

ALGORITHME PRAGMATIQUE POUR CALCULER L'ENVELOPPE DES LEVÉS BATHYMÉTRIQUES À DENSITÉ VARIABLE

par Julian Le Deunf, Thierry Schmitt, Yann Keramoal

Service hydrographique et océanographique de la Marine

Brest, France,

julian.le.deunf@shom.fr, thierry.schmitt@shom.fr, yann.keramoal@shom.fr

IMT Atlantique, Lab-STICC, UMR CNRS 6285, F-29238 Brest, France

julian.le.deunf@shom.fr

Avec plus de 300 ans d'existence, le Shom est le plus ancien service hydrographique actif au monde. « Déconflicter » et compiler une telle histoire est un véritable défi. Cet article présente l'algorithme QuadSME permettant au Shom de calculer l'enveloppe convexe des levés bathymétriques à des résolutions variables, une nécessité pour le processus de compilation.

Mots-clés : Enveloppe convexe, Fusion de donnée bathymétrique, Indexation par quadtree

With more than 300 years of existence, the Shom is the oldest active hydrographic service in the world. Compiling and deconflicting that much history is a real challenge. This article will feature the QuadSME workflow allowing Shom to compute the convex envelope of bathymetric surveys at variable resolutions a necessity to the compilation process.

Keywords : Bathymetric data fusion, Convex envelope, Quadtree indexation

Introduction

Depuis 1720, le Shom, service hydrographique français, collecte des informations sur le milieu physique marin, notamment la bathymétrie (mesure de la profondeur dénommée abusivement dans la suite de l'article sonde). La bathymétrie est à la base des produits nautiques, dont les cartes marines, assurant la sécurité de la navigation aux usagers de la mer (IMO, 1974). Tous les levés bathymétriques du Shom sont archivés, sans hiérarchie particulière, dans la base de données bathymétriques du Shom (BDBS), qui compte actuellement plus de 11 400 relevés.

Le projet Téthys

Se basant sur la BDBS, le projet Téthys Shom vise à constituer la surface de référence bathymétrique du Shom comme étant la meilleure connaissance bathymétrique à jour (Le Deunf *et al.*, 2021). Cette surface de référence ne conservera que les données bathymétriques de meilleure qualité, en les comparant lieu par lieu (processus connu sous le nom de déconfliction). Ce travail concernant la fusion des données bathymétriques est un domaine de recherche, comme le montre l'état de l'art (Elmore, Steed, 2008).

Afin de construire cette surface de référence et de

réaliser la meilleure déconfliction et compilation possible des données (au sens hydrographique du terme, en ce qui concerne la sécurité de la navigation), il est particulièrement important de déterminer l'enveloppe convexe de l'emprise de chaque levé bathymétrique (donnée principalement traitée sous forme de nuage de points). En effet, ce multipolygone est utilisé comme enveloppe de découpe dans le processus automatique de sélection des meilleures sondes en fonction de la couverture et des métadonnées descriptives du levé source. De manière simplifiée, le levé le plus récent et de meilleure qualité (basé sur des indicateurs de qualité comme l'incertitude de la mesure verticale et horizontale associée au levé) annule et remplace le plus ancien.

L'enveloppe de chaque jeu de données est appelée SME (pour Surface Minimale Englobante). La SME d'un lot bathymétrique est l'union des ensembles disjoints dans lesquels s'inscrivent les sondes du lot. Cette union d'ensembles doit décrire la géométrie du lot en minimisant sa surface et en respectant les trois conditions suivantes :

Condition d'unicité

Toute sonde du lot est incluse dans un unique ensemble.

Condition de densité

Dans chaque ensemble, les plus proches voisines d'une sonde sont distantes de strictement moins de 5 fois le maximum de la résolution caractéristique du lot bathymétrique (connue de par la géométrie du sondeur hydrographique utilisé et de la profondeur d'eau). Elles sont agrégées par triangulation.

Si cette distance entre deux sondes n'est pas respectée, un nouvel ensemble est créé (voir cas 1.3.1 de la figure 1).

Si une sonde ne peut être agrégée avec d'autres, elle est considérée comme isolée (ensemble créé avec une ou deux sondes, voir cas 1.3.2 de la figure 1).

Condition de représentativité

Pour un ensemble de sondes agrégées par triangulation :

Le contour (interne et externe) de l'ensemble est dilaté (création d'une zone tampon) d'une distance choisie comme :

$$\text{Distance tampon} = \text{minimum}(\text{minimum}(\text{POSACC}), \frac{\text{maximum}(\text{reslot})}{2})$$

Le POSACC étant l'incertitude horizontale associée aux sondes bathymétriques et le reslot la résolution caractéristique du lot (l'espacement moyen entre les sondes).

