



Université de Toulouse

MASTER 2 GEOMATIQUE

« **Sciences Géomatiques en environneMent et Aménagement** » (**SIGMA**)

<http://sigma.univ-toulouse.fr>

RAPPORT DE STAGE

*Test et acceptation du logiciel PortSide
pour la production de cartes vectorielles de
navigation marines et portuaires*



Nabila BOUNOUA



Maître de stage : Pol LEBIHAN
Enseignant-référent : Martin PAEGELOW

Septembre 2020

Remerciements

Je tiens à remercier mon encadrant au sein de l'entreprise, Pol LEBIHAN pour son accueil, sa disponibilité et son soutien. Son implication et sa bienveillance m'auront permis de mener à bien ce projet en faisant naître chez moi un fort intérêt pour les domaines de l'hydrographie et de la cartographie marine qui étaient tout nouveau pour moi.

Ensuite, je remercie Claude YVAN sans qui la réalisation de ce travail tout comme l'opportunité d'intégrer Geomod n'auraient pas été rendus possibles.

Un remerciement tout particulier à Martin Paegelow, mon tuteur-enseignant, pour avoir suivi l'avancée de mon stage et pour ses remarques pertinentes.

Merci aussi à l'ensemble de l'équipe Geomod pour leur accueil et pour avoir participé à la bonne humeur qui aura régné durant le stage.

Enfin, je remercie l'ensemble du corps enseignant du Master SIGMA pour cette année de formation enrichissante, ainsi que mes collègues stagiaires de SIGMA, pour nos échanges qui auront également contribué à rendre ce stage agréable.

Glossaire

AML - Additional Military Layer

ENC - Electronic Navigational Chart

ECDIS - Electronic Chart Display and Information System

GPMH - Grand Port Maritime du Havre

GPMNSN - Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire

IENC - Inland Electronic Navigational Charts

OHI - Organisation Hydrographique Internationale

OMI - International Maritime Organization

PENC - Port Electronic Navigational Chart

SHOM - Service hydrographique et océanographique de la Marine

Sommaire

Introduction.....	6
1 Contexte général.....	7
1.1 Présentation de l'entreprise	7
1.2 Cartes électroniques de navigation (ENC)	8
1.2.1 Définitions et caractéristiques.....	8
1.2.2 Normes.....	10
1.2.2.1 Norme S-57.....	10
1.2.2.2 Norme S-52.....	14
1.3 Présentation du logiciel PortSide	14
1.3.1 Vue catalogue	15
1.3.2 Vue édition	16
2 Identification des bugs	18
2.1 Analyse statique	18
2.2 Analyse dynamique	19
2.2.1 Tests unitaires.....	20
2.2.2 Tests d'intégration	20
2.2.3 Tests de non-régression	21
3 Production cartographique	22
3.1 Réception et préparation des données	22
3.1.1 Etape PRE-PROD	24
3.1.1.1 Premier nettoyage géométrique	24
3.1.1.2 Structuration géométrique des données	26
3.1.1.3 Deuxième nettoyage géométrique	28
3.1.2 Etape PROJET-CARTO	29
3.2 Etape PROD	30
3.2.1 Création de la topologie (Edition des entités topologiques).....	31
3.2.2 Structuration sémantique des données.....	33
3.2.2.1 Normalisation (encodage OHI)	33
3.2.2.2 Confirmation avec observation du monde réel.....	34
3.3 Validation.....	34
3.3.1 Les Contrôles "Généraux"	34
3.3.2 Groupe1	35
4 Evolutions et améliorations de PortSide	36

4.1	Nouveaux outils développés	36
4.2	Outils à développer	39
	Conclusion	39
	Webographie.....	41
	Bibliographie	41
	Liste des Annexes.....	42
	Liste des Figures.....	65
	Liste des Tableaux.....	65

Introduction

Les cartes marines sont des cartes spécifiquement conçues pour répondre aux besoins de la navigation maritime, indiquant entre autres choses, les profondeurs, la nature des fonds, les élévations, la réglementation, la configuration et les caractéristiques des côtes, les dangers et les aides à la navigation. Elles constituent une représentation graphique des informations pertinentes pour les navigateurs en vue d'assurer la sécurité de la navigation (Le Guen, 2009).

Pour répondre aux nouveaux besoins des navigateurs les services hydrographiques proposent la carte numérique vectorielle. Ces ENC (Electronic Nautical Chart), utilisées sur un système embarqué de navigation électronique certifié ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), ont été reconnues par l'OMI (Organisation Maritime Internationale) en 1995 comme l'équivalent légal des cartes marines papier.

L'arrivée des cartes électroniques de navigation (ENC) dans l'univers maritime a apporté un véritable gain en terme de sécurité. Leur utilisation permet de programmer un grand nombre d'alertes de navigation et apporte des informations complémentaires à celles présentées sur les cartes papiers. L'utilisation des ENC est désormais très répandue, on observe une demande de plus en plus forte d'ENC les plus à jour et les plus précises possibles.

Toutefois, l'enrichissement ou la création d'ENC nécessite une expertise spécifique et une technologie dédiée à la cartographie marine numérique. De ce fait, on aperçoit un développement de nouveaux partenariats entre certains services portuaires et des sociétés de service spécialisées en géomatique marine capables de fournir à la fois une expertise et une technologie dédiée à la cartographie marine numérique.

Parmi ces rares entreprises, Geomod, qui met en œuvre son expertise en géomatique marine sur les produits hydrographiques normalisés, et apporte son savoir-faire dans le développement de ses propres logiciels :

- *ULHYSES*, logiciel de création et mise à jour automatique de cartes bathymétriques normalisées S57.
- *ePilotBook*, application cartographique web dédiée aux Pilotes de Ports, mais également aux capitaineries et services de lamanage.
- **PortSide**, logiciel de production et d'édition de cartes marines et portuaires (spécifications de produits ENC, IENC, AML).

Le travail réalisé vise, dans un premier temps à prendre en main le logiciel **PortSide** et de connaître les fonctions et les rôles de tous les outils qui y sont disponibles.

Dans un second temps, l'idée est d'effectuer différents tests qui constituent un vecteur principal pour l'amélioration de la qualité de ce logiciel. Et enfin, mettre en place un processus pour la production des ENC.

La restitution du travail réalisé a été structurée en quatre parties (Voir Annexe 2) :

- Le *premier chapitre* contextualise le sujet et fait office d'une synthèse bibliographique des principales questions liées aux cartes électroniques de navigation (ENC) et aux standards/réglementations internationales selon lesquelles elles sont produites et exploitées. Cette partie a permis également de présenter le logiciel **PortSide** et ses fonctionnalités.
- Le *chapitre 2* détaille les différents tests effectués sous PortSide, pour vérifier qu'il répond à ses spécifications ou identifier les différences entre les résultats attendus et les résultats obtenus.
- Le *chapitre 3* est consacré à mettre en place une méthodologie personnalisée pour la production des cartes de navigation électroniques portuaires (PENC). Les différentes étapes de production ont été identifiées dans un premier temps, puis organisées afin de mieux structurer le travail de production.
- Le *quatrième chapitre* présente des améliorations et évolutions pour **PortSide** qui en découlent des différents cas particuliers rencontrés tout au long de la production cartographique. C'est des propositions qui ont pour objectif de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs.

1 Contexte général

1.1 Présentation de l'entreprise

Geomod est une entreprise spécialisée en édition et distribution de logiciels dans les domaines de l'environnement et la géomatique, et plus particulièrement en :

- Gestion de l'eau
- Géomatique terrestre et marine

Pour l'activité géomatique marine, Geomod propose des solutions logicielles. Celles-ci permettent la production ou l'exploitation des produits hydrographiques et océanographiques normalisés tels que les Cartes de Navigation Electroniques marines, portuaires ou fluviales (ENC, IENC) ou les couches militaires (AML).

Avec des outils adaptables, Geomod applique son expertise en répondant à des besoins très spécifiques et à des prestations sur mesure pour des clients réputés dans leur domaine comme NAVAL GROUP, GENAVIR, IFREMER, THALES et le SHOM.

Leurs offres couvrent le développement de logiciels de production, d'affichage et d'exploitation de cartes marines, ainsi que l'expertise, la formation et le support des logiciels développés et commercialisés.

1.2 Cartes électroniques de navigation (ENC)

1.2.1 Définitions et caractéristiques

Les cartes électroniques de navigation officielles (ENC - Electronic Navigational Chart) sont une base de données cartographiques vectorielles, qui répertorie tous les éléments pertinents nécessaires à la sécurité de la navigation (traits de côte, bathymétrie, bouées, feux, épaves, câbles sous-marins, zones réglementées, etc ...).

Les ENC répondent aux standards (notamment la S-57) de l'OHI (Organisation Hydrographique Internationale) et sont utilisées par les ECDIS (Système normalisé de visualisation des cartes électroniques et d'information) à bord des navires (Le Guen, 2009).

Les informations cartographiques sont stockées sous la forme d'objets géographiques, représentés par des points, des lignes et des surfaces, ayant chacun des attributs personnels, qui rendent chaque objet unique. Cette structuration permet d'ordonner les informations et d'y accéder facilement en fonction de la zone et du mode de navigation mais également de contrôler le volume et le type de détails à afficher (Figure 1).

Affichage de base	Affichage standard	Affichage complet
		
<p>-Trait de côte - isobathe de sécurité - dangers sous marins isolés situés dans les eaux sûres - dangers isolés situés dans les eaux sûres tels que ponts, câbles aériens, balises, bouées... -systèmes d'organisation du trafic - échelle, portée, orientation, mode d'affichage - unité de profondeur et de hauteur.</p>	<p>-Affichage de base - aides à la navigation fixes et flottantes - limites des passes, chenaux - points remarquables bien visibles - zones réglementées - limites de la gamme d'échelle de la carte - avertissements.</p>	<p>-Affichage standard - affichés individuellement sur demande - sondes - câbles et conduites sous-marines - routes suivies - détails de tous les dangers isolés - détails des aides à la navigation - date de diffusion de l'ENC - système géodésique - parallèles et méridiens - toponymes.</p>

Figure 1 : Différents modes d'affichage des ENC.

Toutes les cartes ENC doivent se rapporter au système géodésique WGS 84 sans projection définie. Elles sont classées en six catégories d'échelle en fonction du type de navigation auquel elles sont destinées.

Tableau 1 : Attribution de gammes d'échelles aux catégories de navigation pour les ENC.

Catégories de navigation	Nom	Gamme d'échelle	Description
Cat 1	Vue d'ensemble (Overview)	supérieures à 1:1 500 000	Pour la planification d'itinéraire et la traversée océanique.
Cat 2	Générale (General)	1:350 000 - 1:1 500 000	Pour la navigation sur les océans, l'approche des côtes et la planification des routes.
Cat 3	Côtière (Coastal)	1:90 000 - 1:350 000	Pour la navigation côtière, le long du littoral, soit à terre, soit au large.
Cat 4	Approches (Approach)	1:22 000 - 1:90 000	Pour la navigation dans les approches des ports, dans les chenaux importants ou dans les eaux difficiles ou encombrées.
Cat 5	Portuaire (Harbour)	1:4 000 - 1:22 000	Pour assurer l'entrée dans les ports et la navigation à l'intérieur des ports, des mouillages, des baies, des rivières et des canaux.
Cat 6	Amarrage (Berthing)	inférieures à 1:4 000	Données détaillées pour faciliter l'accostage, à très grandes échelles.

Il n'est pas toujours nécessaire d'utiliser tous les types de navigation cités ci-dessus. Par exemple, dans certaines zones sans complications, l'ENC d'approche (Cat 4) ne sera généralement pas nécessaire si on estime que l'ENC côtière (Cat 3) répond bien aux besoins des navigateurs.

Contrairement aux cartes papiers, pour une zone géographique et une échelle donnée, il n'existe qu'une seule ENC. Cette unité de base de couverture géographique doit être rectangulaire, elle est appelée une cellule (PRIMAR STAVANGER, 2004).

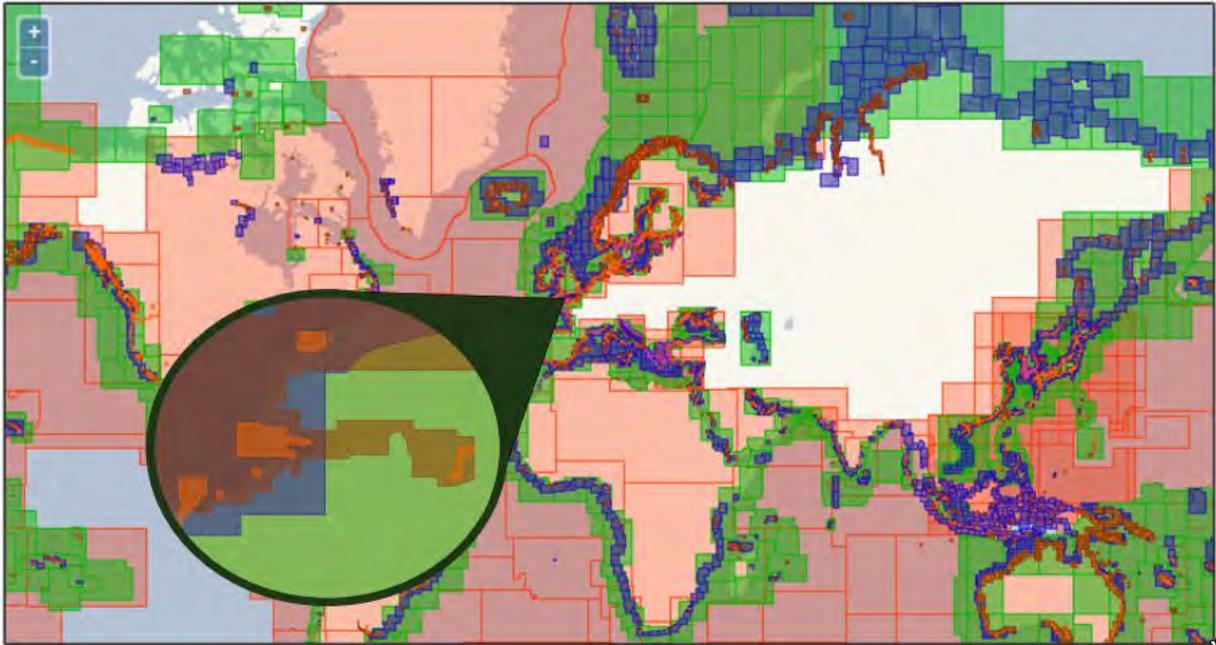


Figure 2 : Couverture internationale des ENC (avec zoom sur une région nord de la France).
 (<https://www.primar.org/>, modifiée)

Selon la définition de l'OMI, les ENC sont nationales, elles ne peuvent être produites que par ou sous l'autorité d'un Gouvernement, d'un service hydrographique agréé ou de tout autre institution gouvernementale compétente. Ces producteurs ne s'intéressent normalement qu'aux ENC couvrant les eaux ou les zones placées sous la juridiction de leurs État. C'est le cas du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) pour la France en métropole et dans les départements et territoires d'outre-mer (DOM/TOM).

