

SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

91/1



NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA
REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES *

D. LEBARBE

G. GRALL

J JOSEPH

THOMSON-CSF - DASM
Route du Conquet - 29283 - BREST CEDEX

RESUME

Les performances d'un sonar destiné à détecter les objets reposant sur le fond de la mer, sont limitées par la réverbération de fond. Pour améliorer le contraste entre écho et réverbération, on propose d'intégrer point à point, les images associées à plusieurs récurrences successives. L'efficacité d'un tel traitement repose sur l'hypothèse que la réverbération est décorrélée d'une récurrence à l'autre alors que l'intensité de l'écho est corrélée.

Après un rappel du gain du traitement sur bruit gaussien, stationnaire, nous présentons les résultats de campagnes de mesures menées en mer sur différents types de fonds avec différents objets (mire, cylindre, sphère, etc ...).

Les gains mesurés dans chaque cas mettent en évidence la décorrélation du signal de réverbération d'une récurrence à l'autre.

SUMMARY

The capability of detecting targets laying on the seabed by acoustic means, is limited by bottom reverberation produced by the surroundings of the target. In order to increase the echo to reverberation ratio, a point to point integration over several successive sonar pictures is proposed.

The efficiency of such a processing is related to the fact that reverberation is not correlated from one picture to the following one while the level of the target signal is correlated.

The gain of this processing against stationary gaussian noise is reviewed. The results of sea trials using different targets (calibrating target, cylinder, sphere...) laying on different kinds of bottom are presented.

In each case the increase in signal to noise ratio has been measured, demonstrating the decorrelation of bottom reverberation from one picture to the following ones.

* Etude soutenue par le Groupe d'Etudes sous-Marines de l'Atlantique - BREST (FRANCE)



AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES

1. INTRODUCTION

Les performances en détection d'un sonar destiné à détecter les objets reposant sur le fond de la mer sont déterminées par le contraste entre l'écho et, d'une part
 - le bruit (bruit électrique ou bruit propre du bâtiment),
 d'autre part
 - la réverbération de fond.
 Les caractéristiques du sonar (énergie de l'impulsion sonar, fréquence d'émission) sont choisies de telle sorte que le contraste écho-bruit soit généralement suffisant en limite de portée. Ainsi les performances du sonar sont-elles le plus souvent limitées par la réverbération de fond.

Pour améliorer le contraste écho-réverbération (et accessoirement le contraste écho-bruit), on propose d'appliquer à chaque cellule d'analyse de l'image, issue d'un traitement temporel du type détection - intégration, une intégration de récurrence à récurrence. L'efficacité d'un tel traitement repose sur les hypothèses suivantes :

- l'écho est corrélé d'une récurrence à l'autre : ceci suppose, ou bien que le bateau soit fixe, ou bien que ses mouvements soient mesurés et que l'on "recalcule" les images avant intégration.
- le bruit et la réverbération sont décorrélés d'une récurrence à l'autre; en ce qui concerne le bruit, cette hypothèse est sans nul doute légitime. Par contre, il n'est pas évident a priori que la réverbération de fond soit décorrélée, dans la mesure où l'on corrige les mouvements du bateau.

L'intérêt de l'étude présentée ici est de montrer expérimentalement que la réverbération est effectivement décorrélée (du moins partiellement): ceci s'explique par le fait que, lorsque le bateau est à l'arrêt, il subsiste de petits mouvements (translations dues au roulis et au tangage, jitter sur la stabilisation de l'antenne) et que, lorsqu'il est en mouvement, l'index de réverbération dépend de l'angle sous lequel la cellule d'analyse est observée.

2. RAPPELS THEORIQUES

L'intégration de récurrence à récurrence est une technique couramment employée en radar, et dont la théorie est bien connue. On se contentera ici d'une théorie très simplifiée.

