

## TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

Nice 7 au 12 mai 1973

---

**LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR****F. LEFAUDEUX**

Ingénieur Principal de l'Armement

D.C.A.N. - TOULON

Laboratoire de Détection Sous-Marine le BRUSC

---

**RESUME** Après avoir précisé ce qu'on entend par extraction (décision de détection et mesure des paramètres du but), on examine l'utilité d'assister en sonar les opérateurs par des dispositifs automatiques d'extraction ou de préextraction. On donne ensuite quelques indications sur les principes généraux applicables à la réalisation de ces dispositifs, en séparant les différents types de sonars : sonars actifs - sonars passifs à large bande - sonars utilisant l'analyse spectrale.

**SUMMARY** The concept "extraction" is first defined (decision of detection and measurement of the target parameters) ; then we examine the utility of assisting the sonar operators with automatic extracting or pre-extracting devices. Some basic principles are given for the design of these devices for various types of sonars : active sonars - passive/<sup>broad</sup>band sonars - sonars with spectrum analysis.

## TRAITEMENT DU SIGNAL ET SES APPLICATIONS

Nice 7 au 12 mai 1973

---

**LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR****F. LEFAUDEUX**

Ingénieur Principal de l'Armement

D.C.A.N - TOULON

Laboratoire de Détection Sous-Marine le BRUSC

---

Un système de détection est fondamentalement un système de décision. Détecter un but, c'est décider de la présence d'un but (muni éventuellement de quelques attributs : distance, direction, vitesse radiale, etc..) et agir en conséquence.

Le récepteur sonar classique n'est qu'un des éléments de la chaîne de décision ; son seul but est d'utiliser au mieux les ondes acoustiques reçues, pour donner à l'organe suivant, un opérateur, par exemple, une information sur la probabilité de présence d'un but, information aussi exacte que possible, par exemple : probabilité de présence d'un but égale à  $0,7 \pm 0,05$ . En réalité, le récepteur ne peut donner une telle information, l'écriture des probabilités finales supposant connues les probabilités à priori, le récepteur donnera un rapport de vraisemblance qui, combiné avec la connaissance a priori de l'opérateur (provenant de sa connaissance de la situation tactique et/ou des informations fournies antérieurement par le sonar), lui permettra de la préciser et d'aboutir à une décision : présence ou absence de but.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

La décision peut être, et est souvent, ternaire, c'est-à-dire, que l'opérateur choisit entre trois décisions :

- Rejet : décision d'absence.
- Attente : l'opérateur dispose d'éléments de jugement insuffisants pour prendre une décision et préfère attendre un ou plusieurs balayages, tel le physicien qui n'est pas sûr d'une mesure et recommence son expérience.
- Acceptation : décision de présence d'un but.

La théorie classique de la détection et de la décision binaire (BAYES) fait intervenir des coûts et permet d'aboutir à une règle mécanique de décision.

Le cas ternaire a, lui aussi, été étudié, en particulier par WALD. Il faut bien sur, pour aboutir à une règle, affecter un coût à la décision d'attente, sinon elle serait systématiquement retenue.

Rien ne semble donc s'opposer à la mécanisation de l'opération de décision et, sur la base de ce qui vient d'être dit, on peut s'étonner que l'exploitation des sonars repose aussi largement sur l'intervention des opérateurs.

Nous essaierons de montrer, dans cet essai, pourquoi le rôle de l'opérateur a longtemps été et est encore prépondérant dans le fonctionnement des sonars, mais aussi pourquoi dans les sonars modernes, l'automatisation d'un certain nombre de fonctions, liées à la décision, est indispensable.

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

1.- TOUT D'ABORD POURQUOI UN OPERATEUR -

La théorie la plus simple de la réception est faite :

- Pour le sonar actif, dans l'hypothèse d'un bruit Gaussien blanc, ou au moins de spectre connu, stationnaire et spatialement isotrope et d'un signal spatialement ponctuel à l'infini de forme connue, seul le niveau et le temps d'arrivée éventuelle étant inconnus ;

- Pour le sonar passif, sous les mêmes hypothèses concernant le bruit parasite, et sous l'hypothèse d'un bruit signal spatialement ponctuel à l'infini, Gaussien stationnaire et de spectre connu.

