Index de réflectivité de structures rigides géométriquement complexes

D. Adam, G. Beauquet, E. Gorud

► To cite this version:

D. Adam, G. Beauquet, E. Gorud. Index de réflectivité de structures rigides géométriquement complexes. Journal de Physique IV Proceedings, 1994, 04 (C5), pp.C5-865-C5-868. 10.1051/jp4:19945188 . jpa-00252870

HAL Id: jpa-00252870

<https://hal.science/jpa-00252870>

Submitted on 1 Jan 1994

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Index de réflectivité de structures rigides géométriquement complexes

D. ADAM, G. BEAUQUET et E. GRORUD

Le Centre Thomson d'Applications Radars, 6 rue Nieuport, BP. 86, 78143 Vélizy-Villacoublay cedex, France

Résumé : Un logiciel de calcul de l'index de réflectivité de cibles acoustiques rigides a été développé au **LCTAR**. La cible est décomposée en pavés numériques définis sous forme paramétrique compatible avec les descriptions habituellement utilisées par la CAO. Les réflexions simple et double sont traitées par l'Optique Physique et les diffractions d'arête par la Théorie Uniforme de la Diffraction. Des résultats de réflectivité sur des structures réalistes sont montrés.

Abstract : A computer code for the computation of index of reflectivity of rigid acoustical targets has been developed at **LCTAR**. The target is subdivided into numerical patches defined by parametric coordinates compatible with the usual CAD tools. Simple and double reflection are obtained via Physical Optics while wedge diffractions are obtained via Uniform Theory of Diffraction. Index results from realistic targets are given.

1. INTRODUCTION.

Lorsque la cible acoustique peut être considérée comme rigide, il est possible d'utiliser les méthodes de calcul employées en Electromagnétisme pour l'évaluation des sections efficaces radar (SER) de cibles. Le champ électrique (ou magnétique) devient alors le champ de pression en acoustique. Les mêmes formalismes peuvent être alors utilisés moyennant un passage de quantités vectorielles à des quantités scalaires.

LCTAR a mis au point au cours des dernières années, un code de calcul (**ECHOPHY**) qui permet de déterminer l'index de réflectivité monostatique et/ou bistatique d'une cible de forme arbitraire à partir des formalismes asymptotiques usuels utilisés en Electromagnétisme. Les particularités de ce logiciel, ainsi que quelques exemples d'application sont exposés dans cet article.

2. TRAITEMENT GEOMETRIQUE DE LA CIBLE.

La surface extérieure de la cible est modélisée par une structure décomposée en pavés. Chaque pavé admet une représentation paramétrique en u, v ($0 \leq u, v \leq 1$) et peut être associé à un matériau absorbant uniforme sous forme de revêtement. Les coordonnées cartésiennes (x, y, z) d'un point de la surface de cible s'écrivent :

$$x = \frac{P_x(u,v)}{P_h(u,v)} ; y = \frac{P_y(u,v)}{P_h(u,v)} ; z = \frac{P_z(u,v)}{P_h(u,v)} \quad (1)$$

où P_x , P_y , P_z et P_h sont des polynômes de degré pouvant aller jusqu'à 20. Les coefficients de ces polynômes sont donc les données géométriques de base de chaque pavé. Ce type de représentation est tout-à-fait compatible avec celles utilisées en CAO.

Le traitement géométrique de la structure consiste à obtenir les parties vues dans une direction d'observation donnée (ou ce qui revient au même la suppression des parties cachées).

Ce traitement comporte trois phases :

- calcul des coordonnées et des normales aux points situés sur les sommets d'un quadrillage de la structure en utilisant des découpages réguliers de chaque pavé,
- détection des points cachés par l'orientation de sa normale et par sa position relativement aux facettes,
- élimination des parties cachées des facettes partiellement vues par détermination des lignes limites de visibilité.

Ce traitement permet de déterminer les surfaces intervenant dans le calcul des réflexions simples et doubles. Il est ensuite nécessaire de déterminer toutes les lignes de discontinuité en vue du calcul des diffractions. Ce traitement suppose l'existence d'une représentation graphique de la structure pour pouvoir vérifier la validité du modèle numérique qui conditionne un calcul correct des différentes interactions onde-structure considérées. La représentation graphique intervient aussi en post-traitement dans ECHOPHY pour la visualisation des zones brillantes de la cible pour une incidence donnée. Cette représentation est basée sur le découpage du plan de l'image en pixels qui permet une visualisation fine du niveau de réflectivité par une sélection adéquate des niveaux de couleur. Les zones brillantes significatives sont ainsi mises en évidence.

3. FORMALISMES.

L'interaction de l'onde acoustique avec la cible est ici considérée comme locale du fait de la grande taille de la cible vis-à-vis de la longueur d'onde. Les types d'interactions considérées jusqu'à présent dans ECHOPHY sont les réflexions simple, double et la diffraction simple par une arête de dièdre.