La chaîne de traitement est la suivante :

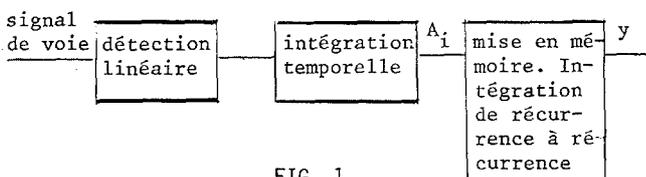


FIG. 1

Intégration pure

Elle s'écrit : $y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S + B_i)$

où : S est l'écho, supposé constant d'une récurrence à l'autre, et B_i est le bruit (ou la réverbération). On fera les hypothèses suivantes sur le bruit :

- B_i gaussien additif : cette hypothèse n'est justifiée que si la constante de temps d'intégration temporelle est grande. Dans le cas contraire la théorie n'est valable qu' asymptotiquement, lorsque n est grand.
- B_i de moyenne m et de variance σ_e^2 (B_i = m + b_i)
- B_i blanc, stationnaire

Le gain sur écho étant égal à 1, on définit le gain en contraste écho/bruit comme étant le rapport des variances du bruit à l'entrée et à la sortie :

$g = \sigma_e^2 / \sigma_s^2 = n$

ou : $G = 10 \log g = 10 \log n$

NB : Cette définition du gain est "locale"; elle n'est introduite que pour comparer les résultats expérimentaux à la théorie et vérifier ainsi l'hypothèse de décorrélation.

De manière rigoureuse, le gain serait défini comme le gain dans le rapport signal à bruit nécessaire avant détection linéaire pour obtenir une probabilité de détection et une probabilité de fausse alarme données en sortie du traitement.

Intégration du type RC

Elle s'écrit : $y_i = \alpha A_i + (1 - \alpha) y_{i-1}$ (1)

- Le gain du filtre sur écho est encore égal à 1. La variance de sortie s'écrit :

$\text{var}(y_i) = \alpha^2 \text{var}(A_i) + (1 - \alpha)^2 \text{var}(y_{i-1})$

car y_{i-1} ne dépend que des A_{i-1}, A_{i-2}, ...
 A l'équilibre : $\text{var}(y_i) = \text{var}(y_{i-1}) = \sigma_s^2$
 d'où, sachant que $\text{var}(A_i) = \sigma_e^2$

$G = 10 \log \frac{\sigma_e^2}{\sigma_s^2} = 10 \log \frac{2 - \alpha}{\alpha}$

3. MESURES ET RESULTATS

Les résultats présentés ci-dessous ont été obtenus au cours de deux campagnes de mesures menées en mer sur différents types de fond : roche, sable ou gravier. Deux types de traitements ont été effectués :

- Première campagne : traitement en temps différé sur une seule voie du sonar détecteur.
 - Deuxième campagne : traitement multi-voies en temps réel sur une portion du terrain.
- Le sonar détecteur utilisé avait les caractéristiques suivantes :
- Durée d'émission 500 µs (résolution en distance 37,5cm)
 - largeur des voies en gisement 0,8°
 - Secteur couvert 50° (64 voies)
 - Portée 600 m (récurrence 800 ms)

On a utilisé un filtrage RC, récursif (§ 2) ce qui limite la capacité de mémoire nécessaire.

Les coefficients α choisis sont de la forme :

$\alpha = 2^{-m} \quad 1 \leq m \leq 5.$

Dans ces conditions les gains théoriques possibles sont :

	m	1	2	3	4	5	
	G	4.8	8.5	11.8	14.9	18	dB
Cons-	tante RC	2	4	8	16	32	Récurrences.



AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA
REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES

On a mouillé 3 types de cible :

- . 1 sphère ϕ 1 m
- . 1 cylindre L = 2 m ϕ = 0.5 m
- . 1 mire icosaèdre.

a) Enregistrements monovoie et dépouillement en temps différé.

Cette campagne a consisté en l'enregistrement sur enregistreur magnétique 14 pistes (standard IRIG group I FM, BP = 20 kHz) de récurrences sonar successives prises sur une voie.

Le dépouillement s'est effectué à terre en temps différé par :

- numérisation du signal sonar (8 bits)
- acquisition par un ordinateur
- intégration suivant la formule (1) pour différentes valeurs de α
- tracé des résultats sous forme de signal temporel intégré
- calcul de variance.

La courbe ci-dessous donne les gains moyens obtenus suivant le type de terrain.