1.2.2 Normes

Les ENC sont produites et exploitées selon plusieurs standards et réglementations internationales de l'OHI pour le transfert de données hydrographiques numériques (voir Annexe 1).

Parmi eux les normes S-52 et S-57 qui sont les plus importantes, car elles fournissent une description compréhensible des fonctionnalités et des capacités d'un ECDIS, ainsi que des cartes ENC qu'il utilise.

1.2.2.1 Norme S-57

La S-57 est utilisée pour l'échange des données hydrographiques numériques entre les services hydrographiques, ainsi que pour leur diffusion aux fabricants, aux navigateurs et aux autres utilisateurs de données.

Cette norme a été conçue de façon à ce que le transfert de toutes formes de données hydrographiques s'effectue de manière uniforme et cohérente.

La spécification de produit ENC concerne les données nécessaires à la navigation et qui comprend une description des objets (trait de côte, bathymétrie, phares, feux, balises, etc.), des attributs d'objets (profondeur, échelle d'affichage minimum, nom de l'objet, description, etc.), du format de codage de données et des règles utilisées pour produire les cartes de navigation officielles. La spécification de produit ENC décrit comment les ENC devraient être structurées en s'appuyant sur le modèle S-57.

Le contenu et la structure de cette norme sont organisés comme suit :

- La partie 1 fournit une introduction générale comprenant une liste de références et de définitions de termes utilisés dans la norme.
- La partie 2 décrit le modèle de données théorique sur lequel la norme entière est basée.
- La partie 3 définit la structure ou le format de données utilisé pour mettre en œuvre le modèle de données et définit les règles générales pour l'encodage des données dans ce format.

La norme comprend également deux annexes :

- L'annexe A est le catalogue d'objets. Il fournit le schéma de données officiel, approuvé par l'OHI, qui est utilisé dans un ensemble d'échange pour décrire des entités dans le monde réel.
- L'annexe B contient les spécifications du produit approuvées par l'OHI. Ce sont des ensembles de règles supplémentaires applicables à des applications spécifiques.

❑ Spatial objet

Il existe plusieurs façons de représenter les caractéristiques spatiales d'une entité du monde réel.

Dans la spécification ENC, ses représentations sont limitées aux données vectorielles qui sont définies par un niveau de relation topologique appelé « Modèle Chain-Node » (Figure 4).

Il existe 4 entités topologiques composent cette structure de données vectorielles sont :

- Nœud isolé (VI)
- Nœud connecté (VC)
- Lien (VE)
- Objet (FE)

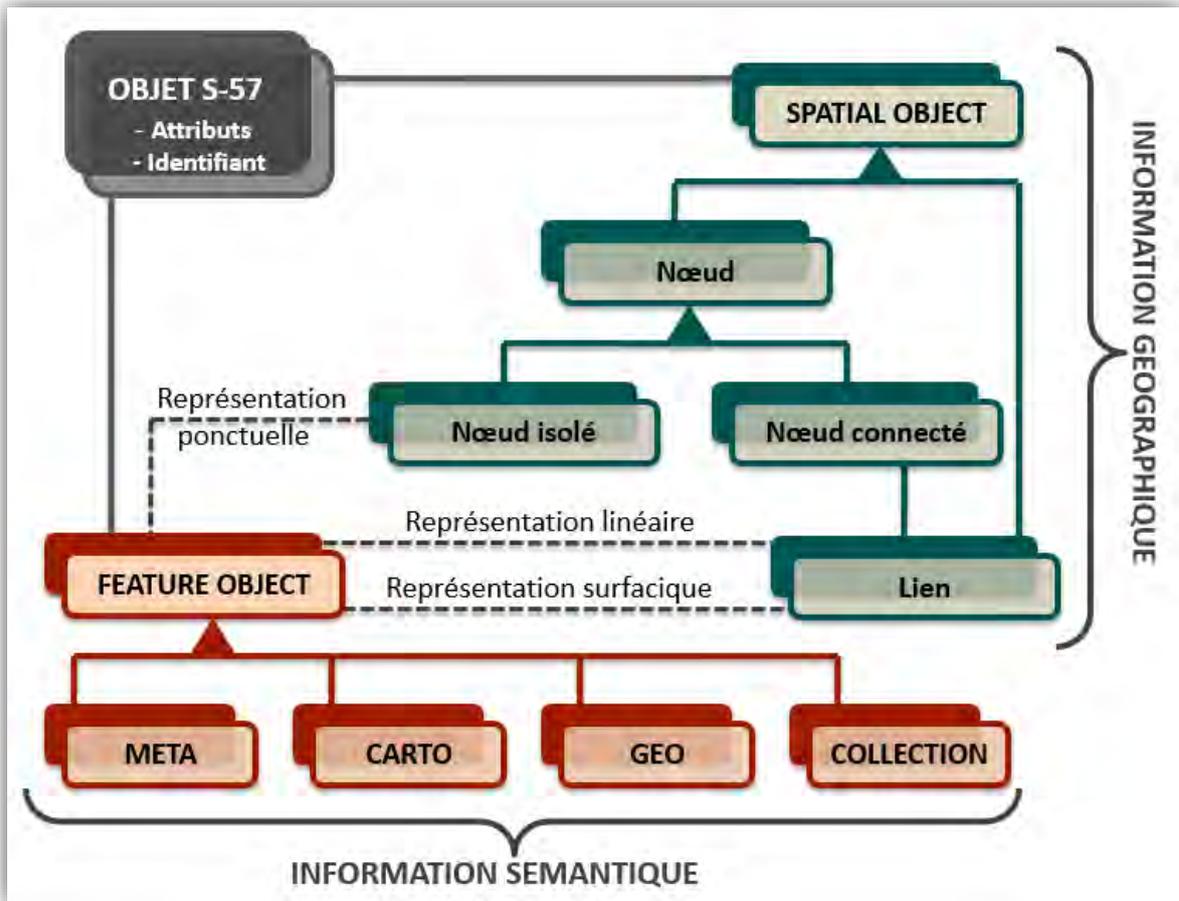


Figure 3 : Modèle de données théorique.

☐ Feature objet

Les représentations ponctuelles (objet P) sont représentées par des nœuds (isolés (VI) ou connectés (VC)) et les représentations linéaires (objet L) par une série de liens orientés (VE). Les boucles (série de liens orientés (VE)) avec une fermeture de bords commençant et se terminant par un nœud connecté commun sont utilisées pour les représentations surfaciques (objet A).

Un objet surfacique a une boucle extérieure et "0-n" boucles intérieures.

La boucle extérieure est décrite dans le sens des aiguilles d'une montre, les boucles intérieures dans le sens inverse.

Le modèle sémantique S57 définit 4 type de classes d'objets :

- **Geo Objet** qui porte les caractéristiques descriptives d'une entité du monde réel ;
- **Meta Objet** qui contient des informations sur d'autres objets ;
- **Collection Objet** qui décrit les relations entre les objets ;
- **Cartographique Objet** qui contient des informations sur la représentation cartographique d'une entité du monde réel.

Les sous-types de ces objets caractéristiques sont définis dans l'annexe A (Catalogue d'objets de l'OHI), 159 objets de classe Geo, 13 objets de classe Meta, 3 objets de classe Collection et 5 objets de classe Carto.

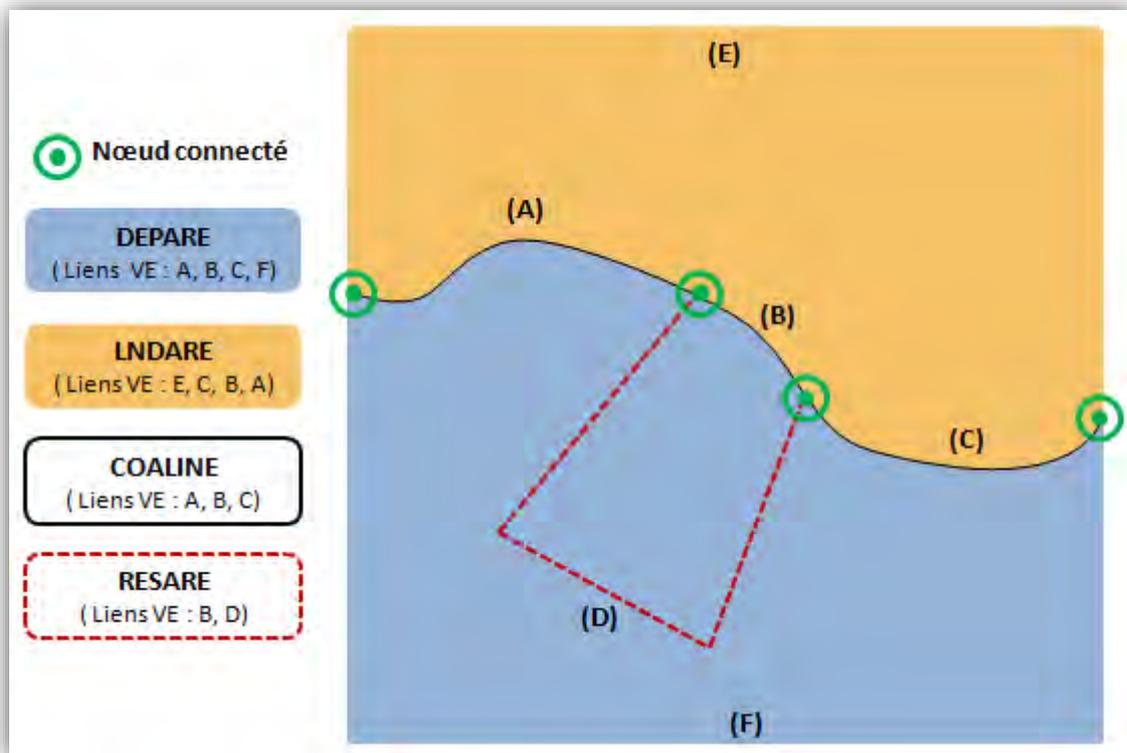


Figure 4 : Exemple d'un Modèle Chain-Node.

La figure ci-dessus illustre au mieux le modèle Chaîne-Node, des objets de type Geo sont représentés : 3 objets surfaciques (DEPARE, LNDARE et RESARE) et 1 objet linéaire (COALNE). Ces entités topologiques se composent de plusieurs liens (A, B, C, D, E, F) qui sont liés par des nœuds connectés (les points verts).

La sémantique des objets est abordée dans le troisième chapitre « production cartographique ».

Il existe un groupe d'objets spécifique appelé "Groupe1" qui regroupe toutes les instances surfaciques des classes d'objets suivantes : DEPARE, LNDARE, UNSARE, DRGARE, FLODOC, HULKES.

Ce groupe d'objets forme la "peau de la terre" qui se caractérise par aucun recouvrement et aucun trou entre les surfaces de ces instances.

❑ Classes et Attributs d'Objets standard

Sauf les classes d'objets, les attributs et les valeurs d'attribut sont définis dans le catalogue d'objets de l'OHI (S-57, Appendice A) sont autorisés à être utilisés dans une ENC.

Chaque objet S57 (Feature/Spatial) peut posséder une liste d'attributs et chaque attribut S57 est défini par un code et une valeur (voir Annexe 4 et 5).

Il existe aussi deux sites qui proposent des outils de synchronisation des informations croisées pour les Objets et les Attributs :

- Jeppessen, éditeur de cartes et de lecteurs de cartes <http://www.s-57.com/>
- Caris, unité de recherche canadienne spécialisée dans la cartographie électronique <http://www.caris.com/company.cfm>

1.2.2.2 Norme S-52

La publication S-52 de l'OHI a été élaborée conjointement avec les normes de performance de l'OMI pour les systèmes électroniques d'affichage et d'information sur les cartes.

Il fournit des spécifications et des conseils concernant l'émission et la mise à jour des cartes de navigation électroniques (ENC), et leur affichage dans l'ECDIS en termes de symboles et de couleurs.

La spécification pour l'aspect et l'affichage du contenu des ENC, elle décrit le style de présentation obligatoire des informations à afficher suivant la catégorie de carte à l'écran, les spécifications des couleurs et des symboles, et les exigences de présentation pour un ECDIS.

L'ECDIS affiche donc en priorité :

- Les alarmes : signal sonore et / ou visuels manifestant une situation qui nécessite l'attention ;
- Les indicateur : signal visuel informant de l'état d'un système ou d'un appareil.

1.3 Présentation du logiciel PortSide



PortSide est un logiciel destiné à la création et d'édition de données au format S57 :

- Cartes de navigation électroniques marines, portuaires ou fluviales (ENC, PENC, IENC)
- Couches militaires (AML) vectorielles.

Il convient par exemple aux services hydrographique des ports souhaitant créer leurs propres cartes portuaires plus précises que les cartes officielles venant du SHOM et contenant les objets spécifiques aux pilotes du port par exemple.

Le modèle de données de cet outil repose sur le modèle « Chain-Node » de la S57 (Figure 4).

Développé en Java, il est disponible pour les systèmes d'exploitation Windows et Linux en version 32 et 64 bits.

Il est principalement composé de deux vues : la vue catalogue et la vue édition (Figure 5 et 6)

- La vue catalogue permet de disposer d'une visualisation globale des emprises de cellules d'un projet et de créer de nouvelles cellules ;
- La vue édition permet d'éditer le contenu d'une cellule.

1.3.1 Vue catalogue

La vue catalogue se compose :

- D'un panneau présentant la liste des cellules chargées ;
- D'un panneau affichant les métadonnées de la cellule sélectionnée ;
- D'un trait de côte mondial permettant de situer les emprises de cellules ;
- De plusieurs barres d'outils ;
- D'une barre d'état.

La liste des cellules chargées se présente sous la forme d'un tableau à 6 colonnes :

- La première colonne indique le nom de la cellule ;
- La deuxième colonne mentionne la gamme d'échelle de la cellule ;
- La troisième colonne indique le numéro d'édition de la cellule ;
- La quatrième colonne affiche la date de la dernière édition de la cellule ;
- La cinquième colonne indique le nombre de mises à jour réalisées sur la cellule depuis sa dernière édition ;
- La sixième colonne mentionne la date de la dernière mise à jour.

