

SEPTIEME COLLOQUE SUR LE TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS



NICE du 28 MAI au 2 JUIN 1979

RECHERCHE D'ANOMALIES PAR CORRELATION D'IMAGES
PRISES A L'AIDE D'UN SONAR LATERAL

GIRARD Michel

ETABLISSEMENT TECHNIQUE CENTRAL DE L'ARMEMENT - 94114 ARCUEIL CEDEX

RESUME

SUMMARY

La recherche d'objets nouvellement apparus dans un paysage sous marin se fait en comparant des images captées à des instants différents par un sonar latéral.

Les traitements appliqués sur de telles images pour obtenir, à l'aide d'un mini calculateur, les résultats souhaités sont :

- des transformations géométriques destinées à rendre les images superposables,
- un seuillage et un filtrage afin de se restreindre à l'information utile,
- une recherche des points caractérisant les objets sûrs,
- une corrélation logique s'appuyant sur la liste des points trouvés.

Les objets nouvellement apparus sont alors les points que l'on ne trouve pas dans les anciennes images.

Il s'avère que les corrections géométriques se réduisent à la transformation d'une image temporelle en une image dans le repère métrique habituel. Le lacet du poisson porteur du sonar entraînant la rotation de toute l'image ne modifie en fait que la position des points caractéristiques. Cette rotation peut donc être appliquée sur un petit nombre de points en fin de traitement. Nous obtenons ainsi un gain de temps de calcul et un gain de place mémoire.

Detection of new appeared objects in submarine scenes is performed by comparing a sequence of side-looking sonar pictures.

The following algorithms need to be implemented on mini-computers for this application :

- geometrical transforms to get geometrical identity,
- thresholding and filtering to save information,
- selection of the points representative of characteristic objects,
- logical correlation of selected points

New-appeared objects are found then.

Geometrical transforms proved to be equivalent to turning a one-dimensional time signal into a two-dimensional picture. The correction due to the winding oscillations of the sonar only affects the position of characteristic points, and may be applied to the small number of those points at the end of processing, which allows an advantage in speed and memory location.



RECHERCHE D'ANOMALIES PAR CORRELATION D'IMAGES
PRISES A L'AIDE D'UN SONAR LATERAL

I - INTRODUCTION

L'exploration systématique et continue de vastes régions du sol sous-marin nécessite le traitement d'une très grande quantité d'informations ; l'emploi de méthodes automatiques d'analyse est donc indispensable si l'on veut obtenir une vitesse de dépouillement des données acceptable .

Les images que nous traitons sont délivrées par un sonar latéral. Si plusieurs prises de vues correspondent à la même zone de sol sous-marin, nous pouvons en faire la différence et rechercher ainsi les objets qui sont apparus (ou qui ont disparu) dans le laps de temps compris entre ces prises de vues.

Pour réaliser une exploration rapide et continue d'une région de plusieurs milles carrés, le traitement des images doit se faire de manière automatique.

Trois étapes bien distinctes sont à considérer pour aboutir aux résultats :

- la correction géométrique des images,
- la compression des données,
- la corrélation, la soustraction et la détection des objets nouveaux.

II - CORRECTION GEOMETRIQUE DES IMAGES

Le sonar est embarqué sur un poisson immergé à une altitude h par rapport au sol. Une ligne image est formée des échos qu'il reçoit en retour entre deux impulsions dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal du poisson.

Les images délivrées par le sonar latéral ne constituent pas une représentation isométrique du fond sous-marin exploré. Il existe un certain nombre de déformations dues pour une part au principe même du système et pour une autre part à l'attitude du submersible servant de support.

a) Transformations du signal sonar

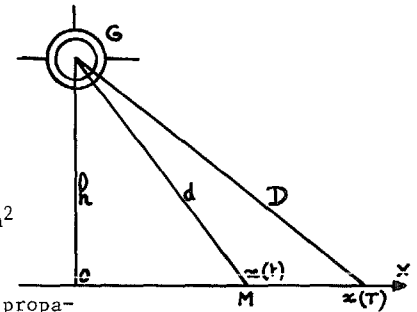
Le signal analogique est numérisé pour être traité par le calculateur. Le pas d'échantillonnage dépend de la bande passante du signal analogique et de la précision au sol souhaitée.

