

4 ème Congrès Français d'Acoustique
Marseille, France 14 - 18 Avril 1997

**Analyse de l'impact des effets de surface sur la réponse
impulsionnelle du milieu marin**

C. NOËL⁽¹⁾, C. VIALA⁽¹⁾, B. GARBAIL-PICON⁽¹⁾⁽²⁾

⁽¹⁾ Société SEMANTIC TS

39 chemin de la Buge - 83 110 SANARY - France

Tel : +33 (0) 494 88 24 58 Fax : +33 (0) 494 88 25 42

⁽²⁾ Laboratoire GESSY - Université de Toulon et du Var

BP 132 - 83 957 LA GARDE CEDEX - France Tel: +33 (0) 494 14 21 60

Summary :

In this paper, we study the effect of the moving sea-surface on the impulse response of the medium through comparisons between in situ measurements and joined propagation and scattering simulations.

1. INTRODUCTION

La réponse impulsionnelle du milieu marin est une grandeur particulièrement intéressante sur le plan opérationnel car elle correspond directement au signal mesuré au cours du temps sur un hydrophone. En présence d'une surface agitée, ce signal fluctue, présentant des perturbations de niveau pouvant engendrer une fausse alerte. D'autre part, les modèles de propagation actuellement utilisés sont généralement adaptés à une décomposition harmonique du signal. Cette décomposition n'est pas appropriée à l'étude des signaux transitoires. Pour étudier la distorsion subie par les signaux non stationnaires, il est donc nécessaire de modéliser le milieu marin comme un filtre linéaire caractérisé par sa réponse impulsionnelle, beaucoup mieux adaptée au cas des signaux transitoires. Le signal propagé sera obtenu par convolution entre cette réponse et le signal émis.

Cet article présente une méthode de prédiction et d'analyse de l'impact des effets de surface sur cette réponse impulsionnelle. Le problème posé est le suivant : considérons alors deux rayons issus de la source et arrivant sur la surface en des instants différents ; l'inclinaison de la surface ayant changé entre les instants d'impact des deux rayons, ceux-ci repartiront après réflexion sur la surface avec des caractéristiques spatio-temporelles différentes. Les caractéristiques des rayons propres arrivant sur le récepteur auront donc été modifiées par la réflexion en surface. La prise en compte d'une surface décrite dynamiquement est donc nécessaire.

Nous proposons une méthode pour simuler étudier la déformation résultant sur la réponse impulsionnelle, basée sur un modèle 2D de la propagation du son par une méthode de rayons, que nous avons adapté à la prise en compte d'une surface aléatoire variant dans l'espace et le temps. Ces simulations sont comparées à des mesures in-situ.

2. METHODE DE CALCUL DE LA REPONSE IMPULSIONNELLE

Ce logiciel RAYSON de calcul du champ sonore par une méthode de rayons intègre à la base des variations 2D du profil de célérité, détermine les rayons propres et calcule les temps de trajet des rayons et leurs intensités sonores pour un grand nombre de fréquences; il intègre déjà une méthode de calcul de type Monte-Carlo permettant un calcul automatique sur un ensemble de réalisations. La réponse impulsionnelle est calculée de la façon suivante (c.f. figure N°1) : Pour un couple émetteur-récepteur donné on détermine les rayons propres les reliant. Pour chaque rayon, nous disposons du temps de parcours ainsi que de l'amplitude en fonction de la fréquence. Ensuite, pour chaque fréquence présente dans le signal, on calcule l'amplitude et la phase de ces rayons propres. Ceux-ci sont alors sommés en phase pour donner la fonction de transfert dont la transformée de Fourier est la réponse impulsionnelle.