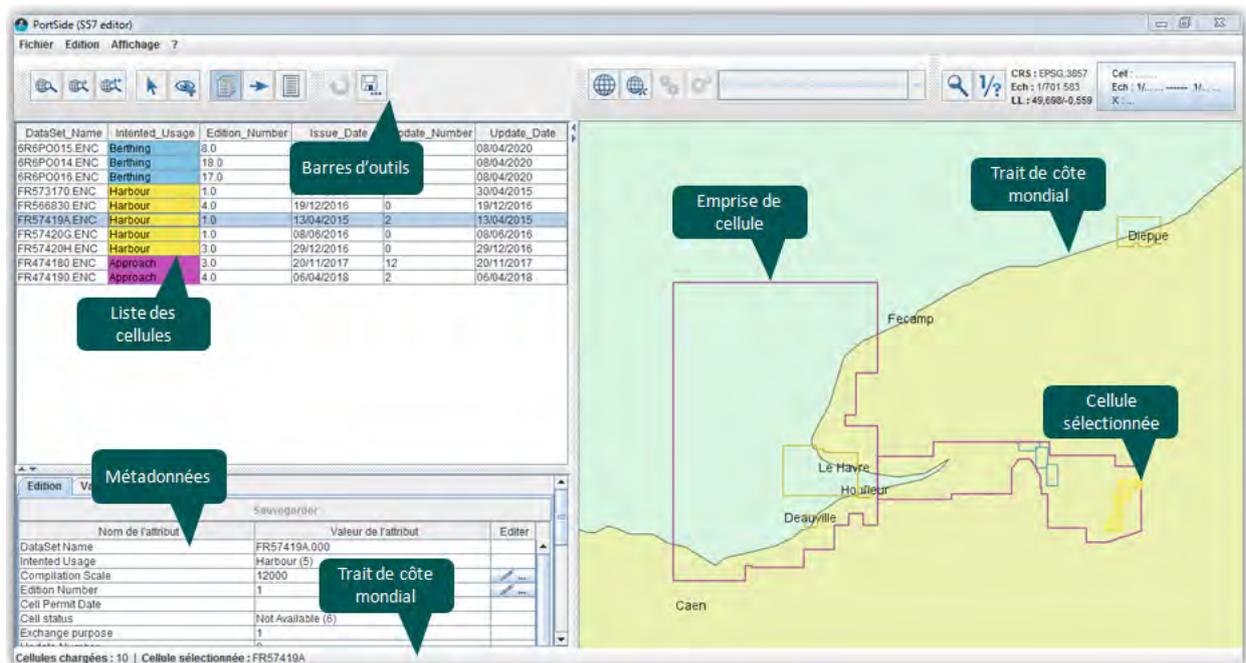


Figure 5 : Vue Catalogue du logiciel PortSide.

Les métadonnées fournissent des informations sur la cellule sélectionnée. Elles sont présentées sous la forme d'un tableau à trois colonnes :

- La première colonne indique le nom de l'attribut ;
- La deuxième colonne indique la valeur de l'attribut ;
- La troisième colonne indique si l'attribut peut être édité ou non.

La vue graphique affiche le trait de côte mondial ainsi que les emprises de chacune des cellules présentes dans la liste des cellules chargées.

1.3.2 Vue édition

La vue ÉDITION se compose :

- D'une barre d'outils pour la sauvegarde, pour configurer l'affichage de la cellule, et pour interagir géographiquement avec la cellule en cours d'édition
- D'un panneau d'outils d'édition et de validation ;
- D'un panneau d'affichage de la cartographie ;
- D'un panneau listant les entités filtrées et sélectionnées ;
- D'un panneau listant les propriétés de l'entité courante sélectionnée.

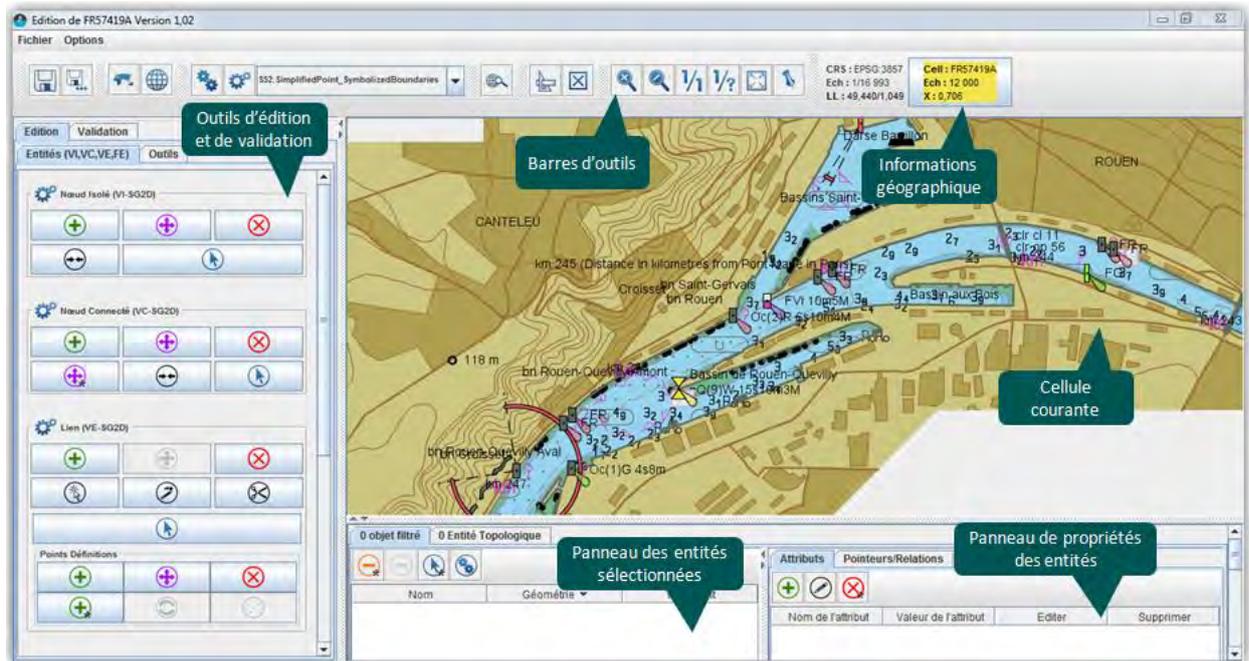


Figure 6 : Vue Edition du logiciel PortSide.

La barre d'outils est composée des groupes d'outils/Informations suivant :

- Des outils de sauvegarde
- Des outils de mise en place du fond cartographique
- Des outils de configuration de l'affichage
- Un outil de filtre
- Un outil de distance
- Des outils de changement d'échelle

Pour bénéficier des données bathymétriques et topographiques venant du Port (données de haute précision), **PortSide** prend en charge les fichiers de points, lignes et polygones au format de données vectorielles SHP afin d'intégrer les topographies existantes.

Il offre également la possibilité de charger et d'exporter des fichiers au format XML qui lui, permet de bien comprendre la structure du format S57 pour encoder les cartes marines.

PortSide permet aussi de :

- Superposer les couvertures d'images satellite, ainsi que la couverture orthophotographique de l'IGN la plus précise ;
- Editer et nettoyer la topologie « Chain-Node » (édition manuelle ou automatique) ;
- Créer des objets du monde réel, en s'appuyant sur la topologie existante ou bien en la créant en simultané ;
- Renseigner la sémantique des objets du monde réel conformément aux normes ;
- Visualiser à tout moment les données selon la norme S52.
- Rendre les données portuaires exploitables à bord des navires (par les ECDIS).

Afin de faciliter la compréhension du travail à présenter, la figure ci-dessous englobe plus au moins les différentes entités topologiques que nous allons voir tout au long du rapport.

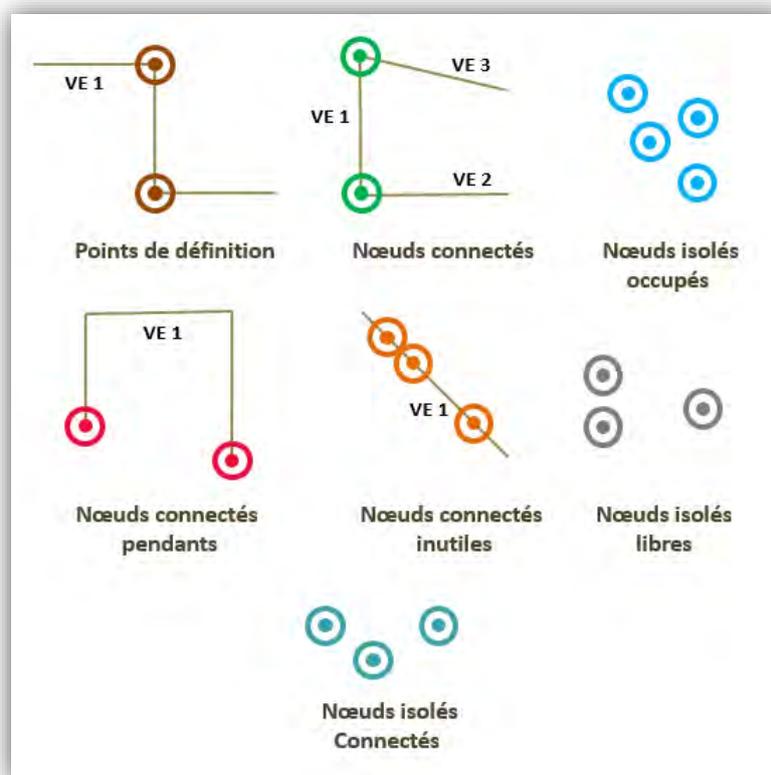


Figure 7 : Présentation des différentes entités topologiques utilisées sous PortSide (Nœuds et Liens VE).

Sous **PortSide**, on a la possibilité de distinguer différents types de nœuds connectés :

- *Nœuds connectés pendants* : ce sont les nœuds utilisés par un seul lien (VE), leur symbolisation en rose permet notamment de distinguer les ruptures de connexions dans une suite de liens sensés formés une surface (objet polygone). Il est possible aussi qu'un nœud isolé ne soit pas une erreur (bout quai par exemple) ;
- *Nœuds connectés inutiles* : ce sont des nœuds qui logiquement n'ont pas raison d'être, ils sont représentés en couleurs orange ;

- *Nœuds connectés occupés* : représentés en bleu, ce sont les nœuds qui portent des objets (un équipement aide à la navigation en bout de quai par exemple)

Sans oublier la possibilité de distinguer les *nœuds isolés occupés*, c'est-à-dire pointés par un ou plusieurs objets, des nœuds libres qui sont isolés (en gris).

Les liens sont définis par un nœud connecté début, un nœud connecté fin (en vert) et des points intermédiaires appelés aussi points de définitions (en marron).

2 Identification des bugs

Cette partie du travail, consiste à tester le logiciel pour voir s'il est capable d'effectuer, en situation réelle, les tâches pour lesquelles il a été conçu tout en vérifiant la conformité du produit aux attentes des clients.

L'activité de test pour **PortSide** se décline selon deux approches, statique et dynamique.

2.1 Analyse statique

En premier lieu, j'ai effectué une analyse statique dans le but d'identifier des défauts simples et fréquents, ceux-là représentent des contrôles de forme qui impliquent une familiarisation rapide avec le logiciel **PortSide**.

Cette étape m'a permis aussi de connaître les critères d'acceptation par ceux qui devront l'utiliser régulièrement, et, au besoin, d'ajuster certains choix.

❑ Utilisation de la souris

Au début, l'emploi de la souris sur **PortSide** est distinct des autres SIG. Le bouton gauche de la souris servait à zoomer en un clic et drag, quant au clic droit, il permettait d'exécuter l'action.

En se basant sur des règles générales, nous avons effectué quelques modifications sur ce point de manière à ce que **PortSide** soit conforme aux autres logiciels.

- Le bouton gauche de la souris sert à désigner l'élément avec lequel on désire faire quelque chose. Il sert aussi à effectuer une sélection individuelle (clic interactif) et une sélection groupée (à l'aide d'un clic & drag) pour désigner une zone géographique.
- Quant au bouton droit, il permet maintenant de zoomer en un clic ou sous forme de drague.

Le principe de la molette de la souris n'a pas changé, la faire rouler permet de zoomer et dézoomer sur une zone géographique, la position du curseur de la souris est le centre de la zone zoomée.

❑ Terminologie des entités

Cette partie concerne la configuration des nœuds connectés. Quelques termes ont été modifiés pour mieux comprendre le type des nœuds.

- L'option « *Nœuds Connectés* » concerne tous les nœuds connectés et permet de rendre visible tous les nœuds quel que soit leur type => elle a été remplacée par l'option par « *Tous* ».
- L'option "*Nœuds Isolés*" concerne les nœuds connectés à un seul VE (d'angle ou isolé ou pendant) => elle a été remplacée par l'option par « *Pendants* ».
- Un nœud inutile est un nœud qui n'a pas raison d'être => « *Nœud Inutile* » n'a pas été modifié.
- Un nœud objet est un nœud sur lequel repose un objet ponctuel => « *Nœuds Objets* » a été remplacé par « *Nœud Occupés* ».

❑ Infobulles

Une infobulle est un texte d'explication (d'aide) qui apparaît en surimpression lors du passage du pointeur de la souris sur un outil, elle peut être statique ou dynamique.

Sous **PortSide**, les infobulles sont représentées sous forme d'étiquettes d'informations statiques indiquant le nom de chaque outil. Le tableau ci-dessous liste les outils sans infobulles.

Tableau 2 : Liste des outils sans étiquette d'information

<i>Vue</i>	<i>Outil sans infobulles</i>
Edition	- Icône « Rechercher une source »
Edition	- Icône « Enregistrer »
Edition	- Icône « Enregistrer sous »
Edition	- Icône « Changer/Dupliquer »
Catalogue	- Icône « Afficher la sélection »
Catalogue	- Icône « Editer la cellule »

❑ Aides d'outils et d'options

Chaque outil et option sur PortSide a une icône d'aide (i) qui explique la manipulation à l'utilisateur, ces aides sont codées en html et sont accessibles facilement depuis l'outil qu'elles concernent.

Dans cette partie du travail le but est de vérifier tous les fichiers en ajoutant d'abord les modifications déjà effectuées (exemple : clic gauche est remplacé par clic droit). Puis créer des nouveaux fichiers pour les nouveaux outils et ceux non expliqués.