3.1 Réflexion simple

Les réflexions simples et doubles sont traitées dans l'approximation de l'Optique Physique qui suppose la surface d'interaction localement plane. Le potentiel diffracté par le cible s'écrit :

$$V^s(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_S V(\vec{r}') \frac{\partial}{\partial n'} \left(\frac{e^{-jk r}}{r} \right) dS \quad (2)$$

où S est la portion illuminée de la cible dans la direction d'observation considérée. En développant la dérivée normale de la fonction de Green, on obtient respectivement en champ proche et en champ lointain :

$$V^s(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi} \int_S V(\vec{r}') \vec{n} \cdot \vec{a}_r (1 + jkr) \frac{e^{-jkr}}{r^2} dS$$

$$V^s(\vec{r}) = \frac{jk}{4\pi} \frac{e^{-jkr}}{r} \int_S V(\vec{r}') \vec{n} \cdot \vec{a}_r (1 + jkr) e^{-jk\vec{r} \cdot \vec{a}_r} dS$$

L'intégration sur les portions illuminées de la cible se fait sur des éléments triangulaires. Ces éléments sont redécoupés plus finement jusqu'à ce que la flèche évaluée au milieu de chaque côté du triangle soit inférieure à un pourcentage de la longueur du côté ou à une fraction de la longueur d'onde d'analyse.

3.2 Réflexion double

Dans la modélisation des champs de pression doublement réfléchis, on suppose constante l'amplitude du champ diffracté par chaque facette mais on intègre les termes de phase. Cette approche est d'autant plus valable que la discrétisation en triangles plans est fine. Le champ de pression obtenu par réflexion simple sur la surface S_1 et calculé en P_2 s'écrit :

$$P^s(\vec{r}_2) = \frac{jk}{4\pi} \int_{S_1} P(\vec{r}_1) \vec{n}_1 \cdot \vec{u}_s \frac{e^{-jkr}}{r} dS_1$$

Le champ doublement réfléchi fait donc apparaître une intégrale double sur S_1 et S_2 .

3.3 Diffraction d'arête vive

Le champ de pression diffracté par une arête vive rectiligne peut se calculer en se ramenant au cas canonique du dièdre à impédance (le dièdre parfaitement réfléchissant n'étant qu'un cas particulier). On se ramène à un problème local où l'on isole la partie rapidement décroissante et identique au courant d'arête d'un dièdre en la distinguant de la partie due à l'optique géométrique et à celle due aux ondes de surface. Ce champ de pression peut s'écrire en bistatique :

$$P_d = \frac{e^{-jkr}}{r} \frac{e^{2jk\vec{u} \cdot \vec{r}}}{4\pi \sin \beta} \frac{e^{jkz_n \cos \beta}}{k \cos \beta} \sin(kz_n \cos \beta) \sum (\vec{n} \cdot \vec{l} \cdot \vec{u}) \int_0^\infty P_{sd}^{+/-} e^{jk\vec{w} \cdot \vec{l} \cdot \vec{u}} d\rho$$

4. FONCTIONNALITES.

ECHOPHY permet dans sa version actuelle de calculer l'index monostatique et/ou bistatique de cibles rigides relativement grandes devant la longueur d'onde. Il tient compte des réflexions simples, doubles et des diffractions d'arêtes. Il peut faire intervenir des revêtements absorbants sous forme d'impédance de surface. Il est possible de calculer en champ proche des niveaux de réflectivité d'une cible qui suit une trajectoire bien définie. Par balayage en fréquence autour d'une porteuse, les réponses impulsionnelles sont accessibles. Enfin, la présence d'un interface air-mer considéré comme plan parfaitement réfléchissant peut être prise en compte.

5. APPLICATIONS.

L'index bistatique de réflectivité d'un sous-marin est présenté sur la figure 1 pour deux angles de bistatisme. Les échelles en ordonnées sont arbitraires. On n'a tenu compte ici que des phénomènes de réflexion simple. L'influence des réflexions doubles (rd) et des diffractions d'arêtes (ce) est montrée sur la figure 2. Les niveaux donnés par la réflexion simple (op) sont donnés à titre de comparaison. On peut

remarquer que sur une structure relativement complexe, les phénomènes de réflexion double peuvent être importants. Là-aussi, les échelles en amplitudes sont arbitraires.

6. CONCLUSION.

Le logiciel **ECHOPHY** permet de calculer l'index de réflectivité de cibles rigides définies numériquement et grandes devant la longueur d'onde. Il est capable d'utiliser des fichiers de structures créés par les outils CAO standard. Diverses extensions du code sont prévues: phénomènes de réflexion-diffraction, ondes rampantes...

Nota : Ces travaux ont été financés sous contrat de la DCN (CERDSM) n° A 9148668000.

Fig. 1

Fig. 2