



SHRIMP - UN NOUVEL EQUIPEMENT DE SISMIQUE REFRACTION TRES HAUTE RESOLUTION POUR LA RECONNAISSANCE EN CONTINU DES FONDS MARINS

O. MAGNIN ⁽¹⁾, J.C. DUBOIS ⁽²⁾, J. MEUNIER ⁽³⁾,

⁽¹⁾ GEODIA - 205 avenue Georges Clémenceau - 92000 NANTERRE

⁽²⁾ Institut Français du Pétrole - 1 avenue du Bois Préau - 92500 RUEIL MALMAISON

⁽³⁾ IFREMER - Zone Industrielle du Diable - BP 70 - 29280 PLOUZANE

ABSTRACT

Precise knowledge of the soil profile and geotechnical parameters over the first metres below sea bottom is of primary importance for some harbour and coastal engineering projects.

A new equipment SHRIMP, based on the high resolution seismic refraction method, has been developed for a precise and continuous investigation of the sea-bottom materials on a few meters penetration along profiles, in water depths ranging from shore to 150 m.

Soil layers are characterized by their compressive wave velocity measured with an accuracy better than 100 m/s. Layers with velocity contrasts of 10 % may be identified and the contact depths measured with a definition better than 30 cm.

Qualification and full-scale tests have demonstrated the capabilities and performances of this equipment.

1. INTRODUCTION

Les reconnaissances de sites marins comportent généralement deux phases complémentaires :

- une reconnaissance géophysique comprenant une couverture de la zone par une série de profils de sismique réflexion destinée à appréhender la stratigraphie générale du site,
- une reconnaissance géotechnique à base de sondages par carottages et essais in-situ permettant une détermination ponctuelle des paramètres physiques et mécaniques des matériaux.

Ce type d'approche, généralement satisfaisant pour la plupart des projets d'implantation d'ouvrages en mer, s'avère insuffisant et inadapté lorsque la connaissance précise de la nature et des caractéristiques des premiers mètres de sol constitue un élément clé du problème. C'est notamment le cas pour les opérations d'ensouillage de câbles et de conduites, la construction d'émissaires, la mise en place de points d'ancrage, l'installation de rideaux de palplanches, le repérage de zones d'emprunt ou de dragage,...

La raison de cette inadaptation est essentiellement liée à l'incapacité de la sismique réflexion à fournir des informations précises sur les deux à trois premiers mètres de sol. Ce handicap est encore aggravé lorsque la profondeur d'eau est faible et que la présence de multiples (réflexion due à la surface) perturbe la lisibilité des signaux. C'est typiquement le cas dans les zones portuaires ou d'atterrages ($h < 15$ m).

L'objectif du projet SHRIMP, lancé en 1987 par GEODIA en collaboration avec IFP et IFREMER, était de concevoir, développer et réaliser un équipement permettant une analyse continue et précise des premiers mètres de sol sous le fond marin.

Les spécifications générales du système étaient les suivantes:

- profondeur d'investigation = jusqu'à 10 mètres,
- résolution verticale au moins égale à 30 cm sur la position des interfaces dans les deux premiers mètres,
- obtention de paramètres physiques donnant l'état de consolidation des matériaux,
- reconnaissance en continu avec interprétation en temps réel,
- procédé applicable en zones d'atterrages et jusqu'à 150m de profondeur d'eau.

2. APPLICATION DE LA SISMIQUE REFRACTION HAUTE RESOLUTION

Une première analyse a rapidement permis de s'orienter vers les possibilités d'application de la sismique réfraction au problème posé.

Cette technique, largement utilisée en géophysique terrestre pour les applications liées au génie civil, est en effet la plus appropriée à la définition fine des premiers mètres du sous-sol. Elle permet d'obtenir directement les vitesses sismiques et les profondeurs des différents horizons.

Les deux principales difficultés consistaient à développer un équipement adapté au milieu marin et un système d'enregistrement capable de réaliser un traitement et une interprétation en temps réel.

Trois années de travail comprenant successivement une phase de fabrication ou d'acquisition de matériel et une phase de tests sur site ont permis à GEODIA et ses partenaires de développer un outil opérationnel répondant aux spécifications souhaitées.