2.2 Analyse dynamique

Pour l'analyse dynamique, un échantillon de données d'entrées est appliqué dans le but de vérifier si le résultat obtenu est conforme à celui attendu. S'il ne l'est pas, cela veut dire que l'outil ou l'option testé présente une anomalie de fonctionnement.

L'élément sera donc documenté et renvoyé aux développeurs pour optimisation et correction. Cette étape comporte trois tests différents.

2.2.1 Tests unitaires

En premier lieu la vérification des fonctions est réalisée une par une. Ces tests unitaires ont pour but de s'assurer que les outils et options de **PortSide** sont conformes à leurs spécifications.

C'est pour cela qu'un cahier de test a été conçu pour lister les outils de **PortSide** et définir les critères suivants qui sont nécessaires à la compréhension des contrôles :

- Outil : liste des outils à tester ;
- Option : liste d'options pour chaque outil ;
- Test : numéro du test ;
- Procédure : mode opératoire précis de la séquence de test qui va être réalisée, sous forme de points d'actions à effectuer ;
- Résultat attendu : résultats attendus pour chaque point d'action ;
- Commentaire : pour un test réussit (R) si les résultats obtenus sont les résultats attendus, sinon il échoue (E) ;
- Icône : renseigne les erreurs de frappe (manque d'espace, lettre de plus ou de moins...), (NON) s'il y'a pas d'erreur sinon mettre un slash ;
- Aide (html) : indiquer pour chaque outil si la fenêtre d'aide est disponible (par slash), incomplète (Incomplet) ou manquante (Non).

Le contrôle de certains outils nécessite l'utilisation d'un jeu de donnée, pour cela un fichier shape du Port de Dieppe a été exploité comme échantillon.

Quelques outils sont développés et conçus pour des cas spécifiques. De ce fait je n'ai pas pu tester la totalité (voir Annexe 3).

2.2.2 Tests d'intégration

Une fois les outils contrôlés un par un, des tests d'intégration viennent démontrer le bon fonctionnement d'unités fonctionnelles constituées d'un assemblage de modules. Ils portent principalement sur la vérification des enchaînements de plusieurs opérations et la circulation des données.

Ces tests à aspects dynamiques ont pour but de s'assurer que les outils sont cohérents entre eux et que le résultat de leur enchaînement permet de réaliser les fonctionnalités prévues.

Le même échantillon de données est utilisé (Dieppe) pour les tests unitaires et les tests d'intégration, les bugs détectés sont présentés sous forme de tableau dans lequel l'outil contrôlé est précisé et l'erreur est bien expliquée.

Tableau 3 : Liste des différents bugs identifiés.

<i>Vue</i>	<i>Outil</i>	<i>Bug</i>	<i>Débogage</i>
Edition	Fenêtre des filtres	Dans les Entités topologiques filtrées l’outil « Retirer » ne fonctionne pas pour une sélection (contrairement aux Objets filtrés)	Retire des Entités topologiques sélectionnées par l’outil Retirer.
Edition	Sauvegarder sous	Après une sauvegarder sous d’une cellule, on a le choix entre continuer à éditer la cellule en cours ou la nouvelle cellule enregistrée. Les deux proposition amène à la nouvelle cellule.	Avoir deux résultats : - continuer à éditer la cellule en cours ou la nouvelle cellule enregistrée. - rester toujours sur la cellule en cours d’édition.
Edition	RectangleEnglobant	Les paramètres « distance et orientation » restent affichés.	Supprimer automatiquement l’affichage des valeurs avec la fermeture de l’outil.
Edition	RectangleEnglobant	En utilisant cet outil, le zoom sur une zone géographique (clic gauche + drag) envoi hors zone sélectionnée.	Zoomer sur une zone permet de centrer la en l’endroit sélectionné.
Edition	Supprimer Attributs	Cocher et décocher « RemoveNotCoherentAttributes » pour afficher le nom de l’attribut à supprimer.	Choisir directement le nom de l’attribut à supprimer.

2.2.3 Tests de non-régression

Une fois qu’un bug est identifié, il est remonté au développeur du logiciel « Pol LEBIHAN » qui lui, de son côté, après correction, renvoie une nouvelle version de **PortSide**.

Il est recommandé de définir des tests associés à chaque bug identifié. Ce test doit être en succès avec la correction du bug. Il sera déroulé à chaque nouvelle version pour éviter les régressions.

La correction des fautes logicielles peut injecter de nouvelles fautes et perturber des parties correctes déjà testées. Cependant pour chaque nouvelle version, il faut une vérification qu'il

n'y a pas eu de dégradation des fonctions par rapport à la version précédente, et que la correction des erreurs n'a pas affecté les parties déjà testées. Cela consiste à systématiquement repasser les tests déjà exécutés.

Pour cette partie du travail, aucun bug n'a été détecté suite aux tests de non-régression.

3 Production cartographique

La production de cartes de navigation électroniques portuaires (PENC) a débuté par une réponse au besoin des pilotes du Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire (GPMNSN) pour qui 7 PENC de catégorie « Berthing » ont été initialisées afin de couvrir la remontée de la Loire. A cela s'ajoute les pilotes du Grand Port Maritime du Havre (GPMH) qui ont bénéficié de 15 PENC de catégorie « Berthing » couvrant tout leur domaine portuaire (le port d'Antifer, le port du Havre, le grand canal et le canal de Tancarville).

L'activité de soutien à la production d'PENC se poursuit aujourd'hui à la demande des services techniques du port Marseille pour l'édition et l'élaboration de 8 PENC (Cat 5 – Harbour)

De ce fait, des procédures personnalisées ont été mis en place pour établir une structure de production d'PENC. Celle-ci doit être suivie pour tous les projets à venir, car elle permet de mieux structurer le travail et faciliter la production cartographique.

Ce processus de production n'est pas destiné à servir de manuel d'utilisation mais à s'assurer que chaque étape soit menée de façon appropriée et cohérente.

3.1 Réception et préparation des données

Cette première phase de travail permet d'avoir une vue générale de l'étendue géographique du projet ainsi que la densité des données portuaires à traiter.

Les données sources brutes sont structurées en fonction du modèle de données du SIG du port, généralement livrées sous formats DXF ou SHAPEFILE.

Pour ce projet, le pilote du port de Marseille nous a fourni 8 fichiers sous format DXF et les même sous format SHAPEFILE (découpés selon les différents bassins du port) référencés dans le système géodésique WGS84.

- Arenc
- Avant-Port Nord
- Gourret
- Joliette
- Mirabeau
- National Radoub
- Pinède
- Wilson

Il est conseillé que chaque cellule en cours d'édition soit enregistrée dans un répertoire portant le nom de la cellule.

Sous **PortSide**, à chaque sauvegarde de la cellule, un sous-répertoire est créé dans le répertoire source de la cellule. Le nom du sous-répertoire est un entier correspondant au numéro d'édition de la cellule enregistrée.

L'organisation des répertoires dans les quels sont sauvegardés les fichiers est vraiment importante (Figure 8), elle permet de mieux cerner la méthodologie que nous avons mis en place pour l'édition et la production des PENC (voir aussi Annexe 6).

- DXF/ARENC/Aren.dxf => Répertoire choisi par l'opérateur ;
- SHP/ARENC/Aren.shp => fichier S57 de la cellule dans sa version courante ;
- PRE-PROD/ARENC/2/Arenc.000 => fichier S57 de la cellule dans sa version 1 ;
- PRE-PROD/ARENC/3/Arenc.000 => fichier S57 de la cellule dans sa version 2.

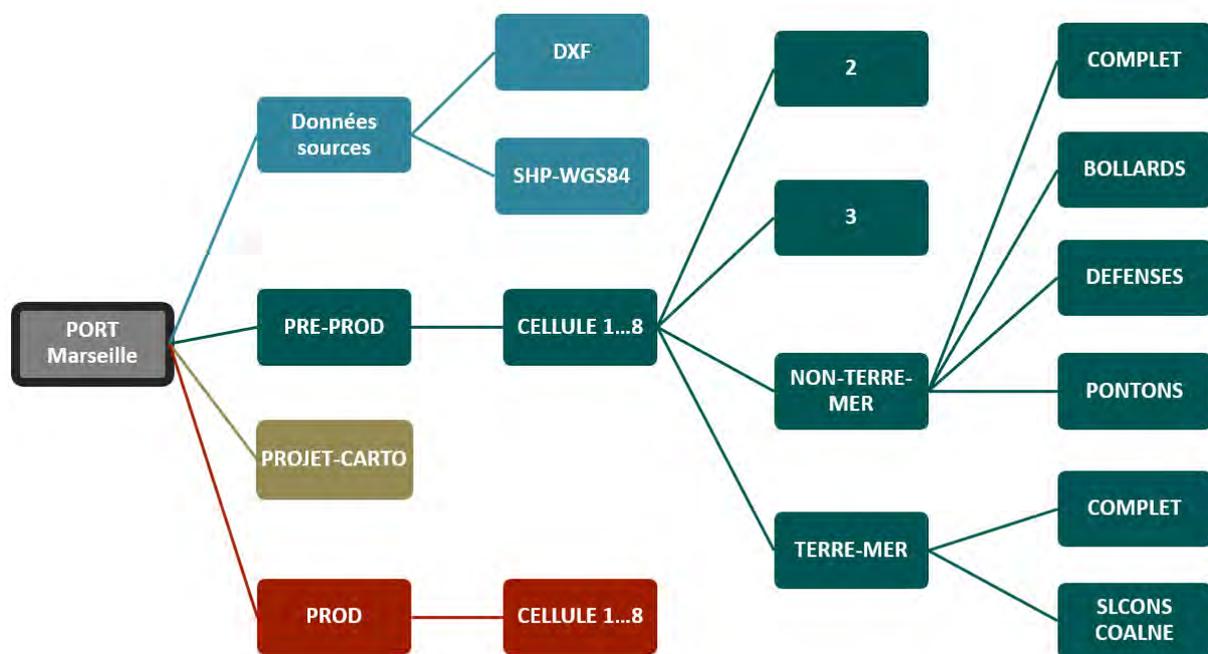


Figure 8 : Structure des différents répertoires mis en place pour la production et l'édition des ENC.

Dans ce chapitre, j'ai choisi de présenter le travail réalisé sur le premier jeu de données « cellule Arenc » ; cette même méthodologie a été déployée pour les 7 autres cellules.

Avant de commencer tout traitement, il est nécessaire de convertir les fichiers format SHAPE en format S57 (.000) sous **PortSide**, ensuite les enregistrer séparément dans différents répertoires « PRE-PROD/ARENC/2/Arenc.000 ».

Une fois tous les fichiers convertis, l'ensemble des entités topologiques sont représentées par la classe d'objet « NEWOBJ » (une nouvelle fonctionnalité spécifiée par l'OMI) qui sont définies par 3 types d'attributs :

- CLSNAM, qui spécifie le nom descriptif d'une classe d'objets de fonction « nouvel objet », par exemple « Zone de profondeur, bollard... ».
- INFORM, qui correspond à des informations textuelles sur l'objet.
- SYMINS, qui spécifie l'instruction de symbole de la bibliothèque de présentation S-52 à adopter dans l'ECDIS pour la nouvelle classe d'objets.

L'enregistrement des fichiers S57 engendre la création automatique d'un Méta objet M_COVR, une zone géographique qui décrit la couverture et l'étendue des objets spatiaux.

3.1.1 Etape PRE-PROD

Dans cette phase, un premier nettoyage géométrique des données a été effectué pour les 8 cellules, et cela afin de simplifier la topologie « PRE-PROD/ARENC/3/Arenc.000 ».

Puis nous avons structuré les données dans le but de séparer les objets Terre-Mer des objets Non Terre-Mer tout en créant un répertoire pour chaque type :

« PRE-PROD/ARENC/TERRE-MER/Arenc.000 »

« PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/Arenc.000 ».

3.1.1.1 Premier nettoyage géométrique

☐ Fusionner les nœuds connecté (VC) dupliqués

L'outil « Fusionner les nœuds connecté » permet de fusionner des nœuds connectés (VC) dupliqués à la même position. Après la fusion, le nœud connecté restant partage tous les liens préalablement partagés par les anciens nœuds.

Pour sélectionner les nœuds à fusionner, on peut procéder de deux façons :

- Soit de manière individuelle en cliquant (clic gauche) sur chaque nœud ;
- Soit de manière groupée (à l'aide d'un clic gauche et drag) pour désigner la zone géographique comprenant les nœuds à fusionner.

J'ai utilisé la deuxième sélection, car c'est la solution la plus simple à utiliser dans ce cas, où les nœuds en double sont peu nombreux, cela permet de gagner du temps.

Le fonctionnement de cet outil est simple, avec une tolérance de simplification réglée à 10^{-7} , il permet de supprimer le nœud inutile du milieu lorsque 3 nœuds consécutifs sont alignés.

La tolérance de recherche par défaut de la spécification ENC pour la précision des coordonnées géographiques.

Néanmoins, il est possible de choisir d'autres tolérances avec vigilance car l'outil est susceptible de générer des géométries invalides.

La figure ci-dessus correspond au premier jeu de données traité, la cellule « Arenc ». Elle illustre clairement la différence entre avant et après la fusion des nœuds connectés dupliqués (35174 nœuds fusionnés).

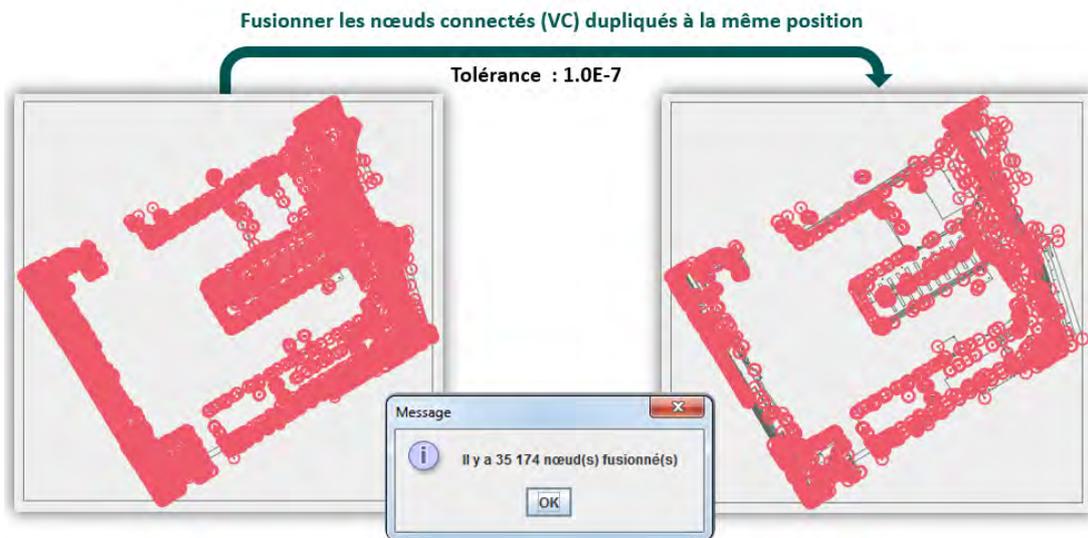


Figure 9 : Fusion des nœuds connectés dupliqués de la cellule « Arcenc ».