Ces hypothèses, très restrictives, ont pu être quelque peu élargies et on peut considérer le cas du bruit sphériquement invariant comme résolu (VEZZOSI). Ces études ont justifié les C A G utilisés pratiquement par la plupart des sonars depuis longtemps.

Le problème de l'anisotropie du champ de bruit a été, lui aussi, l'objet d'études approfondies (NERMOZ).

Il n'en reste pas moins que signaux et bruits réels, rencontrés à la mer, s'éloignent assez nettement des hypothèses faites pour la réalisation des récepteurs.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

Cette inadéquation du récepteur au problème de détection posé peut être interprétée de différentes façons. Du point de vue qui nous intéresse ici, une interprétation simple consiste à dire que l'information de sortie du récepteur ne constitue pas, du point de vue de la détection, un résumé exhaustif de l'information incidente et l'un des rôles essentiels de l'opérateur consiste à réaliser sur cette information un post traitement essentiellement adaptatif, lui permettant d'aboutir à une connaissance, au moins subjective, du rapport de vraisemblance, en suppléant aux insuffisances du récepteur.

Une autre insuffisance du récepteur classique réside dans le fait qu'il est généralement sans mémoire et conçu comme s'il ne devait travailler que sur une émission unique, dans le cas du sonar actif ; ou sur un seul cycle d'intégration, dans le cas d'un sonar passif. Or, l'algorithme de décision universellement adopté par les opérateurs est un algorithme séquentiel à décision ternaire. Il est, en effet, très rare en sonar que l'information obtenue sur un seul balayage soit suffisante pour prendre une décision, sans encourir un taux de fausse alarme prohibitif ou, si on se fixe un taux de fausse alarme faible, une probabilité de non-détection telle, que le sonar soit inutilisable.

On peut s'étonner d'une telle carence, alors que la théorie des tests séquentiels est connue de longue date et que leur réalisation technologique paraît immédiate et n'a rien nécessiter d'autre qu'un intégrateur multicanaux additionnant, de balayage en balayage, les rapports de vraisemblance logarithmiques.

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

Ce serait oublier qu'une telle procédure n'est simple que dans l'hypothèse d'une cible immobile. En pratique, la cible se déplace et l'algorithme de test séquentiel se complique ; la théorie, qui ferait intervenir l'ensemble probabilisé des trajectoires possibles des cibles, n'en est pas faite, d'où la solution de facilité consistant à se reposer sur un opérateur et à le laisser libre de mettre au point son propre algorithme subjectif, au demeurant adaptatif, c'est-à-dire, fonction des caractéristiques de manoeuvrabilité supposées de la cible chassée, de la situation tactique instantanée privilégiant certaines manoeuvres au détriment d'autres, etc... . Toutes informations difficiles à prendre en compte dans un dispositif automatique, car essentiellement variables d'une situation à l'autre et surtout difficiles à expliciter de façon quantitative

On voit donc qu'en dehors de son rôle purement décisionnel, l'opérateur se voit chargé de tâches complexes et importantes, difficiles à analyser quantitativement et délicates à automatiser. En résumé, il supplée aux insuffisances du récepteur sonar.

C'est ce qui explique le rôle prépondérant de l'opérateur dans le fonctionnement d'un sonar et la réticence, ainsi que la difficulté, à le remplacer par un dispositif automatique, généralement baptisé extracteur ; c'est aussi ce qui explique, paradoxalement, la nécessité de procéder à une telle substitution.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION MIT SONAR

---

En effet, si l'opérateur humain présente des qualités remarquables d'adaptation à des situations changeantes et des capacités certaines pour aboutir, après entraînement, à des actions d'analyse et de décision quasi optimales dans les situations concrètes rencontrées à la mer, il présente en contre partie, un certain nombre de défauts rédhibitoires, susceptibles de transformer ses performances théoriques remarquables, en piètres performances pratiques. C'est ce qu'a montré l'expérience courante d'exploitation des gros sonars modernes.

### 2.- LES INSUFFISANCES DES OPERATEURS -

Le grave doute énoncé ci-dessus, quant à l'aptitude des opérateurs à maîtriser des situations concrètes et ce malgré leur aptitude reconnue à traiter correctement des problèmes théoriques complexes, doit être expliqué.

L'explication est en fait extrêmement simple : on leur demande trop ; surmenés, ils travaillent mal et, autre élément non négligeable sur le plan opérationnel, ils se fatiguent vite (sur les gros sonars opérationnels, il faut relever les opérateurs toutes les demi-heures pour assurer une stabilité et une qualité acceptables des performances).