Pour un ensemble de sonde(s) isolée(s) :

Toute sonde appartient à un ensemble circulaire de rayon minimum choisi comme :

$$\text{Rayon tampon} = \text{minimum}(\text{minimum}(\text{POSACC}), \frac{\text{maximum}(\text{reslot})}{2})$$

La figure 1 synthétise l'ensemble des critères nécessaires à l'élaboration de la SME.

L'algorithme QuadSME

Il est important de noter que, bien que ce polygone simplifie la géométrie de la couverture, il est crucial qu'aucune des sondes ne soit filtrée (en dehors d'un polygone) par ce processus, car sa profondeur associée pourrait devoir être affichée sur la carte et être critique pour la navigation. La figure 2 présente la chaîne de traitement utilisée pour calculer le multi-polygone représentant l'enveloppe convexe d'un nuage de points bathymétriques. L'algorithme prend en entrée un fichier de nuage de points (xyz) et l'incertitude horizontale associée aux sondages (provenant de l'utilisation des métadonnées associées au levé). L'approche fonctionne à la fois sur des coordonnées géographiques et projetées.

La figure 3 montre les résultats obtenus sur un jeu de données réel et en particulier l'intégration de la géométrie complexe et des trous qui peuvent exister dans la couverture de données bathymétriques (fig. 4). La préservation des trous est essentielle lorsqu'il s'agit de sélectionner des sondes provenant de levés qui se chevauchent, afin d'éviter une suppression excessive d'informations précieuses pour la sécurité de la navigation.

Conclusion

Cet algorithme a été développé en Python et s'intègre dans un processus d'automatisation de traitement de l'information à l'aide l'ETL FME. Alors que la quantité de données bathymétriques augmente avec l'amélioration de la résolution des capteurs et l'utilisation généralisée de nouvelles technologies comme le lidar, cet algorithme fournit aux hydrographes un nouvel outil efficace pour automatiser et standardiser une tâche de numérisation manuelle auparavant fastidieuse et potentiellement sujette à la subjectivité, comme le montre la Figure 5 :

Bibliographie

Elmore P. A., Steed C. A., 2008, *Algorithm Design Study for Bathymetry Fusion- Review of Current State-of-the-art and Recommended Design Approach*, Naval research lab Stennis space center ms marine geosciences div.

International Maritime Organization (IMO), 1974, *International Convention for the Safety of Life At Sea*, 1184 UNTS 3, accessible ici : <https://www.refworld.org/docid/46920bf32>.

Le Deunf J., Jarno J., Keramoal Y., et al. 2021, "Téthys: automating a data workflow compiling over 300 years of bathymetric information", *Oceans 2021 San Diego - Porto*.