❑ Supprimer les nœuds VC inutiles

L'outil utilisé « Supprimer des nœuds connectés (VC) » permet de supprimer des nœuds connectés (VC) que s'ils sont qualifiés de nœuds inutiles (couleur orange).

Il existe deux cas où un nœud connecté est considéré comme inutile :

- (1) Si le nœud ne représente pas une intersection ;
- (2) Si les liens qui y sont connectés présentent les mêmes caractéristiques (les mêmes valeurs d'attributs) ;
- (3) Si les objets linéaires ou surfaciques utilisant ce lien, présentent les mêmes caractéristiques (les mêmes valeurs d'attributs).

Suite à la suppression d'un nœud connecté qui est partagé par deux objets de mêmes caractéristiques (cas N°3 ci-dessus), ces deux derniers sont fusionnés par défaut.

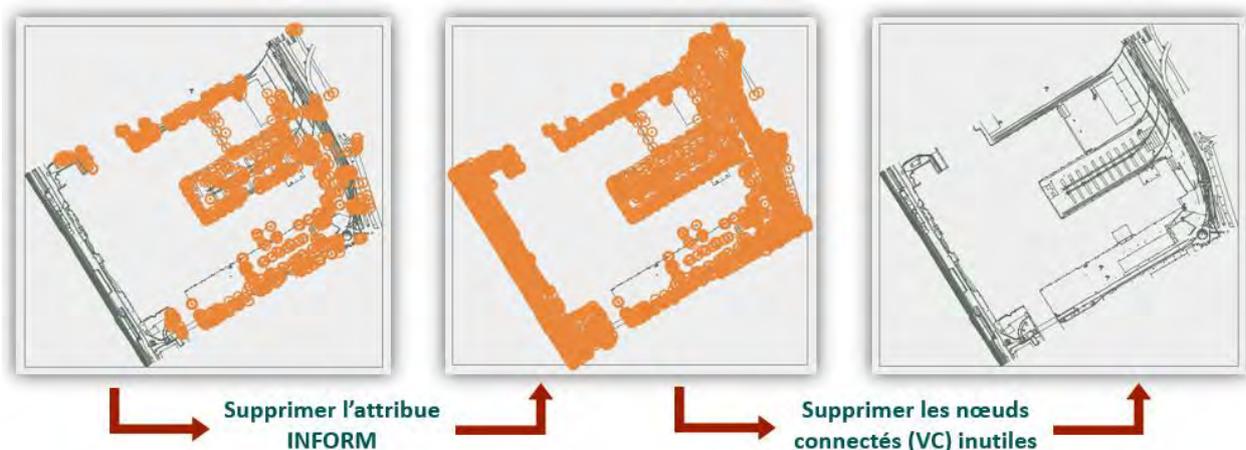


Figure 10 : Suppression des nœuds connectés inutiles de la cellule « Arcenc ».

Pour gagner du temps, J'ai sélectionné l'ensemble des nœuds à détruire d'une manière groupée à l'aide d'un clic gauche et drag (Figure 10).

3.1.1.2 Structuration géométrique des données

La structuration des données est une étape primordiale pour la production cartographique. Elle consiste à séparer les données en deux groupes distincts qui sont ensuite enregistrés dans des répertoires différents (Figure 8) :

- TERRE-MER : Objets qui marquent la limite Terre-Mer, appelé aussi « trait de côte », ils représentent l'intersection de la zone terrestre et de la mer, l'objectif à terme de ce groupe est de définir les objets surfaciques de la "peau de la terre" (groupe1) ;
- NON-TERRE-MER : Objets différents de l'interface Terre-Mer.

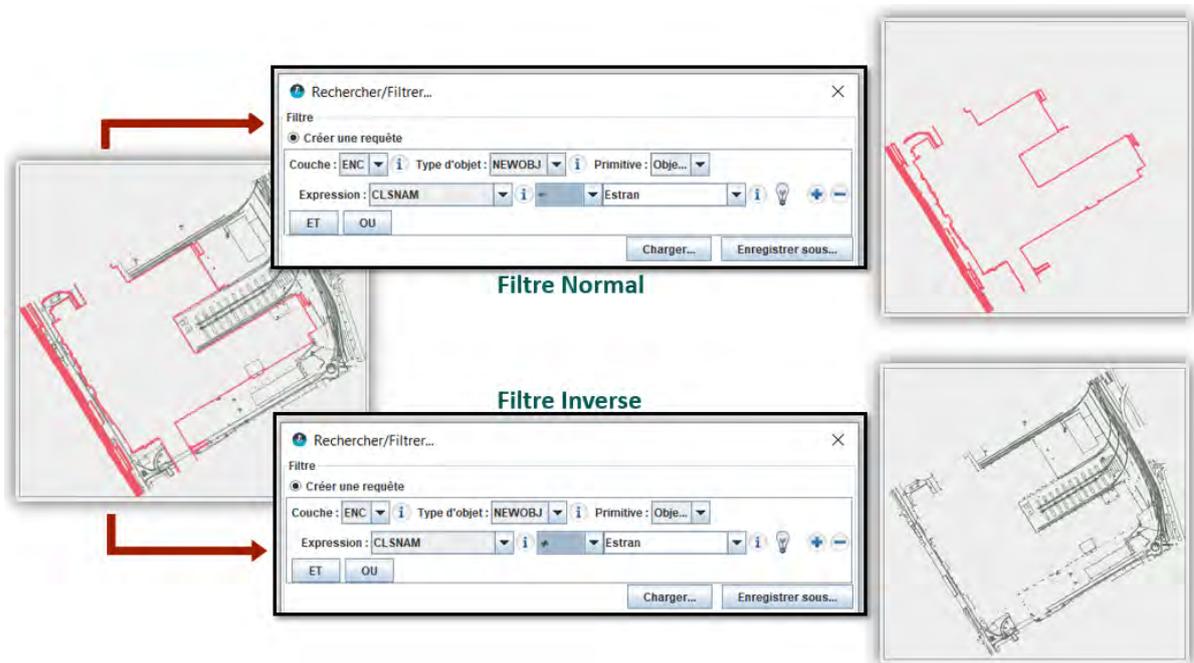


Figure 11 : Séparer la zone TERRE-MER de la zone NON-TERRE-MER en utilisant l'outil « Filtrer ».

L'outil « Rechercher/Filtrer... » permet de construire des requêtes dans lesquels on peut définir :

- La classe de l'objet S57 recherchée ;
- Le type de géométrie recherché (Primitive) ;
- Une expression de type « attribut » « opérateur » « valeur recherchée » ;
- Une combinaison de plusieurs requêtes grâce aux opérateurs logiques ET et OU.

Par défaut ces requêtes sémantiques s'appliquent à l'ensemble du jeu de données.

☐ TERRE-MER :

La limite entre la terre et la mer nommé "trait de côte", est en fait par définition la limite haute de l'estran, qui correspond donc à la limite atteinte par les eaux lors des plus grandes marées.

Les éléments classifiés en "Estran" par le Port de Marseille semble se rapprocher de la définition du trait de côte. Nous allons donc isoler ces éléments pour ensuite les retravailler afin de définir précisément cette limite.

Donc pour sélectionner les éléments « Estran », un filtre normal est utilisé avec l'expression « CLSNAM = Estran », cela consiste à filtrer les objets avec un attribut CLSNAM qui est égale à « Estran ».

Une fois les objets filtrés, ils sont sélectionnés et enregistrés dans le répertoire :

« PRE-PROD/ARENC/TERRE-MER/COMPLET/Arenc.000 »

Dans la norme S57, le trait de côte est représenté par l'objet COALNE ou SLCONS.

- COALNE spécifique pour la ligne de rivage naturel, où l'eau et la terre se rencontrent.
- SLCONS spécifique pour une côte artificielle, c'est une structure artificielle entre l'eau et la terre.

Dans ce cas, il faut faire attention aux données SIG du port car l'attribut CLSNAM= « Estran » est affecté à des objets qui ne représentent pas le trait de côte et qui n'ont pas de relation avec l'interface Terre/Mer.

Pour vérifier, on affiche le fond satellitaire (Geo-Portail) en fond d'écran (Figure 12 (a)), on distingue clairement les objets qui séparent la partie terrestre de la mer (en rouge).

Ensuite j'ai utilisé un outil qui permet d'appliquer la classe choisie SLCONS sur les objets sélectionnés NEWOBJ. De ce fait, le résultat correspond plus au trait de côte réel, ce dernier est enregistré dans un répertoire nommé :

« PRE-PROD/ARENC/TERRE-MER/SLCONS/Arenc-SLCONS.000 »

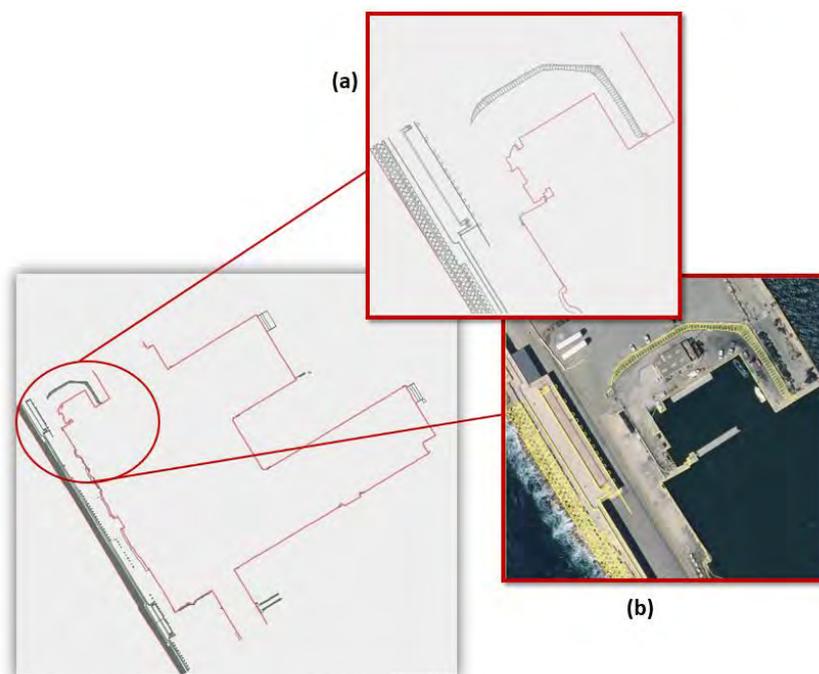


Figure 12 : Identification du trait de côte réel à l'aide du fond satellitaire (Geo-Portail).

Cette fonction Changer/Dupliquer s'applique uniquement sur les objets du même type géométrique.

❑ NO-TERRE-MER :

Pour extraire les objets différents du trait de côte, on utilise le filtre inverse avec l'expression « CLSNAM ≠ Estran » qui consiste à filtrer les objets avec un attribut CLSNAM qui est n'est pas égale à Estran.

Le résultat est sélectionné et enregistré dans le répertoire :

« PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/COMPLET/Arenc.000 »

Dans cette partie NO-TERRE-MER, différentes classes d'objets peuvent être filtrées et ensuite enregistrées dans des répertoires différents. Cela dépend des données fournis par le port (si les valeurs de l'attribut CLSNAM sont disponibles).

Pour les équipements ou structures utilisées pour sécuriser les navires :

- DEFENSES : filtre normal avec l'expression « CLSNAM = Défenses », le résultat est enregistré sous
« PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/DEFENSES/Arenc-DEFENSES.000 » ;
- BOLLARDS : filtre normal avec l'expression « CLSNAM = Bollards », le résultat est enregistré sous
« PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/ BOLLARDS /Arenc-BOLLARDS.000 ».
- PONTONS : filtre normal avec l'expression « CLSNAM = Pontons », le résultat est enregistré sous
« PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/PONTONS/Arenc-PONTONS.000 ».

3.1.1.3 Deuxième nettoyage géométrique

Ce deuxième nettoyage géométrique consiste à corriger les géométries invalides, supprimer des entités inutiles et simplifier des entités complexes des 8 cellules XXX-SLCONS.000.

De cela l'utilisation de l'outil « Nettoyer » qui comprend les opérations suivantes, chacune étant activée par une option :

- La généralisation des points définitions ;
- La fusion des nœuds dupliqués ;
- La suppression des points définitions proches du nœud de début ou de fin (VC) d'un lien ;
- La fusion des points définitions ;
- La suppression des liens de longueur nulle ;
- La création des nœuds pour entre les liens ;
- La suppression des liens dupliqués.

Cet outil fonctionne avec la tolérance par défaut de "1.0E-7", tolérance d'enregistrement des données S-57.

Les erreurs géométriques qui n'ont pas pu être corrigées par l'outil sont corrigées interactivement, cas par cas (exemple Annexe 9).

3.1.2 Etape PROJET-CARTO

Dans les zones où les cellules se chevauchent, on doit convenir d'une limite commune pour les ENC, les frontières cartographiques doivent être les plus simples possible afin d'assurer à l'utilisateur le service le plus cohérent possible.

Cette étape consiste à définir les emprises des cellules définitives que l'on devra produire et ensuite distribuer. Il s'agit donc de découper les cellules originales de la "PRE-PROD" qui sont superposées les unes sur les autres.

Les cellules produites devront former un jeu de données qui doit être complet et continu (sans recouvrement).

De ce fait, la création interactive d'une nouvelle cellule qui couvre tous les M_COVR (méta-objet qui couvre toute la partie de la cellule et qui contient l'ensemble des données géographiques) nous a permis d'ajouter des boucles intérieures l'intérieur des objets surfacique sélectionnés (Figure 13).

Pour ajouter ou retirer une boucle, il suffit de cliquer sur un point à l'intérieur de la boucle à ajouter ou à retirer.

