

NEUVIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

NICE du 16 au 20 MAI 1983

POST-TRAITEMENT EN SONAR ACTIF

Pierre ALINAT, Michel DEL GIUDICE

THOMSON-CSF, Division des Activités Sous-Marines, Chemin des Travaux, B.P. 53 06801 CAGNES-sur-MER CEDEX

RESUME

On présente ici un système de post-traitement en sortie de réception d'un sonar actif panoramique, en vue d'apporter une aide à la décision pour l'opérateur. Trois étapes principales composent le traitement :

- . Normalisation,
- . Détection-Estimation de paramètres,
- . Initialisation et poursuite.

Une attention particulière sera portée aux images issues du traitement et à l'architecture du système.

SUMMARY

This paper is concerned with the design of a post processor system applicable to modern panoramic active sonars, providing a help for operators.

It is based on three steps :

- . Normalization,
- . Detection and parameter estimation,
- . Initialization and tracking.

Special attention will be given on images and system architecture.



1. - INTRODUCTION.

Dans le domaine sonar actif, l'exploitation directe des données issues du récepteur par un opérateur surveillant une console de visualisation dégrade sensiblement les performances opérationnelles.

En effet, l'amélioration de la résolution spatiale et temporelle des sonars modernes implique aujourd'hui un débit d'information très important, et les capacités de perception humaines deviennent rapidement inadaptees.

Il s'avère donc nécessaire d'effectuer un post-traitement en aval du récepteur, en présentant une image synthétique à l'opérateur, lui permettant de disposer d'un outil efficace d'aide à la décision. Celui-ci devra avoir la possibilité, suivant le contexte de la situation, de visualiser sous différents aspects les informations délivrées par le sonar.

2. - PRESENTATION FONCTIONNELLES DES ETAPES DU POST-TRAITEMENT.

2.1. Normalisation.

Dans tout système de traitement de signal, la détection nécessite d'effectuer une estimation des paramètres du bruit perturbant le signal. Il est donc ici nécessaire d'associer à chaque donnée issue du récepteur sonar (alarme) une grandeur caractérisant la valeur relative de l'amplitude de l'alarme à la puissance du bruit l'environnant : c'est l'étape de normalisation. En considérant comme significatifs les moments du premier (m) et du deuxième ordres (σ) du bruit, on peut associer à l'alarme d'amplitude A , une valeur normalisée, $A_N = \frac{A-m}{\sigma}$, qui permet de ramener le signal autour d'une moyenne nulle avec un écart type constant.

L'évaluation simultanée de ces deux paramètres nécessite une longueur d'estimation suffisamment grande pour minimiser la variance d'estimation tout en s'assurant de la stationnarité (spatiale et temporelle) du bruit. On utilise ici les techniques classiques basées sur l'évaluation de m et σ le long de fenêtres temporelles adaptées à la bande B des codes émis (fenêtre centrée utilisant un tri, σ approximé par $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - m|$).

Cette normalisation est effectuée en parallèle sur deux types de signaux issus du récepteur. En effet les cibles peuvent avoir des longueurs apparentes différentes (correspondant à des alarmes de durée variable) et l'on peut donc :

- . Utiliser pleinement la résolution du sonar pour s'adapter aux cibles se présentant par le travers (signaux issus d'un trajet direct),
- . Post-intégrer sur des cibles longues en vue d'améliorer le rapport signal sur bruit (signaux issus du trajet intégré).

L'opérateur a alors à sa disposition, et en temps réel, une image associée aux alarmes normées, c'est l'image vidéo Brute.

2.2. Détection - Estimation de paramètres.

a) Détection :

En vue d'une réduction du flot de données pour la suite du traitement, l'opération détection va consister à fixer une valeur supérieure au nombre d'alarmes à prendre en compte par récurrence.