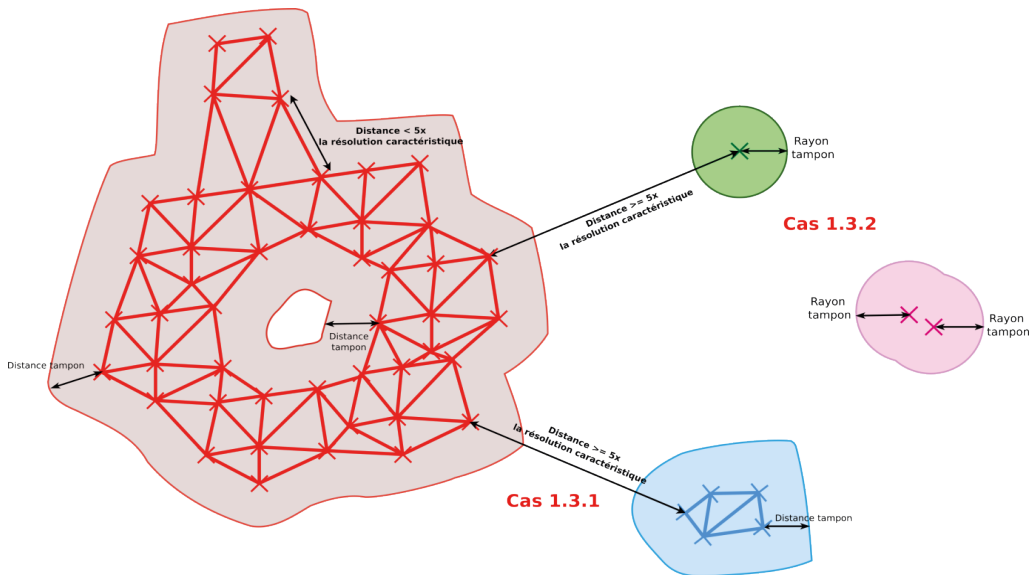


Figure 1 : Génération théorique de la SME

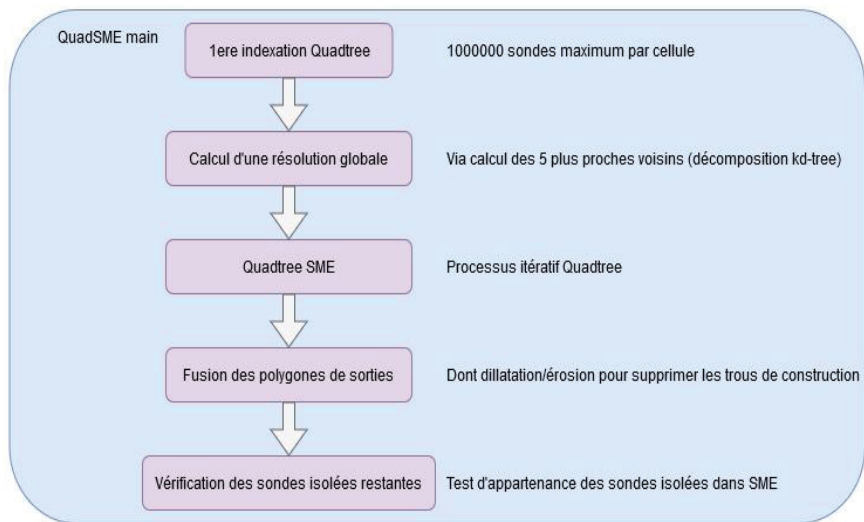


Figure 2 : Processus global de QuadSME

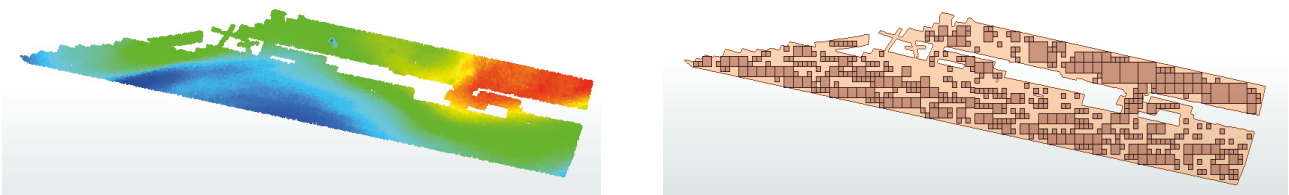


Figure 3 : A gauche un levé bathymétrique (sous forme de nuage de points), à droite son enveloppe convexe correspondante avec les trous préservés. Notez également la décomposition en quadtree correspondante.



Figure 4 : Zoom sur un trou de couverture sur le levé présenté à la figure 3

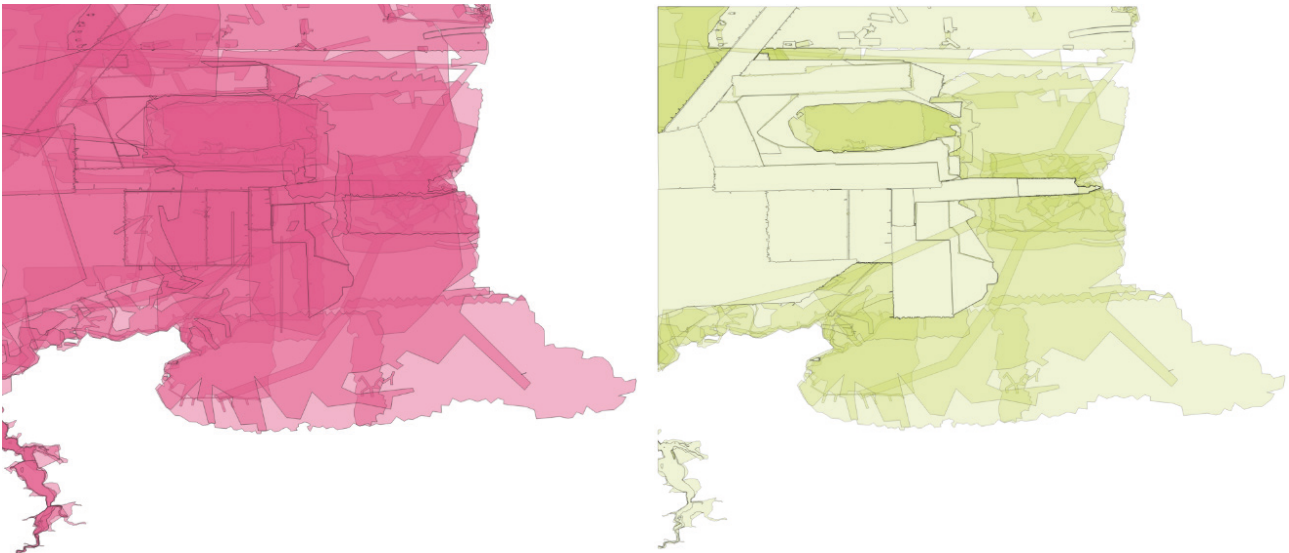


Figure 5 : A gauche l'emprise spatiale de l'ensemble des levés d'une dalle Téthys avant déconfliction, à droite l'emprise spatiale de ces mêmes levés après déconfliction automatique