Si on tente de comparer l'homme à un ordinateur, on aboutit à des conclusions parfois assez surprenantes.

Un première constatation évidente est que pour les opérations simples, l'ordinateur est très largement plus performant que l'homme.

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

Une constatation plus surprenante est que, pour certaines opérations d'apparence extrêmement complexe, l'homme semble disposer d'algorithmes et de la puissance de traitement logique pour les réaliser extrêmement rapidement, alors que l'ordinateur ne sait les réaliser que beaucoup plus lentement ou bien même est encore incapable de les traiter.

Il en va ainsi de la presque totalité du traitement des informations liées à la vue : reconnaissance de l'écriture manuscrite, détection dans un champ visuel très encombré de tel ou tel détail infime et reconnaissance de ce détail : moustique, oiseau, etc... .

D'autres opérations complexes purement cérébrales sont encore très largement l'apanage de l'homme, telle la compréhension d'un texte (il existe un critère simple de la compréhension qui est celui de la traduction, et on sait les difficultés importantes auxquelles se heurte la traduction automatique).

Tout se passe donc comme si l'esprit humain (envisagé ici sous son seul aspect mécaniste de machine informatique) comportait un registre arithmétique et une mémoire centrale relativement lente et de capacité limitée, mais disposait d'un certain nombre de machines périphériques spécialisées et extrêmement performantes.

Un certain nombre de tests permettent de se faire une idée quantitative des performances des différentes composantes de cette machine complexe.





## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

Son débit, pour des opérations logiques générales, est très faible : de l'ordre de quelques bits/seconde seulement. La mémoire à court terme (qu'on peut assimiler à la mémoire centrale) est aussi très limitée, quelques centaines de bits.

Par contre, la machine spécialisée de reconnaissance des formes visuelles peut, semble-t-il, traiter des images à un rythme dépassant 100 000 bits/seconde. L'oeil lui-même, considéré comme coupleur d'entrée, est capable de débits de plusieurs mégabits/seconde.

Dans l'automatisation au moins partielle des fonctions de décision du sonar, il faudra tenir compte des qualités respectives de l'homme et de la machine et de leurs aptitudes relatives à traiter tel ou tel problème. En règle générale, la machine sera supérieure à l'homme :

- Pour traiter tous les problèmes de logique et d'arithmétique simples et très répétitifs ;
- Dans les fonctions de mémoire de masse à court terme ;
- Dans les opérations mathématiques complexes, mais susceptibles d'une définition quantitative précise.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

L'homme restera supérieur à la machine :

- Pour certaines opérations complexes spécialisées, telle la reconnaissance des formes ;
- Pour la prise en compte de données à statut essentiellement subjectif et pour la recherche d'un comportement quasi optimum adapté à ces données variables.

Ces quelques remarques étant faites, nous allons maintenant examiner comment on peut essayer de les appliquer à la conception de systèmes d'extraction pour sonar et nous aborderons successivement le cas du sonar actif, puis celui du sonar passif.

### L'EXTRACTION EN SONAR ACTIF

Le débit de sortie d'un sonar actif à voies préformées est considérable. Le seuil de marquage du tube P P I de visualisation crée un premier ébasage des informations et entraîne une diminution notable du débit effectivement présenté à l'opérateur. Ce dernier reste cependant nettement supérieur à celui qu'il peut traiter en temps réel, par opération logique simple, d'autant que ce débit n'est pas régulier ; dans le cas de réverbération dominante, les alarmes arrivent généralement par bouffées importantes.

Un premier point d'application de l'extraction consiste donc dans la prise en compte automatique de l'information incidente dépassant un certain seuil énergétique d'intérêt.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

L'opérateur effectue normalement, dans la mesure de ses disponibilités, un certain tri supplémentaire de ces informations (souvent baptisées "événements"), basé sur des critères de forme et de contraste avec l'aspect général du champ de bruit environnant.

Comme on l'a vu, l'opérateur est mieux placé que la machine pour effectuer un tel tri, cependant, en ce point, le débit reste tel que cette solution ne peut être envisagée. Deux solutions peuvent alors être retenues :

- Ou l'ordinateur ne fait aucun tri autre que purement énergétique en ce point, mais il aura alors à traiter dans le reste de la chaîne une très grande quantité d'évènements ;
- Ou il fait un tri sommaire plus lâche que celui que ferait un opérateur idéal (c'est-à-dire, supposé ne pas avoir de limitations de capacité de traitement).