3. PRINCIPE DU SYSTEME SHRIMP

Le système comporte des équipements de fond et des équipements de surface.

Les équipements de fond sont constitués d' :

- une source
- une flûte équipée de géophones

Les équipements de surface comprennent un ensemble d'enregistrement et de traitement des données en temps réel.

La transmission des informations fond- surface est assurée par un ombilical.

La source et la flûte sont trainées sur le fond par un dispositif pas à pas. Ce dispositif varie selon la profondeur d'eau considérée (troïka ou char). La séquence de tir - réception s'effectue alors que l'ensemble source - flûte est immobile.

Le support de surface est fonction de la profondeur d'eau et des conditions navales. Il se déplace de façon continue à vitesse lente (typiquement 1 noeud).

4. EQUIPEMENT

4.1 Source sismique

Le sparker est la source la mieux adaptée aux exigences de l'application SHRIMP grâce à son large spectre de fréquence et à sa puissance de tir (300 à 1600 joules).

4.2. Récepteurs

Les deux flûtes actuellement disponibles (20 et 30m) sont protégées par une gaine souple perméable et résistante aux frottements sur le fond.

Les capteurs sont des géophones montés sur cardan, ce qui leur permet d'être constamment orientés selon la verticale quelle que soit la géométrie du fond.

4.3. Support marin permettant de tirer la source et la flûte sismique

Ce support est différent en fonction des profondeurs d'eau.

Etude de 0 à 40 m d'eau: Troïka

C'est un véhicule passif équipé d'une roue codeuse pour la mesure de déplacement. La traction est alors assurée à l'aide d'un treuil placé à l'arrière du support, la technique d'avancement étant celle du yoyotage.

Etude dans des profondeurs d'eau supérieures à 40 m

Un char est actuellement en développement pour des études dans des profondeurs d'eau allant jusqu'à 150 m. Il s'agira d'un engin sur chenilles, tracté par le support naval. Le dispositif permettant l'arrêt intermittent de la flûte fait l'objet d'un brevet GEODIA-IFP.

Cet équipement devrait être opérationnel courant 1992.

4.4. Ombilical pour la transmission des données entre la flûte et le système d'acquisition sur le bateau

L'ombilical est constitué d'un câble multiconducteur pour la transmission des données sismiques et d'un câble coaxial pour acheminer des courants de haute tension vers l'éclateur de la source "sparker".

4.5. Systèmes d'enregistrement et de traitement des données

La chaîne d'acquisition à bord est composée de plusieurs éléments: l'amplificateur des signaux sismiques, l'ordinateur central et les périphériques (console alphanumérique, console graphique, imprimante couleur et dérouleur de bande).

Amplificateur

Celui-ci permet d'amplifier jusqu'à 40 voies avec des gains de 20 à 74 db. Il est équipé d'un filtre passe bas de 1600 Hz.

Ordinateur

L'élément central est une station MASSCOMP spécialisée dans l'acquisition et le traitement du signal en temps réel permettant l'enregistrement de 20 traces sismiques avec une fréquence d'échantillonnage de 50 KHz par trace.

Logiciel d'acquisition et de traitement

Celui-ci a été entièrement développé pour ce projet, il permet :

- de piloter l'ensemble des processus d'acquisition et de traitement des données sismiques,
- la commutation automatique des gains à l'amplificateur,
- de tester le bon fonctionnement de la chaîne d'acquisition (flûte et électronique) avant chaque opération.

Le traitement et l'interprétation des données sismiques se font en temps réel. Toutes les 7s, la séquence suivante est réalisée:

- ordre de tir,
- acquisition des données sismiques,
- pointé des premières arrivées,
- sauvegarde des données en format standard international, seg Y
- calcul du profil suivi,
- détermination des vitesses des terrains rencontrés,
- détermination de la profondeur des interfaces et visualisation de la structure étudiée.

Un exemple de sortie en temps réel des résultats est visible, figure 2.

4.6. Support naval

Le support naval est largement tributaire des conditions d'environnement.

Dans des zones abritées et par faibles profondeurs d'eau (atterrages) l'utilisation de barges à fond plat ou de navires légers (type chalutier) peut être suffisante.