- Après éventuellement élimination des alarmes parasites dues aux lobes secondaires de l'antenne (pour les échos à fort rapport signal à bruit), l'opérateur peut déclencher une inhibition dans une voie donnée, toutes les alarmes associées seront alors retirées. On cherche ensuite tous les maxima locaux sur chaque cercle distance.
- Il est d'autre part possible de ponctualiser les cibles pour éviter qu'un écho fort ne donne lieu à la sélection de plus d'un point (on conserve alors ce point en inhibant ses voisins) et ceci en utilisant les informations provenant des trajets directs et intégrés.
- De plus, considérant que les buts sonar sont a priori répartis uniformément sur la surface, les points détectés doivent l'être également. On ne sélectionne donc pas les N plus fortes alarmes sur la surface, mais les $\frac{N}{P}$ plus fortes réparties dans p secteurs. On réalise ainsi une équipartition géographique des alarmes. Typiquement, l'ensemble de ces opérations conduit, dans le cas d'un sonar à 48 voies préformées et en longue portée, à 800 points détectés par récurrence ; la probabilité de fausse alarme associée est de 10^{-2} environ.

b) Estimation de paramètres :

De manière à compléter les informations disponibles pour chaque point détecté (amplitude normalisée, distance) deux grandeurs supplémentaires sont évaluées :

- . un azimut fin par interpolation sur les amplitudes des voies adjacentes (non normées)
- . une cohérence azimutale caractérisant l'étendue spatiale du point.

c) Changement d'origine :

Toutes ces opérations étant effectuées en temps réel (et le sonar étant éventuellement remorqué), il est nécessaire de référencer les coordonnées des positions des points (au moment où ils sont touchés par l'impulsion) par rapport à une origine fixe (par exemple la position du porteur au moment de l'émission).

L'opérateur dispose alors d'une image associée aux points détectés durant une ou plusieurs récurrences successives : c'est l'image multipoint.

2.3. Initialisation et poursuite de pistes.

Il s'agit dans cette étape d'étudier les corrélations entre les points détectés le long de récurrences successives, c'est-à-dire décider si telle suite de points constitue ou non les échantillons successifs d'une cible éventuelle se déplaçant sur une certaine trajectoire (appelée piste). A chaque récurrence, un certain nombre de pistes sont entretenues par association point-piste, c'est le problème de la poursuite : puis la création de nouvelles pistes pose le problème de l'initialisation.

a) Poursuite :

Par opposition au radar, le filtrage optimal de pistes sonars se heurte à deux difficultés ; la trajectoire est faiblement échantillonnée (un filtre de Kalman d'ordre élevé ne serait ici guère utile) et il existe une grande incertitude sur la position des points. Il en découle la nécessité d'un filtre de poursuite associé à un détecteur de manoeuvre approprié.

Pour chaque piste et pour chaque récurrence, l'association point piste est réalisée de la manière suivante :

- Autour du dernier point de la piste on sélectionne rapidement les points appartenant à une surface S_1 dont les dimensions sont liées aux contraintes de trajectoire et aux imprécisions des positions des points⁽¹⁾.
- Un filtrage de type α - β , adapté aux trajectoires rectilignes, fournit un point prédit P_p pour la piste en cours.

Autour de ce point prédit on peut centrer une surface S_2 plus "fine" ($S_2 \subset S_1$) définie en coordonnées polaires où l'on recherche les points de la récurrence actuelle.

- Pour s'adapter aux manoeuvres éventuelles on peut d'autre part construire une surface S_3 ($S_3 \subset S_1$), centrée sur le dernier point de la piste et dont la forme et les dimensions sont adaptées à un changement de trajectoire.

Si l'on obtient plusieurs points appartenant à S_2 ou S_3 , on sélectionne dans chaque cas le point d'amplitude maximale. On associe alors un ou 2 points à la piste en les affectant d'un rapport de vraisemblance approximatif n lié à la position du point par rapport au centre de chaque surface. Si aucune association n'est trouvée, on associe le point prédit à la piste (interpolation). Après association, on rafraîchit la piste en déterminant un estimé filtré (en position et en vitesse) du dernier point.