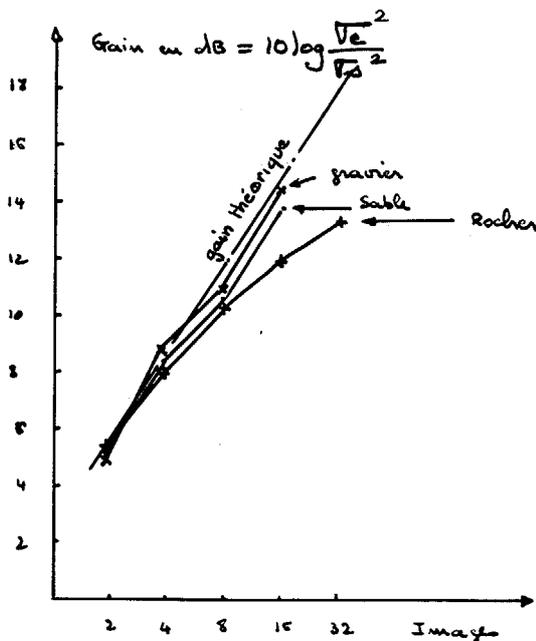


FIG. 2

Les planches jointes en annexe représentent les signaux temporels enregistrés sur une voie sonar dans les conditions suivantes :

- Planches I(a) à I(d) : Mire icosaèdre à 400 m
sphère à 240 m
cylindre à 170 m
Types de fond: -gravier
-cailloux
Bâtiment à l'arrêt
- Planches IIa, IIb : Mire icosaèdre à 420 m
Types de fond: -gravier
-cailloux
Bâtiment à l'arrêt
- Planches IIIa, IIIb : Mire icosaèdre à 400 m
sphère à 250 m
types de fond: roche et sable
bâtiment à l'arrêt.

On notera en limite de portée l'efficacité du traitement sur le bruit électrique du sonar.

b) Traitement bidimensionnel sur une fraction de l'image sonar

Afin de tester l'efficacité de l'intégration sur des images complètes, le traitement (fig.3) a été généralisé à l'ensemble des voies du sonar. Ce traitement réalise simultanément le recalage et l'intégration des images, stockées dans une mémoire digitale. Le recalage est réalisé à l'aide des informations de vitesse délivrées par un sonar de navigation à effet Doppler. Les images sont présentées en temps réel sur écran cathodique (ex: photos jointes). Le calcul de la variance a été effectué en temps différé à partir de l'enregistrement de huit lignes vidéo comprenant au total 512 points de l'image sonar.

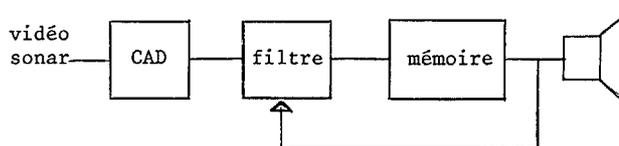


FIG. 3

La Figure 4 résume les gains obtenus sur la réverbération, bâtiment fixe et en mouvement. Les mesures avec bâtiment en mouvement ont été faites à deux et quatre noeuds. Le mouvement n'a pas apporté de gain supplémentaire mesurable, dans la limite de la précision de l'estimation de variance.



AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA
REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES

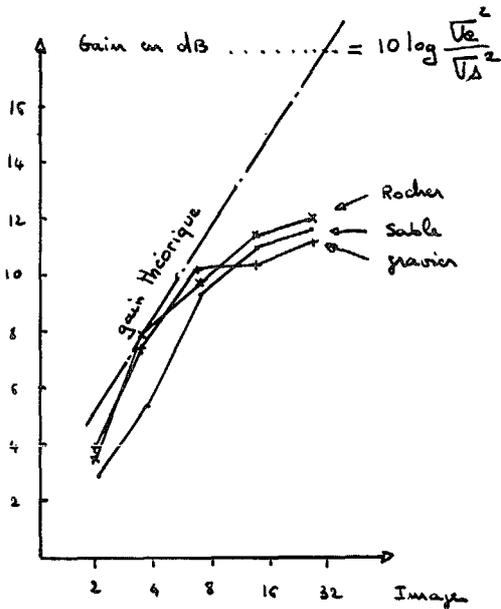


FIG. 4

4. CONCLUSIONS

Les deux campagnes de mesure ont confirmé l'efficacité du traitement d'intégration sur les signaux sonars. Il est efficace sur tous les types de terrain et permet de lutter contre :

- les fluctuations de la réverbération
- le bruit thermique du récepteur.

Il doit donc permettre :

- de limiter les fausses alarmes
- d'augmenter la probabilité de détection (augmentation du contraste)
- d'augmenter la portée de détection du sonar (lutte contre le bruit électrique).

On peut s'attendre à une réduction de la variance de la réverbération dans un rapport 3 à 10 suivant le filtrage.

