écho radar. Fonctionnant dans une large bande de fréquences, ils ne nécessitent pas une connaissance exacte des radars qu'ils doivent brouiller, et peuvent même brouiller plusieurs radars à la fois. Ils se présentent le plus souvent sous forme de fils diélectriques (non conducteurs) métallisés, aussi fins que possible afin de braver la pesanteur et de rester suspendus dans les airs un maximum de temps. Ce sont, par exemple, des fils de nylon ou de laine de verre recouverts d'aluminium, de cuivre ou de zinc, et baptisés familièrement «cheveux d'ange».
Très différents sont les leurres «à effet centroïde», car ils visent à tromper non plus un radar de surveillance, mais l'autodirecteur d'un missile déjà accroché sur sa cible. Le principe consiste, en premier lieu, à superposer à l'image radar, optique ou infrarouge que «voit» le missile, une image créée de toutes pièces par le leurre, image plus importante que celle du bâtiment visé, mais tout aussi crédible pour le missile. Si cette première phase est réussie, l'autodirecteur du missile se verrouille sur le barycentre de l'ensemble image leurre-image bâtiment, autrement dit il accroche son radar à la double image du leurre et du navire (c'est ce qu'on appelle l'effet centroïde). Il faut ensuite entraîner le missile dans une zone non dangereuse pour le navire. Cette seconde phase exploite le vent relatif[3] qui éloigne le leurre du bâtiment. L'autodirecteur, qui poursuit en général l'image la plus attractive, donc celle du leurre, conduit progressivement le missile loin du bâtiment.
Pour que le procédé soit pleinement efficace, il faut que les leurres aient une durée de déploiement très courte et que leur placement soit effectué de façon parfaite, tenant compte à la fois de la direction du vent, de celle du bâtiment et de la largeur du faisceau radar du missile (car le leurre doit se trouver à l'intérieur de ce faisceau s'il veut «accrocher» l'autodirecteur). Seul un ordinateur peut faire tous ces calculs avec une rapidité comparable à celle de la menace.
Un bon exemple de lance-leurres à effet centroïde est le système Dagaie, développé et fabriqué en commun par la CSEE (Compagnie des signaux et entreprises électriques) pour le lanceur, et la société Lacroix pour les munitions. Ce système comprend:

- *un ou deux affûts mobiles,* suivant la taille du bâtiment, pouvant recevoir chacun dix «valises» (charges de leurres) soit de type électromagnétique, soit de type infrarouge. Le chargement normal se compose de cinq valises de chaque type, et un tir de leurrage standard projette une valise de chaque type;
- *un calculateur* qui, synthétisant les informations sur la menace (présence, direction), les données bâtiment (cap, vitesse) et les données vent (force, direction), élabore la procédure de tir et ordonne le feu;
- *un coffret indicateur de manœuvre,* installé sur la passerelle, qui signale au commandant les manœuvres susceptibles d'accroître l'efficacité du leurrage.

[1] Le mot «Intelligence» est à prendre ici au sens de «renseignement», comme dans «Intelligence Service».

[2] Mot anglais signifiant littéralement «paille hachée».

[3] La vitesse du vent combinée avec celle du navire.

**Unentbehrlicher Schiffsfunk sorgt für Sicherheit in der Seefahrt**

In unserer

**Abendschule für Schiffsfunker und Radioamateure**

führen wir Sie in Lehrgängen bis zur Prüfung durch die PTT-Betriebe

Kursort: Bern
Beginn: Jährlich im September
Auskunft: 031 62 32 46
Anmeldung: Postfach 1348 3001 Bern

Cependant, tout système de contre-mesures suscitant à plus ou moins brève échéance des contre-contre-mesures, les chaff n'échappent pas à la règle. Les radars et les autodirecteurs modernes exploitent déjà, et exploiteront de mieux en mieux, les différences existant entre un écho de chaff et un véritable écho de cible. Quelles sont ces différences?

Tout d'abord, leur vitesse d'évolution. Un nuage de chaff, qui se déplace au gré des vents, avance forcément moins vite qu'un destroyer ou, à plus forte raison, qu'un avion. Or, lorsqu'une cible est animée d'une vitesse radiale par rapport au radar, la fréquence des signaux renvoyés par cette cible diffère de celles des signaux émis correspondants, ce glissement étant proportionnel à la vitesse radiale de la cible par rapport au radar. C'est ce que l'on appelle l'effet Doppler-Fizeau. Il est dès lors possible d'éliminer tous les échos dont le glissement Doppler est trop faible pour correspondre à des cibles réelles. Ainsi, tout radar équipé d'un filtrage Doppler ne sera que très peu trompé par les leurres.

Lorsque la discrimination par le glissement Doppler n'est pas possible, dans le cas de navires très lents par exemple, il existe néanmoins d'autres moyens de distinguer une cible d'un leurre. Un véritable écho radar de cible n'est pas la réflexion d'une onde unique renvoyée par un point unique de la cible, mais la superposition d'un grand nombre de petits échos quasi ponctuels qui se chevauchent les uns les autres, créant un système mouvant d'interférences. Ainsi un écho radar de cible est un phénomène fluctuant, et la fréquence de ces fluctuations est une des caractéristiques de la signature radar de la cible. Or, le spectre de fluctuation d'un écho de chaff a peu de points communs avec le spectre d'un écho de navire. L'analyse des fluctuations d'écho est donc un moyen de séparer le vrai du faux.