On calcule ensuite un rapport de vraisemblance Λ (appelé note) pour la piste j à la récurrence K :

$$\Lambda_j(K) = \Lambda_j(K-1) + f(S_j, n_j) \quad \text{où } f(S_j, n_j) \text{ est une}$$

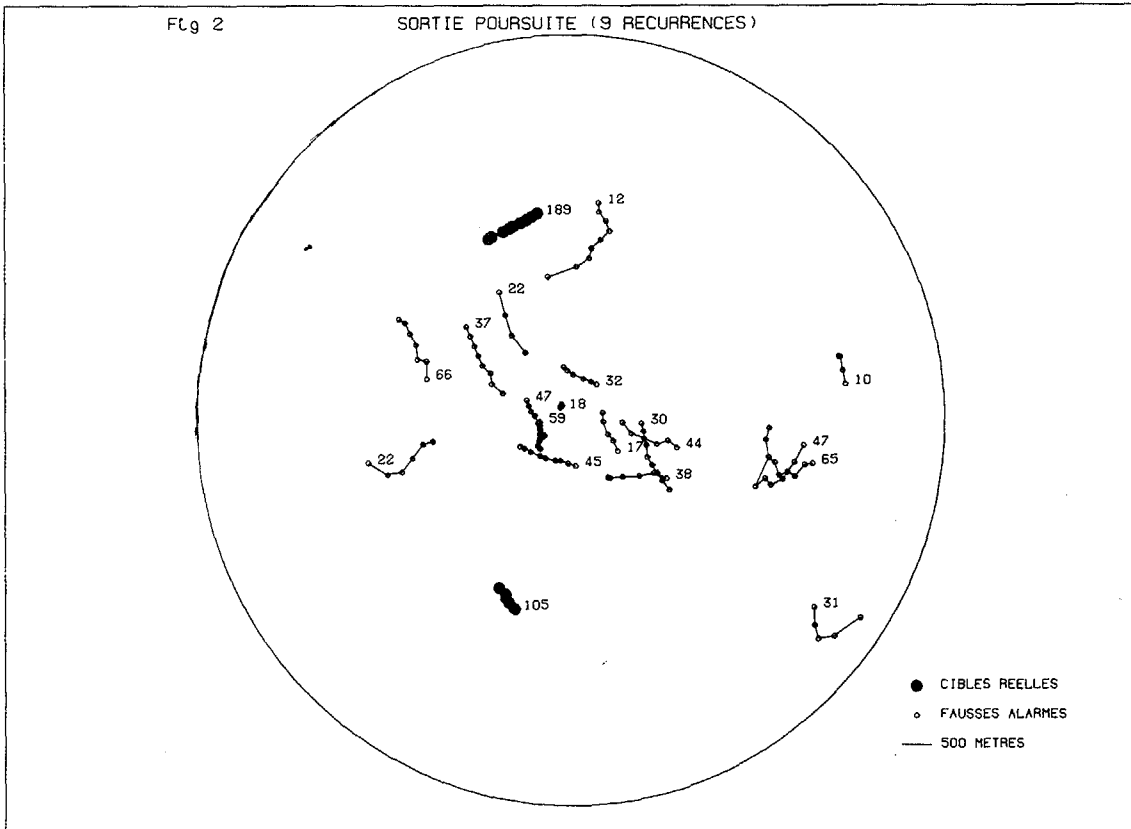
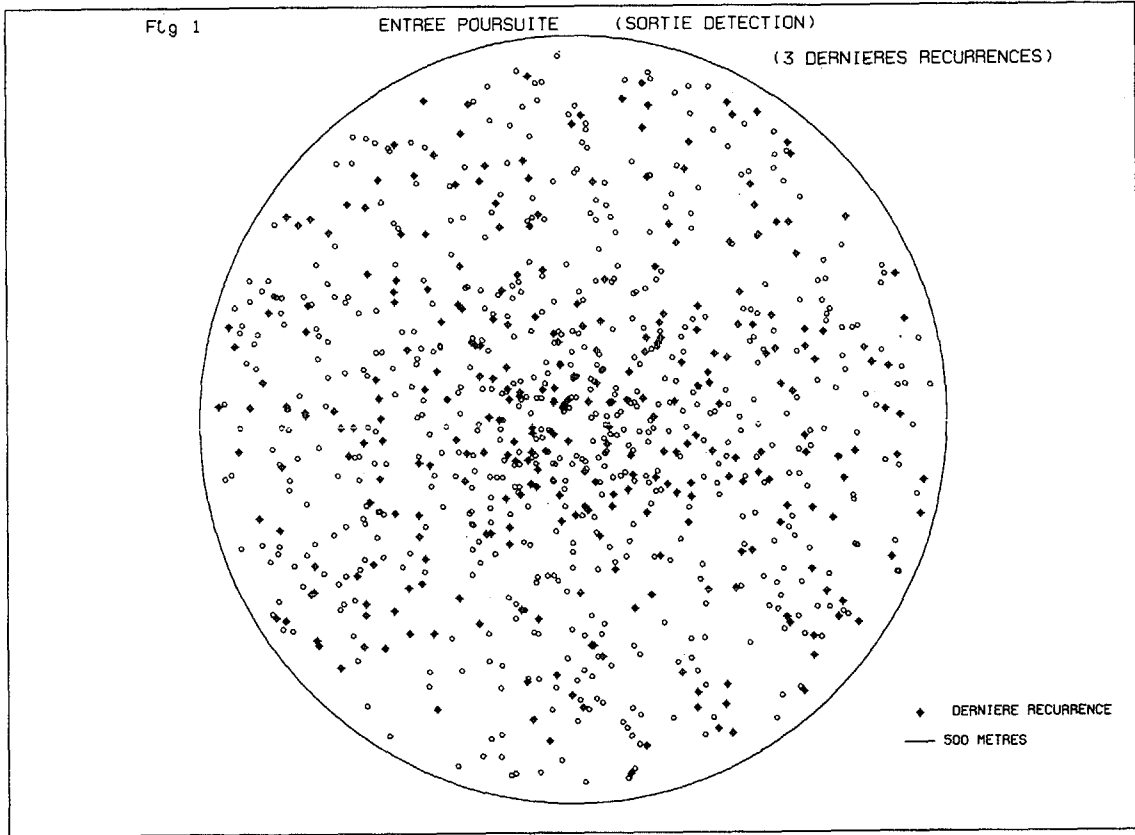
fonction dépendant du type d'association effectué (par S_2 , S_3 ou pas d'association trouvée), du signal à bruit et de la position du point.

