

Deux nouveautés dans le domaine des études de sol en mer

M. BOURGEOIS PDC OU I.-D. SCOPE

La société I.-D. Scope SA dont j'assume la direction est de création récente, puisque son démarrage s'est effectué en janvier 1988. Mais notre équipe, qui s'est constituée en 1972 sous le nom de Scop Océanographie est depuis une quinzaine d'années bien connue dans les milieux de l'océanographie industrielle, ce que nous appelons le "survey" dans le jargon para-pétrolier.

Il faut en effet souligner que nous avons jusqu'alors travaillé essentiellement pour le secteur pétrolier, que ce soit en Mer du Nord, dans le Golfe de Guinée, en Méditerranée, au Moyen-Orient, et pour des clients tels que ELF et ses filiales, Agip, Conoco, Deminex...

Mais nous avons également régulièrement appliqué nos méthodes dans le cadre de projets d'aménagements portuaires ou littoraux, notamment sur les côtes de PACA et certains d'entre vous ont été nos clients ou nos partenaires techniques.

La création de I.-D. Scope en Société Anonyme, avait différents objectifs :

- En premier, élargir nos domaines de compétences et d'activités, et donc de marché : c'est ainsi que nous avons signé avec le Commissariat à l'Énergie Atomique un protocole de collaboration qui nous permet de bénéficier d'une large ouverture dans le domaine de l'instrumentation des sols et des ouvrages.

De même, nous sommes représentants de la société TELEMAT, mondialement connue pour ses capteurs et centrales d'acquisition de mesures, et nous assurons la mise en place de ces matériels et tous les traitements et interprétations qui leurs sont associés.

- En second, dans nos activités traditionnelles, augmenter notre potentiel technique et commercial : le choix d'un partenaire de PME française et étrangère nous permet de viser une bonne structuration dans la perspective du marché Européen, notamment sur le secteur Méditerranéen puisque nous collaborons très étroitement avec des sociétés Italiennes et Espagnoles.

- Enfin, et j'aborde là le thème réel de mon exposé, nous avons, au sein du groupe de sociétés dont je viens de parler, un rôle de pilote pour le développement de systèmes et de logiciels, les lettres I.-D. "Ingénierie de Développement" de notre sigle marquant cette volonté.

UTILISATION D'UNE CAMERA A FIBRE OPTIQUE POUR LA RESTITUTION GRAPHIQUE HAUTE RESOLUTION DES IMAGES DE SONAR LATÉRAL

Dans le domaine de l'Océanographie industrielle,

les techniques de reconnaissance des sols ont accompli des progrès considérables en quinze ans, le marché pétrolier offshore, surtout en Mer du Nord, exprimant au fil des années, des exigences de plus en plus fortes, tant du point de vue de la précision des mesures que de la qualité de rendu des résultats.

Dans notre secteur d'activité, axé sur l'emploi des méthodes acoustiques, le Sonar latéral est l'un des exemples les plus frappants de cette évolution technologique, les premiers appareils ayant été commercialisés entre 1970 et 1973.

Je vous rappellerais ici simplement les principes généraux de la méthode et de l'appareillage :

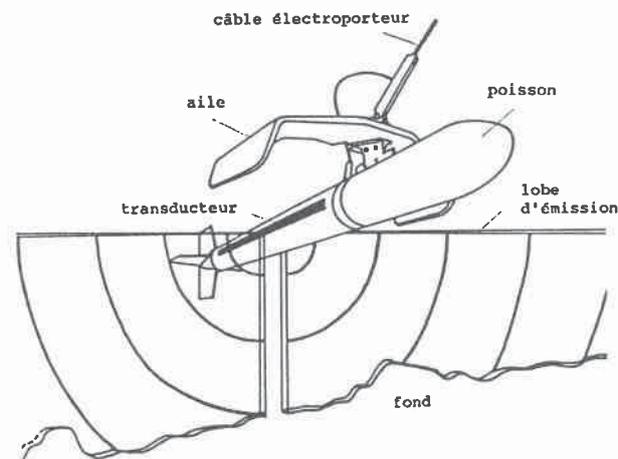
L'eau est un milieu particulièrement opaque aux ondes électromagnétiques, donc à la lumière.

Il est, de ce fait, impossible d'effectuer des reconnaissances physiographiques visuelles rapides sur de grandes étendues... sauf si l'image est artificielle et la lumière "acoustique".

La technique consiste donc à "éclairer" le fond latéralement au moyen de sources acoustiques, des transducteurs, placés de chaque côté d'un poisson remorqué derrière une embarcation.