D'autre part, un radar émet toujours une onde ayant une certaine polarisation, c'est-à-dire une onde dont les vibrations se font dans un certain plan. Éclairons cette notion de polarisation par un exemple: supposons que nous fixions une corde par une des ses extrémités et que, tenant l'autre extrémité à la main, nous lui imprimions des secousses dans tous les sens: la corde va osciller dans toutes les directions.

Supposons maintenant que nous placions l'extrémité libre de la corde, juste avant la main, entre deux planches dressées verticalement et très proches l'une de l'autre: quelle que soit la façon dont nous secouions la corde, elle ne vibrera plus que dans le sens vertical, car les deux planches l'empêcheront d'osciller horizontalement. Son mouvement sera polarisé dans le sens vertical. Pour les ondes électromagnétiques, c'est la même chose: elles peuvent avoir une polarisation rectiligne, horizontale, verticale ou circulaire (tournante). Cependant toute réflexion sur une cible est en partie dépolarisante; cela signifie que l'écho contiendra une part d'énergie possédant une polarisation autre que celle de l'onde incidente. Cette dépolarisation est même fonction de la nature du matériau qui renvoie l'onde: elle peut donc être utilisée pour différencier une cible d'un leurre.

Enfin, le déploiement de chaff dans l'espace ne saurait en aucune façon simuler la véritable forme d'un navire, et, par nature, l'écho d'un nuage de chaff est plus ou moins uniformément réparti sur toute la profondeur de ce nuage. Or, l'évolution actuelle des radars conduit à une précision de plus en plus grande dans l'estimation des distances[4]. Le pouvoir discriminateur d'un radar moderne (c'est-à-dire son aptitude à distiguer deux points séparés) est actuellement en distance, de l'ordre du mètre; il sera bientôt de l'ordre du centimètre. Cette précision, alliée aux progrès constants des capacités de traitement numérique, ouvre des possibilités nouvelles en matière de reconnaissance des formes. L'apparition d'une véritable imagerie radar en temps réel devrait, dans les prochaines décennies, restreindre considérablement le rôle de leurres électromagnétiques.

## Le brouillage

Mais les contre-mesures actives ne se limitent pas aux leurres; elles englobent une autre activité capitale: le brouillage. Pour le grand public, l'aspect le plus familier du brouillage est l'action qui consiste à rendre inaudible une émission de radiodiffusion. Du célèbre «Ici, Londres» de la BBC noyé dans le concert des brouilleurs allemands aux déboires actuels des radios libres, les exemples ne manquent pas de l'utilisation du procédé qui consiste à superposer un signal parasite à un signal utile, afin soit d'occulter, soit de dénaturer l'information contenue dans ce dernier. C'est exactement le même but que poursuivent les systèmes modernes de brouillage actif que nous allons maintenant essayer de décrire. D'emblée, disons qu'il existe deux types de brouillage actif: le brouillage de confusion et le brouillage de déception.

*Le brouillage de confusion* est un brouillage dit «inintelligent», qui se contente d'occulter le signal utile par un signal quelconque, en général un bruit plus puissant que le signal utile.

Par opposition, *le brouillage de déception* est dit «intelligent» parce qu'il superpose à un écho radar un autre écho présentant suffisamment de vraisemblance pour que le radar le considère comme l'onde en retour de sa propre émission.

Pourquoi ne se contente-t-on pas du brouillage de confusion? Tout simplement parce que les progrès des techniques radar améliorent sans cesse leur capacité à extraire un signal d'un environnement bruyant.

Prenons un exemple concret. Vous êtes dans un restaurant particulièrement tapageur. Le volume sonore dépasse celui de votre voisin de table. Pourtant, vous arrivez à suivre sa conversation. Cela, grâce à votre cerveau, qui parvient à extraire le signal utile, en l'occurrence ce que dit votre voisin, du brouhaha ambiant. Soudain, un avion à réaction passe en rase-mottes, et vous perdez le fil de la conversation: vous venez d'être victime d'un brouillage de confusion. Quelques minutes plus tard, à une table voisine, quelqu'un se lève et se met à parler avec force. Votre attention est attirée et, de nouveau, vous perdez le fil de la conversation. Vous avez été victime, cette fois, d'un brouillage de déception. Maintenant que la différence entre les deux types de brouillage a été clairement établie, voyons la façon dont on les obtient, et commençons par les brouilleurs de confusion, ou brouilleurs à bruit.

Leur principe est simple puisqu'ils se contentent d'émettre, dans la direction supposée de la menace et dans la bande de fréquences du radar adverse, un bruit de fond uniforme de grande puissance, de telle sorte que le radar visé ne distingue plus l'écho de sa propre émission.

Notons au passage que l'efficacité d'un brouilleur à bruit ne dépend pas seulement de la puissance de son émetteur, mais aussi de la manière dont cette puissance est focalisée en direction de la menace. C'est pourquoi l'on utilise plutôt la notion de *puissance rayonnée (PR).* La puissance rayonnée par une antenne est fonction de deux paramètres: d'une part, la puissance émise; d'autre part, le cône d'émission de cette antenne. Plus ce cône est étroit, plus la puissance rayonnée est concentrée. On peut donc avoir une même puissance rayonnée, soit en émettant à forte puissance avec une large ouverture de cône (antenne peu directive), soit en émettant à faible puissance, mais dans un cône très étroit (antenne très directive).