Dans des profondeurs d'eau de plusieurs dizaines de mètres, l'utilisation d'un char sera nécessaire. Le support devra dès lors être équipé des moyens de manutention nécessaires à sa mise à l'eau (grue, portique). Il devra également être doté d'une bonne manoeuvrabilité (joystick).

Dans les cas de mers plus sévères (Mer du Nord) le recours à des supports à positionnement dynamique pourra être nécessaire.

5. ESSAIS DE QUALIFICATION SUR SITE (Voir figure 3)

Le site était localisé dans la baie de Bourgneuf au large de Noirmoutier. Cette étude a permis de valider la résolution et la précision du nouvel équipement SHRIMP en comparant la coupe géologique obtenue par sismique réfraction avec les résultats de reconnaissances effectuées par sondages géotechniques.

Les moyens mis en oeuvre pour cette étude étaient les suivantes :

- support naval : vedette "La Coursive",
- chaîne d'acquisition : amplificateur, ordinateur, imprimante
- dispositif sismique : sparker 700 J et 1000 J, fiûte 12 géophones
- reconnaissances géotechniques par lançage visant à repérer l'interface sable-argile consolidée.

La coupe présentée sur la figure 2 est un exemple-type des résultats obtenus. Ils montrent que les objectifs de projet sont pleinement satisfaits en matière d'identification des couches et de précision sur la position de l'interface. Le système a par ailleurs été mis en oeuvre dans le cadre de projets industriels.

6. CONCLUSION

Le système SHRIMP représente un apport technologique important en matière de reconnaissance des fonds marins. Il permet de définir précisément la stratigraphie des premiers mètres de sol (0-10 mètres) et d'identifier physiquement la nature des différentes couches par le biais de la vitesse de propagation des ondes sismiques.

Les tests et études réalisés sur site ont permis de préciser les performances actuelles de cet outil :

- Vitesse d'avancement: 20 à 30 km/jour
- Profondeur d'eau : actuellement opérationnel jusqu'à 40 m, en développement pour des profondeurs de 150m (disponible fin 1992), à l'étude pour des profondeurs d'eau de 1000 m.
- Vitesse d'acquisition et de traitement: 1 tir toutes les 10 secondes.
- Pas d'avancement minimal: 5 mètres.
- Profondeur d'investigation maximale des fonds marins: 10 m
- Résolution verticale: 0,3 m
- Précision sur les vitesses: 100 m/s

Ces caractéristiques en font un outil idéal pour :

- les problèmes de reconnaissances linéaires, tracés des conduites et câble, poses d'émissaires, ...
- la recherche d'interfaces à l'échelle d'une zone: définition de zones d'emprunt, de zones de dragage, de zones d'ancrage,
- la recherche d'une continuité géotechnique entre sondages espacés: murs de quais, appontements,...

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BAER M. and KRADOLFER U. "An automatic phase picker for corel and teleseismic events" Bull. Seis. Soc. Am. 77, 4, 1437 - 1445 (1987)
- (2) STOLL R. D. "Acoustic waver in ocean sediments" Geoph., 42, 715 - 725 (1977)
- (3) DENZIL, TAYLOR, SMITH "Geotechnical characteristics of the sea bed to seismo - acoustics " Ocean seismo - acoustics, edited by Akel T. and Berkson J.M. IV : 16, 483 - 500 (1985)

