

LOGICIELS

Service
Direction Scientifique

Sous-service
Département Simulation
Informatique Modélisation

Date : Avril 2011

Documentation Technique

Logiciel Refonde

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent
pour
l'avenir



Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales

www.pierre.debaillon@developpement-durable.gouv.fr

SOMMAIRE

Introduction	2
Description de Refonde	2
Installation de Préfonde	3
Utilisation de Fudaa-Refonde	5
1. Présentation générale	6
1.1 Domaines d'application	6
1.2 Démarrage	6
1.3 Ecran	7
1.4 Fenêtres	9
2. Gestion des projets	12
2.1 Création d'un nouveau projet	13
2.2 Ouverture d'un projet existant	13
2.3 Ouverture des fichiers projets	14
2.4 Sauvegarde d'un projet	14
2.5 Sauvegarde des fichiers projets	14
2.6 Fermeture du projet	15
2.7 Importation/Exportation de tout ou partie du projet	15
3. Géométrie	15
3.1 Domaines	15
4. Maillage	17
4.1 Propriétés de maillage du domaine	18
4.2 Maillage d'un domaine	18
4.3 Suppression d'un maillage	19
4.4 Optimisation de la largeur de bande	19
4.5 Visualisation de la bathymétrie après maillage	19
5. Modèles de propriétés	20
5.1 Propriétés des bords	20
5.2 Propriétés des fonds	21
5.3 Domaines poreux	21
6. Modèle de calcul	25
6.1 Paramètres du calcul	26
6.2 Angle d'incidence	28
6.3 Modification des angles d'incidence ou de transmission	32
6.4 Modification des angles supplémentaires associés	32
7. Exécution du calcul	32
8. Résultats	34
8.1 Fenêtres de post-traitement	34
8.2 Combinaison de résultats	40
9. Mise en page	41
9.1 Boîte de dialogue de définition d'espace papier	42
9.2 Fenêtre de mise en page (prévisualisation)	43
10. Divers	46
10.1 Menu de gestion des fenêtres	46
10.2 Menu d'aide	47
10.3 Menu édition	47
10.4 Impressions	49
10.5 Interruption des tâches en cours	49
Annexe A - Format des fichiers	49
Annexe B – Fiche d'anomalies, fiche d'améliorations.	69
11. Cas de validation	71
12. Glossaire	97

Introduction

Ce document dédié au code de calcul de houle REFONDE, a été créé pour servir de points d'appuis à ses utilisateurs.

Il contient des appuis théoriques et pratiques, des téléchargements d'utilitaires et des documentations. Des exemples d'études y seront présentés. Le glossaire permet à l'utilisateur un peu perdu de maîtriser les notions essentielles.

REFONDE a été développé au CETMEF au début des années 1990. Plusieurs personnes ont apporté leur contribution à l'amélioration du programme écrit initialement en fortran 77. En 1999, il a été intégré au projet Fudaa du CETMEF et s'est doté d'une interface utilisateur plus conviviale appelée profonde ou Fudaa-Refonde. Les derniers développements ont concernés la propagation de la houle sur les fonds poreux, s'accompagnant d'une atténuation de celle-ci.

Fudaa-Refonde est figée à la version 5.15, pour laquelle les développements du code de calculs sont arrêtés. Seule la version I refonde utilisable via un navigateur web connecté au site internet du CETMEF bénéficie toujours des développements.

Description de REFONDE

Un logiciel bidimensionnel d'agitation de houle

La connaissance de la houle revêt une grande importance pour l'ingénierie maritime. Elle intervient en premier lieu dans le dimensionnement des ouvrages maritimes. Elle s'avère aussi un obstacle majeur à la navigation et aux opérations portuaires. Elle influe enfin largement sur les mouvements sédimentaires et l'évolution du trait de côte.

Le modèle REFONDE est un code d'agitation de houle qui résout l'équation de [réfraction-diffraction](#) de [Berkhoff](#) par une méthode de calcul par éléments finis. Dans sa version 2.0, REFONDE prend en compte le [déferlement](#) selon deux méthodes, un simple écrêtage des hauteurs de houle ou bien par ajout d'un terme dissipatif dans l'équation de Berkhoff. Les ouvrages peuvent être semi-réfléchissants, submersibles ou transmissibles. Il traite les houles [monochromatiques](#) (régulières) et les houles aléatoires. Le spectre incident de la houle est alors du type Jonswap.

Le logiciel REFONDE dispose d'une chaîne de pré- et postprocesseurs complète composée des logiciels BATHYCAD, PREFLUX et POSTFLUX. BATHYCAD est un préprocesseur, fonctionnant sous AUTOCAD, qui permet l'entrée ou la lecture de la bathymétrie et le dessin des ouvrages existants ou en projet. PREFLUX regroupe un mailleur et une interface conviviale à travers laquelle sont spécifiés les paramètres généraux du calcul ainsi que les conditions aux limites.

C'est en particulier dans PREFLUX que sont précisés les coefficients de réflexion sur les ouvrages et les caractéristiques de la houle incidente. POSTFLUX est le postprocesseur qui fournit les vues des résultats du calcul sous forme de coupes, d'isolignes ou d'isocouleurs.

Ce code de calcul est spécialement adapté pour le calcul d'agitation au sein des domaines portuaires. Il peut aussi être utilisé en mer ouverte. Cependant, lorsque le domaine couvert dépasse quelques kilomètres carrés, la taille du problème pourra excéder les capacités d'un matériel informatique standard. Dans ce cas, on utilisera avantageusement les autres codes de houle VAG et CURVI du CETMEF.

L'interface graphique Fudaa facilite la saisie des paramètres, et permet une visualisation par calques superposables. Les points de diffraction sont déterminés automatiquement pour les problèmes moyennement complexes, les zones d'ombres sont identifiées par des flèches différentes par rapport aux zones éclairées.

Le mailleur de prefonde dispose de 2 options, la première comporte un critère sur l'aire maximale des éléments, la seconde réalise un maillage paramétré en fonction de la profondeur d'eau.

Enfin, prefonde est un logiciel évolutif. La résolution de l'équation de Berkhoff par la méthode des éléments finis nécessite bien souvent des [maillages](#) très denses. Des maillages de plus de 100 000 noeuds sont fréquents. Aussi un nouveau solveur vient d'être implanté dans le code réduisant ainsi les temps de calculs et permettant le traitement de cas plus importants.

Installation de PREFONDE

PREFONDE est écrit en Java et peut donc être installé sur n'importe quelle machine dès lors que celle ci possède une machine virtuelle(JVM).

La procédure à suivre est la suivante :

1. Installez la machine virtuelle java 1.3 ou ultérieure sur votre système d'exploitation Win9x/NT4.0/unix si elle n'est déjà installée ou si la version de java est inférieure a 1.3.

Vous pouvez trouver cette machine virtuelle a l'adresse <http://java.sun.com/>

2. Placez vous sur le répertoire ou se trouve prefonde5xx.class. Sous unix tapez simplement la commande java Prefonde5xx ; sous Win9x/NT4.0, tapez la commande dos : "c:\Program Files\JavaSoft\JRE\1.3\bin\ java" Prefonde5xx.

Considérations a prendre en compte lors de l'installation :

Le logiciel vous demande de choisir la machine virtuelle à utiliser. Choisissez de préférence parmi les machines virtuelles proposées la version 1.3. Le logiciel d'installation ne crée pas de raccourcis. Il vous faut les créer manuellement.

3. Créez un raccourci d'exécution de Prefonde sur le bureau ou à l'emplacement de votre choix, avec :

- comme cible : le fichier {répertoire_d'installation_de_prefonde}\prefonde.bat
- comme répertoire de démarrage : {répertoire_d'installation_de_prefonde}
- comme icone : le fichier {répertoire_d'installation_de_prefonde}\prefonde.ico
- comme nom : prefonde 5.xx

IMPORTANT : Le nom du répertoire de démarrage ne doit pas comporter de caractères blancs. Prefonde est maintenant installé.

4. Remarque : Refonde est installé automatiquement sur le répertoire \serveurs\refonde. Les fichiers obtenus par calcul par Refonde se trouvent également dans ce répertoire.