Chaque transducteur émet selon un lobe très fin, environ 1°, perpendiculairement au profil suivi par le bateau, mais d'une ouverture verticale proche de 90°. Ceci permet d'une part d'une bonne résolution au niveau des détails du fond marin, mais également la couverture d'une large zone en un seul passage.

La partie verticale du lobe agit comme un sondeur bathymétrique pour contrôler l'altitude du poisson au-dessus du fond.



1 - Principe de la méthode

Au fur et à mesure de la réalisation d'un profil par l'embarcation, les ondes acoustiques ainsi émises à cadence élevée sont réfléchies avec plus ou moins

d'intensité par les différentes aspérités du fond, rides sableuses, rochers, trous, sillons, canalisations, épaves, quai...

Les ondes réfléchies sont reçues par le poisson, amplifiées et transmises à un enregistreur.

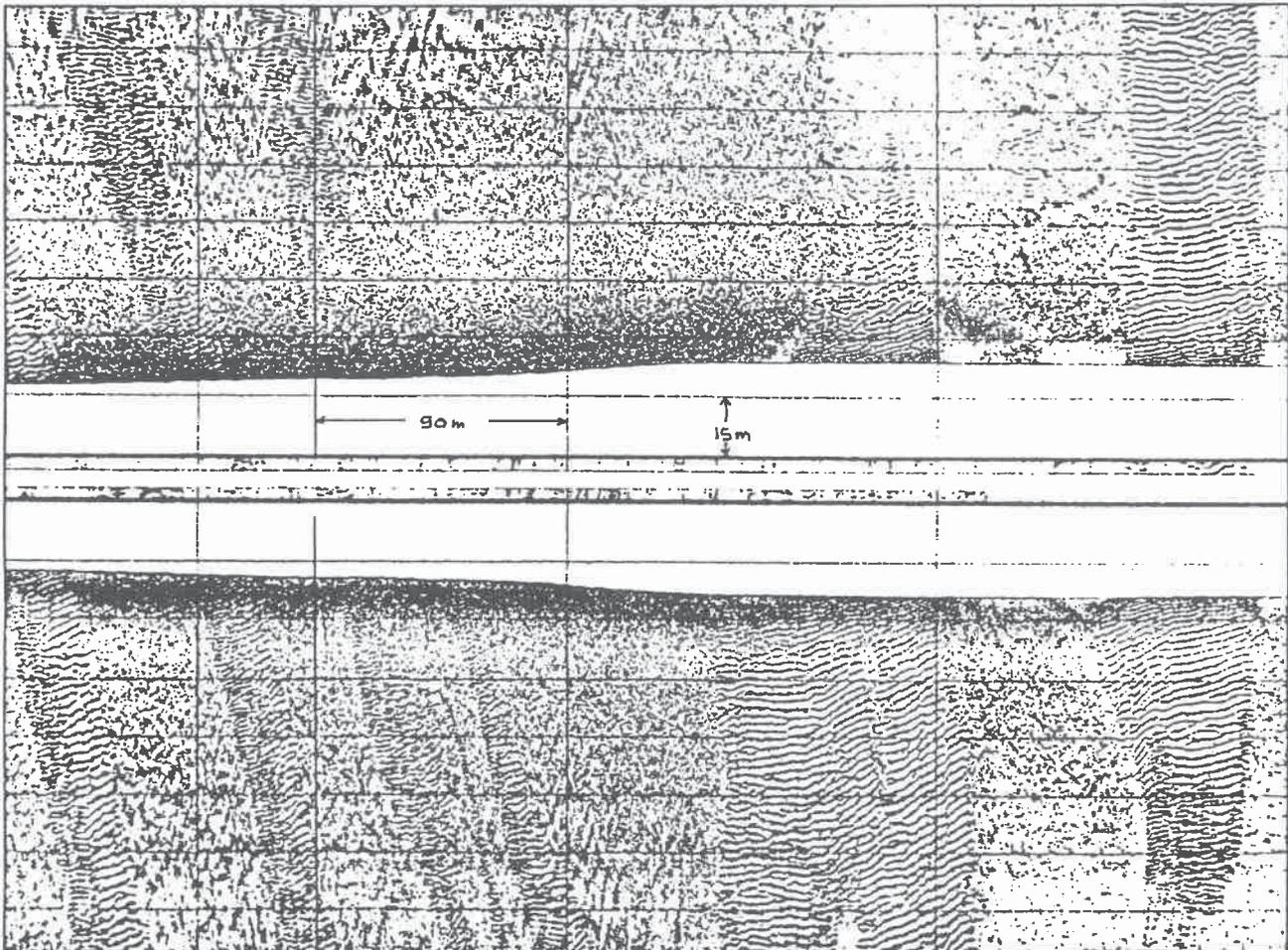
Le plus couramment, les résultats se présentent sous la forme d'un enregistrement graphique sur papier électrosensible où apparaissent les voies droite et gauche correspondant aux deux secteurs latéraux reconnus par le sonar de part et d'autre du poisson. Des lignes d'échelle permettent de calculer les distances latérales des objets reconnus par rapport à l'axe longitudinal du levé ; des tops régulièrement espacés repèrent la position en x/y du poisson.