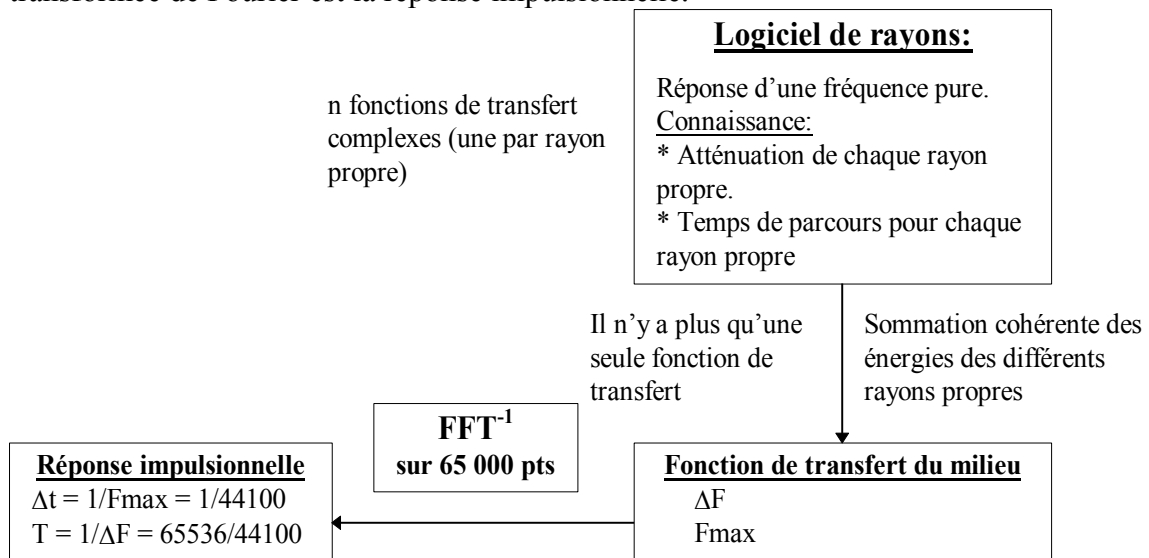


Figure N°1 : Du logiciel de rayons à l'obtention de la réponse impulsionnelle

D'autre part des états de surface décrivant les phénomènes de houle sont générés par inversion de spectre de houle de type Pierson-Neumann ou Pierson-Moskovitz, ou encore mesurés in-situ. Ils décrivent l'élévation de la surface de la mer au cours du temps. Le logiciel considère la surface comme un ensemble de facettes et l'approximation effectuée est de type Kirchhoff.

Toutes ces phases de calcul sont directement intégrées dans le code de propagation réalisant ainsi un outil permettant de prédire la réponse impulsionnelle d'un signal dans un environnement de surface réaliste allant de l'échelle Beaufort 5 à 11.

3. ANALYSE DE MESURES ACOUSTIQUES

Afin de valider notre modèle nous avons comparé les résultats simulés avec ceux de mesures in-situ. Nous présentons ici les résultats relatifs à l'analyse de l'évolution temporelle de la réponse impulsionnelle.

3.1. Configuration de l'expérimentation et Signaux mesurés

Les mesures étudiées sont relatives à une expérimentation de télémétrie. On dispose, sur une durée de 60 s et avec une récurrence de 1 s, d'enregistrements relatifs à des trajets sonores reliant une source et un récepteur posés sur un fond de 2500 m, et distants

horizontalement de 5500 m. La réponse impulsionnelle mesurée présente l'allure suivante au cours du temps pour des mesures effectuées par vent de force 5:

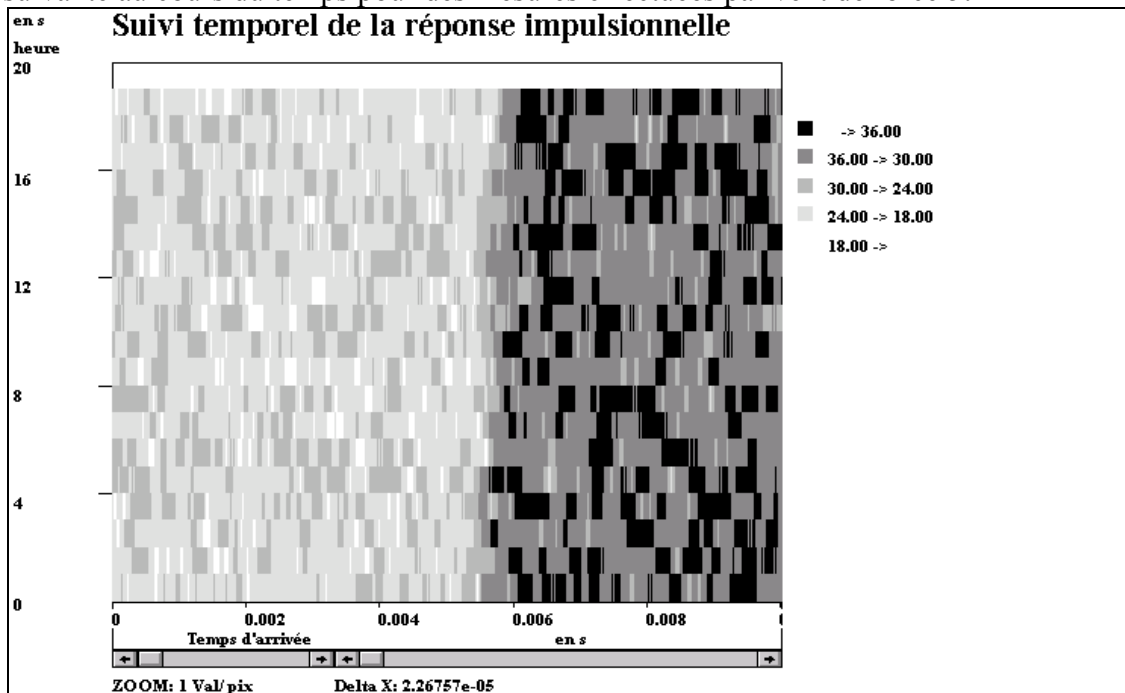


Figure N°2 : Suivi temporel de la réponse impulsionnelle mesurée par force 5

On n'observe pas de cohérence a priori. Lorsque que l'état de mer croît, la période de vagues augmente et leur fréquence diminue. La mer étant établie, la récurrence temporelle de 1s est mieux adaptée à l'échelle de variation temporelle de la surface et le phénomène physique est mieux échantillonné. On observe alors (c.f. Figure N°3) une cohérence dans le suivi temporel de la réponse impulsionnelle mesurée dans le cas de force 7. Le front montant de la réponse impulsionnelle présente une période d'oscillation de l'ordre de 9 s, ce qui correspond bien dans la littérature à un vent de force 7.

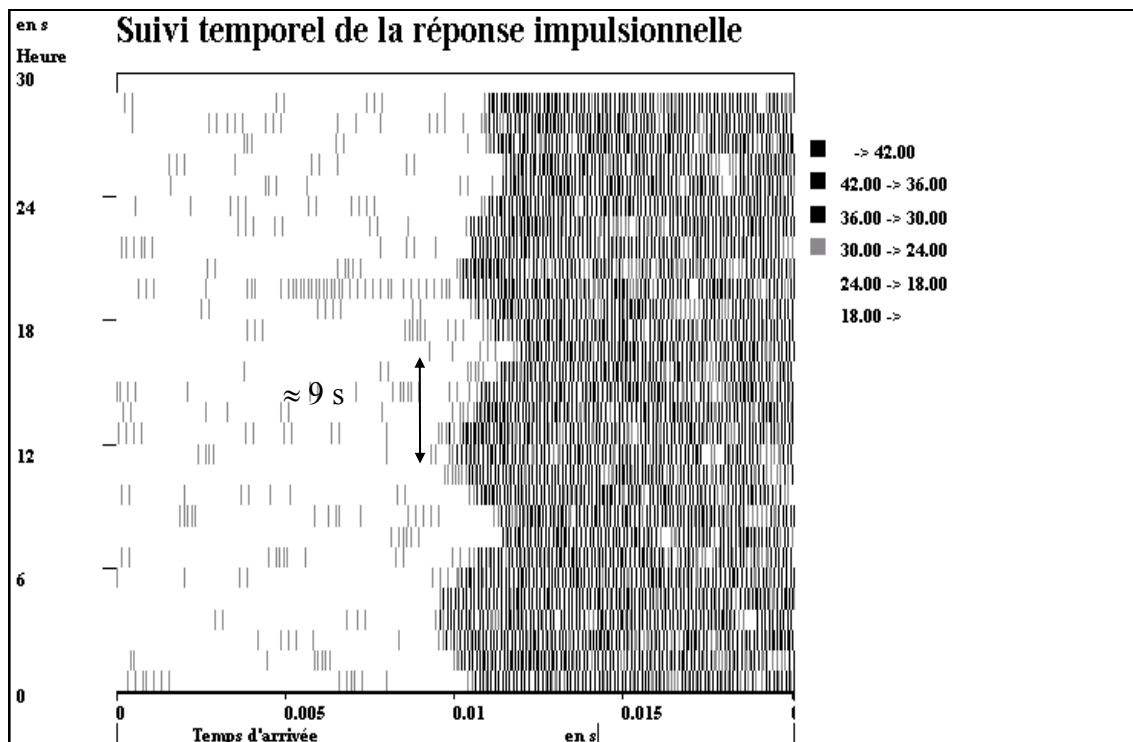


Figure N°3 : Suivi temporel de la réponse impulsionnelle mesurée par force 7

3.2. Suivi temporel de la réponse impulsionnelle simulée

Nous avons effectué les simulations numériques relatives au premier cas. Avec une récurrence d'observation de 1 s, on retrouve théoriquement le fait que l'échantillonnage temporel des mesures est insuffisant pour observer l'effet de la surface sur la réponse impulsionnelle :