5. Désinstallation : Vous pouvez désinstaller Prefonde et Refonde depuis le "Panneau de configuration->Ajout/Suppression de programmes", ou en exécutant uninstall_Prefonde_<5xx>.bat depuis le répertoire d'installation de Prefonde. Les fichiers créés par Prefonde lors d'un calcul par Refonde ne sont pas supprimés lors de la désinstallation. Le raccourci créé manuellement n'est pas supprimé.

Utilisation de Fudaa-Refonde

Le présent manuel d'utilisation se réfère à la version 5 du logiciel graphique Fudaa-Refonde. Il est souhaitable que les utilisateurs fassent toutes les remarques et constatations utiles sur le logiciel, ses fonctionnalités et son interface, grâce aux fiches d'anomalies et améliorations présentes en annexe ou par e-mail.

Dans l'objectif d'une diffusion plus large, ce présent manuel pourra également être complété et/ou précisé suite aux demandes des lecteurs.

Description

Ce manuel présente d'abord les caractéristiques générales de Fudaa-Refonde, puis chacune des étapes de modélisation sera expliquée. Il n'est pas nécessaire de connaître Swing ou Java pour comprendre les termes utilisés dans ce manuel, ces termes étant suffisamment familiers à qui a déjà utilisé une interface graphique.

Conventions d'écriture

Les mots écrits en *italique* sont des noms d'accessoires (bouton, listes, etc.) ou des textes à entrer au clavier. Il s'agit de textes que l'utilisateur retrouvera dans le logiciel au cours de son utilisation.

L'item des accessoires [*entre crochets*] définit l'item sélectionné par défaut.

1 - Présentation générale

Fudaa-Refonde est un logiciel graphique de pré/post traitement aux éléments finis fonctionnant sous toutes plates-formes. Il est en effet écrit en Java et peut donc tourner sur n'importe quelle machine dès lors que celle-ci possède une machine virtuelle (JVM).

Il s'intègre dans une chaîne complète en aval de la modélisation terrain assurée par AUTOCAD et ses dérivés (REFLUCAD, BATHYCAD, ...) et permet donc d'aller jusqu'à la présentation sur papier des résultats obtenus par calcul.

Il peut fonctionner en mode client/serveur, le client étant la partie graphique du logiciel, le serveur la partie calcul assurée par REFONDE, DUNES et OLB.

1.1 - Domaines d'application

Fudaa-Refonde est devenu, dans cette dernière version 5, un pré/post traitement spécialisé, dérivé de la même plate-forme de développement que PREFLUX 5. Il est utilisé pour le calcul de l'agitation de houle en zone portuaire.

Il est couplé pour ce faire au logiciel REFONDE, qui est à présent totalement caché à l'utilisateur, et dont l'utilisateur n'a pas besoin de connaître le mode d'utilisation.

1.2 - Démarrage

Le démarrage de Fudaa-Refonde dépend du système d'exploitation sur lequel il est installé. Reportez-vous à la documentation "Fudaa-Refonde 5 – Guide d'installation" pour savoir comment lancer Fudaa-Refonde.

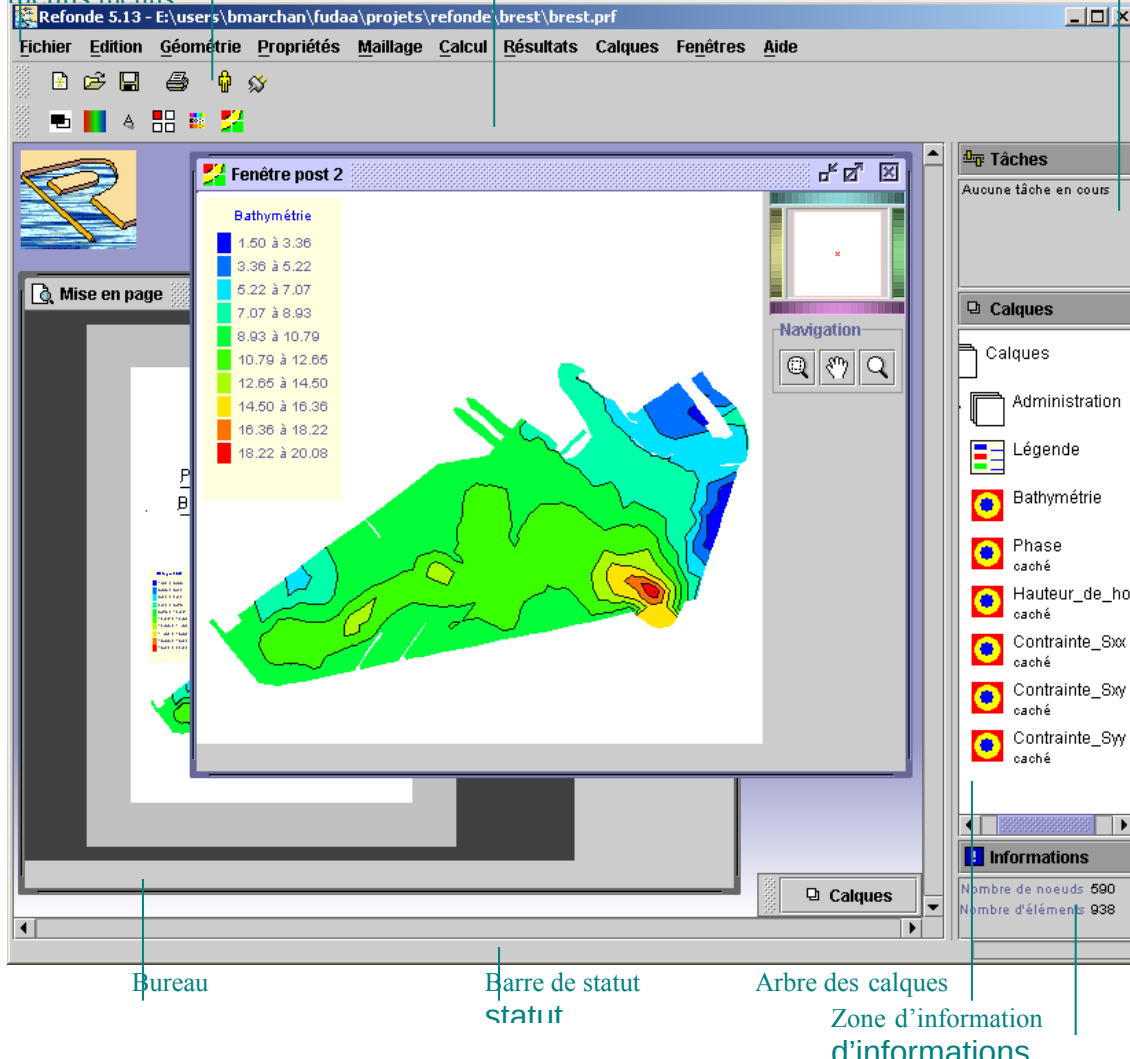
La procédure de lancement accepte les options suivantes, communes à toutes les plates-formes :

- `--no_terminal` : Pour les environnements tels que Windows 95 pour lesquels la fenêtre console ne permet pas de garder en mémoire plus de 50 lignes, une fenêtre console déroulante est créée. Cette option supprime la fenêtre console déroulante, où les messages d'erreur et d'information sont affichés.
- `--no_corba` : Dans ce cas, Fudaa-Refonde ne recherche pas de serveur de calcul distant. Il en lance un localement, c'est à dire sur la machine sur laquelle il est installé.
- `--no_server` : Si vous utilisez cette option, vous ne pourrez pas lancer de calcul, mais vous pourrez créer un projet, l'enrichir des données nécessaires au calcul et sauvegarder ce projet.

1.3 - Ecran

Une fois le logiciel démarré, l'écran est divisé en zones distinctes. Chacune d'entre elles a une fonction précise. Vous voyez alors l'écran comme suit :

Barre de menus Barre d'outils généraux Barre d'outils spécifiques Affichage des tâches en cours



- **Barre des menus**

La barre des menus est contextuelle, les menus affichés changent suivant la fenêtre sélectionnée.

- **Barre d'outils généraux**

Les outils de cette barre sont toujours sélectionnables quelle que soit la fenêtre active. Cette barre d'outils est déplaçable et peut être flottante.

- **Barre d'outils spécifiques**

La barre d'outils est spécifique et contextuelle suivant la fenêtre active. Elle peut ne pas apparaître si la fenêtre ne possède pas d'outils spécifiques. Cette barre d'outils est déplaçable et peut être flottante.

- **Affichage des tâches en cours**

Il s'agit des tâches qui sont en train d'être traitées par le programme.