taires, et qui ne sont pas encore, ou ne seront jamais, transférées sur les modèles conventionnels.

Au cours des années 70, la première génération d'équipement permettait uniquement l'obtention d'une image très déformée du fond marin, les échelles latérales et longitudinales d'enregistrement n'étant pas identiques.

Maintenant, les équipements les plus modernes présentent des caractéristiques et des performances assez remarquables :

- Le pouvoir de résolution atteint de l'ordre de $1/400^e$ de la portée latérale, ce qui représente moins de 10 cm pour une portée de 25 mètres.
- L'image étant numérisée, elle offre la possibilité de divers traitements en temps réel :



2 - Exemple d'enregistrement graphique (Sonar Latéral Classique)

Notons ici que le positionnement du poisson sonar lui-même s'avère quasiment indispensable dans le cas de travaux précis par grandes profondeurs d'eau, et qu'il est très coûteux. Par contre, il ne s'impose pas pour les études côtières, le poisson étant remorqué à côté de l'embarcation, en sub-surface.

Cet exposé ne s'intéressant qu'aux équipements légers adaptés aux reconnaissances des fonds littoraux, nous passerons sous silence toutes améliorations dont on pu bénéficier certains matériels spécialement développés pour les investigations par grandes profondeurs d'eau ou par des usages mili-

— Le plus important est la faculté de prise en compte directe des données de positionnement du bateau. Ceci permet d'effectuer une correction en continu de la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement en fonction de la vitesse du navire, et donc de rétablir des échelles horizontales et verticales similaires.

— D'autre part, grâce à l'acquisition permanente de la hauteur du poisson par rapport au fond, le système recalculé la distance horizontale vraie de chaque donnée sonar et élimine la tranche d'eau sur l'enregistrement graphique.

— De plus, les contrastes de l'image demeurent constants, l'appareil corrigeant automatiquement

l'enregistrement, encore en fonction de l'altitude du poisson au-dessus du fond ; ainsi, l'image sonar reste homogène dans le temps et absolument représentative de la morphologie et de la rugosité du sol marin.

Toutes ces caractéristiques vont permettre la construction d'une mosaïque à partir de différents profils.

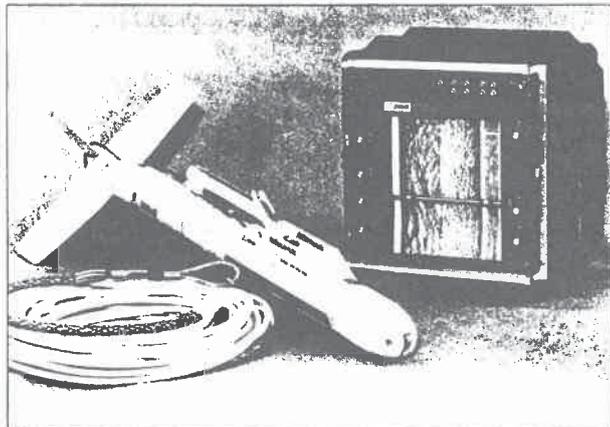
Les principaux fabricants proposent également un ensemble de moyens annexes pour annoter les enregistrements, stocker les informations sur bandes magnétiques sous forme analogique ou digitale, ou encore visualiser les images sur écran vidéo.

Mais nous regrettons jusqu'alors, en tant qu'utilisateurs permanents de ce genre de systèmes, de disposer d'une restitution sur papier d'une qualité standard, l'enregistrement graphique restant encore, à ce jour, le principal document pour le dépouillement des données.

C'est pourquoi, notre groupe s'étant doté récemment d'un équipement de marque EG&C appartenant à cette dernière génération, nous l'utilisons comme base de développement d'un système tout à fait spécifique de restitution graphique de très haute définition, et, dans un proche futur, pour l'élaboration d'une station de traitement informatisée.