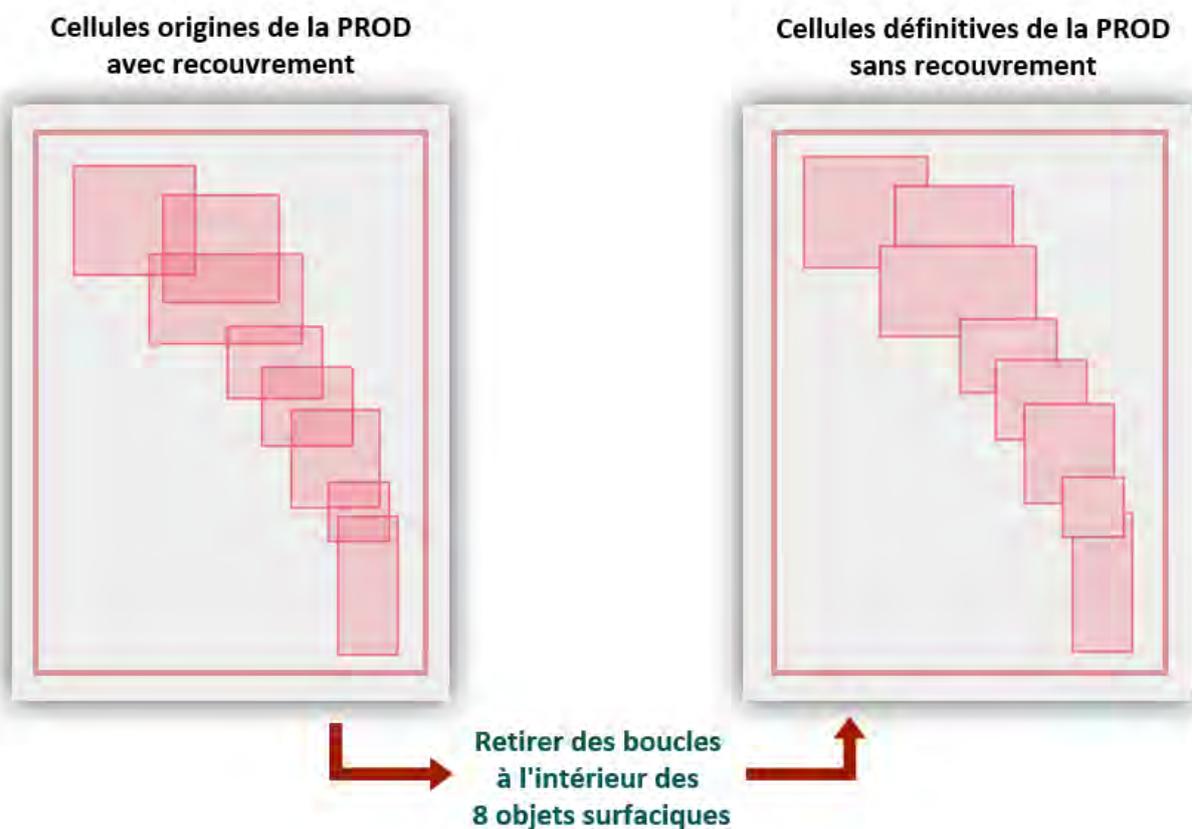


Figure 13 : Création d'un projet cartographique

3.2 Etape PROD

Une fois toutes les données prétraitées, arrive l'étape de production où de nouvelles entités sont créées et d'autres déjà existantes sont modifiées.

Les huit cellules « XXX.SLCONS.000 » (répertoire : PRE-PROD/ARENCO/TERRA-MER/SLCONS) composées du trait de côte sont incomplètes, il faut donc les compléter par les données des cellules adjacentes (Figure 14).

Une fois les cellules complétées, il est important de supprimer les objets qui sont à l'extérieur de la zone de donnée en utilisant l'outil « Exclure Objets ».

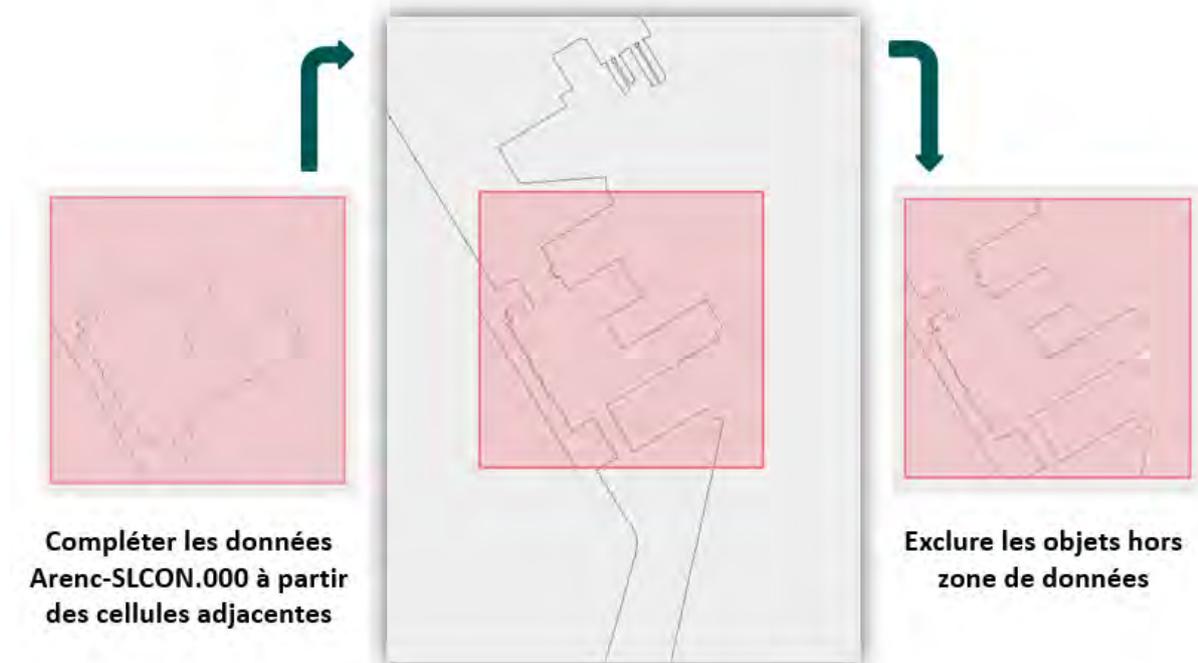


Figure 14 : Compléter les cellules découpées.

Ces cellules complètes sont ensuite enregistrées dans un nouveau répertoire nommé « PROD ». Les fichiers de l'ensemble de données sont nommés selon les spécifications de la Norme S-57.

La nomination forme un identifiant à huit caractères où :

- Les deux premiers caractères identifient le code producteur (4G pour Geomod) ;
- Le troisième caractère indique le but de la navigation (Cat 5 - Portuaire) ;
- Les quatrième à huitième caractères sont utilisés de n'importe quelle manière par le producteur à condition fournir un nom de fichier unique (j'ai choisi des abréviations des noms de fichiers sources fournis par le Port de Marseille).

Si des caractères autres que des chiffres sont utilisés, seules les lettres majuscules sont autorisées. Ci-dessous la liste des différentes ENC créées.

DataSet_Name	Intented_Usage
4G5ARENC.ENC	Harbour
4G5AVPOR.ENC	Harbour
4G5GOURR.ENC	Harbour
4G5JOLIE.ENC	Harbour
4G5MIRAB.ENC	Harbour
4G5NARAD.ENC	Harbour
4G5PINED.ENC	Harbour
4G5WILSN.ENC	Harbour

Figure 15 : Liste des ENC éditées

3.2.1 Création de la topologie (Edition des entités topologiques)

❑ Création de nouvelles entités

Les deux premiers objets créés sont la LNDARE et DEPARE (voir Annexe 7) afin de distinguer la partie Terre et Mer.

L'outil « Créer » permet de créer ces objets surfaciques à partir des liens visibles identifiés et y associe la classe d'objet qu'on peut choisir, j'ai utilisé l'option interactive en désignant un point à l'intérieur de la surface à créer ou en définissant une zone englobant les surfaces à créer.

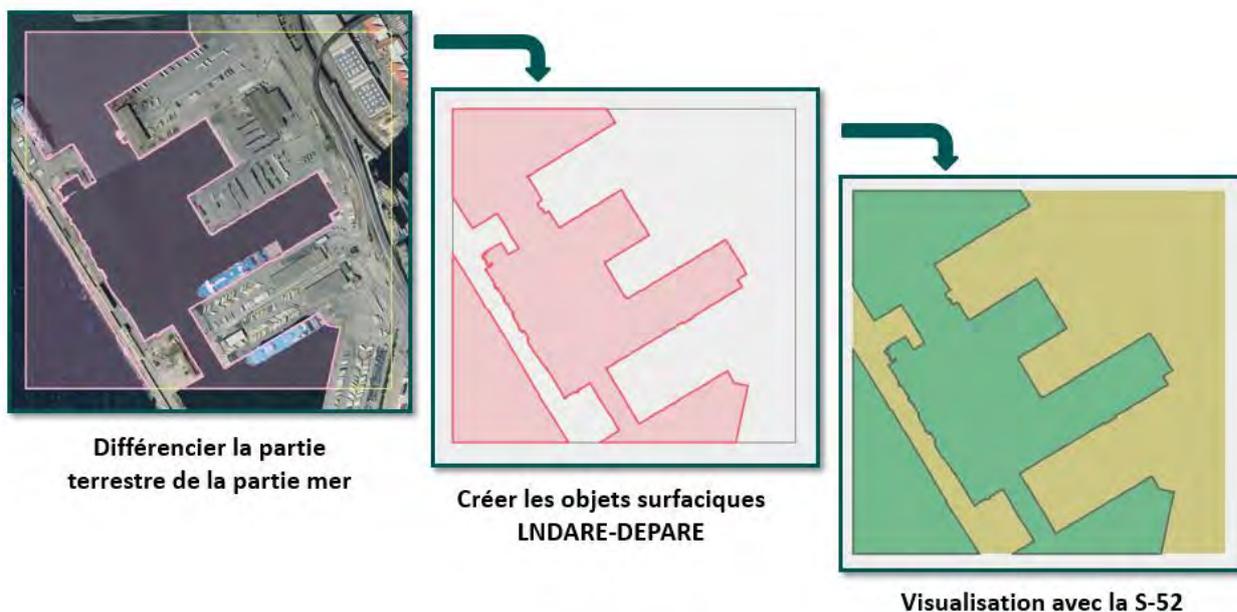


Figure 16 : Création des objets surfaciques (LNDARE en jaune et DEPARE en vert).

La figure ci-dessous représente l'ensemble des cellules créées.

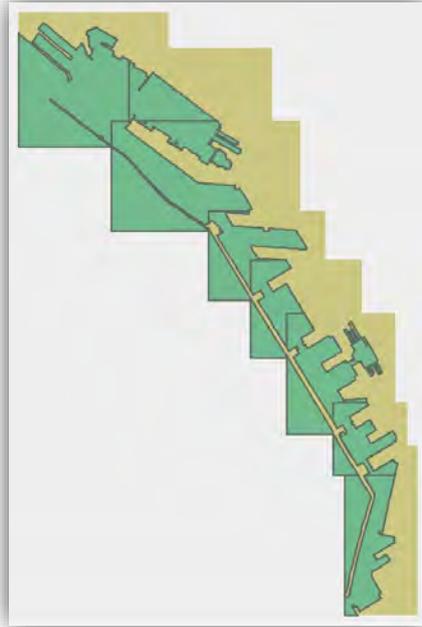


Figure 17 : Ensemble des ENC créées, avec interface TERRE-MER.

❑ Modification des entités existantes

Une fois les deux parties Terre-Mer créées, il faut alimenter les cartes par des objets qui intéressent les pilotes du port en important les objets déjà existants à partir du répertoire « PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER » (Annexe 8).

Des objets surfaciques de type PONTON sont créés à partir des liens visibles identifiés (PRE-PROD/ARENC/NON-TERRE-MER/nomdecellule.PONTON.000). Et cela en utilisant l'outil « Créer » qui permet de les créer interactivement en désignant un point à l'intérieur d'une surface à créer.

Pour ce qui concerne les objets de types Bollards et Défenses, les données sources sont du niveau plan DAO et sont donc inutilement très détaillées (dessin des mailles de chaîne, ...). Il nous faut donc les simplifier. Pour cela, j'ai utilisé une méthode automatique, l'outil « Rectangle Englobant » permet la création d'un rectangle englobant de la structure orientée en fonction de l'orientation du quai (Figure 18). L'objet créé est associé à une classe déjà choisie (MORFAC représente les défenses et les bollards).

C'est une méthode qui consiste à simplifier l'objet et à le généraliser :

- Type 1 : de 140 NEWOBJ à 1 objet de type MORFAC ;
- Type 2 : de 11 NEWOBJ à 1 objet de type MORFAC ;
- Type 3 : de 14 NEWOBJ à 1 objet de type MORFAC.