Par exemple, lors de l'ouverture d'un projet, on peut suivre l'état d'avancement de récupération des informations depuis les fichiers de sauvegarde.

- **Zone d'informations**

Les informations contenues dans cette zone sont le nombre de nœuds et le nombre d'éléments contenus dans le projet courant. Si le nombre de nœuds ou d'éléments dépasse les limites autorisées par Refonde, ces informations sont affichées en rouge.

- **Bureau**

Fudaa-Refonde dispose de 2 types de fenêtres : les fenêtres internes (souvent les fenêtres d'objets géo référencés), et les fenêtres furtives (les boîtes de dialogues). C'est dans le bureau que sont affichées la fenêtre de pré-traitement, les fenêtres de post-traitement ou de mise en page, etc.

- **Barre de statut**

La barre de statut vous informe sur l'action en cours. Par exemple, lors de l'ouverture d'un projet, le logiciel vous informe en temps réel sur le pourcentage de réalisation de la tâche de récupération en cours. Elle peut contenir également sur la gauche un curseur décrivant l'activité du CPU et la mémoire utilisée.

- **L'arbre des calques**

L'arbre des calques a plusieurs fonctions :

- il permet de faire des opérations sur les calques (visibilité, mode d'affichage rapide, atténué) et ainsi de faire apparaître ou non des classes d'objets dans les fenêtres.
- il permet de spécifier le calque actif (par sélection de ce calque). L'activité d'un calque vous permet de spécifier la classe d'objets sur laquelle vous voulez faire un choix de sélection par les boutons prévus à cet effet (Voir §).

Vous pouvez effectuer des opérations sur les calques à partir du menu contextuel qui apparaît lorsque vous sélectionnez un calque et que vous cliquez sur le bouton droit de la souris.

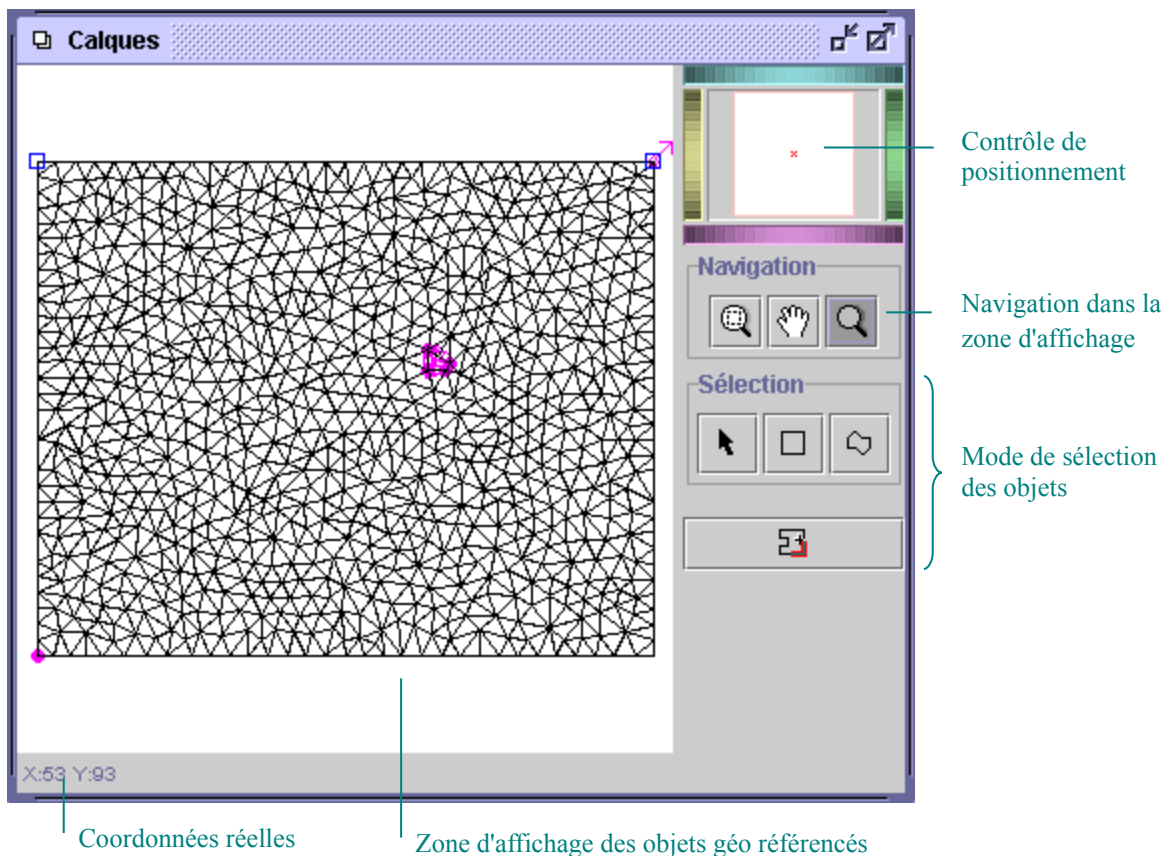
L'arbre des calques est spécifique de la fenêtre active.

- **Menu contextuel agissant sur le calque sélectionné**

<input type="checkbox"/> Atténué	Affichage du calque en mode atténué
<input type="checkbox"/> Rapide	Affichage du calque en mode rapide (dégradé)
<input checked="" type="checkbox"/> Visible	Visibilité du calque
En premier	Affichage du calque au premier plan
En dernier	Affichage du calque à l'arrière plan

1.4 - Fenêtres

Les fenêtres internes se présentent toutes de la même manière à l'écran :

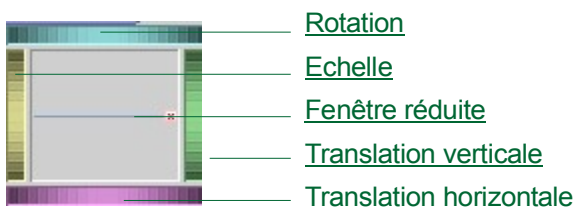


- **Zone d'affichage des objets**

Dans cette zone sont représentés tous les objets géométriques. Il s'agit des nœuds, des éléments, des angles d'incidences, mais également de post-traitements ou de dessins (pour les fenêtres de post traitements).

- **Contrôle de positionnement**

Cet accessoire permet de positionner de manière interactive le domaine dans la fenêtre de représentation. Vous pouvez utiliser les potentiomètres autour de la représentation réduite, ou bien directement faire glisser le domaine dans la représentation réduite. Dans la représentation réduite, le rectangle rouge représente les bornes de la fenêtre de visualisation, le rectangle bleu la boite englobante du domaine réel.



- **Navigation**

Les boutons de navigation permettent les mêmes opérations que le contrôle de positionnement (hormis la rotation), mais de façon plus intuitive et conventionnelle.

- **Restaurer**



Permet de visualiser à l'écran la totalité du domaine affiché par recentrage du domaine à ses dimensions maximales.

- **Déplacer la vue**



Ce bouton permet de déplacer la vue par simple glissé - lâché sur la zone d'affichage des objets. Pendant l'opération de glissé – lâché, l'affichage passe en mode rapide permettant de déplacer plus rapidement la vue.

- **Zoom +/-**



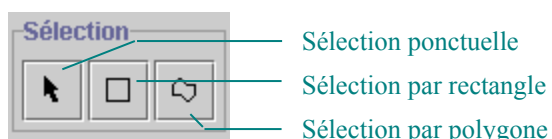
Ce bouton permet de zoomer sur une partie de la vue. Il s'utilise de 3 façons :

- Par un simple clic sur la vue avec le bouton gauche de la souris, l'échelle de la vue est multipliée par 1.5 et la vue recentrée sur le point cliqué.
- Par un simple clic sur la vue avec le bouton droit de la souris, l'échelle de la vue est divisée par 1.5 et la vue recentrée sur le point cliqué, permettant un zoom arrière.
- Par une opération de glissé – lâché à l'aide de la souris, une fenêtre de zoom est définie indiquant au logiciel la partie de la vue à agrandir et recentrer.

- **Mode de sélection**

Le mode de sélection est contextuel. En fonction du calque actif (calque sélectionné au préalable), les boutons de sélection seront actifs ou non.