La configuration de notre système de base est la suivante :

- un enregistreur graphique digital compact
- un poisson bi-fréquences 100/500 khz
- un câble électro-tracteur de 300 mètres monté sur treuil



3 - Matériels EG & G

- un enregistreur magnétique digital
- un écran vidéo de haute résolution
- un annotateur permettant d'inscrire automatiquement sur l'enregistrement toute donnée complémentaire servant à son dépouillement.

Nous avons donc adapté à cet ensemble une caméra à fibres optiques destinée à la restitution d'images dans le domaine médical, ce qui nous permet d'obtenir une qualité de résultat sur papier photographique largement supérieure à celle de l'enregistrement graphique initial, la dynamique du papier électrosensible étant très nettement inférieure.

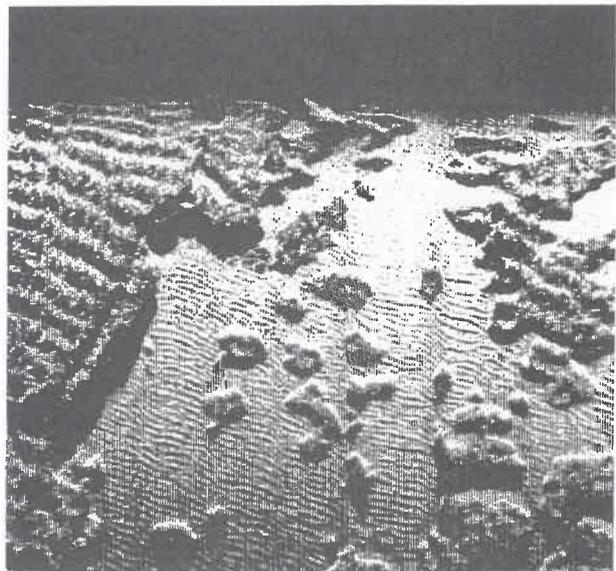
Il faut toutefois souligner que le coût du traite-

ment interdit l'emploi systématique de la reproduction sur papier photographique.

D'autre part, l'utilisation du système lors de l'enregistrement des données in situ ne s'impose pas toujours. Très souvent, nous effectuons une simple visualisation de contrôle des résultats sur écran vidéo à bord et l'enregistrement magnétique des données.

En différé, nous procédons alors au rejeu de ces enregistrements pour sélection des images à intérêt majeur, de façon à illustrer au mieux les résultats de nos mesures.

Les quelques exemples d'enregistrement qui vous sont présentés, issus de différentes campagnes de mesures en sites côtiers, prouvent l'utilité d'une telle qualité d'image ; le document permet réellement d'établir un dialogue avec le client comme on le fait avec une photo aérienne en site terrestre.



4 - Image Sonar Latéral EG & G 260 (nouvelle génération) avec restitution par caméra à fibres optiques. Fonds sableux à ripple-marks avec herbier de posidonies.

Nous pensons donc que ce matériel doit s'inscrire de façon plus systématique, en dehors de l'offshore pétrolier, dans tout projet de :

- reconnaissance de site d'implantation d'ouvrage, tracés de conduites, chenaux...
- cartographie de la nature du fond, des herbiers...
- recherches d'épaves ou d'obstacles
- contrôle d'ouvrages : ponts, émissaires, quais, digues en enrochements...
- archéologie sous-marine
- évaluation de placers (sables, nodules...).

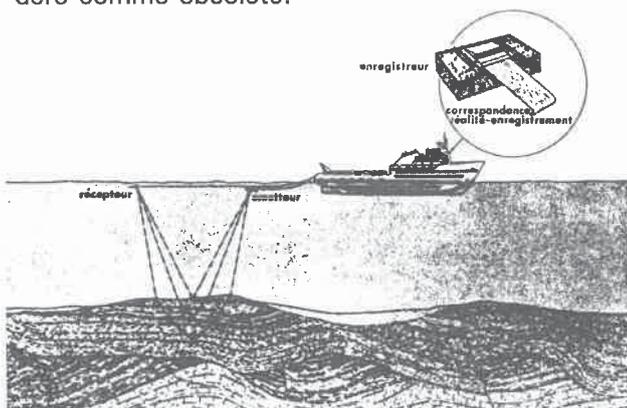
Je tiens enfin à signaler que la prochaine étape du développement de ces techniques élaborées actuellement par I.-D. Scope vise une intervention interactive à l'image sur un écran numérique à très haute définition.