L'obtention de fortes puissances d'émission dans les bandes de fréquences radar est un problème ardu qui est aujourd'hui résolu par l'emploi d'amplificateurs à TOP (tubes à ondes progressives), dont la puissance va de la centaine de watts à la dizaine de kilowatts, et qui offrent l'avantage de couvrir de grandes largeurs de bandes. On peut ainsi couvrir la bande de 1 à 16 GHz (gigahertz) avec seulement deux TOP.

Quant aux *antennes d'émission,* la solution la plus simple est d'avoir plusieurs antennes fixes faiblement directives, couvrant chacune un large secteur angulaire. C'est cette disposition qui est le plus souvent retenue sur les avions, où l'on a généralement une antenne qui rayonne vers l'avant et une autre vers l'arrière, et sur les bateaux de petite taille, où l'on a une antenne à tribord et une autre à babord. La seule chose à faire, après détection de la menace par les moyens d'écoute appropriés, est d'orienter l'émission de bruit vers le secteur qui convient.

Toutefois, il semble que *l'avenir appartienne aux antennes très directives,* bien qu'elles présentent deux inconvénients: d'une part, elles sont plus encombrantes; d'autre part, en raison de la finesse de leur pinceau, elles exigent d'être très exactement ajustées à la direction de la menace. Cet ajustement, autrefois mécanique, se fait de plus en plus par des techniques de balayage électronique qui permettent de diriger très rapidement (en quelques millisecondes) un faisceau directif dans l'axe de la menace. Grâce à cette rapidité d'orientation, il est même possible de traiter plusieurs menaces en même temps, et ainsi de faire face à une attaque massive de missiles. Ce point est im-

[4] La mesure de la distance à laquelle se trouve une cible se fait à partir du retard entre le signal émis et l'écho reçu, étant entendu que l'onde radar se propage à la vitesse de la lumière. Un retard de 0,1 milliseconde correspond à une distance de 15 kilomètres.

portant, car les batailles navales de l'avenir seront caractérisées par des tirs en salve de plusieurs missiles, afin, précisément, de saturer les défenses adverses. Le système multifaisceau de Raytheon, utilisé dans la marine américaine, est capable de faire face simultanément à 75 menaces différentes.
Les brouilleurs à bruit sont cependant insuffisants, car, s'ils font perdre au radar adverse l'information concernant la distance qui le sépare de sa cible, ils ne l'empêchent pas de connaître la direction dans laquelle se trouve le brouilleur, donc la cible. Certes, la perte de l'information distance peut être gênante dans le cas d'un radar de veille, où l'opérateur ne voit plus sur son écran qu'un trait continu dans la direction du brouilleur, et non plus un écho ponctuel; mais, dans le cas d'un autodirecteur de missile, elle est beaucoup moins embarrassante. En effet, un autodirecteur possède presque toujours un dispositif qui l'avertit lorsqu'il est brouillé; il fait alors du homing, ou poursuite sur brouilleur, c'est-à-dire qu'il se laisse diriger de façon passive par l'émission du brouilleur. Si celui-ci est installé sur la cible (bateau ou avion), le missile atteindra son but sans coup férir.
Afin d'éviter un aussi fâcheux résultat, digne de l'arroseur arrosé, on fait émettre le brouilleur de façon intermittente, suffisamment longtemps pour que l'autodirecteur perde la notion de distance, mais suffisamment brièvement pour qu'il n'enclenche pas la poursuite sur brouilleur. Si tout se passe bien, l'autodirecteur se remet en mode de recherche de cible: il est donc susceptible de s'accrocher sur un écho de chaff, si le nuage a été déployé au bon moment. (Remarquons en passant que l'efficacité des contre-mesures repose souvent sur l'utilisation combinée de plusieurs moyens. Cela suppose la définition de véritables tactiques, chacune répondant à un type de menace donné.)