- **Modes de sélection standard**



- le mode *sélection ponctuelle* s'utilise sur tout type d'objet. Ainsi, pour sélectionner une ligne, vous devez cliquer dessus. Pour un polygone (ou un objet surfacique) vous devez cliquer à l'intérieur de l'objet.
- le mode *sélection par rectangle* s'utilise sur tout type d'objet. Son fonctionnement est le même que pour la saisie d'une fenêtre de zoom (cliquer, glisser, relâcher le bouton de souris).

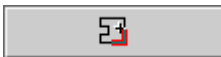
- le mode *sélection par polygone* s'utilise sur tout type d'objet. Chaque point cliqué représente un point du polygone englobant des objets à sélectionner. La fin de sélection (fermeture du polygone englobant) s'obtient par un double clic sur le dernier point de définition du polygone.

Remarques

Pour les modes de sélection par *polygone* et *rectangle*, les objets seront sélectionnés uniquement s'ils sont entièrement inclus dans le rectangle ou le polygone de sélection.

Vous pouvez ajouter des objets à une précédente sélection grâce à la touche *Shift*. Durant la sélection, maintenez la touche *Shift* enfoncée.

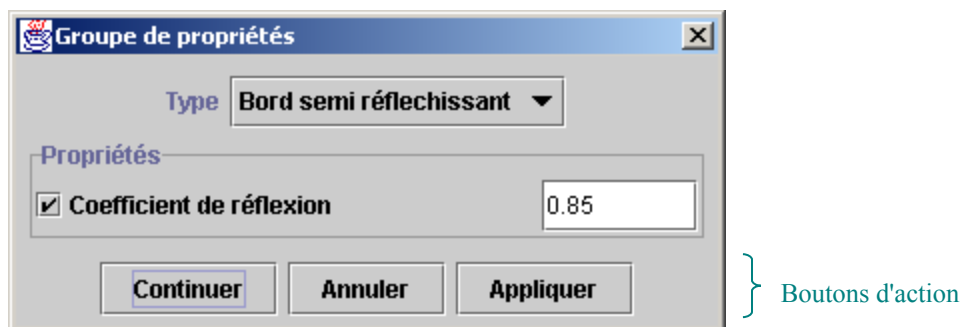
- **Mode de sélection des frontières par 2 points**



Ce mode de sélection est spécifique aux frontières (une frontière étant un ensemble de polygones contigus d'un contour) et permet en 2 clics de souris de sélectionner tout ou partie d'un contour.

Il n'est actif que si le calque *Contours* est au préalable actif.

Pour sélectionner une frontière, activez ce bouton, puis cliquez sur la polygone extrémité de la frontière que vous voulez définir. Cette polygone change de couleur, matérialisant qu'elle est potentiellement sélectionnée. Au fur et à mesure que vous déplacez la souris, les autres polygones contigus changent également de couleur. Lorsque vous avez atteint la polygone matérialisant l'extrémité finale de la frontière que vous voulez sélectionner, cliquez à nouveau sur le bouton de la souris. Toutes les polygones de la frontière sont à présent sélectionnées.



• Les boites de dialogue

La plupart des boites de dialogue de Fudaa-Refonde se présentent avec un panneau de boutons d'actions en bas de la boite.

Les boutons que vous pouvez trouver sont :

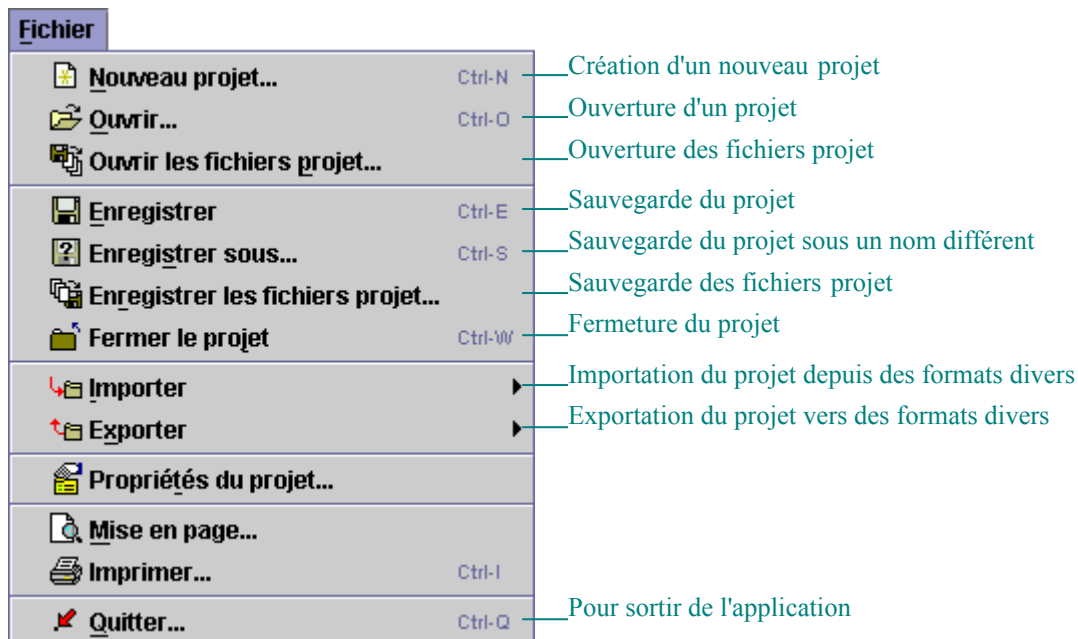
- Le bouton *Continuer* : Pour appliquer les paramètres et fermer la boite.

- Le bouton *Annuler* : Pour fermer la boîte sans appliquer les paramètres.
- Le bouton *Appliquer* : Pour appliquer les paramètres sans fermer la boîte. Ceci permet de visualiser dans les fenêtres d'objets géo références les modifications apportées, avant de sortir de la boîte de dialogue.

2 - Gestion des projets

Le projet (parfois aussi appelé problème dans le logiciel et la documentation) est la base de données qui contient toutes les informations nécessaires à la réalisation ou issues du calcul. Il ne contient pas les préférences de l'utilisateur ni les spécificités d'environnement.

Il est décrit par ses fichiers, qui sont le fichier de géométrie (*.geo), le fichier de maillage (*.mai), le fichier modèle de propriétés (*.prp), le fichier modèle de calcul (*.cal), le fichier résultats (*.sol), le fichier de mise en page (*.mep) et enfin le fichier projet (*.prf).



IMPORTANT

Le fichier de géométrie a un rôle particulier dans le projet : c'est en effet par rapport à la géométrie que sont définis le maillage, les propriétés physiques et les données calcul (notamment les angles d'incidence).

Par voie de conséquence, toute modification de la géométrie provoque des changements dans les propriétés physiques, dans le maillage, et dans les données calcul. Lorsque Fudaa-Refonde enregistre une version de géométrie (enregistrement du projet), il définit pour cette géométrie un "identifiant géométrie" (numéro d'identification unique basé sur l'heure courante) qui, reporté sur tous les fichiers du projet (.geo/.mai/.cal/.prp) assure l'intégrité de la base de donnée sauvegardée.

En conclusion, si vous désirez faire plusieurs études se référant à une géométrie précise, définissez tout d'abord cette géométrie, puis modifiez le maillage, les propriétés physiques, ou les données calcul. L'identifiant géométrie n'étant

pas modifié, tous les fichiers projets sauvegardés séparément seront compatibles avec la géométrie définie.

2.1 - Création d'un nouveau projet

Pour pouvoir créer un nouveau projet et démarrer une session de calcul sous Fudaa-Refonde, vous devez disposer au moins des fichiers de géométrie (fichiers *.10,*.12) du domaine d'étude.

- **Fichiers de géométrie**

Le projet est défini au moins par les fichiers de géométrie qui lui sont associés. Ces fichiers doivent tous avoir même nom de racine, correspondant au nom de projet, avec les extensions .10 pour le fichier des points bathymétriques, .12 pour le fichier de description des contours. Ces fichiers sont au format Bathycad. Vous devez sélectionner dans la boîte de dialogue d'ouverture de projet un de ces 2 fichiers.

Fudaa-Refonde ouvrira alors les 2 fichiers *.10/*.12.

Remarques

Les erreurs suivantes surviennent à la lecture de la géométrie si :

- Un des fichiers .10 ou .12 n'existe pas.
- 2 points de topo du fichier .10 ont mêmes coordonnées.
- Un des contours décrits dans le fichier .12 n'est pas fermés (premier point défini de mêmes coordonnées que le dernier point pour ce contour).
- 2 points d'un même contour du fichier .12 sont confondus (sauf le premier et dernier).