Ce signal dépend du temps. Pour obtenir une représentation contésienne, nous devons passer d'une fonction dépendant de t à une fonction dépendant de x :

$$S(x) = s(t) \text{ avec}$$

$$x = \frac{v_p^2 t^2}{4} - h^2$$

où v_p = vitesse de propagation du son dans l'eau.



b) Déformations dues à l'attitude du poisson

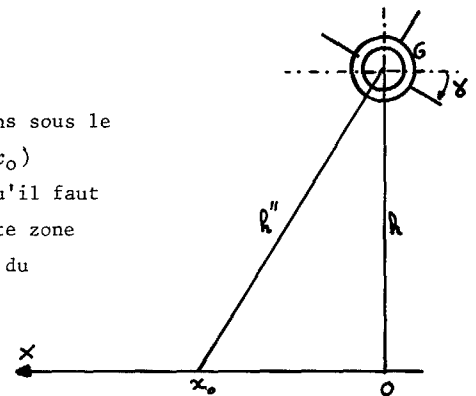
- Variation de la vitesse du poisson

La distance séparant deux lignes est $\Delta Y = VT$ (T = période ligne ; V = vitesse du poisson). Si V varie, il faut recalculer régulièrement Y de telle sorte qu'il y ait une erreur d'une ligne au maximum.

- Roulis

$$x_0 = h \operatorname{tg} \gamma$$

Les distorsions sous le poisson ($x < x_0$) sont telles qu'il faut supprimer cette zone pour la suite du traitement.

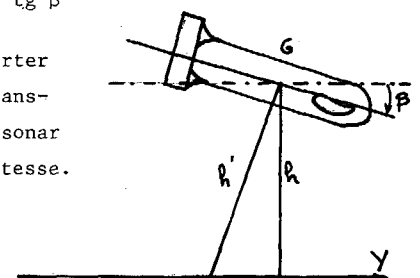


- Tangage

Le tangage est équivalent à une différence de hauteur et d'ordonnée :

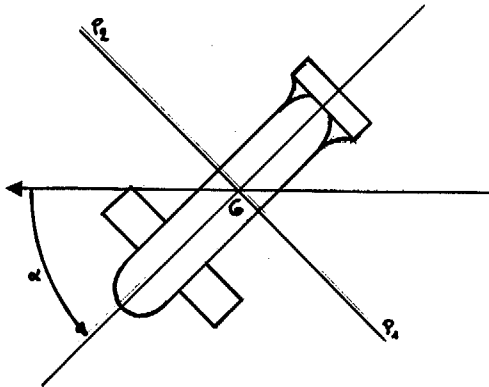
$$h' = \frac{h}{\cos \beta} ; y' = y + h \operatorname{tg} \beta$$

Il faut alors se reporter respectivement aux transformations du signal sonar et de variation de vitesse.



RECHERCHE D'ANOMALIES PAR CORRELATION D'IMAGES
PRISES A L'AIDE D'UN SONAR LATERAL

- Lacet



Le lacet est de loin la transformation la plus coûteuse en place mémoire. Il correspond à une rotation ligne après ligne dont le centre est le point G. Cette transformation est identique pour les points symétriques du poisson. Ainsi les signaux babord et tribord peuvent être multiplexés pour obtenir un gain 2 en encombrement mémoire et en temps de calcul.

La place mémoire demandée par l'opération rotation est :
 $M = N^2 \operatorname{tg} \alpha$ mots où N est le nombre de points dans une ligne image.

III - COMPRESSION DES DONNEES

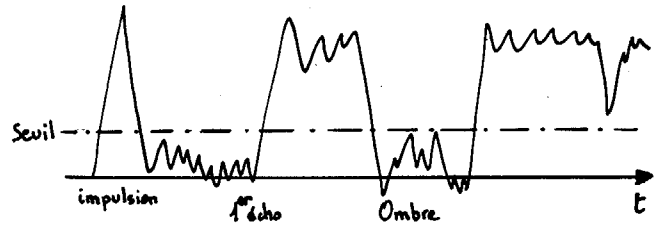
Les images corrigées d'une même zone ne sont pas identiques. En effet, les objets cachés lors d'un passage avec lacet ne peuvent pas être restitués alors qu'ils ont pu être vus lors d'un passage sans lacet. De plus, la valeur de l'écho en chaque point fluctue dans le temps et nous ne maîtrisons pas actuellement cette donnée.

Dans le cadre de notre étude, les seules données intéressantes sont les ombres créées par les objets.

- Seuilage

La détection des ombres se fait par seuillage de l'image afin de la transformer en une image tout ou rien. Le seuil est aisé à trouver en utilisant la partie du signal analogique situé entre l'impulsion sonar et le premier écho reçu.