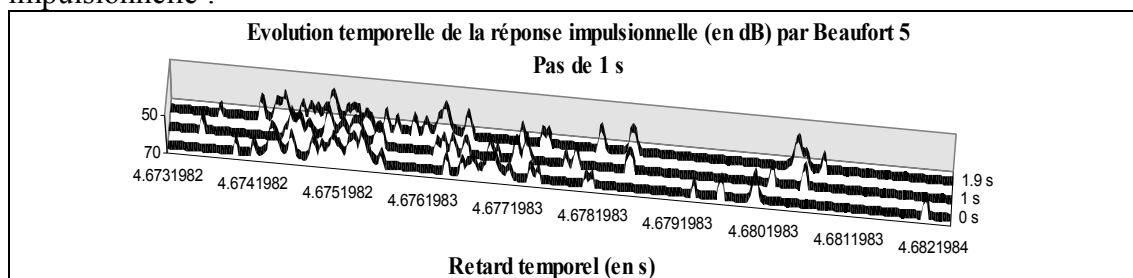


Figure N°4 : Suivi temporel de 1s de la réponse impulsionnelle simulée par force 5

Dans le deuxième cas, les simulations obtenues toujours par force 5 avec une récurrence de 100 ms, montrent nettement un comportement oscillant du premier front de la réponse impulsionnelle d'une demi-période d'environ 3 s, ce qui correspond bien à un état de force 5 sur l'échelle de Beaufort.

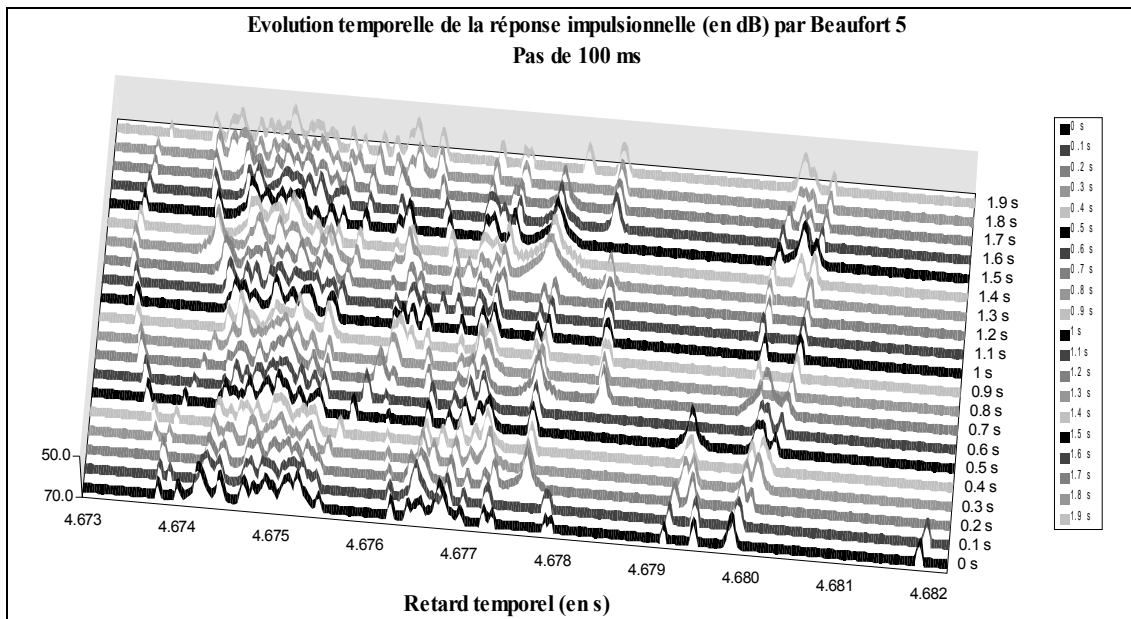


Figure N°4 : Suivi temporel de 100 ms de la réponse impulsionnelle simulée par force 5

4. CONCLUSIONS

Nous avons développé un outil permettant d'analyser les effets de la surface agitée sur la réponse impulsionnelle. Les résultats de ce modèle sont en accord avec les mesures in-situ. Cet outil s'avère particulièrement utile pour la préparation de campagnes de mesures acoustiques à la mer (définition des récurrences des mesures pour une fréquence d'échantillonnage adaptée aux phénomènes physiques) et pour leur dépouillement. L'étape suivante consiste à étendre cette étude au cas d'une surface dynamique à deux dimensions spatiales et d'une propagation sous-marine en trois dimensions.

Le présent travail a été financé par la Direction des recherches, Etudes et Techniques (DGA) en exécution du contrat N° 95-497 A/DRET.