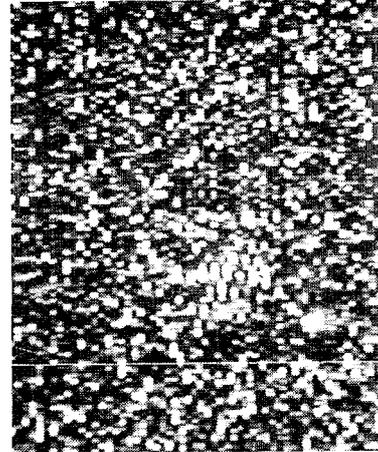


IMAGE SONAR*, SANS INTEGRATION
DISTANCE 300 m

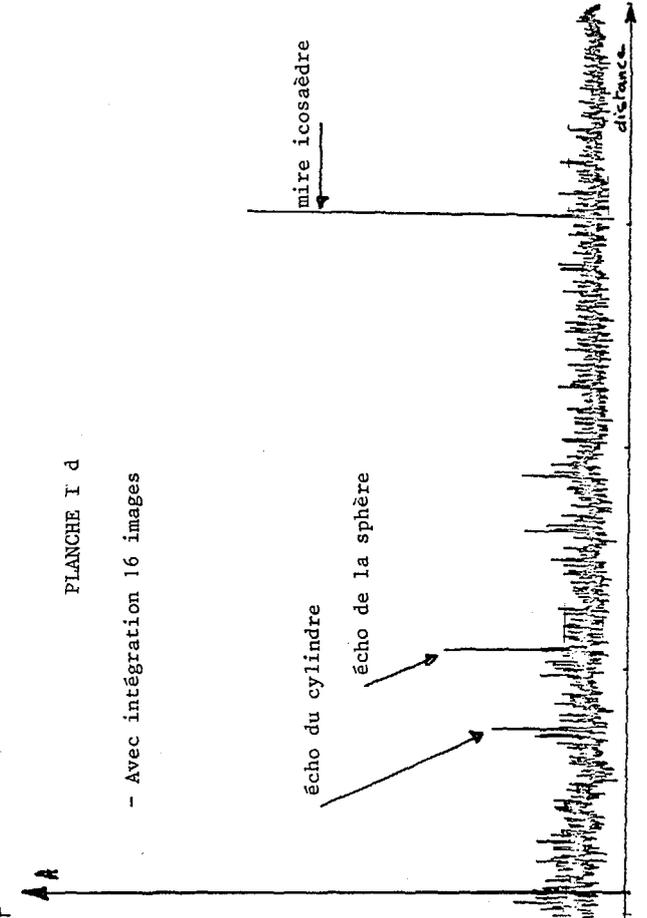
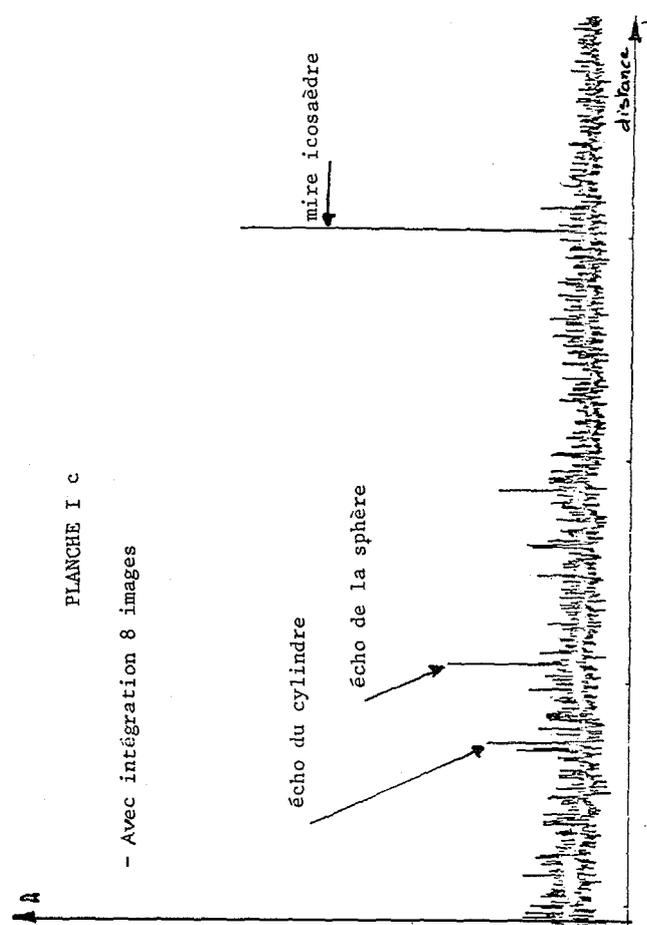
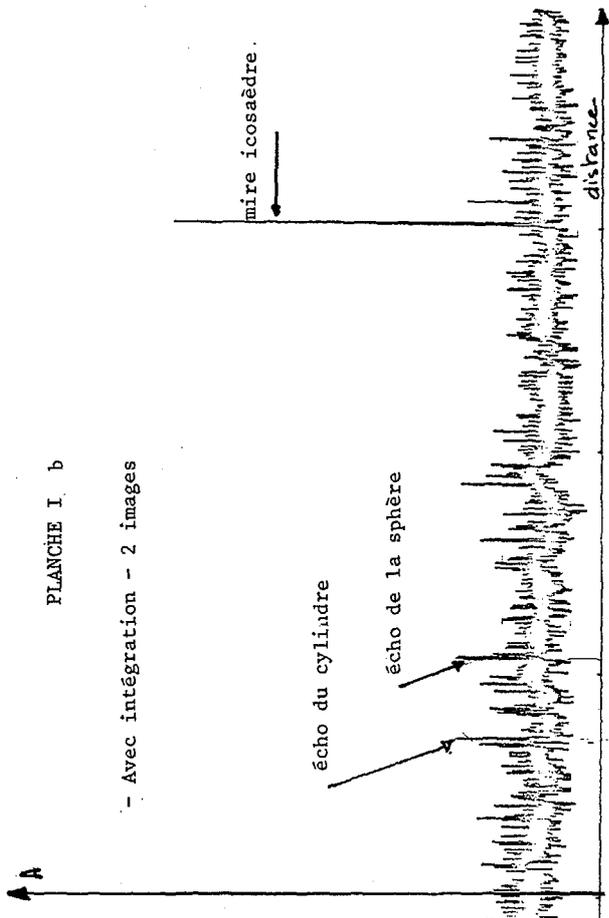
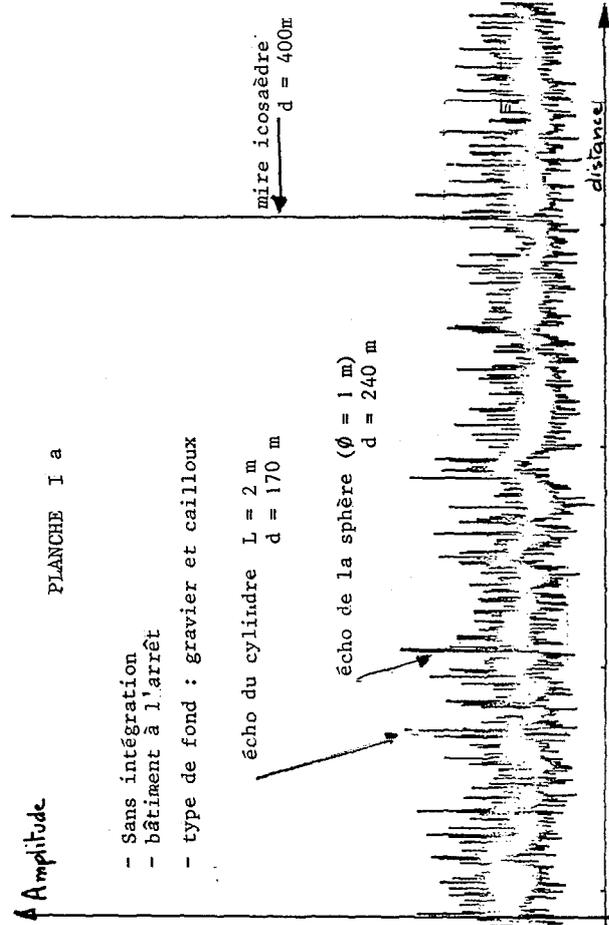


IMAGE SONAR*. INTEGRATION : 8 Images
DISTANCE 300 m
MÊME OBJET
V = 4 nœuds.

* Sillon fait par une drague



AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES





AMELIORATION DU CONTRASTE DES OBJETS SOUS-MARINS PAR RAPPORT A LA REVERBERATION DE FOND PAR ADDITION DE PLUSIEURS RECURRENCES SUCCESSIVES