Ce signal et celui correspondant aux ombres sont identiques, tandis que celui provenant d'un objet est nettement plus élevé.



- Filtrage

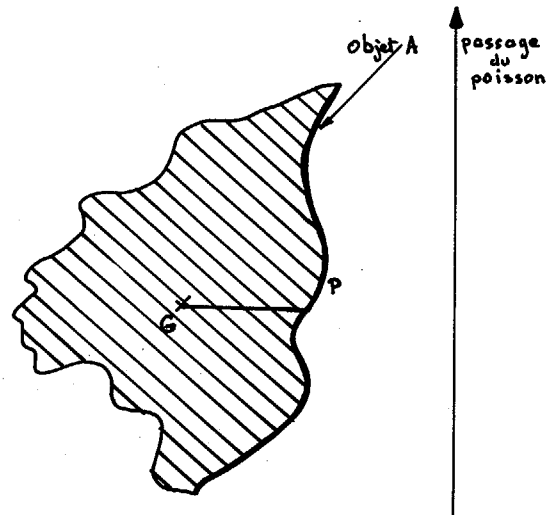
Cependant, l'image obtenue est fortement bruitée. Cela est dû principalement au bruit électronique de la chaîne d'acquisition et aux ombres créées par de petits rochers. Il est donc nécessaire de supprimer tous les points isolés. Nous procédons par filtrage.

Ce filtrage se fait point à point. A chaque point, on affecte la valeur obtenue par fonction linéaire sur les 9 points de l'image autour du point considéré. Les coefficients de cette fonction sont calculés à l'avance de telle sorte que l'on filtre de manière forte le signal suivant l'axe de balayage.

- Recherche des points caractéristiques

La corrélation des images à l'aide d'un ordinateur est simplifiée lorsque l'on utilise des listes de "points caractéristiques".

Ces points, les moins variants possible lors de plusieurs passages sur la même zone, ont été choisis comme la projection du centre de gravité de l'ombre sur l'objet créant cette ombre perpendiculairement au sonar.





RECHERCHE D'ANOMALIES PAR CORRELATION D'IMAGES
PRISES A L'AIDE D'UN SONAR LATERAL

IV - CORRELATION, SOUSTRACTION DES IMAGES ET
DETECTION DES OBJETS NOUVEAUX

Nous sommes en présence de deux images de points représentant chacune la même zone du sol marin prise à des instants différents.

La corrélation se réalise de manière logique en créant des couples de points homologues.

La soustraction et donc la détection des objets nouveaux est simple puisqu'elle correspond à la recherche des points qui n'ont pas d'homologues.

Cette méthode est appliquée fréquemment en traitement des images lorsque les scènes ont peu de déformations.

V - PERMUTATION DES OPERATIONS

La rotation corrigeant l'effet du lacet est une opération très coûteuse d'un point de vue informatique (place mémoire et temps de calcul). De sa place parmi les autres opérations dépendront l'intérêt et la puissance d'un tel traitement.

En réalité, la transformation n'est pas rotation puisqu'elle est réalisée ligne à ligne et puisqu'elle dépend du paramètre $\alpha(t)$ du lacet. Le centre de cette transformation est le centre de gravité du poisson qui se déplace au cours du traitement.

La rotation \mathcal{R} d'angle α que nous appliquons est une transformation de chaque point i de coordonnées (x_i, y_i) en un point i' de coordonnées (x'_i, y'_i) telle que :

$$x'_i = x_i \cos \alpha$$

$$y'_i = y_i + x_i \sin \alpha$$

Les opérations nous permettant de calculer les points caractéristiques sont :

$\mathcal{R}(a)$: la rotation \mathcal{R} d'angle α appliquée à tous les points de a ,
 $G(b)$: le calcul du centre de gravité de la tache b ,
 $\mathcal{P}_1 d/e(c)$: la projection de c perpendiculairement à l'axe d , sur l'ensemble de points e .

Soient : ob l'objet créant l'ombre om , P l'axe du poisson et R la trajectoire.