En revanche, les points suivants ne génèrent pas d'erreur :

- Le fichier .10 est vide. La bathymétrie est alors construite sur les seuls points des contours.
- Le fichier .10 comporte des points en dehors du domaine d'étude défini par le fichier .12. Dans ce cas, ils ne sont pas pris en compte dans le maillage.
- Les fichiers .10 et .12 ont des points confondus.

2.2 - Ouverture d'un projet existant

La commande d'ouverture d'un projet fait apparaître la boîte de dialogue standard d'ouverture de fichiers. Seuls sont sélectionnables les fichiers projets .prf.

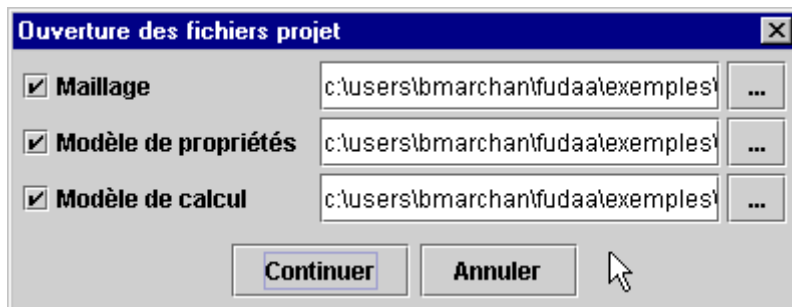
Après sélection du fichier du projet, les fichiers .geo/.mai/.prp/.cal/.sol/.mep de noms spécifiés dans le fichier .prf sont ouverts et lus. Ces noms de fichiers sont relatifs à l'emplacement du fichier projet dans l'arborescence du disque.

Remarques

- Les fichiers `.sol` et `.mep` peuvent ne pas exister. Ceci ne perturbera pas l'ouverture du projet, mais certaines fonctions de post-traitement ne seront pas accessibles du fait de la non existence de résultats.
- Pour les versions antérieure à 5.07, la géométrie était stockée sur les fichiers `.10/.12`, le maillage sur les fichiers `.cor/.ele/.bth`. Désormais, la géométrie est stockée dans le fichier `.geo`, le maillage dans le fichier `.mai`. Une fois le projet sauvé, les fichiers `.12/.10` ne sont plus utiles, les fichiers `.cor/.ele/.bth` restant exportables pour une visualisation des résultats sous Postflux.

2.3 - Ouverture des fichiers projet

Vous pouvez ouvrir séparément les fichiers associés au projet. Il s'agit des fichiers `.cal` (modèle de calcul), `.prp` (modèle de propriétés), et des fichiers `.mai` (fichiers maillage). Ceci permet de combiner en un seul projet plusieurs cas de calcul, de maillage, etc.



2.4 - Sauvegarde d'un projet

Lors de la sauvegarde d'un projet, le fichier projet `.prf` est sauvegardé sous son nom original ou sous un autre nom si stipulé par l'utilisateur. Les fichiers associés au projet sont également sauvés, sous le nom qu'ils ont par défaut à l'ouverture du fichier, ou que vous leur avez donné en les sauvegardant séparément du projet.

2.5 - Sauvegarde des fichiers projet

De même que pour l'ouverture, il est possible de sauver les informations indépendamment du projet dans les fichiers associés. Lors de la sauvegarde, les informations ayant besoin d'être sauvegardées sur fichier seront indiquées par un intitulé (maillage, modèle de propriétés, etc.) non grisé. Vous pouvez décider vous même de sauver ou non ces informations sur un fichier particulier en grisant ou dégrisant l'intitulé (à l'aide du bouton de sélection correspondant à l'intitulé).



2.6 - Fermeture du projet

Lors de la fermeture du projet, Fudaa-Refonde vous demandera s'il doit le sauvegarder auparavant.

Suite à la fermeture, l'application se trouve dans le même état qu'elle était au démarrage.

2.7 - Importation/Exportation de tout ou partie du projet

Tout ou partie des données du projet peuvent être importées ou exporter vers d'autres formats.

Ainsi, le maillage peut être importé depuis / exporté vers des fichiers au format Postflux (.cor/.ele/.bth).

De même que la totalité des informations de la base de données peut être exportée vers les fichiers d'entrée à REFONDE, permettant par exemple de lancer REFONDE en mode manuel (en non par l'intermédiaire de l'interface Fudaa-Refonde).

3 - Géométrie

Les informations issues de Bathycad donc des fichiers .10/.12 ne sont plus suffisantes pour décrire la géométrie du projet. En effet, ces informations ne décrivent que des points de topographie et des lignes ordonnées en contours. La notion de domaine n'existe pas, bien qu'elle soit nécessaire pour définir des zones conditionnant le maillage ou le groupe de propriétés associable.

3.1 - Domaines

A la création d'un projet, un domaine de type *fond* par défaut est créé à partir des contours définis dans le fichier .12. On ne peut ni modifier, ni supprimer ce domaine. En revanche, il est ensuite possible de créer sur la géométrie chargée des domaines de type digue ou de les supprimer. Ces opérations sont accessibles depuis le menu *Géométrie*.

Remarque

Les domaines ne sont jamais représentés. Toutes les opérations les concernant (création/suppression, modification des propriétés de fond, maillage) se font au travers d'une polyligne associée à leur contour extérieur (pour un domaine de type *fond*) ou à leur seul contour (pour un domaine de type *digue*).

Géométrie

Créer un domaine digue

Supprimer un domaine digue

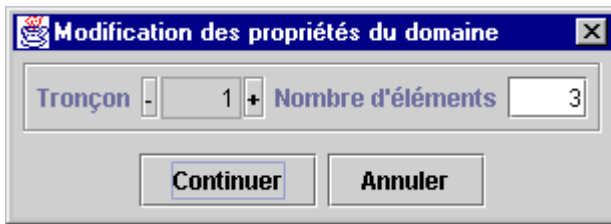
- **Création d'un domaine digue**

Un domaine digue est constitué d'un contour préalablement défini dans le fichier de géométrie de description des contours .12. Ce contour doit être fermé, constitué d'un nombre pair de polygones.

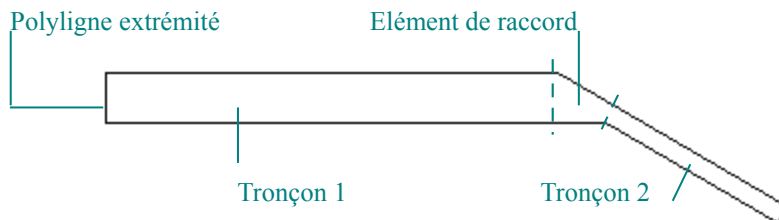
Pour créer un domaine digue depuis un contour, sélectionnez tout d'abord le

calque *Contours*, puis, à l'aide de l'outil de sélection (ponctuelle / rectangulaire / polygonale), une polygône qui correspondra à une extrémité de la digue. La commande *Géométrie*→*Créer un domaine digue* devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de polygône.

Suite à l'activation de la commande, Fudaa-Refonde fait apparaître une fenêtre de modification des propriétés de maillage du domaine.



Une digue est constituée de tronçons définis par 2 lignes en vis à vis, ordonnées à partir de la polygône extrémité de la digue. Le nombre de tronçons est calculé automatiquement à partir du nombre de polygones du contour de la digue.



Par tronçon de digue, vous pouvez indiquer le nombre des éléments quadrilatères (Q4) qui seront créés lors du maillage.