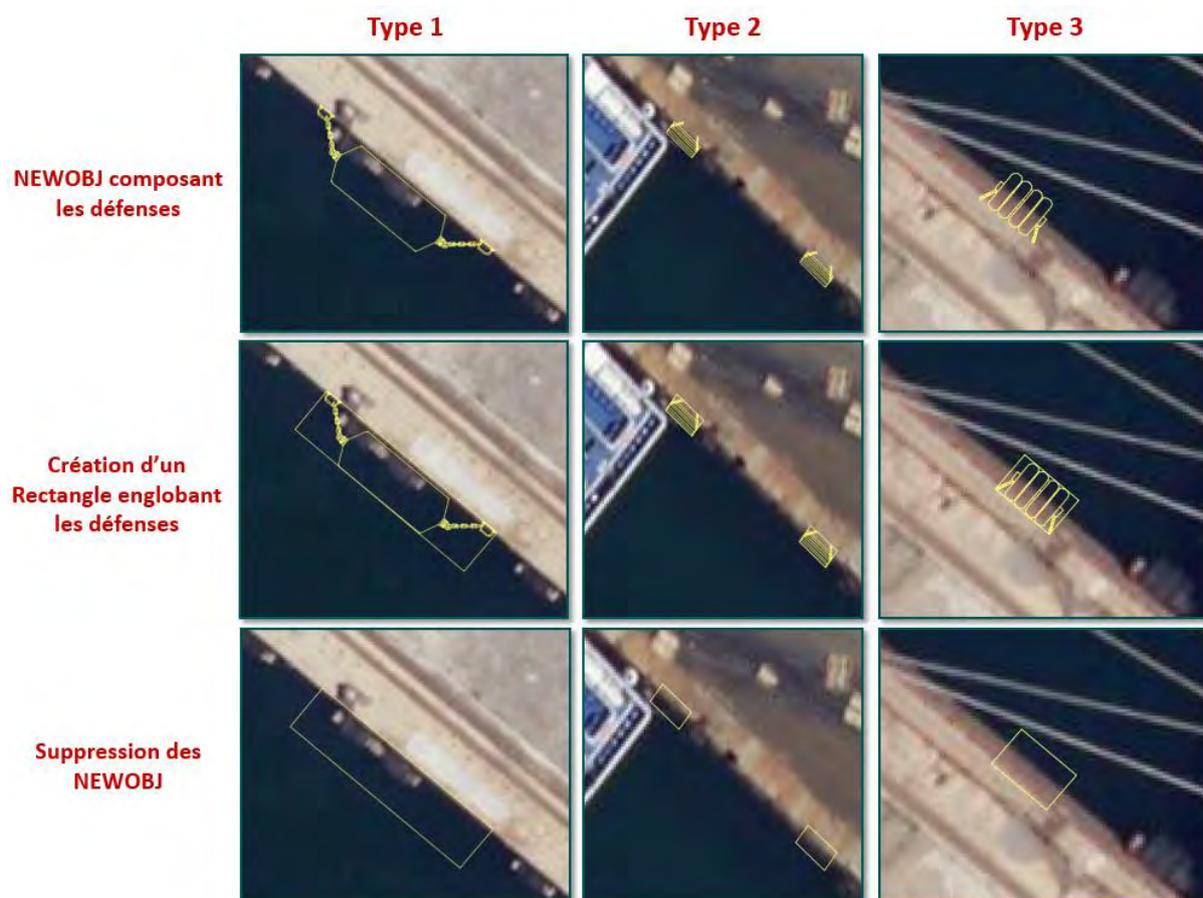


Figure 18 : Création des défenses et des bollards.

3.2.2 Structuration sémantique des données

3.2.2.1 Normalisation (encodage OHI)

Pour l'édition sémantique des ENC, je me suis appuyée sur l'annexe A de la norme S-57 afin de compléter les attributs qui sont rattachés aux objets créés (Annexe 4 et 5) :

- Dictionnaire d'objets S-57
- Dictionnaire d'attributs S-57

L'affichage de la cartographie sous **PortSide** peut se présenter selon 5 styles :

- Un style "topologique" qui permet d'afficher la topologie de la cellule ;
- Quatre styles cartographiques qui permettent d'avoir une visualisation S52 de la cellule. L'application des règles S52 à la volée permet de prendre en compte les modifications réalisées dans le mode topologique.

La figure ci-dessous expose la différence d'affichage avant et après l'édition des attributs, ces derniers ainsi que les objets auxquels ils sont rattachés sont présentés dans l'Annexe 7.

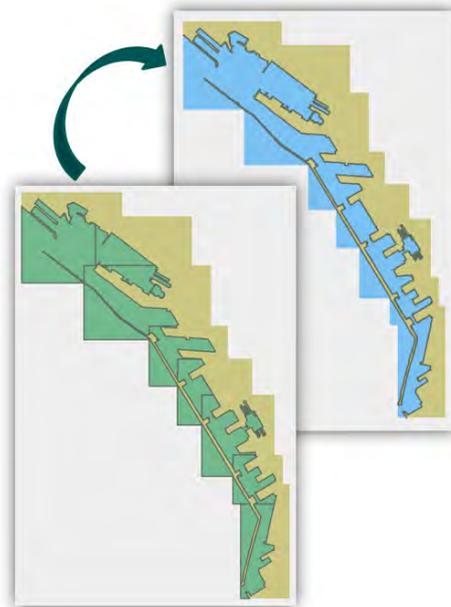


Figure 19 : Comparaison d'ENC avant et après édition d'attributs.

3.2.2.2 Confirmation avec observation du monde réel

3.3 Validation

Il existe deux groupes d'objets définis pour les ENC. Il s'agit du groupe 1 (peau de la terre) et du groupe 2 pour tous les autres objets.

La validation des 8 cellules s'est réalisée à l'aide de deux types de contrôles :

- Des contrôles généraux sur la géométrie (General).
- Des contrôles de cohérence de la peau de la terre (Groupe 1).

3.3.1 Les Contrôles "Généraux"

La première étape consiste à vérifier les points expliqués ci-dessous :

- **Duplication des nœuds (VI-VC) :** Vérification des nœuds (isolés ou connectés) qui se trouvent à la même position géographique. La duplication des nœuds est en général à éviter mais est autorisée dans certains cas particuliers, on ne veut pas toujours un nœud connecté et un nœud isolé. Les résultats de cette vérification peuvent être donc uniquement des mises en garde.
- **Géométries Invalides :** Vérifiez la présence de géométries invalides :
 - Objet de zone où les limites extérieures ou intérieures partagent plus d'un nœud.
 - Zone de limite extérieure ou intérieure qui n'est pas fermée (c'est-à-dire que les premiers et derniers bords délimitant la zone ne se rencontrent pas à un nœud connecté commun).
 - Objet linéaire ou surfacique qui utilise le même bord plus d'une fois.
 - Objets linéaires se croisant sans nœud connecté au point de croisement

- **Sens des polygones** : Vérifier que les limites extérieures des objets surfaciques sont codées dans le sens des aiguilles d'une montre et que les limites intérieures sont codées dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (selon le standard de l'OHI).
- **Model Topologique (Chain-Node)** : Vérifier que chaque boucle extérieure ou intérieure, des objets surfaciques, se ferme bien. Ce qui veut dire que chaque pointeur de lien des objets surfaciques ou linéaires respecte le chain-node (le dernier nœud est le premier nœud du lien). Mais aussi que les liens se suivent correctement (objets linéaires et surfaciques)
- **Duplication des liens (VE)** : Dans le modèle "chain-node", deux liens ne doivent pas coïncider, vérifiez qu'aucune partie d'une arête n'est dupliquée (c'est-à-dire pas de pair de coordonnées identiques pour deux arêtes).
- **Duplication des objets** : Deux objets de même classe ne doivent pas coïncider, on parle de duplication d'objet si ces objets :
 - Partage le même nœud isolé ;
 - Partage le même type d'objet ;
 - Ont les mêmes attributs.
- **Attributs Obligatoires** : Vérifiez la présence des attributs obligatoires, Il existe quatre raisons pour lesquelles un attribut peut être considéré comme obligatoire :
 - Certains attributs sont nécessaires, car ils déterminent si un objet se trouve dans la base d'affichage ;
 - Certains objets n'ont aucun sens sans certains attributs ;
 - Certains attributs sont nécessaires pour déterminer le symbole à afficher ;
 - Certains attributs sont requis pour la sécurité de la navigation.
- **Intersection des liens** : Détecter les intersections entre liens. Pour assurer la topologie complète les liens du Groupe1 ne doivent pas s'intersectés.
- **Zone de données** : Vérifier que les coordonnées des entités topologiques sont inscrites dans la zone de données.

3.3.2 Groupe1

La deuxième étape prend en compte :

- **Partage des liens** : Vérification du modèle topologique (full-topology) des objets du groupe1 (les VE qui sont référencées par des objets du Groupe 1 ne sont pas liées à d'autres objets).
- **Superposition des surfaces** : Vérifier que les objets ne se superposent pas les uns aux autres.

La correction des erreurs détectées est réalisée par l'outil « Nettoyer » (voir étape [3.1.1.3 Deuxième nettoyage géométrique](#)).

4 Evolutions et améliorations de PortSide

Suite aux différents tests réalisés et aux méthodologies mises en œuvre, j'ai rencontré des cas particuliers pour lesquels de nouveaux outils/options ont été développés.

4.1 Nouveaux outils développés

❑ Outil « Rectangle Englobant »

Une fois que les fichiers fournis par le port et issus d'Auto CAD sont convertis en format .000, les défenses de Marseille sont bien identifiées par la valeur « Défenses » de l'attribut « CLSNAM ». Il existe trois types de défenses (Figure 20).

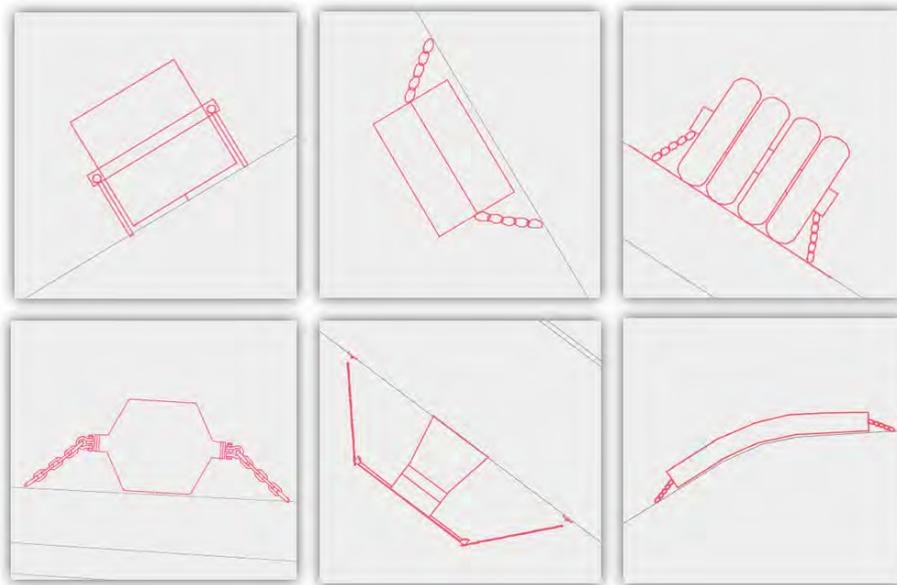


Figure 20 : Différents types de défenses.

En utilisant les outils de nettoyage géométrique (fusion, découpage, généralisation), des cas particuliers ont été identifiés, cela en raison des entités géométriques qui ont été saisies de manière imprécise (Figure 21, 22 et 23).

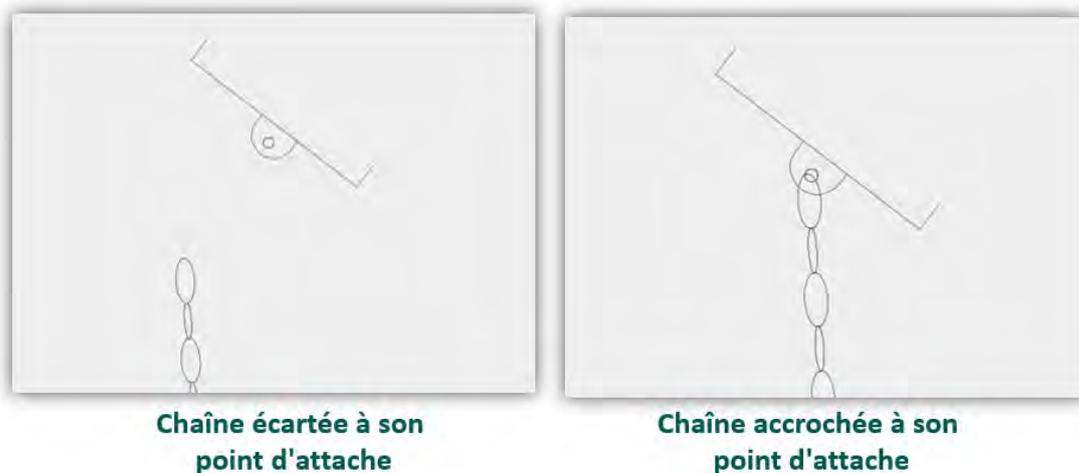


Figure 21 : Premier exemple de défaut de saisie.

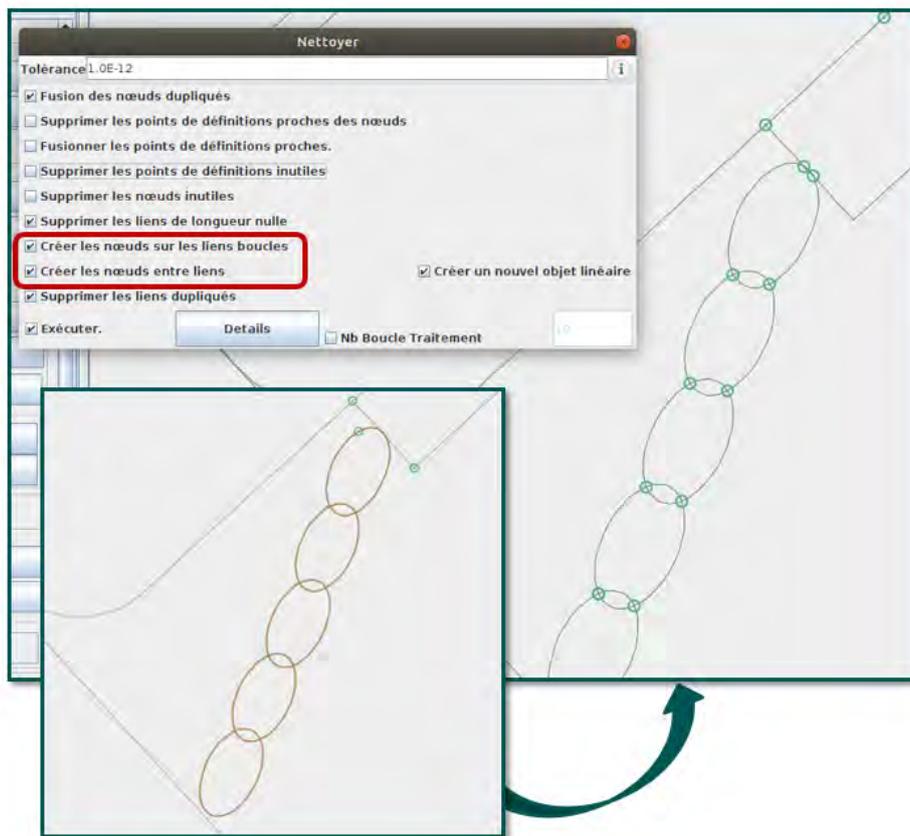


Figure 22 : Création de nœuds topologiques en interne d'une ligne géométrique.