Le traitement décrit jusqu'à maintenant pour calculer le point caractéristique P_1 peut alors s'écrire :

$$P_1 = \mathcal{P}_{1R/\mathcal{R}(ob)} (G(\mathcal{R}(om)))$$

Par contre, si l'opération rotation se situe à un autre point du traitement, nous pouvons calculer les points P_2 et P_3 tels que :

$$P_2 = \mathcal{P}_{1R/(\mathcal{R}(ob))} (\mathcal{R}(G(om)))$$

et

$$P_3 = \mathcal{R}(\mathcal{P}_{1R/ob} (G(om)))$$

Nous voyons ainsi que le calcul de P_1 est plus long que celui de P_3 . En effet, la rotation pour P_3 n'est appliquée que sur un point, tandis que pour P_1 , elle est appliquée sur tous les points de l'ombre et de l'objet.

On peut démontrer que les points P_1 et P_2 sont identiques, les points P_1 et P_3 sont proches dans le cas où les ombres ont des tailles moyennes et assez régulières par rapport au pas de numérisation des images. Mais l'erreur apportée par une telle approximation est vraisemblablement plus faible que l'erreur due aux imprécisions sur les divers paramètres de lacet, roulis et tangage nécessaires aux transformations géométriques.

Ainsi, deux méthodes sont à notre disposition, la qualité des résultats étant meilleure dans le premier cas :

1ère méthode

- 1a - seueillir et filtrer l'image,
- 1b - calculer le centre de gravité de l'ombre G ,
- 1c - appliquer la rotation sur le centre de gravité $G \rightarrow G'$,
- 1d - appliquer la rotation sur l'objet $ob \rightarrow ob'$,
- 1e - faire la projection de $G' \rightarrow P_1$.

2ème méthode

- 2a - seueillir et filtrer l'image,
- 2b - calculer le centre de gravité de l'ombre $\rightarrow G$,
- 2c - projection de G sur l'ombre $\rightarrow P'_2$,
- 2d - appliquer la rotation sur $P'_2 \rightarrow P_2$.

La deuxième méthode est plus intéressante, car elle ne présente pas la phase i de la première méthode. Pour chaque ombre i de longueur n_i , cette phase a besoin de n_i mots mémoires et demande de faire $2 n_i$ multiplications et n_i additions.

En revanche, le résultat obtenu par la deuxième méthode n'est pas exact. Cependant, vis-à-vis des dimensions des images, il est satisfaisant.



RECHERCHE D'ANOMALIES PAR CORRELATION D'IMAGES
PRISES A L'AIDE D'UN SONAR LATERAL

VI - CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que l'automatisation de l'exploration des sols sous-marins en vue de rechercher les objets nouvellement apparus est possible. De par la méthode utilisée, la position de ces objets peut être connue avec une précision dépendant des paramètres de lacet, roulis et tangage nécessaires aux transformations géométriques des images. Des tests sur différentes données sont actuellement en cours.

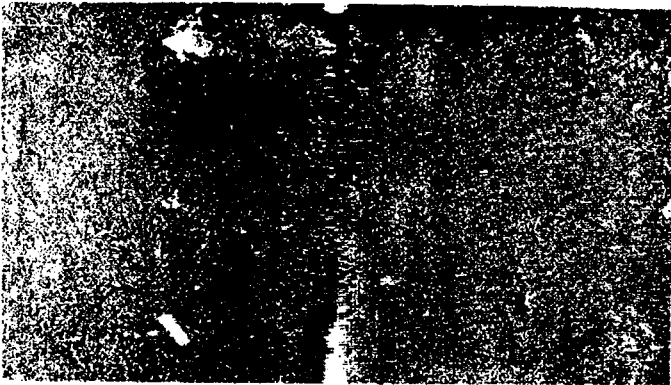


IMAGE ORIGINALE

IMAGE CORRIGEE AU LACET

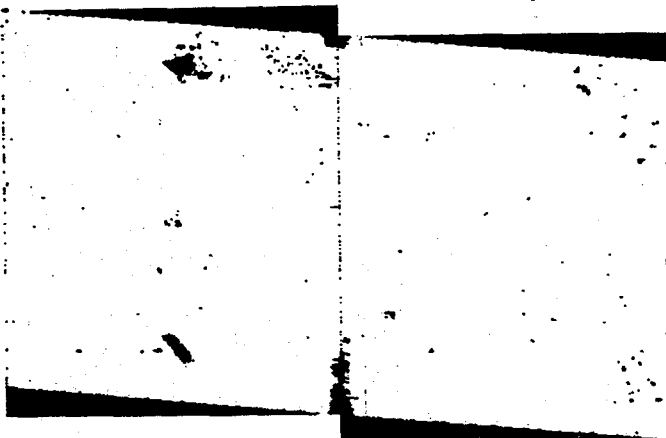


IMAGE SEUILLEE PUIS FILTREE