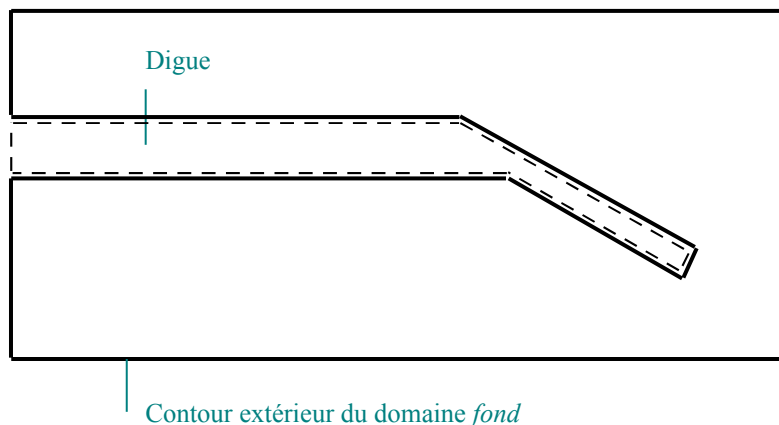
Remarques

- Si la polygône sélectionnée est sur deux contours à la fois, la digue ne peut être créée. Sélectionnez alors une polygône n'appartenant qu'à un seul contour.
- Le nombre de polygones du contour doit être pair pour qu'une digue puisse être créée.
- Lors du maillage, un élément de raccord peut être ajouté entre 2 tronçons pour satisfaire des critères de qualité de maillage.

Information

Une digue peut être définie en limite de domaine d'étude. Dans ce cas, le contour destiné à la digue ne doit pas être inclus dans le contour extérieur du domaine de type *fond*, mais limitrophe de ce dernier. Les points de la digue doivent être confondus avec les points du contour extérieur.

La figure ci-après illustre une définition correcte d'une digue en limite du domaine d'étude.



• Suppression d'un domaine digue

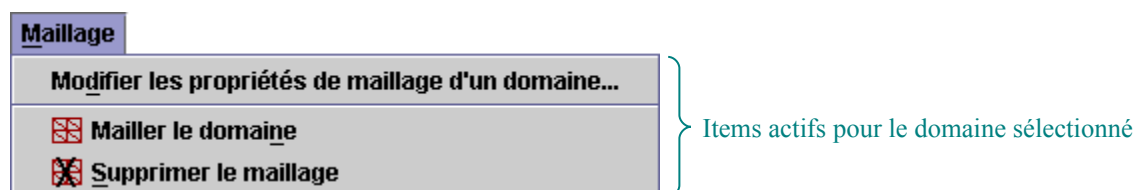
Pour supprimer un domaine digue, sélectionnez tout d'abord le calque *Contours*, puis une polyligne qui appartient au contour de la digue. La commande *Géométrie* → *Supprimer un domaine digue* devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de polyligne.

Le maillage, les angles de transmission éventuellement associés à la digue sont alors supprimés en même temps que la digue.

4 - Maillage

Le maillage est l'opération qui consiste à générer des nœuds et éléments sur un domaine en vue d'une analyse par éléments finis suivant des propriétés de maillage qui sont propres au domaine à mailler. Chaque domaine sera donc maillé individuellement.

Les opérations concernant le maillage sont accessibles depuis le menu *Maillage*

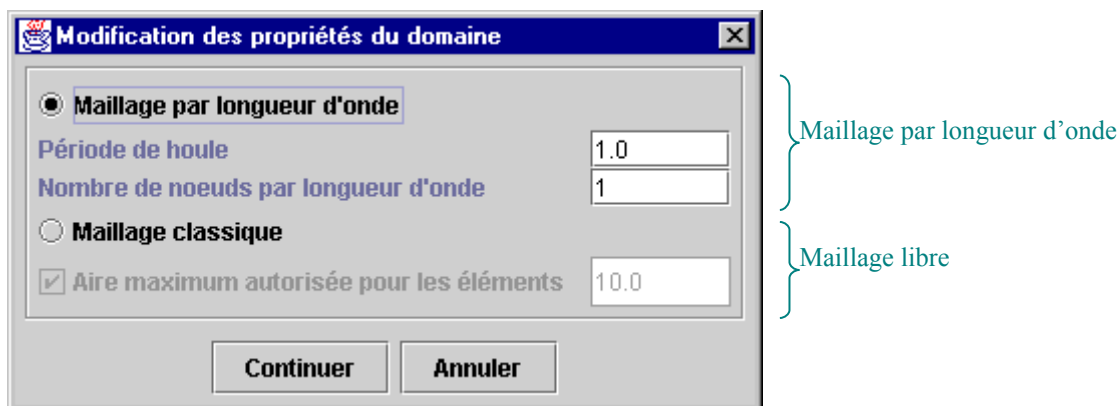


4.1 - Propriétés de maillage du domaine

Les propriétés de maillage du domaine dépendent du type de domaine. Elles sont accessibles lors de l'activation de la commande *Maillage* → *Modifier les propriétés de maillage d'un domaine* ou lors de la création du domaine (pour les domaines de type *digue*).

- **Propriétés de maillage d'un domaine de type *fond***

Après avoir sélectionné le calque *Contours*, utilisez l'outil de sélection (ponctuelle / rectangulaire / polygonale) pour saisir une polygône appartenant au contour extérieur du domaine de type *fond* (domaine créé par défaut avec tous les contours lors de la création d'un projet). La boîte de dialogue qui apparaît est la suivante :



- **Maillage par longueur d'onde**

Une période de houle > 0 est nécessaire, ainsi qu'un nombre entier positif de nœuds par longueur d'onde. Sachez que plus la période de houle sera petite et le nombre de nœuds important, plus le nombre d'éléments générés sera grand. Pour régler le maillage, commencez par un nombre de nœuds de 1, et une période importante.

- **Maillage classique**

L'aire maximum autorisée pour les éléments du domaine fond est calculée par défaut pour que le nombre d'éléments générés avoisine 1000 sur le domaine maillé. Nous vous conseillons de conserver ce chiffre dans un premier temps, puis de le diminuer ou de l'augmenter pour régler le maillage.

- **Propriétés de maillage d'un domaine de type *digue***

(Voir § 3.1)

4.2 - Maillage d'un domaine

Pour mailler un domaine, sélectionnez tout d'abord le calque *Contours*, puis une polygône qui appartient au contour extérieur du domaine à mailler. La commande *Maillage* → *Mailler le domaine* devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de polygône.

Important

- L'opération de maillage s'effectue en tâche de fond, mais il est fortement déconseillé de réaliser d'autres opérations qui pourraient nuire à l'intégrité des objets de la base pendant cette opération.
- Si un maillage existe déjà, il sera supprimé après votre accord.

- Le maillage des domaines de type *digue* doit être effectué avant le maillage du domaine de type *fond*. Les contraintes de maillage d'un domaine de type *digue* imposent des éléments quadrilatères qui ne pourront être obtenus si des nœuds de connexion en provenance d'un maillage de domaine de type *fond* existent déjà sur le contour de la digue.

4.3 - Suppression d'un maillage

Sélectionnez tout d'abord le calque *Contours*, puis une polyligne qui appartient au contour extérieur du domaine pour lequel vous souhaitez supprimer le maillage. La commande *Maillage*→*Supprimer le maillage* devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de polyligne.

4.4 - Optimisation de la largeur de bande

Cette opération consiste à faire en sorte que le calcul s'opère avec un espace mémoire minimum obtenu par la réduction de la matrice éléments finis à résoudre.

Elle est effectuée automatiquement en tâche de fond :

- Après chaque opération de maillage, dès que le domaine d'études est entièrement maillé.
- Avant un calcul ou une exportation des fichiers de maillage au format Postflux, si la numérotation des nœuds n'apparaît pas comme étant optimisée.

Les numéros des nœuds et éléments de tous les maillages sont alors réinitialisés et correspondent aux numéros des nœuds et éléments visibles dans les fichiers *.cor/.ele* et *.inp*.

4.5 - Visualisation de la bathymétrie après maillage

Dés lors que le domaine d'étude est totalement maillé, vous pouvez en visualiser la bathymétrie à l'aide d'un tracé sous forme d'iso surfaces ou d'iso lignes.

Ceci est possible même si aucun calcul n'a été effectué ou que la base de données ne comporte pas de résultats.

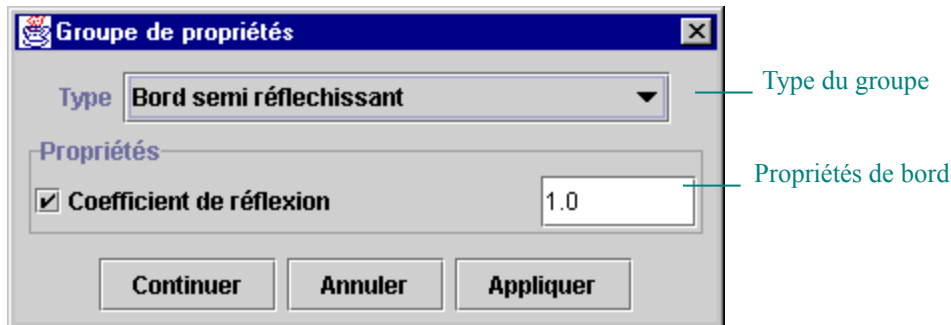
(Voir § 8 pour la méthodologie à suivre).