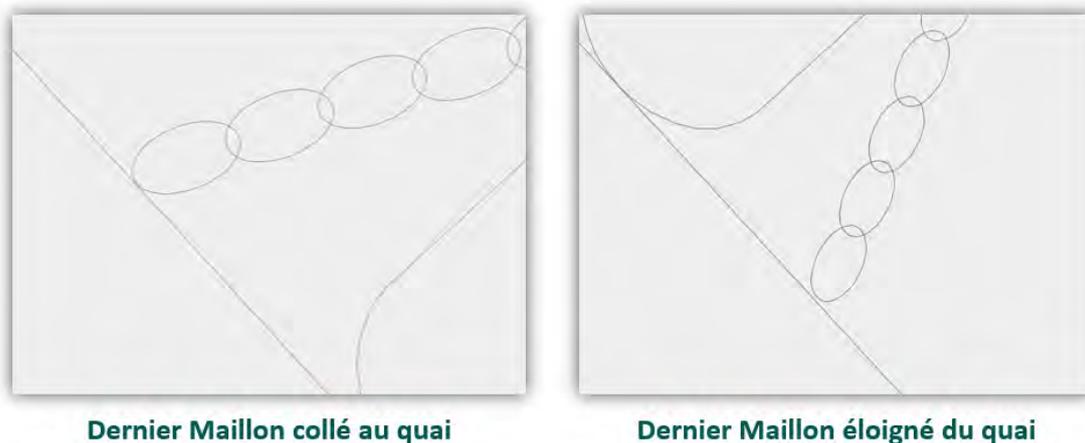


Figure 23 : Deuxième exemple de défaut de saisie.

Tenue compte de la quantité considérable de donnée, on ne peut pas traiter chaque cas particulier indépendamment.

De ce fait, l'outil « Rectangle Englobant » récemment développé permet de réaliser de manière automatique la création d'un rectangle qui englobe la structure orientée en fonction de l'orientation du quai, ci-dessous un exemple.

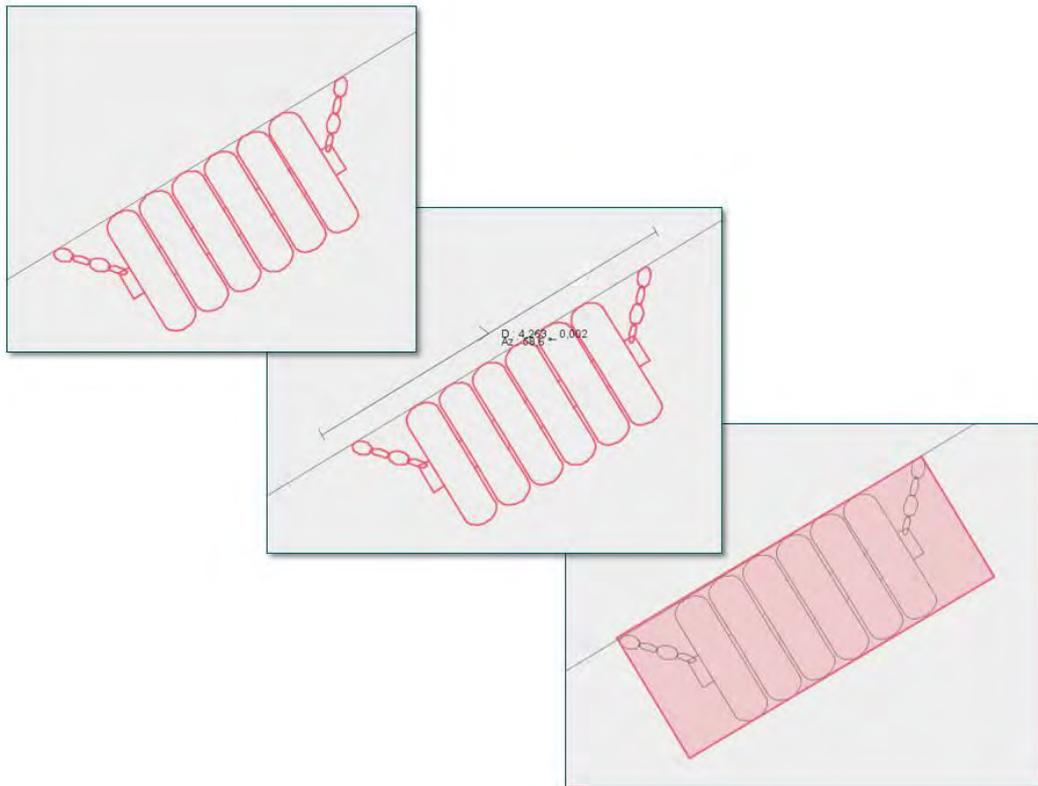


Figure 24 : Création d'un rectangle englobant.

❑ Option « Fond d'écran »

Ajoutée aux outils d'affichage de fond cartographique, l'option « Fond d'écran » a été mise en place dans le but d'interroger une autre cellule différente de celle en cours d'édition sans avoir recours à l'outil « Importer ».

❑ Option « Interactif » pour l'outil « Changer/Dupliquer »

Étant donné que les fichiers issus des services portuaires sont conçus d'une façon différente, certaines données ne possèdent pas d'attribut qui informe sur le type d'entité. Tel est le cas du Port de Dieppe.

Comme expliqué dans la partie 3.1.1.2 de PRE-PROD, la première étape est de séparer la partie TERRE-MER de la NON TERRE-MER en identifiant le trait de côte. Hors que ce n'est pas possible dans le cas de Dieppe.

Pour cela l'outil « Changer/Dupliquer » qui permet d'appliquer une classe référencée sur des objets sélectionnés a dû être amélioré par une option « interactive », celle-ci change la classe de l'objet de manière individuelle en cliquant (clic gauche) sur l'entité à modifier.

Ainsi, les objets représentant le trait de côte identifié à l'aide du fond satellitaire (Geo-Portail), sont reclassés en objets SLCONS.

4.2 Outils à développer

❑ Annuler une action

La fonction « Annuler » est nécessaire pour PortSide, elle permettra à l'utilisateur d'annuler la ou les dernières actions qu'il a effectuées.

L'annulation pourra être associée à la restauration, c'est-à-dire la commande inverse, qui permet d'annuler l'annulation, et de revenir à un état plus récent.

❑ Option « Supprimer les objets existants »

L'outil « (Dés)Union » permet de créer un objet linéaire à partir des objets linéaires sélectionnés qui sont connectés par leur premier nœud ou dernier nœud.

Cette union ne modifie en aucun cas le produit de départ (les objets à fusionner).

Une option pourra être ajoutée pour que l'utilisateur puisse choisir de garder les objets de départ ou de les supprimer.

❑ Filtre sur fond d'écran

L'outil Filtrer interroge les données de la cellule en cours d'édition. Au cours de la production cartographique, il s'est avéré nécessaire de pouvoir utiliser également les filtres sur un fond d'écran. Dans ce cas-là, en ajoutant cette option, l'utilisateur pourra filtrer les objets de son choix à partir de différents fonds d'écran, qu'il importera ensuite pour enrichir et alimenter son ENC.

❑ Retirer des boucles sur une zone de données délimitée

Pour la correction des erreurs de géométrie (superposition des surfaces), il est intéressant d'ajouter une option à l'outil "Ajouter/Retirer des boucles". Celle-ci permettra de retirer toutes les surfaces existantes sur une zone donnée, en draguant avec le clic gauche au lieu d'un simple clic à l'intérieur de chaque boucle (surface). Autrement dit, ça serra le même principe que la fonction inverse « créer toutes les surfaces possibles sur une zone délimitée »

Conclusion

Un logiciel à zéro défaut n'existe pas. La présence d'erreurs logicielles systématiques introduites à la conception de l'outil développé doit alors être considérées avec beaucoup d'attention, en particulier lorsque les conséquences de ces erreurs peuvent influencer sur la manipulation de l'utilisateur.

La vérification du logiciel est un des moyens qui doit obligatoirement être mis en œuvre pour traiter ce problème et éviter l'introduction de fautes.

Dans ce même contexte, ce rapport propose une méthode de mise en œuvre des tests, qui sont la principale composante de la vérification du logiciel PortSide. Les différents bugs détectés sont ensuite pris en compte et corrigés par les développeurs.

Il est important, avant chaque test, de décrire dans un plan une stratégie indiquant la démarche retenue, les objectifs que l'on se donne en termes de couverture de tests, les techniques spécifiques qui seront utilisées et les critères de succès de test.

Par la suite, le test de PortSide devrait être une activité rigoureuse, fondée sur des modèles. Des tests de performance doivent être effectués dans le but d'évaluer sa capacité à fonctionner correctement vis-à-vis des critères de flux de données et de temps d'exécution.

Dans un autre contexte, la production des ENC demande un haut niveau de d'assurance qualité destinée à s'assurer que le produit est réalisé de manière adéquate et sans erreurs.

La procédure de cartographie des ENC qui a été mise en œuvre doit être suivie pour tous les projets à venir, car elle vise à produire de la donnée et aussi à tester chaque nouvelle version de PortSide avant sa livraison.

En plus des nouveaux outils et options qui ont été développés tout au long de ce stage, des améliorations et évolutions sont proposés afin de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs.

Pour conclure, ce sujet de stage, de par sa singularité par rapport aux enseignements suivis lors de l'ensemble de ma formation, m'aura permis de perfectionner mon adaptabilité et d'acquérir des connaissances dans le domaine maritime suscitant chez moi un intérêt grandissant qui plus est au contact de personnes passionnées. C'est un travail, complet et formateur, qui m'a aussi permis de prendre plaisir à travailler en autonomie au sein d'une équipe réduite qui sait être présente et à l'écoute de mes besoins quand cela était nécessaire.

Webographie

- http://www.eauxturquoises.fr/b_tutopencpn/ba_high-tch/obj_S57/objets_attributs_CM93/Objets_C-map.htm
- <https://www.marina-guide.de/harbour/port-de-dieppe/>
- <https://www.francis-fustier.fr/Glossaire/glossaire.html>
- <https://primar.ecc.no/primar/portal/ccw/>
- <https://data.shom.fr/>
- http://opencpn322.shoreline.fr/6_Cartes/CD_41_Objets_affichables/CD_41_Cartes_S57_et_S63_Etude_relatives_aux_visuels.htm

Bibliographie

International Hydrographic Organization (IHO) Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Ed. 3.1, Nov 2000 - Special Publication No. S-57

Le Guen, É., 2009. Les systèmes informatiques pour la rédaction des cartes marines (papier et électronique).

PRIMAR STAVANGER, 2004. La carte marine et les prescriptions d'emport : les faits.

SPECIFICATIONS FOR CHART CONTENT AND DISPLAY ASPECTS OF ECDIS, Ed. 3.1.1, Oct 2014- Special Publication No. S-52

Liste des Figures

Figure 1 : Différents modes d'affichage des ENC.....	8
Figure 2 : Couverture internationale des ENC (avec zoom sur une région nord de la France). (https://www.primar.org/ , modifiée).....	10
Figure 3 : Modèle de données théorique.....	12
Figure 4 : Exemple d'un Modèle Chain-Node.....	13
Figure 5 : Vue Catalogue du logiciel PortSide.....	15
Figure 6 : Vue Edition du logiciel PortSide.	16
Figure 7 : Présentation des différentes entités topologiques utilisées sous PortSide (Nœuds et Liens VE).....	17
Figure 8 : Structure des différents répertoires mis en place pour la production et l'édition des ENC..	23
Figure 9 : Fusion des nœuds connectés dupliqués de la cellule « Arenc ».	25
Figure 10 : Suppression des nœuds connectés inutiles de la cellule « Arenc ».	25
Figure 11 : Séparer la zone TERRE-MER de la zone NON-TERRE-MER en utilisant l'outil « Filtrer ».	26
Figure 12 : Identification du trait de côte réel à l'aide du fond satellitaire (Geo-Portail).....	27
Figure 13 : Création d'un projet cartographique.....	29
Figure 14 : Compléter les cellules découpées.	30
Figure 15 : Liste des ENC éditées.....	31
Figure 16 : Création des objets surfaciques (LNDARE en jaune et DEPARE en vert).	31
Figure 17 : Ensemble des ENC créées, avec interface TERRE-MER.....	32
Figure 18 : Création des défenses et des bollards.	33
Figure 19 : Comparaison d'ENC avant et après édition d'attributs.	34
Figure 20 : Différents types de défenses.....	36
Figure 21 : Premier exemple de défaut de saisie.	36
Figure 22 : Création de nœuds topologiques en interne d'une ligne géométrique.	37
Figure 23 : Deuxième exemple de défaut de saisie.	37
Figure 24 : Création d'un rectangle englobant.....	38

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Attribution de gammes d'échelles aux catégories de navigation pour les ENC.	9
Tableau 2 : Liste des outils sans étiquette d'information	19
Tableau 3 : Liste des différents bugs identifiés.	21

Résumé

Avec une expertise en géomatique marine, Geomod a développé son propre Système d'information géographique (SIG) permettant de produire, d'afficher et d'exploiter des produits hydrographiques et océanographiques normalisés tels que les Cartes Électroniques de Navigation (ENC).

Considérés comme étape finale de tout cycle de développement logiciel, les différents tests effectués ici sur le logiciel PortSide vérifient que tous les outils fonctionnent comme attendu et que le logiciel répond au mieux à ses spécifications. Ces tests constituent un vecteur principal pour l'amélioration de sa qualité et l'assurance de sa fiabilité.

Un processus personnalisé pour la production des ENC a été mis en œuvre dans le contexte de mieux structurer le travail de production cartographique qui est proposé plus particulièrement aux services portuaires. Cette procédure doit être suivie pour tous les projets à venir car elle vise non seulement à produire de la donnée mais aussi à tester chaque nouvelle version du logiciel avant sa livraison.

Afin de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs, des améliorations et évolutions sont proposés pour PortSide.

Mots clés : PortSide, Carte marine, Tests, Norme S57, Objets, Attributs, ENC, Logiciel.

Summary

With an expertise in marine geomatics, Geomod has developed its own Geographic Information System (GIS) to produce, display and operate standardized hydrographic and oceanographic products such as Navigation Electronic Chart (ENC).

Considered as the final step in any software development cycle, the various tests performed here on PortSide software verify that all tools work as expected and that the software best meets its specifications. These tests are a key vehicle for improving its quality and ensuring its reliability.

A personalized process for the production of ENC has been implemented in the context of better structuring the cartographic production work that is offered specifically to port services. This procedure must be followed for all future projects, as it is intended not only to produce data but also to test each new version of software before its delivery.

In order to best meet users' needs, improvements and evolutions are proposed for PortSide.

Keywords : PortSide, Nautical Chart, Tests, S57 Standard, Objects, Attributes, ENC, Software.