Ainsi, en cours de reconnaissance d'un ouvrage, l'interpréteur ou le client lui-même aura la possibilité de localiser tout point particulier observé à l'écran et d'effectuer son report automatique en plan sur un traceur graphique.

ENREGISTREMENT ET TRAITEMENT SISMIQUE NUMERIQUE APPLIQUE AU GENIE CIVIL : LE SYSTEME "SISMICIEL"

Dans le second volet de mon intervention, je vous présenterai un tout nouveau système, le "Sismiciel", développé en étroite collaboration entre I.-D. Scope et la société Elics.

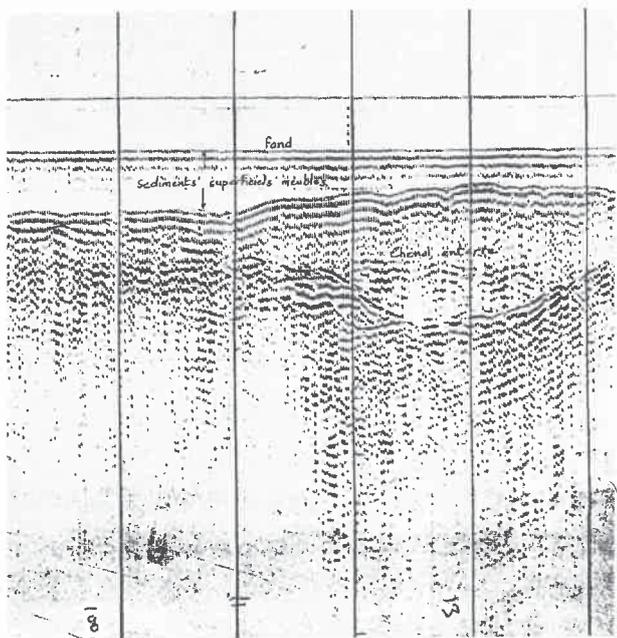
Il nous apparaissait de plus en plus évident que, dans le domaine de la reconnaissance sismique de très haute résolution, notamment pour les applications liées au génie civil et aux travaux maritimes, le simple enregistrement graphique monotrace, encore régulièrement employé, pouvait être considéré comme obsolète.



5 - Principe de la méthode

En effet, ce type d'enregistrement ne permet aucun contrôle sérieux de la qualité de l'émission sismique ; seul un examen subjectif des résultats obtenus autorisait un réglage approximatif et laborieux du dispositif.

D'autre part, il s'avérait indispensable d'évoluer vers l'acquisition numérique, avec toutes les possibilités de traitements en temps réel et différé qui lui sont associées.



6 - Exemple d'enregistrement graphique conventionnel - localisation d'un cheval enterré

La géophysique pétrolière faisant appel, depuis de nombreuses années à des matériels lourds et sophistiqués, on a cherché à en dériver des équipements plus adaptés à la reconnaissance sismique de très haute résolution ; mais les résultats de cette démarche ont conduit à des moyens qui, vu leur encombrement et leur coût, restent orientés vers une utilisation en offshore.

D'autre part, on a assisté au développement d'une série d'équipements légers agissant en tant que périphériques autour d'un enregistreur, chacun de ces équipements ayant une fonction de correction, de filtrage, de traitement très spécifique. En tant qu'utilisateur de ce genre de systèmes, nous souhaitions d'une part réunir en un seul appareil compact toutes ces fonctions, et d'autre part disposer d'un outil très évolutif, capable de remplir de multiples tâches.

C'est ainsi qu'est né le système "Sismiciel", susceptible d'opérer avec toutes les sources sismiques travaillant entre 100 et 15 000 Hz, et bâti autour d'un microcalculateur IBM PC/386 et d'une carte spécialisée munie d'un processeur TMS.

Son objectif est de traiter et de stocker numériquement les signaux en temps réel, ce qui permet une analyse très fine des paramètres conditionnant le levé sismique, et en différé de l'ensemble des résultats obtenus.

La configuration des matériels est la suivante :

- un micro-ordinateur IBM PC équipé d'une carte Intel 80386

- un disque dur de haute capacité (40 à 600 Mo)
- un lecteur de cartouches magnétiques (60 ou 130 Mo)
- un traceur électrostatique rapide de très haute résolution.