5 – Modèle de propriétés

Les propriétés physiques indépendantes de la configuration de calcul (ou modèle de calcul) et du maillage seront appliquées à la géométrie. Il s'agit des propriétés de bord, également des propriétés de fond. La définition des domaines poreux fait également partie du modèle. Une fois ce modèle créé, il pourra être sauvegardé indépendamment du projet sur fichier *.prp*.

5.1 - Propriétés des bords

Pour définir les propriétés des bords, sélectionnez tout d'abord le calque *Contours*. Sélectionnez ensuite les bords sur lesquels vous voulez indiquer le type du groupe de propriétés. Le menu *Propriétés*→*Propriétés de bord* de la barre de menus devrait apparaître non grisé. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de bords. Cliquez sur ce bouton. La boîte de dialogue *Groupe de propriétés* apparaît.



- **Type des bords**

Fudaa-Refonde autorise plusieurs types de bords :

- *BORD_SEMI_REFLECHISSANT*. Il s'agit du bord le plus courant, et qui est appliqué par défaut lors de la création d'un nouveau projet.
- *BORD_OUVERT_ENTREE*. C'est par ce bord que la houle entre dans le port. En principe, il n'existe qu'un seul bord ouvert en entrée. Fudaa-Refonde accepte cependant plusieurs bords ouverts, mais le calcul automatique des angles d'incidence ne pourra pas se faire correctement dans cette configuration.
- *BORD_OUVERT_SORTIE*. Utilisé pour laisser la houle sortir du port.

- **Propriétés de bord**

En fonction du type choisi, des propriétés de bord peuvent être à imposer.

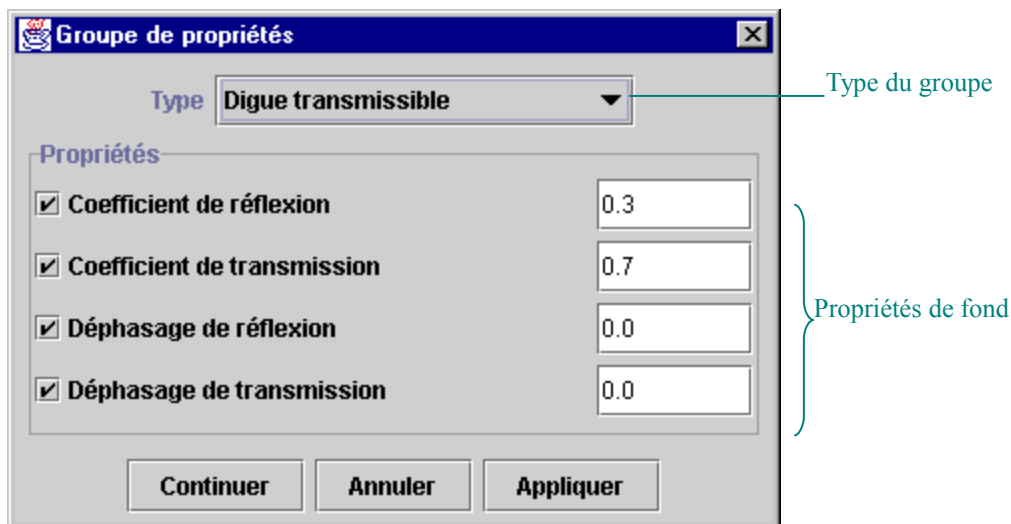
La seule existante actuellement est la propriété de *Coefficient de réflexion* pour le type *Bord semi-réfléchissant*. Elle est imposée à 1 par défaut. Un message d'erreur apparaîtra au moment du lancement du calcul si vous n'avez pas correctement imposé cette propriété.

Remarque

La boîte de dialogue *Groupe de propriétés* qui apparaît est contextuelle : si vous sélectionnez des bords sur lesquels les types sont différents ou les propriétés imposées différemment (imposées ou non, types temporels différents ou valeur différentes), certains champs peuvent apparaître grisés ou vides, indiquant une mixité des informations. Ceci est valable dans Fudaa-Refonde pour toutes les boîtes de dialogue se rapportant à des informations sur plusieurs objets.

5.2 - Propriétés des fonds

Pour définir les propriétés des fonds (telles que propriétés sur les digues), sélectionnez tout d'abord le calque *Contours*. Sélectionnez ensuite une polyligne du contour extérieur du domaine sur lequel vous voulez indiquer le type de groupe de propriétés. Le menu *Propriétés* → *Propriétés de fond* de la barre de menus devrait apparaître non grisé. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné de polyligne. Cliquez sur ce bouton. La boîte de dialogue *Groupe de propriétés* apparaît.



- **Type des fonds**

Fudaa-Refonde autorise plusieurs types de fond :

- *Digue transmissible*. La houle se transmet à travers la digue.
- *Paroi perforée*. Type caissons Jarlan.

- **Propriétés de fond**

En fonction du type choisi, les propriétés de fond sont à imposer.

5.3 - Domaines poreux

Les domaines poreux sont définis par une zone rectangulaire matérialisant les limites du domaine, et un plan sur lequel s'appuie cette zone. A l'intérieur de cette zone, tous les nœuds dont l'épaisseur poreuse (calculée par Zplan-Zfond pour ce nœud) est positive seront poreux et posséderont les propriétés physiques du domaine.

Lors de la création du domaine poreux, les points matérialisant le plan du domaine sont positionnés en X et Y sur les coins du rectangle. Vous pouvez par la suite les déplacer individuellement. Ils sont représentés dans le calque *Points des plans*.

- **Création d'un domaine poreux**



Le bouton *Création d'un domaine poreux* est utilisé pour créer un fond poreux. Pour cela, vous devez à l'aide de la souris matérialiser les limites du domaine poreux dans la fenêtre graphique.

Cliquez un point définissant un coin du domaine, puis glissez et relâchez le bouton de souris à l'endroit définissant le coin opposé du domaine.

Une boîte de dialogue s'ouvre permettant de préciser immédiatement les propriétés physiques du domaine, ses limites, son plan (voir § Propriétés d'un domaine poreux). Si vous actionnez le bouton *Annuler* de cette boîte de dialogue, le domaine poreux n'est pas créé.

- **Suppression d'un domaine poreux**



Le bouton *Suppression du domaine poreux* permet de supprimer le ou les domaines poreux sélectionnés.

Pour sélectionner un ou plusieurs domaines poreux, sélectionnez tout d'abord le calque *Domaines poreux* dans l'arbre des calques, puis à l'aide de l'outil de sélection de votre choix, sélectionnez un ou plusieurs domaines.

Une confirmation est demandée avant chaque suppression.

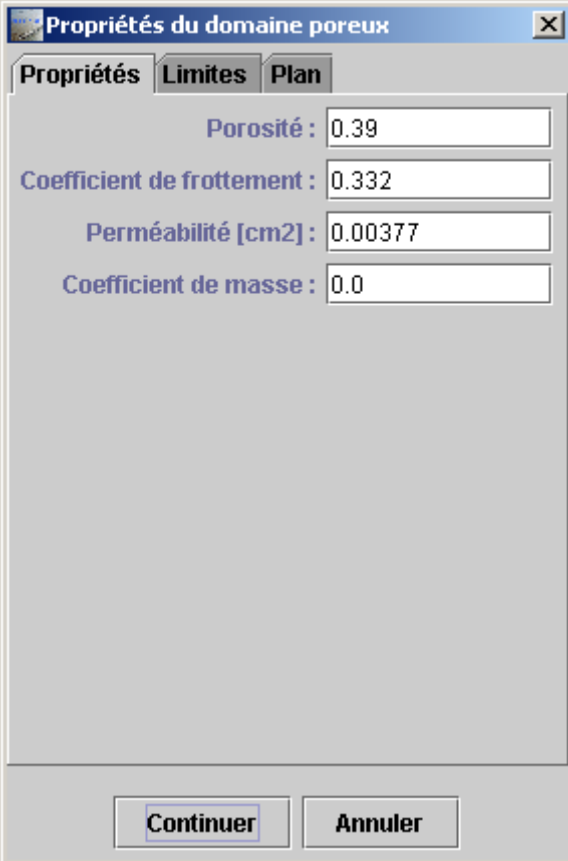
- **Propriétés d'un domaine poreux**



Le bouton *Propriétés du domaine poreux* permet de définir les propriétés physiques du domaine, ses limites, son plan par l'intermédiaire d'une boîte de dialogue dédiée.