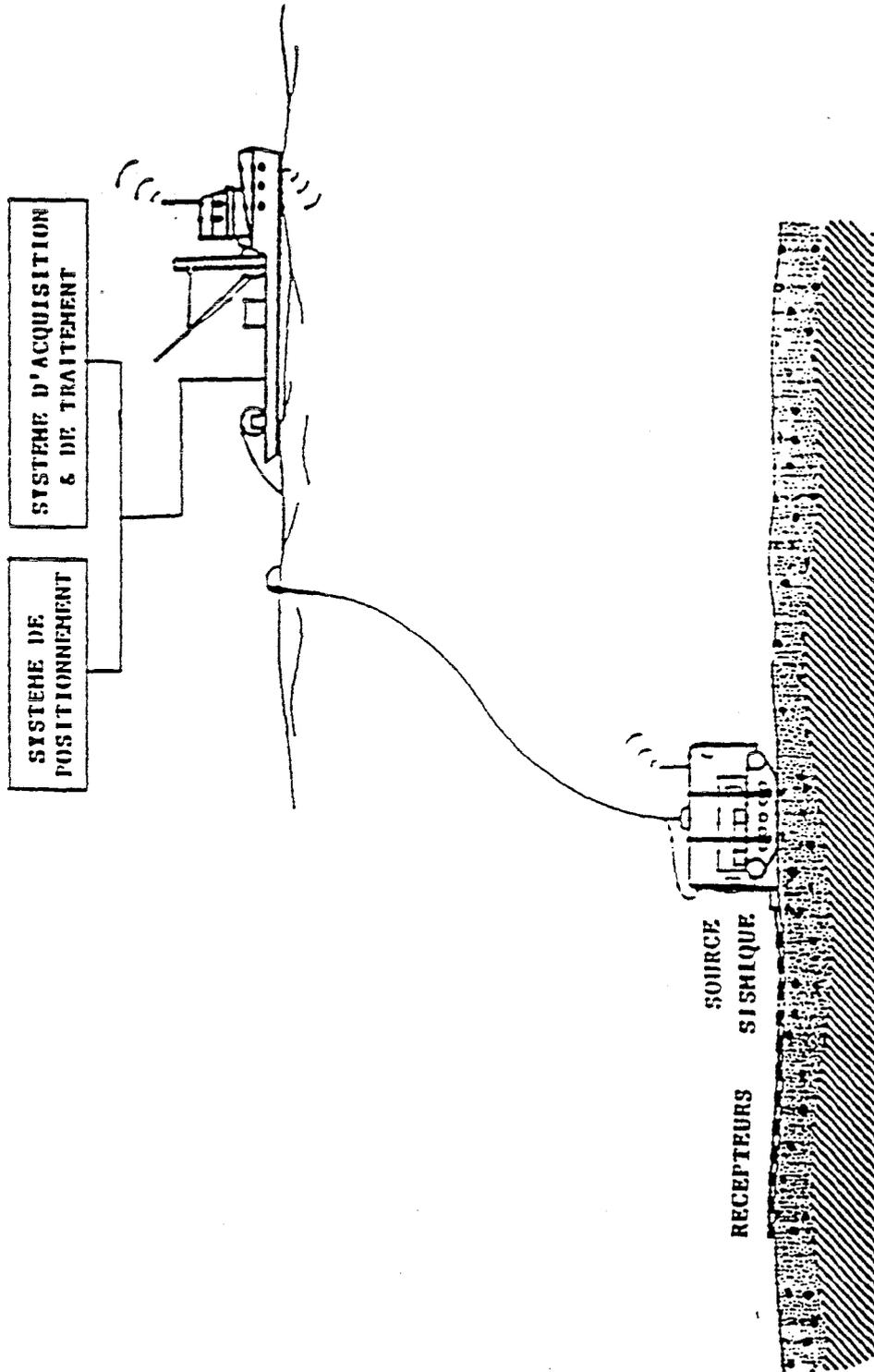


Fig. 1 : Principe de mise en oeuvre

GGEODIA SHIRMP SOFTWARE V1.0