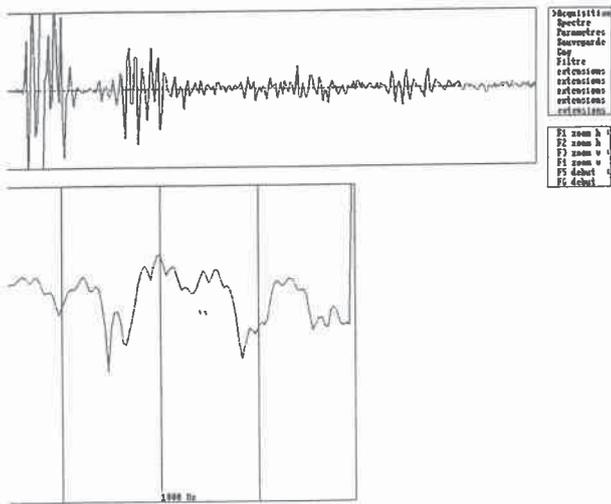
Par rapport à l'emploi d'un système d'enregistrement classique, "Sismiciel" présente une multitude d'avantages :

- Au niveau de la gestion de l'équipement sismique, il y a possibilité de commande de l'initialisation directement par le système.

Mais, par contre, dans le cas d'une configuration de matériels plus importante, incluant une radiocalisation par exemple, "Sismiciel" est piloté par un autre calculateur qui gère la synchronisation de l'ensemble des équipements et l'acquisition de divers paramètres "Sismiciel" reçoit alors les ordres de début de traitement et des informations externes telles le numéro et les coordonnées de tir qu'il se charge de stocker.

- "Sismiciel" a d'autre part un rôle essentiel pour optimiser la configuration du dispositif sismique et contrôler l'ensemble de ses caractéristiques tout au long de son utilisation. Il permet de choisir judicieusement toute la gamme de traitements à effectuer en temps réel sur le signal, en fonction d'une analyse détaillée des éléments suivants :
 - le niveau et le spectre de fréquences
 - les caractéristiques des bruits parasites
 - la gamme de filtrages numériques
 - la trace visualisée en aire variable sur écran.

Les différents paramètres de réglages, ainsi déterminés et ajustés dans une phase d'initialisa-



7 - Contrôle de la source sismique à l'écran

tion en mode interactif ne seront plus modifiés au cours de l'acquisition, de façon à garder un enregistrement homogène.

Le séquençement des traitements réalisés ensuite en temps réel, au cours de l'acquisition des profils, est le suivant :

- Un filtrage passe bas procède à une réduction

de la bande passante, beaucoup trop large à l'origine, suivi d'une décimation par laquelle on ne conserve que l'information utile.

Par rapport à un filtrage classique, ce traitement est plus simple, il occasionne moins de bruits parasites et il permet d'augmenter la dynamique du signal.