## Voleur de fenêtres

A ceux qui trouveraient bien hasardeux de laisser un autodirecteur errer en position de recherche jusqu'à ce qu'il veuille bien s'accrocher sur un nuage de chaff, signalons qu'il existe une méthode plus active pour se débarrasser du missile assaillant: elle consiste à utiliser des brouilleurs spéciaux, dits «voleurs de fenêtre». Ce type de brouilleur est plus exactement un répondeur, c'est-à-dire un récepteur-réémetteur: il reçoit le signal émis par l'autodirecteur du missile, l'amplifie et le restitue avec un retard variable. Pourquoi cette amplification, et pourquoi ce retard? La réponse est simple. En amplifiant le signal avant de le réémettre, le répondeur crée un signal plus puissant que l'écho normal, et le radar assaillant, attiré par cette puissance, la considérera comme l'écho réel et centrera sa «fenêtre de poursuite», c'est-à-dire son dispositif de guidage, sur ce faux écho. D'où le nom de «voleur de fenêtre» donné à ce type de brouilleur. Quant au retard, il a pour but de tromper le radar sur la distance qui le sépare de sa cible: en recevant un écho légèrement retardé, le radar «voit» la cible plus loin qu'elle n'est en réalité. Cependant il la «voit» toujours dans la direction du brouilleur. Cela signifie que, la cible demeurant sur la trajectoire du missile, un impact reste possible, surtout si l'on a affaire à un engin volant à basse altitude.
De plus, là encore des contre-contre-mesures ont été mises en place. Un autodirecteur peut esquiver ce genre de brouillage; par exemple, en cas de dédoublement d'écho, en ne s'intéressant qu'à l'écho le plus proche. Conclusion: le brouillage en distance, s'il est efficace, n'en demeure pas moins insuffisant. Il faut aussi un brouillage angulaire qui perturbe la mesure de la direction dans laquelle se trouve la cible.
Pour cela, la première solution qui vient à l'esprit consiste à ne plus placer le brouilleur sur la cible. Cette idée a donné naissance à toute une série de brouilleurs dénommés out of axis (hors de l'axe). Ce sont soit des brouilleurs à bruit, soit des brouilleurs répondeurs, soit de simples réflecteurs radar passifs. Ces derniers, également appelés «renforçateurs d'écho», ont la propriété de toujours réfléchir les ondes radar dans la direction d'arrivée. Citons dans cette catégorie les réflecteurs de Luneberg ou, plus simplement, les trièdres métalliques bien connus des navigateurs de plaisance (installés au sommet des mâts, ils permettent aux voiliers d'être mieux vus par les radars de navigation des bâtiments de gros tonnage).
L'objectif de tous ces brouilleurs est d'attirer vers eux l'attention des radars ou des missiles adverses, et il existe bien des façons de les déployer. Citons-en quelques-unes, et commençons par *les brouilleurs dits «consommables»* (expandable jammer), parce qu'ils sont prévus pour ne servir qu'une fois. Quand, par exemple, un avion est pris en chasse par un missile, il se protège en larguant un brouilleur de ce type, soit directement en chute libre, soit suspendu à un parachute ou à un petit ballon. C'est d'ailleurs la contre-mesure la plus fréquemment employée à l'encontre des missiles antiaériens à autodirecteur passif infrarouge, qui «accrochent» leur système de détection sur le point le plus chaud de l'avion. Un appareil poursuivi par un tel missile largue un pot chauffant (ou hot dog) dont le rayonnement infrarouge est plus puissant que celui de son moteur.
Une solution plus onéreuse consiste à placer les brouilleurs dans de petits avions sans pilote, que l'on désigne sous le nom de drones. Lorsqu'il s'agit plus spécialement de protéger des navires, on largue des brouilleurs logés dans des bouées ou attachés à des ballons tractés. Contre les missiles mer-mer, on utilise également des hélicoptères transportant au bout d'un câble, à une centaine de mètres sous eux, *des renforçateurs d'écho.* Ce dernier stratagème a été pratiqué avec succès par les Israéliens au cours de la guerre de 1973. A côté de ces méthodes, qui ne sont finalement que des procédés de substitution d'écho, il existe d'autres techniques qui visent à perturber plus ou moins directement le guidage lui-même des engins.
Évoquons rapidement les tactiques d'évolutions aériennes dites de jinking. Lorsque, dans une patrouille, un avion est averti par ses moyens d'écoute qu'il est poursuivi par un radar pointé, tous les appareils de la patrouille entament aussitôt un véritable ballet de figures croisées et entrelacées, tant et si bien que le radar assaillant, confronté à des dédoublements d'échos, saute sans arrêt d'un avion à un autre. Il en résulte une grave perturbation du système de guidage du missile, et de fortes chances pour que ce dernier passe entre les avions sans en toucher aucun.
Ce procédé qui consiste à soumettre un radar à de rapides variations angulaires d'échos est d'ailleurs à la base des techniques de «brouillage coopératif». L'exemple le plus simple est celui de deux navires distants de quelques centaines de mètres et équipés chacun de brouilleurs répondeurs émettant alternativement à une cadence adéquate. Attiré des deux côtés, le missile assaillant finit par se diriger vers un point virtuel, sorte de barycentre radioélectrique situé entre les deux navires.

## Encartomètres

Il n'est pas possible de clore ce panorama des contre-mesures actives sans parler de certaines techniques particulièrement subtiles dont l'objectif est toujours d'empêcher ou de perturber la mesure angulaire effectuée par le radar, mais cette fois en agissant directement sur son système de mesure, en l'espèce sur son *écartomètre.* Qu'est-ce qu'un écartomètre? C'est, dans un autodirecteur, un dispositif qui mesure à chaque instant l'écart entre la direction du missile et celle de la cible. Cette mesure est traduite par un signal, appelé signal d'écartométrie, dont l'amplitude est proportionnelle à l'écart angulaire entre la direction de la ligne de visée de l'antenne et la direction de la cible.

Pour comprendre de quelle façon est élaboré le signal d'écartométrie, et donc de quelle façon on peut le modifier, il nous faut voir d'un peu plus près le fonctionnement d'un radar de poursuite.