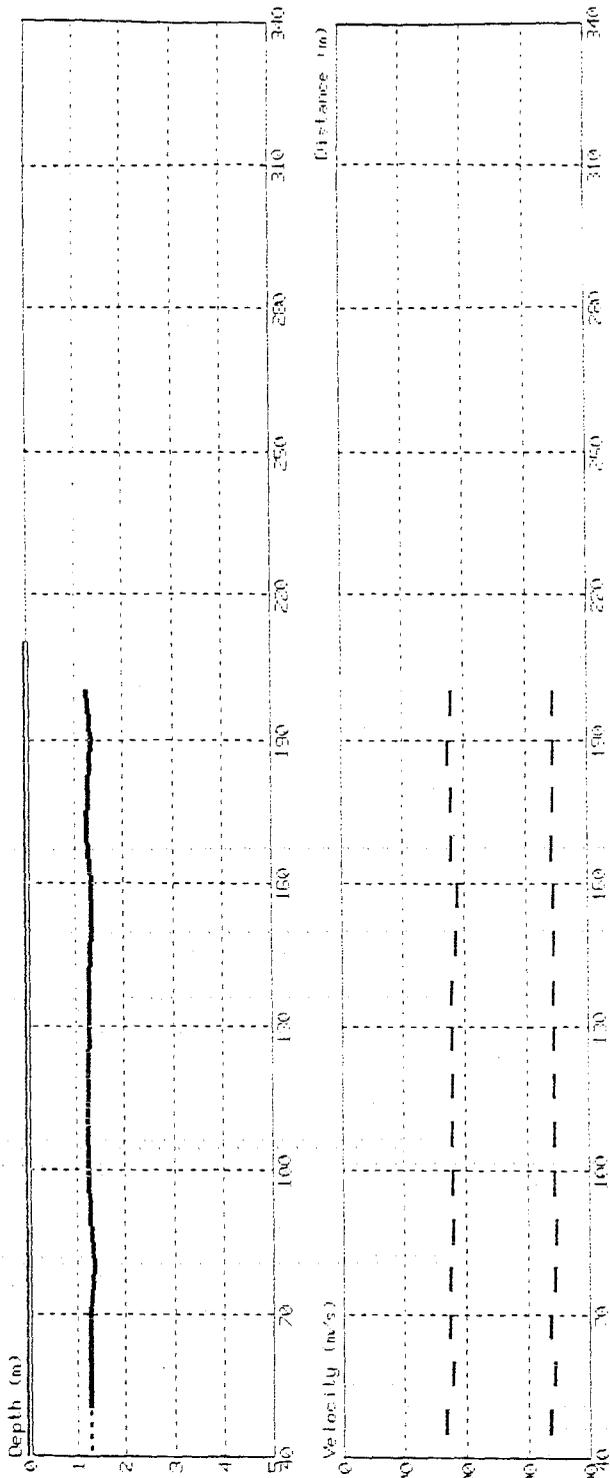
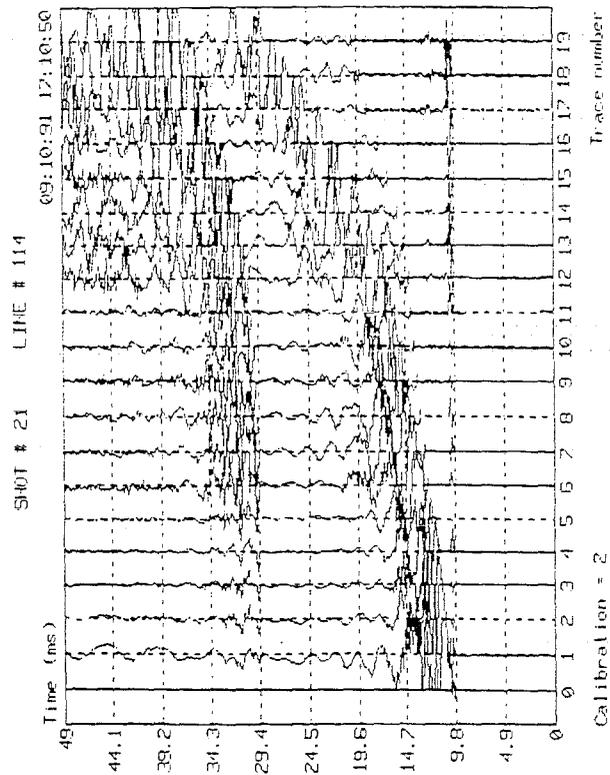
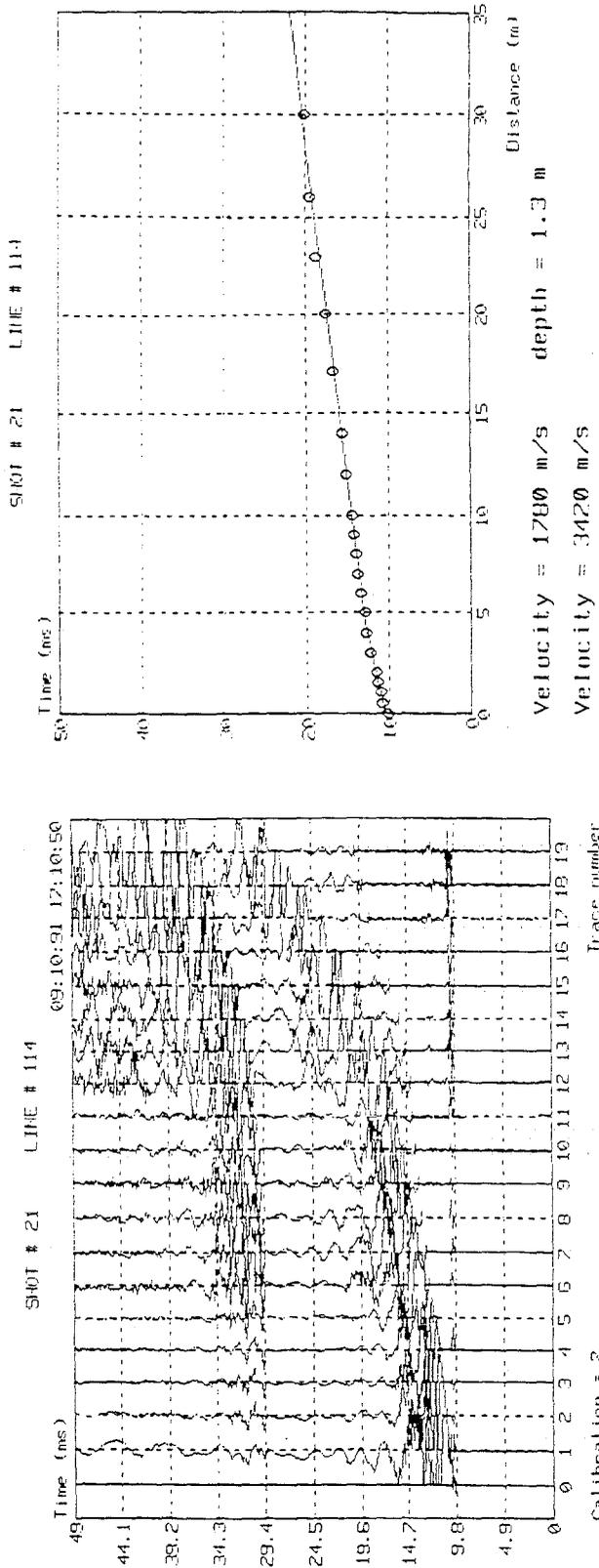