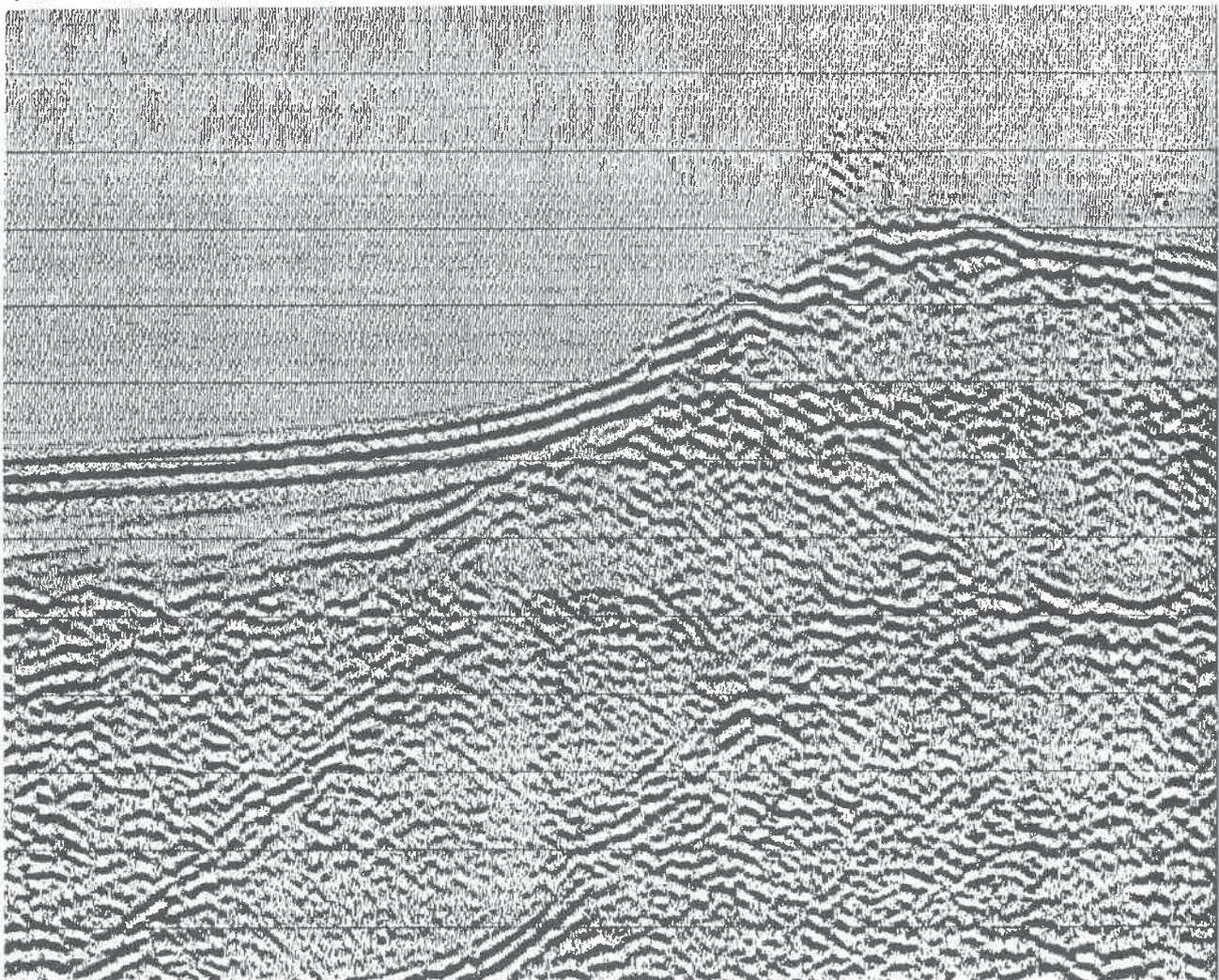
- Le système fait un contrôle automatique du gain destiné à uniformiser la réponse des différents réflecteurs, ou une normalisation qui limite l'enveloppe de certaines traces, celle du fond en particulier, dont l'importance peut devenir gênante par rapport aux autres.

- La recherche de la trace ayant le maximum d'énergie permet la détection du fond ; à partir de cette information, "Sismiciel" ne procède qu'à l'acquisition de la partie sismiquement utile de l'enregistrement, en éliminant la tranche d'eau.

- Un filtre de houles lisse les ondulations provoquées sur l'enregistrement par les mouvements de la source et du récepteur, en cas de mer agitée.

- Un filtrage passe haut et un filtre réjecteur éliminent les fréquences gênantes, dues à des parasites électriques, aux bruits du bateau ou de la mer...

- Enfin, avec une cadence de tir élevée, une sommation de plusieurs traces peut augmenter le rapport signal sur bruit, et donc la résolution.