Les radars de poursuite sont de deux types: *les radars à balayage conique* (scanning) *et les radars monopulses.*

Arrêtons-nous sur les premiers. Dans un radar à balayage conique, le cône d'émission n'est pas fixe: l'axe de ce cône tourne sur lui-même en décrivant un cône autour de l'axe principal de l'antenne. Pourquoi cette rotation? Disons de manière imagée: pour mieux palper la cible. Il faut en effet savoir que dans un radar, quel qu'il soit (radar de veille ou radar de poursuite), l'énergie rayonnée n'est pas la même dans tout le volume du cône d'émission: elle est plus forte au centre et diminue au fur et à mesure que l'on va vers la périphérie. En conséquence, l'écho renvoyé par une cible est plus ou moins puissant selon la partie du cône à laquelle appartient l'onde incidente: si la cible se trouve en plein centre du cône, l'écho qu'elle renverra sera très important; si, par contre, la cible est touchée par un bord du cône, elle renverra un écho nettement plus faible. En faisant tourner le cône d'émission, on fait constamment varier la zone du cône qui frappe la cible. Il en résulte une succession d'échos des différentes valeurs qui peuvent être graphiquement représentés par un sinusoïde. Lorsque la cible se trouve dans le prolongement direct de l'axe principal de l'antenne, la fraction de cône qui la touche a toujours la même importance, et tous les échos ont la même valeur: la sinusoïde se change alors en ligne plate.

Le principe du guidage angulaire d'un autodirecteur consiste donc à transformer constamment un signal d'écartométrie sinusoïdal en un signal d'écartométrie plat, cela en incurvant sa trajectoire au fur et à mesure de la progression de la cible, afin de toujours rester pointé sur elle.

Imaginons maintenant qu'un brouilleur répondeur placé sur la cible capte les impulsions émises par le radar de poursuite et les réémette puissamment en les modifiant quelque peu de façon qu'elles produisent un signal d'écartométrie sinusoïdal. Le radar va en conclure que son antenne n'est plus exactement dans la direction de la cible et il va corriger sa trajectoire de façon à retrouver un signal d'écartométrie plat. C'est naturellement le brouilleur qui, en modifiant progressivement la modulation des impulsions qu'il réemet, va ramener un signal d'écartométrie plat et donner l'illusion au radar qu'il a retrouvé sa cible. En résumé, le radar va poin-

ter son antenne sur une cible qui n'existe pas, avec toutes les conséquences que l'on imagine pour le guidage du missile ou pour l'orientation des canons s'il s'agit d'une conduite de tir antiaérien.
Un autre moyen de perturber un autodirecteur consiste à tromper son CAG (contrôle automatique de gain). Le CAG est un système annexe que l'on trouve sur les radars de poursuite et dont le rôle est de corriger les fluctuations de l'écho. En effet, plus un radar se rapproche de sa cible, plus l'écho qu'il reçoit est puissant. Or, cette puissance pourrait troubler la bonne marche du radar si elle n'était modérée par le CAG. En termes techniques, on dit que le CAG a pour fonction de centrer sur une valeur moyenne le niveau des signaux reçus de façon à la démoduler à un niveau à peu près constant et indépendant des fluctuations de l'écho. Si maintenant un brouilleur répondeur surajoute à l'écho des impulsions brèves et puissantes, le CAG va les prendre en compte et rabaissera d'autant le niveau général des signaux, ce qui aura pour effet d'occulter presque complètement l'écho. Privé d'information, le système de guidage va se dérégler, et l'autodirecteur se remettra en position de recherche ou bien s'égarera, ayant perdu son cap.

## Brouillage interférométrique

Un autre type de brouillage angulaire, bien connu des spécialistes, est *le brouillage «interférométrique»* (cross eyed, en anglais). Pour l'essentiel, il s'appuie sur le phénomène bien connu des interférences, qu'elles soient lumineuses ou sonores. On sait qu'elles résultent de la superposition de deux vibrations de même longueur d'onde qui s'ajoutent ou se retranchent selon qu'elles sont en phase ou en opposition de phase. Dans le cas précis d'un radar, lorsque les signaux arrivent en opposition de phase, ils s'annulent, et la position de la cible devient indéterminée. C'est cet effet qui est exploité par les brouilleurs cross eyed. La cible à protéger, bateau ou avion, est équipée de deux brouilleurs répondeurs qui, après avoir capté la modulation radar de l'autodirecteur, la renvoient en opposition de phase. Résultat: le radar reçoit en retour un écho nul et n'est plus renseigné sur la direction de sa cible.
Un mot, enfin, sur un dernier type de brouillage angulaire: le brouillage en polarisation croisée. Nous avons vu précédemment ce qu'était la polarisation d'une onde. Or, une antenne radar est étudiée pour recevoir une polarisation donnée (horizontale, verticale, circulaire, elliptique, etc.). Si, par exemple, on envoie à une antenne faite pour recevoir une polarisation verticale des signaux dont la polarisation est horizontale (polarisation «croisée» par rapport à la verticale), cette antenne sera quasiment «sourde» aux signaux en provenance de la cible, et verra, par contre, un écho dans une autre direction. Un brouilleur peut donc exploiter cette situation en émettant dans une polarisation croisée par rapport à celle de l'antenne du radar.
Pour en terminer définitivement avec ce chapitre, il nous faut encore parler d'un dernier type de contre-mesures que l'on pourrait qualifier d'«agressives», parce qu'elles visent non plus à perturber la trajectoire d'un missile, mais à détruire le missile lui-même. Ces contre-mesures «agressives» peuvent se ramener en fait à deux dispositifs offensifs: le canon antimissile et le missile antimissile.