Fig. 2 : Exemple de sortie en temps réel des résultats

ETUDE DE NOIRMOUTIER

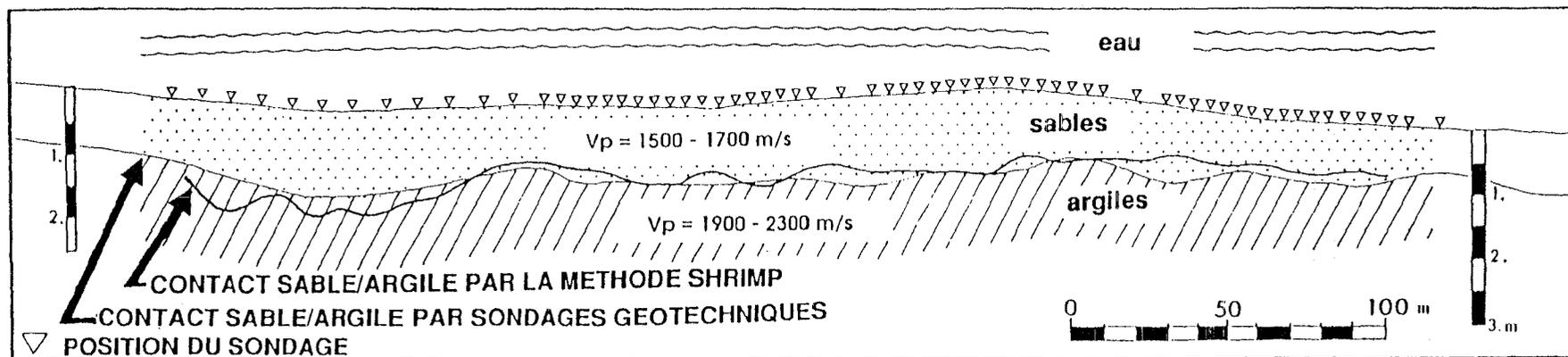


Fig. 3 : Exemple de corrélation entre l'interprétation sismique (SHRIMP) et les résultats des sondages géotechniques