Cette dernière solution permet d'être sûr d'accepter pratiquement tous les événements qu'aurait accepté l'opérateur idéal, tout en maintenant leur nombre total dans des limites compatibles avec une taille raisonnable d'ordinateur.

La fonction suivante, dans le processus de détection, est le test séquentiel, sur plusieurs balayages successifs, de la présence d'un but.

Cette fonction peut elle-même être décomposée en deux tâches distinctes.

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

D'abord, une tâche de mémorisation. Pour cette tâche, aucun doute n'est possible, la machine est de loin mieux placée que l'homme. On notera que l'automatisation de la précédente (prise en compte des événements intéressants de chaque balayage), car même l'opérateur aurait-il le temps de la mener à bien, il n'aurait pas le temps matériel de faire la désignation à la machine de l'ensemble des événements retenus.

Vient ensuite la tâche beaucoup plus complexe de l'estimation, sur le nombre de balayages retenus, d'un rapport de vraisemblance de piste. On a indiqué au début de cette conférence, que ce calcul devait prendre en compte, outre les rapports de vraisemblance de chacun des événements la composant, la vraisemblance de leur association, c'est-à-dire, la vraisemblance de la trajectoire qu'ils constituent, vraisemblance résultant, non seulement des qualités manoeuvrières réelles ou supposées du but poursuivi, mais aussi de la configuration tactique de l'engagement.

Si le calcul précis de ces vraisemblances est complexe et finalement peu significatif en raison du caractère artificiel des hypothèses à faire, leur appréciation subjective par l'opérateur est assez aisée et il est permis d'hésiter sur l'attribution de cette tâche à l'opérateur ou à la machine.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

- L'opérateur est à même de remplir très correctement cette tâche dans la mesure où on ne la sature pas, c'est-à-dire, dans la mesure où le débit informationnel a été au préalable suffisamment réduit. Mais, si on a trop réduit ce débit, tout le contexte sera perdu et il manquera ainsi d'un élément de jugement (le secteur dans lequel se présente telle piste, était-il un secteur fortement réverbérant ? etc...).

- La machine, si on lui donne des algorithmes empiriques, fondés sur l'expérience et sur l'analyse de la façon dont un opérateur pondère les différents éléments de jugement que lui fournit le sonar, paraît à même, elle aussi, de réaliser cette tâche, avec l'avantage de pouvoir traiter un débit bien supérieur, c'est-à-dire, de pouvoir travailler avec un seuil initial nettement plus bas que celui nécessaire à l'opérateur.

Quoiqu'il en soit, les deux voies méritent d'être comparées.

L'extraction des pistes "consistantes" étant supposée acquise, reste encore à prendre une décision. Une telle décision peut paraître triviale, puisque sélectionner des pistes consistantes revient implicitement à prendre une décision de présence d'un objet physique à l'origine de la piste, c'est oublier un des problèmes les plus délicats de la détection sonar, à savoir celui de la classification.

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

L'objet physique détecté peut en effet être tout autre chose qu'un sous-marin : bâtiment de surface, baleine, banc de poissons, épaves, roches, accidents divers du milieu ou de ses frontières. Les radaristes ont eux aussi parfois maille à partir avec les "anges".

La machine est très certainement la mieux placée pour éliminer un certain nombre de ces pistes. Ainsi les pistes correspondant à des bâtiments de surface peuvent être éliminées par comparaison automatique de la situation radar et de la situation sonar, (si on exclut la possibilité pour un sous-marin de se camoufler longtemps sous la verticale exacte d'un bâtiment de surface).

Dans les zones de petits fonds riches en épaves et faux échos, l'élimination automatique de ces pistes semble également possible par comparaison des pistes détectées avec une liste d'épaves et de faux échos. Ceci suppose, bien sûr, une navigation très précise du porteur du sonar.

Pour le reste et malgré les progrès des études poursuivies dans différents pays sur la structure des échos des cibles sous-marines, il paraît encore actuellement plus sage de s'en remettre au jugement de l'opérateur en lui présentant sous un format approprié la structure des échos constituant la piste, et au vu de toutes les informations disponibles, il prendra la décision finale de détection.