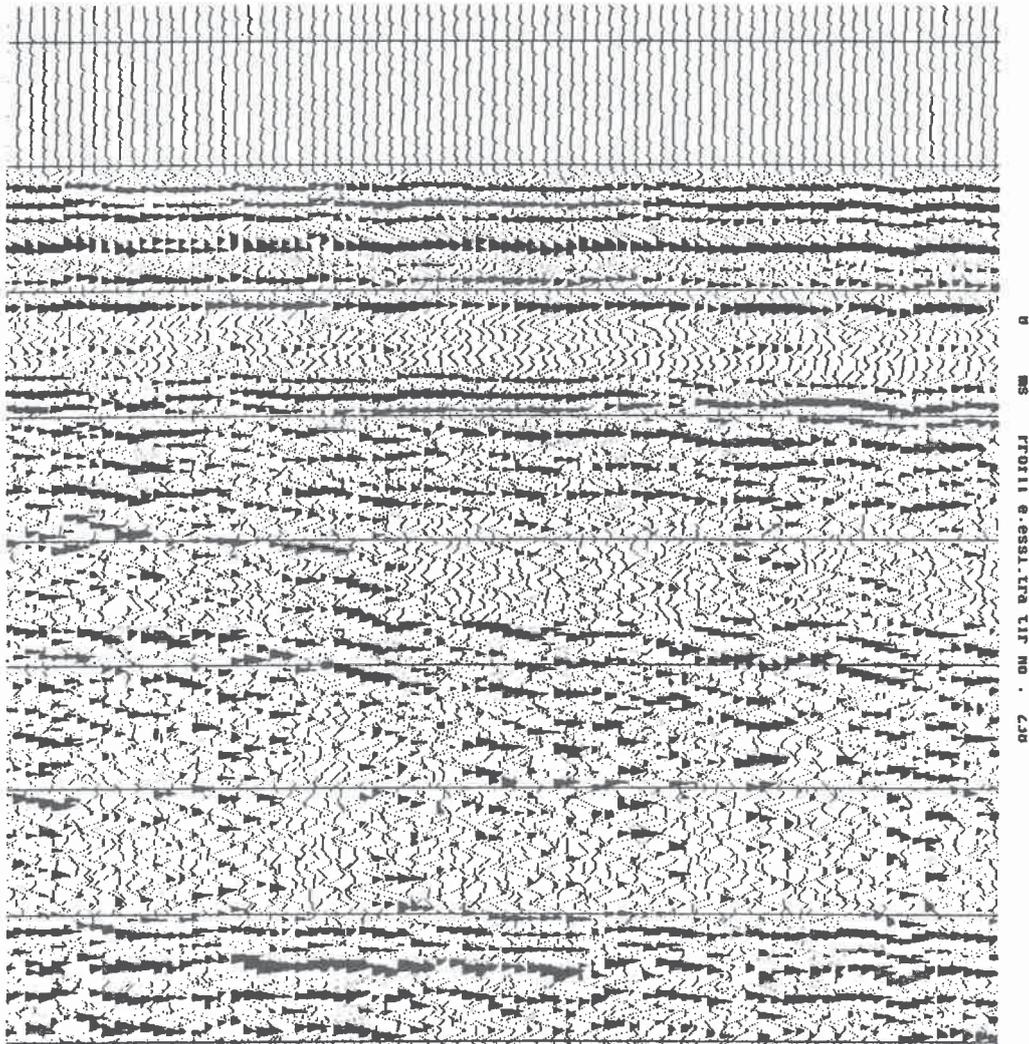
8 - Exemple de restitution graphique "Sismiciel" sur traceur électrostatique de haute résolution

Les autres avantages du "Sismiciel" résident dans l'utilisation optimale de ses périphériques :

- Ainsi, une visualisation de très haute définition des résultats s'effectue soit sur écran, soit par sortie sur traceur électrostatique. A part le film sismique lui-même, imprimé en aire variable, elle autorise le contrôle de tous les paramètres de réglage du matériel.

- Dans un avenir proche, de nombreuses fonctions d'aide au dépouillement des résultats vont être greffées sur le système, de façon à nettement accélérer et améliorer le rendu des résultats.

Le pointé interactif sur l'écran des horizons sismiques en sera l'une des premières étapes. Ensuite, le système deviendra le gestionnaire d'une base de données contenant les informations sismiques et



9 - Restitution graphique sur imprimante laser

- Le stockage de l'information numérisée s'effectue après compression réalisée selon une technique couramment employée en télécommunication sur le signal vocal et qui garantit un minimum de distorsion.

L'enregistrement se fait en premier sur le disque dur de 100 Mo, puis il est transféré sur cartouche magnétique de grande capacité en fin de profil ou de journée.

Enfin, l'un des avantages majeurs de "Sismiciel" est de devenir, une fois la mission in situ terminée, un poste de travail pour conduire l'interprétation des données :

- Le rejeu sur l'écran et le traceur électrostatique permet de retravailler, si on le juge utile, certaines sections de profils en adoptant une nouvelle gamme de filtrage, ou des réglages et traitements différents de ceux retenus lors de l'acquisition.

de positionnement déjà développée par ailleurs par I.-D. Scope, ce qui conduira à la cartographie et à divers traitements graphiques automatisés.

Je conclurai cet exposé en rappelant que, encore plus qu'en domaine terrestre, les reconnaissances de sols en secteur littoral supposent une parfaite maîtrise des moyens mis en œuvre car elles cumulent des problèmes dus à l'environnement géologique, tels les changements rapides de faciès, un substratum subaffleurant... à des difficultés propres à l'application des méthodes, la profondeur de l'eau, les houles, les moyens navals adaptés...

Nous pensons donc que la contribution de la géophysique marine à l'étude de ces sols sera largement accrue par la naissance d'outil tels que "Sismiciel" et l'imagerie très haute résolution du Sonar latéral.