## Canon et missile antimissile

*Le canon antimissile*

est une sorte de DCA spécialement adaptée à la lutte antimissile. Le système le plus sophistiqué en la matière est le Phalanx produit par la firme General Dinamics et en service dans la marine américaine. Il s'agit d'un canon à 6 tubes capable de tirer 3000 obus de 20 mm à la minute. Son magasin contient en général 1000 obus, quantité jugée suffisante par le constructeur pour détruire jusqu'à 5 cibles (missiles ou avions survenant à basse altitude).
La conduite de tir proprement dite est assurée par un radar Pulse Doppler qui prend en charge de façon autonome la veille, la détection, l'évaluation de la mence, la poursuite de la cible et l'ouverture automatique du feu. Au cours du tir, le radar calcule l'écart angulaire entre la cible et la rafale de projectiles, dont certains sont munis de répondeurs radar; il corrige automatiquement la direction du tir en ramenant cet écart à zéro. Des essais ont démontré que ce principe de conduite de tir en boucle fermée était d'une grande efficacité, puisqu'il permet d'obtenir près de 100% de succès sur cible unique et plus de 90% sur cibles multiples.
Selon General Dynamics, le radar du Phalanx serait capable de détecter à «longue distance» des objets de 1 cm de diamètre; il serait même parvenu à suivre la trajectoire d'obus de 127 mm. L'ouverture du feu se déclenche généralement quand la cible est à 1800 m du navire. Dès que le calculateur considère une cible comme «détruite», le sistème prend automatiquement en charge les cibles suivantes, à commencer par la plus proche.

*Le missile antimissile,*

à l'instar du canon antimissile, est le dernier rempart de protection d'un navire. Lorsqu'un engin assaillant est détecté par un radar de veille, l'information est aussitôt transmise à un radar de poursuite, lequel commande le tir d'un missile antimissile pour une interception à courte distance (entre 2 et 6 km). Pourvu d'un détonateur infrarouge de proximité, le missile antimissile explose dès qu'il est parvenu à quelques mètres de sa cible.
Pour être efficace, un missile antimissile doit être capable d'une très grande accélération de départ (de l'ordre de 15 à 20 G, alors que les avions les plus rapides ont une accélération de 6 ou 7 G) et posséder un système de guidage très précis.
Le Sea Wolf, qui équipe la Royal Navy, et le Sea Sparrow utilisé par l'US Navy et, dans des versions quelque peu différentes, par les diverses marines de l'OTAN, font partie des rares antimissiles actuellement opérationnels. Le projet français SAN comportera vraisemblablement un missile télécommandé par un radar de poursuite (situé sur le navire) qui prendra en charge conjointement la cible et l'antimissile et donnera les ordres nécessaires pour aligner le second sur la première.

## Leçon des Malouines

Si l'impact d'un Exocet sur le Sheffield n'a pas marqué la fin de la marine de surface, il a pourtant souligné à quel point la stratégie navale doit évoluer en fonction de la menace représentée par les missiles antinavires. L'Exocet a ainsi assuré sa fonction, c'est-à-dire couler un navire, mais pour l'ensemble des états-majors il a surtout montré, si besoin était, à quel point il existe un déséquilibre entre un avion équipé de missiles et un navire sans protection aérienne.
Ce n'est en effet que pendant les quelques secondes où l'avion ennemi effectue sa désignation d'objectif qu'une détection par le navire est possible. En admettant que l'avion ait été repéré, il se trouve alors hors de portée de l'armement du navire; pour ce dernier, il ne reste plus qu'à détecter le missile tiré par l'avion. Au mieux, le radar de surveillance aérienne du navire pourra «voir» le missile à une vingtaine de kilomètres de distance, mais, dans la pratique, c'est dans les derniers kilomètres qu'il le perçoit, c'est-à-dire dix à vingt secondes avant l'impact. A ce moment, l'autodirecteur du missile est en émission, et les divers moyens d'écoute du navire ne peuvent manquer de la percevoir.
Dans ces conditions un navire isolé n'a pas beaucoup de chances de survie. De son côté, une flotte de haute mer ne pourra se protéger que si elle bénéficie d'un appui aérien important, de telle manière que les avions ennemis soient interceptés avant d'être en mesure de tirer leurs missiles. Cela implique un volume d'auto-défense beaucoup plus étendu qu'autrefois, articulé autour d'un ou de plusieurs porte-avions. Bien évidemment, la manière de disposer les unités d'une flotte dépendra de divers facteurs.
Tout d'abord, la nature de sa mission: simple démonstration de force au large d'un pays, protection d'une zone sous-marine économiquement importante, défense d'un territoire lointain, etc. Cette disposition dépend ensuite de la nature de la menace et, dans le cas qui nous intéresse, c'est-à-dire quand la menace est aérienne, du rayon d'action des avions et des missiles ennemis. En tenant compte de la distance à laquelle se trouvent les bases ou les porte-avions ennemis et de la possibilité d'un ravitaillement en vol, on peut prévoir un cône d'attaque (ou même un cube si les avions peuvent venir de toutes les directions).
Un autre facteur déterminant pour la composition d'une flotte réside dans la nature de ses moyens: ses moyens de détection peuvent être très avancés (satellites, avions AWACS) ou beaucoup plus limités. Ses bateaux, ses avions, son armement la conduisent à se tenir hors de portée de l'adversaire en cas d'avantage de distance de frappe, à se rapprocher au contraire en cas d'infériorité de portée. De plus, ses mouvements seront faits à grande vitesse, de préférence après le passage des satellites espions, afin de conserver sa position secrète pendant quelques heures. Enfin, la météo joue un rôle non négligeable, car si la mer est formée et s'il y a un fort vent, les radars verront en général moins bien au vent que sous le vent; par contre si le temps est beau, les portées radar seront meilleures. De plus, les mouvements d'une flotte dans un combat classique se feront avec un arrière-plan de dissuasion nucléaire, et donc seront bridés par des considérations qui ne s'accorderont pas forcément avec la meilleure stratégie. Ces données étant prises en compte, une flotte répartira ses forces autour d'un cœur constitué d'un porte-avions et de bâtiments de soutien logistique (pétroliers ravitailleurs, navires-ateliers, etc.). Même s'il fait un peu figure de monstre antidiluvien en raison de sa taille, de sa lourdeur et surtout de sa vulnérabilité face à des attaques sous-marines ou pas missiles, le porte-avions est le seul moyen de s'assurer, loin de pays, la maîtrise des airs. Sa puissance étant avant tout celle de ses avions, il y a évidemment des différences notables entre les diverses marines. Des unités