## LES PROBLEMES D'EXTRAPOLATION EN SONAR

Un but (ou plusieurs) ayant été détecté, le sonar, d'appareil de détection, devient en général, appareil d'estimation des paramètres du but et de poursuite. Ces deux fonctions (poursuite et estimation) sont le plus souvent intimement liées et même réunies dans une fonction de filtrage qui permet d'une part, d'améliorer la précision sur la connaissance des éléments instantanés du but, d'autre part, par extrapolation, de prédire sa position future soit pour utilisation des armes, soit pour limiter le secteur de surveillance à considérer lors du balayage suivant.

Le filtrage est une fonction mathématique bien définie (filtrage de BUCY KALMAN) et il paraît tout naturel de le confier à la machine en conservant seulement à l'opérateur une tâche de contrôle (en particulier, lors des croisements de pistes).

On notera au passage que ce filtrage de BUCY KALMAN pose des problèmes ardues, en effet, la cadence informationnelle de renouvellement des données de piste est celle du balayage du sonar, elle est très faible comparée aux possibilités évolutives des sous-marins modernes et on est donc en présence d'un problème de filtrage et de prédiction sur une trajectoire éventuellement sous échantillonnée.

## LES PROBLÈMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

### L'EXTRACTION EN SONAR PASSIF A VOIES PERFORÉES OU A SCANNING.

L'extraction en sonar passif pose des problèmes très différents de ceux posés par l'extraction en sonar actif, et jusqu'à une époque récente le besoin en apparaissait moins impérieux.

Ceci explique que les études dans ce domaine soient encore peu avancées et nous ne pouvons guère ici que poser le problème, les solutions restant, dans une large mesure, encore à définir.

Le sonar passif ne pose, en général, pas de problème insurmontable de débit d'entrée à l'opérateur, les constantes de temps d'intégration longues couramment utilisées dans de tels sonars réduisant le débit informationnel à des valeurs acceptables.

L'essentiel du problème réside dans la très grande dynamique de niveaux énergétiques des différents bruiteurs, le plus souvent présents simultanément dans le champ de détection du sonar.

Cette très grande dynamique fait que le niveau pour la voie bien pointée d'un bruiteur faible, mais cependant théoriquement détectable, peut être plus faible que les niveaux des lobes secondaires correspondant à un bruiteur fort présent dans un autre azimut, d'où pour l'opérateur des difficultés importantes de discrimination et de détection des bruiteurs faibles qui sont dans de nombreux cas les bruiteurs recherchés (les sous-marins), les bruiteurs forts étant, eux, des brouilleurs (gros bâtiments de commerce plus ou moins lointains).





## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

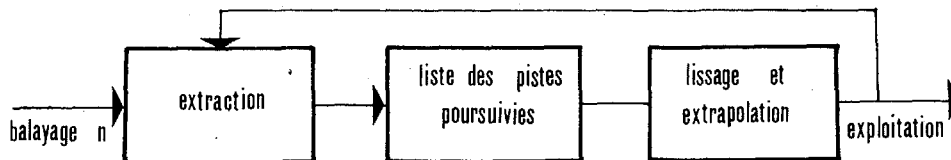
On sait que les techniques de traitement d'antenne adaptatif permettent de résoudre ce problème de manière théoriquement optimale. Cependant, outre le fait que ces systèmes en sont encore au stade du développement, il existe des cas dans lesquels cette solution est inapplicable, car trop encombrante et/ou onéreuse, d'où l'intérêt des procédures d'extraction derrière sonar passif à voies préformées ou à scanning classique.

Un analyse sommaire de ce problème montre que sa solution théorique passe par une déconvolution de la répartition spatiale mesurée du champ de bruit par le diagramme d'antenne, ou dans un autre langage par un filtrage inverse.

Ces techniques ont toujours donné pratiquement des résultats désastreux et cette difficulté ne peut être tournée que par l'utilisation d'algorithmes approchés, définis expérimentalement et moins violemment divergents que les algorithmes théoriques.