On évite la divergence éventuelle du nombre de pistes de la manière suivante :

- . L'interpolation (trou d'association) n'est pas permise au-delà de 3 récurrences consécutives.
- . Dans le cas de pistes "fourchues" (association dans S_2 et S_3) on choisit la piste de meilleure note lors de divergence.
- . Les pistes de vitesses filtrées trop élevées sont éliminées ainsi que les pistes dont les notes sont trop faibles.



POST-TRAITEMENT EN SONAR ACTIF



CONCLUSION.

Le but du système de post-traitement présenté ici est de permettre à l'opérateur de disposer clairement en temps réel, et sous un faible volume de matériel, de tout le potentiel d'information présent à la sortie d'un récepteur sonar. L'efficacité du couple opérateur-visualisation s'améliorant, les performances globales du système sonar en bénéficieront.

REFERENCES.

- (1) R.E. LOFFERTS
"Calculation of the correlation region size for
use with alpha-beta tracking filters"
NAFEC Report (AP 1979)
- (2) Strategies for automatic track initiation
AGARD Conference (1979)



Le croisement de piste est cependant permis par les algorithmes. De manière à visualiser rapidement les pistes à notes élevées, celles-ci sont traitées en priorité. Les pistes restantes terminées, tous les points associés sont retirés de la récurrence ; on peut alors envisager l'initialisation de nouvelles pistes.

b) Initialisation (2) :

Elle s'effectue tout d'abord sur 3 récurrences successives en appairant tous les points des 2 récurrences antérieures satisfaisant aux contraintes de trajectoires ; sur le dernier point de chaque paire, on cherche par analogie avec le paragraphe précédent, les associations par S_1 et S_2 . On recherche donc 3 points équidistants et alignés, aux incertitudes de positions près. Les initialisations sur trois points terminés, les points correspondants sont retirés de la récurrence et l'on effectue des initialisations sur 2 points pour tous les points d'amplitude supérieure à un seuil (pour limiter le nombre de combinaisons possibles). Chaque piste se voit alors attribuer un rapport de vraisemblance, c'est la note d'initialisation.

A l'issue des étapes a) et b), l'opérateur dispose d'une image piste.

3. - EXEMPLE DE RESULTATS.

La mise au point et les tests des algorithmes précédents ont été effectués sur un ordinateur DEC VAX 11/780. Les figures présentées sont associées aux sorties détection et poursuite (après norme) après traitement effectué sur des enregistrements réels :

- . Fig. 1 : Visualisation de 3 récurrences successives après l'étape de détection, la dernière récurrence étant symbolisée par un caractère spécial ; c'est l'entrée de l'étape de poursuite-initialisation qui est donc représentée ici.
- . Fig. 2 : Présentation des 20 pistes de meilleure note après 9 récurrences successives. Chaque piste comporte sa note, positionnée autour de la dernière récurrence.

4. - ARCHITECTURE MULTIPROCESSEUR.

L'ensemble du système se compose d'un bac de post-traitement et d'un bac gestion de la visualisation, le tout formant un ensemble compact dont les dimensions avoisinent celles du récepteur (1 bac 400 x 270 x 160 mm). L'implantation des algorithmes précédents s'est effectuée sur une architecture multiprocesseurs multitâche construite en utilisant des microprocesseurs 68000 Motorola (Horloge 8 MHz). Dix processeurs assurent en temps réel les fonctions du traitement en échangeant les informations à travers un bus commun et une mémoire commune (RAM 144 Koctets). La communication entre le bac post-traitement et le bac visualisation s'effectue par liaison HDLC (500 Kbits/s).

5. - IMAGES.

L'opérateur dispose de deux écrans haute résolution couleur sur lequel il peut visualiser au choix les étapes du post-traitement :

- . Vidéo brute : les alarmes provenant des voies normalisées sont représentés en coordonnées azimut distance (non conforme). L'opérateur dispose de l'amplitude normée de chaque alarme (correspondant au maximum des amplitudes trajets directs et intégrés). Cette amplitude est codée sur 5 niveaux de couleur, l'obtention d'une persistance synthétique étant permise. L'opérateur peut en outre initialiser et baptiser jusqu'à 5 pistes préférentielles extraites de la partie poursuite du traitement, et ceci par affichage en superposition sur les données normées.
- . Vidéo multipoint : La représentation est ici en coordonnées polaires (représentation conforme). L'opérateur peut disposer d'un historique des points détectés contenant au maximum 18 récurrences, dont la plus récente est représentée en surbrillance. Le codage en couleur tient compte de l'amplitude normée et de la cohérence azimutale. L'image peut être décentrée et agrandie en tout point (zoom 1-2-4-8). On peut tout comme sur l'image brute, superposer l'initialisation et le baptême de 5 pistes préférentielles.
- . Vidéo piste : Le codage couleur est associé à la note de la piste, le dernier point étant affecté d'une surbrillance, seules les pistes dont la note dépasse un certain seuil étant visualisées. Toutes les possibilités de l'image multipoint sont permises.