de l'US Navy groupées autour d'un porte-avions susceptible de mettre en œuvre près de 100 avions et hélicoptères, dont des avions d'assaut, de reconnaissance et surtout des avions d'interception extrêmement sophistiqués comme les F 14 Tomcat, qui sont capables d'attaquer 6 appareils ennemis à la fois, ne se comporteront pas comme des unités regroupées autour d'un porte-avions plus modeste.

On a pu constater à quel point la flotte anglaise a été pénalisée dans la guerre des Malouines par le fait qu'elle ne possédait plus, depuis la mise en retraite du porte-avions Ark Royal, que des porte-aéronefs utilisant essentiellement des hélicoptères et des avions d'assaut Sea Harrier. Ces avions, qui ont l'avantage d'être à décollage court ou vertical (ADAC/ADAV), ont le désavantage d'avoir un faible rayon d'action et, surtout, d'être conçus plus pour l'assaut que pour l'interception d'avion ennemis. Il est vraisemblable que les pertes anglaises auraient été moins lourdes s'ils avaient pu s'assurer une plus grande maîtrise des airs, c'est-à-dire s'ils avaient eu de véritables porte-avions, comportant à la fois des avions d'assaut et des avions d'interception (cas du Ark Royal). On peut maintenant supposer que, à la suite de cette guerre, les crédits qui devaient être utilisés pour la dissuasion nucléaire seront en partie réorientés vers la marine traditionnelle. On peut aussi supposer qu'en France la décision de construire 2 porte-avions nucléaires (destinés à remplacer le Foch et le Clemenceau au début des années 1990) sera activée pour la même raison.

Le porte-avions et les bâtiments de soutien logistique et de débarquement seront escortés par diverses frégates et des bâtiments lance-missiles destinés à assurer une protection immédiate anti-sous-marine et antiaérienne. Ensuite, un certain nombre de barrages successifs seront établis autour de ce cœur afin de lui assurer un volume de sécurité suffisant. On disposera également une série de navires lance-missiles à environ 100 milles nautiques du porte-avions. Ces bâtiments serviront de piquet rapproché, c'est-à-dire étendront la zone contrôlée par les radars du porte-avions. Ensuite, une deuxième série de navires lance-missiles sera établie en piquet radar éloigné, soit à 200 nautiques environ du porte-avions. Ces bateaux, associés aux avions de veille éloignée, assureront une extension suffisante de la zone de détection pour que la flotte ne soit exposée aux attaques ennemies. Par contre, ces éclaireurs seront eux-mêmes particulièrement vulnérables.

En théorie, une escadrille ennemie désireuse d'aller couler la cible privilégiée que représente le porte-avions devra d'abord passer le premier piquet radar, s'exposant par la même à être attaquée par les missiles mer-air des navires; elle devra ensuite franchir le second piquet radar et elle risquera alors d'être attaquée par la chasse embarquée sur le porte-avions. Ce n'est qu'après cette double épreuve qu'elle pourra larguer ses missiles (par exemple à une distance qui correspond à la portée d'un Exocet AM 39, soit environ 70 km). A ce moment-là, il ne restera plus aux navires qu'à lancer leur arsenal de contre-mesures électroniques, nuages de chaff et autres brouillages et, en dernier recours, si le missile n'a pas été détourné, à utiliser leurs éventuels missiles anti-missiles, canons Phalanx ou, pourquoi pas, à tirer simplement de gros obus en direction du missile, en espérant qu'une gerbe d'eau le déviera au passage.