Cette extraction peut être facilitée par la connaissance acquise sur les périodes d'intégration passées du champ de bruit et de brouilleur, et il paraît donc utile d'associer dans l'extracteur la recherche des bruiteurs présents pendant une période d'intégration (extraction proprement dite) à la fonction poursuite suivant un schéma bouclé du genre de celui esquissé par la figure ci-dessous :

## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR



Ce schéma peut vraisemblablement être l'objet de nombreuses variantes semblables à celles esquissées au paragraphe consacré à l'extraction active. On peut ainsi, par exemple, utiliser des procédures de décision séquentielles fondées sur le calcul d'un rapport de vraisemblance global de piste. Des entrées supplémentaires, telles que la situation surface, lorsqu'elle est connue, peuvent être utilisées.

Accessoirement, un tel extracteur peut permettre de résoudre le problème de la détection dans un champ de bruit anisotrope, cas assez fréquent, même en l'absence de brouilleurs individualisés, en remplacement des dispositifs de régulation et de balances assez complexes actuellement utilisés.

L'EXTRACTION EN ANALYSE SPECTRALE.

En sonar passif, le problème de la classification se pose avec encore plus d'acuité qu'en sonar actif.

On en recherche généralement la solution dans l'analyse à l'oreille du signal reçu et dans l'analyse spectrale énergétique instrumentale (on entend par là, à l'aide d'un analyseur de spectre). Assez paradoxalement de prime d'abord, ces deux moyens donnent des renseignements différents et heureusement complémentaires.



## LES PROBLÈMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

Ainsi, l'ouïe complète son travail d'analyse, s'apparentant à l'analyse harmonique, par un travail de synthèse lui permettant, dans une masse orchestrale, par exemple, d'isoler la totalité du son du premier violon.

L'analyseur de spectre lui, par contre, grâce à la finesse d'analyse que permettent les progrès récents de la technologie, est capable de détecter des fréquences pures indécélables à l'oreille, car marquées par le reste de la puissance sonore. Son pouvoir séparateur et sa précision de mesure vont par ailleurs bien au-delà du savant traditionnel.

Une première solution au problème de la classification passive réside donc en la présentation à l'opérateur, sous une forme adéquate, de l'analyse spectrale du bruitier écouté ; en lui laissant le soin de la classification, par comparaison entre ce qu'il entend et de sa mémoire auditive et comparaison de ce qu'il voit avec sa mémoire visuelle convenablement éduquée.

Un simple examen visuel des figures spectrales obtenues montre cependant les insuffisances de cette solution : les figures spectrales sont souvent complexes et d'interprétation délicate. Il est, dans ces conditions, souhaitable de faire appel à l'ordinateur pour faire, au moins, une première interprétation grossière de ces figures spectrales ; puis, par dialogue entre homme et machine, affiner cette interprétation. L'opérateur prenant, bien entendu, la décision finale, synthèse de cet échange et de son analyse auditive.

LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

Cette introduction de l'ordinateur dans la chaîne de classification suppose résolu le problème de l'extraction automatique des raies spectrales contenues dans une analyse spectrale.

Ces raies sont en effet, d'une part, réputées contenir l'essentiel de l'information classifiante, d'autre part, souvent assez nombreuses, ce qui rendrait fastidieuse leur recopie manuelle sur l'organe de visualisation et leur introduction dans l'ordinateur par l'opérateur, et le distrairait de sa tâche essentielle.

Au demeurant, il suffit d'avoir vu un enregistreur graphique de sonar passif à voies préformées et un graphique de présentation d'analyse spectrale, pour se rendre compte de leur similitude d'aspect et donc de la similitude des problèmes d'extraction posés.

Des études parallèles sont menées dans les deux domaines, mais il est encore trop tôt, dans un cas comme dans l'autre, pour en décrire les principes exacts et les résultats.

Le problème de l'interprétation automatique des spectres ainsi extraits est un domaine d'étude totalement distinct de celui de l'extraction et, semble-t-il, beaucoup plus complexe.



## LES PROBLEMES D'EXTRACTION EN SONAR

---

### CONCLUSION.

Si les gains qu'on peut attendre de nouveaux raffinements à introduire dans la théorie des récepteurs proprement dits paraissent faibles, il semble, par contre, que l'extraction permette d'espérer des gains pratiques appréciables, grâce à l'introduction des tests séquentiels (qui permettent d'augmenter la durée effective d'intégration).

Elle apparaît, par ailleurs, comme indispensable, tant en sonar actif qu'en sonar passif, pour soulager les opérateurs des tâches de routine et leur permettre de se consacrer entièrement à leur mission essentielle de classification et de décision de détection.