L'avènement des missiles antinavires n'a pas fait que souligner l'importance des porte-avions; ces missiles à petite charge étant davantage conçus pour blesser et rendre inutilisable un navire que pour le couler, le blindage qui avait été plus ou moins abandonné pourrait redevenir d'actualité. Il conviendrait également de repenser la structure interne d'un navire, que ce soit en protégeant mieux le centre d'opérations, autrement dit le système nerveux électronique du bâtiment, ou en prévoyant des corridors d'accès aux machineries moins larges, afin de pouvoir contrer plus aisément les incendies, ou encore en utilisant l'acier plutôt que l'aluminium.

Sur ce dernier point, l'incendie de la frégate Antelope est un exemple à méditer: l'aluminium dont le point de fusion est assez bas (660°) brûle facilement à l'air libre et rend donc la lutte contre les incendies extrêmement difficile. Évidemment, ce genre d'améliorations se fait au détriment du navire, tout du moins au détriment du confort des marins.

L'avènement des missiles n'a donc pas périmé les marines de surface, mais il a contribué à diminuer le fossé existant entre les grandes et les petites marines. Un petit pays qui aurait beaucoup de côtes à défendre et peu de territoire à protéger pourra s'équiper à moindres frais de vedettes lance-missiles capables d'attaquer les plus puissants croiseurs.

## Zusammenfassung

*Der Kampf auf See:*
*eine Angelegenheit der Elektronik*

Im modernen Kampf wird die Elektronik immer mehr das dominierende Element. Der Kampf auf See kann dieser Tatsache auch nicht entkommen, denn auf eine mit 1000 km/h annahende Rakete ist nur mit einer raschen, also automatischen Antwort eine Rettung des Schiffes möglich.

Die neuen (modernen) Feinde der Seeflotte sind:

- *die See-See-Rakete:* von einem Schiff abgefeuert und auf ein Schiff gerichtet;
- *die Luft-See-Rakete:* von einem Flugzeug oder Helikopter abgefeuert und auf ein Schiff gerichtet;
- *die See-Luft-Rakete:* von einem Schiff abgefeuert und auf ein noch zu identifizierendes Luftziel gerichtet.

Die verschiedenen Raketentypen unterscheiden sich durch andersartige Antriebe (Treibladung oder -motoren), durch die «Radar-Silhouette» (je kleiner desto weniger sichtbar), ihre Sprengladung und Geschwindigkeit, ihre Reichweite und Steuerung. Man kennt fünf verschiedene Steuerungsarten:

1. *Drahtsteuerung,* die Rakete ist durch einen Draht mit der Kommandostelle verbunden, ihre Reichweite beträgt 3–5,5 km.
2. *Funksteuerung,* die Befehle werden der Rakete per Funk übermittelt.
3. *«Aktive» Steuerung,* vor dem Abwurf wird die genaue Position des Zieles dem eingebauten Rechner eingegeben, was einen autonomen Flug bis wenige Kilometer vor das Ziel ermöglicht, danach führt das eingebaute Steuersystem (mit Radar) die Rakete automatisch ins Ziel.
4. *«Semiaktive» Steuerung,* die Rakete verfügt über keinen eigenen Radar, sondern wird durch die Echosignale des abwerfenden Flugzeugs oder Schiffes ins Ziel geführt.
5. *«Passive» Steuerung,* die Rakete wird durch Funkradar oder Infrarotsignale, die vom Ziel ausgestrahlt werden, gesteuert.

Die Elektronik, im besonderen der Radar, nimmt in der Raketentechnik einen breiten Platz ein, und es ist nicht verwunderlich, dass diese Elemente auch in den Gegenmassnahmen anzutreffen sind.

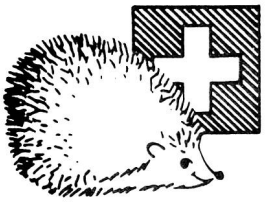
*Passive Gegenmassnahmen* haben das Ziel über die durch den Gegner getroffenen Massnahmen zu informieren und klären Funk, Radar und andere Radiationen auf. Entsprechende Systeme verfügen in der Regel über einen Breitbandempfänger, einen Rechner und eine Visualisierungskonsole.

*Die aktiven Gegenmassnahmen* verhindern den gegnerischen Mitteln ihr Ziel zu erreichen durch Stören von dessen Radarsignalen. Darunter der *«chaff»,* englischer Ausdruck für eine Wolke, die aus Millionen von Partikeln besteht, die elektromagnetische Ausstrahlungen leitet oder reflektiert, und dient der Vortäuschung eines Zieles. Das *Stören* kann nicht «intelligent» sein, dabei geht es darum, das Nutzsignal, z. B. eines Radars, durch ein stärkeres zu stören. Beim «intelligenten» Stören wird das Störsignal dem Nutzsignal ähnlich sein, um so zur Täuschung zu führen.

Die *Anti-Raketen-Kanone* ist eine Art Flab-Kanone, die gegen Raketen eingesetzt wird (sechsrohrige, radargesteuerte Kanone, die 3000 20-mm-Geschosse in der Minute auswerfen kann).

Die *Anti-Rakete-Rakete* wird nach der Radarerfassung der gegnerischen Rakete automatisch abgefeuert und wird auf einer Reichweite von 2–6 km eingesetzt. *Sch.*


ALLE REDEN VOM FRIEDEN



UNSERE ARMEE SCHÜTZT IHN!