Il n'est actif qu'après sélection d'un domaine poreux. Pour sélectionner un domaine poreux, sélectionnez tout d'abord le calque *Domaines poreux* dans l'arbre des calques, puis à l'aide de l'outil de sélection de votre choix, sélectionnez un domaine.

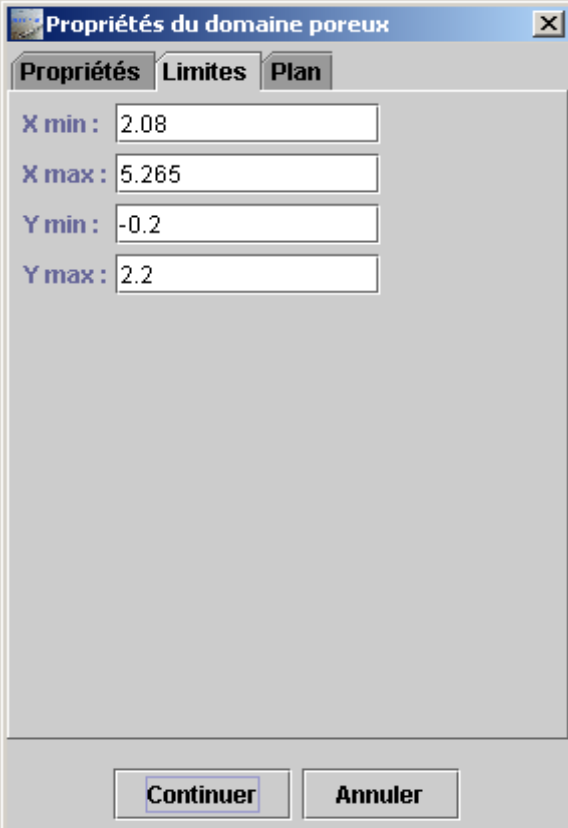
- Onglet propriétés



The screenshot shows a dialog box titled "Propriétés du domaine poreux" with three tabs: "Propriétés", "Limites", and "Plan". The "Propriétés" tab is active. It contains four input fields with the following values: Porosité: 0.39, Coefficient de frottement: 0.332, Perméabilité [cm2]: 0.00377, and Coefficient de masse: 0.0. At the bottom, there are two buttons: "Continuer" and "Annuler".

Il s'agit de définir les propriétés physiques du domaine poreux, c'est à dire les propriétés qui seront appliquées à chaque nœud dont l'épaisseur poreuse est positive à l'intérieur des limites du domaine.

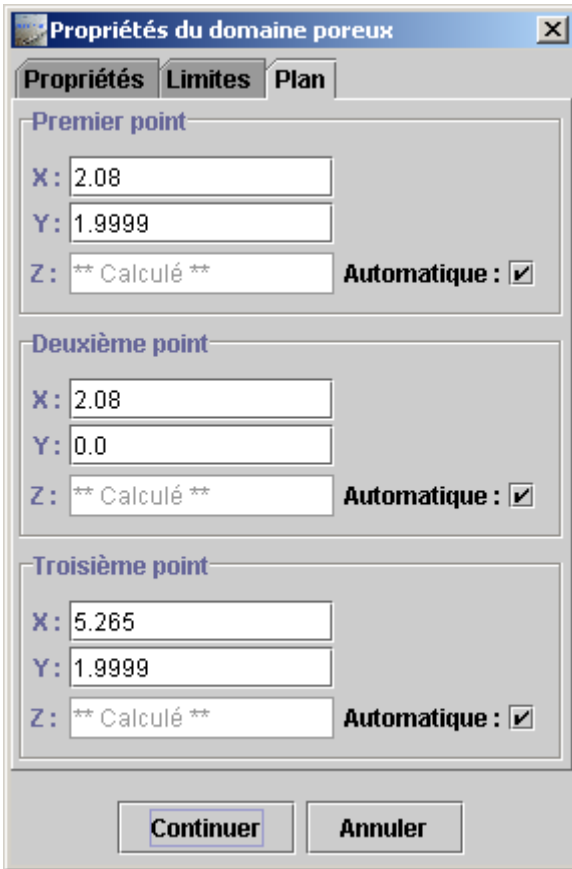
- Onglet limites



The screenshot shows the same dialog box "Propriétés du domaine poreux", but with the "Limites" tab selected. It contains four input fields for defining the domain boundaries: X min: 2.08, X max: 5.265, Y min: -0.2, and Y max: 2.2. The "Continuer" and "Annuler" buttons are also visible at the bottom.

Les limites du domaine définissent un rectangle dans lequel les nœuds sont considérés comme appartenant à un fond poreux. Les limites du domaine sont matérialisées dans la fenêtre graphique de pré traitement par un rectangle transparent de couleur rouge.

- **Onglet plan**



The screenshot shows a dialog box titled "Propriétés du domaine poreux" with three tabs: "Propriétés", "Limites", and "Plan". The "Plan" tab is active. It contains three sections for defining points:

- Premier point:** X: 2.08, Y: 1.9999, Z: ** Calculé **. Automatique:
- Deuxième point:** X: 2.08, Y: 0.0, Z: ** Calculé **. Automatique:
- Troisième point:** X: 5.265, Y: 1.9999, Z: ** Calculé **. Automatique:

At the bottom, there are two buttons: "Continuer" and "Annuler".

Cet onglet permet de définir le plan du domaine poreux, plan défini par 3 points. Ces 3 points sont visualisés dans le calque *Points des plans*. Vous pouvez définir la position suivant X et Y des points, et laisser libre Fudaa-Refonde de calculer la coordonnée Z ou la définir vous même (vois § Déplacement d'un point du plan d'un domaine poreux).

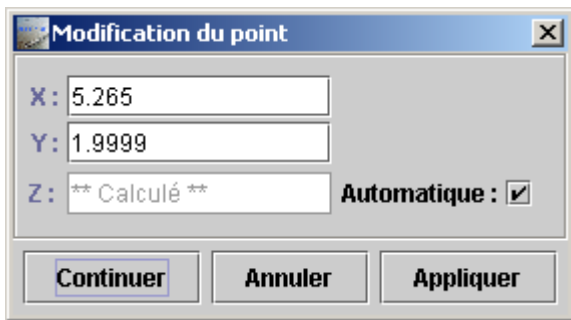
- **Déplacement d'un point du plan d'un domaine poreux**



Ce bouton permet de définir un point du plan d'un domaine poreux. Il est actif uniquement si un point a été sélectionné.

Pour sélectionner un point, sélectionnez tout d'abord le calque *Points des plans* dans l'arbre des calques, puis à l'aide de l'outil de sélection de votre choix, sélectionnez un point.

Après activation du bouton, la boîte de dialogue suivante apparaît :



The image shows a dialog box titled "Modification du point". It has three input fields: "X:" with the value "5.265", "Y:" with the value "1.9999", and "Z:" with the value "** Calculé **". To the right of the Z field is a checkbox labeled "Automatique" which is checked. At the bottom of the dialog box are three buttons: "Continuer", "Annuler", and "Appliquer".

Les coordonnées X et Y peuvent être modifiées.

La coordonnée Z peut être :

- Soit définie manuellement (auquel cas *Automatique* doit être décochée).
- Soit calculée par Fudaa-Refonde.

Si vous choisissez de laisser Fudaa-Refonde calculer lui-même le Z, la valeur dans le champ Z indique sa capacité à le faire : **** Calculé **** signifie que le point est dans le domaine d'étude et que Fudaa-Refonde pourra donner au point le Z correspondant à la bathymétrie pour les X et Y donnés. Dans le cas contraire, **** Hors géométrie **** sera inscrit dans le champ Z. Vous devrez alors définir manuellement la cote Z.

Astuce

Pour savoir si vous pouvez laisser Fudaa-Refonde calculer la cote Z automatiquement pour le point, modifiez les coordonnées X et Y, cochez la case *Automatique*, puis actionnez le bouton *Appliquer*.

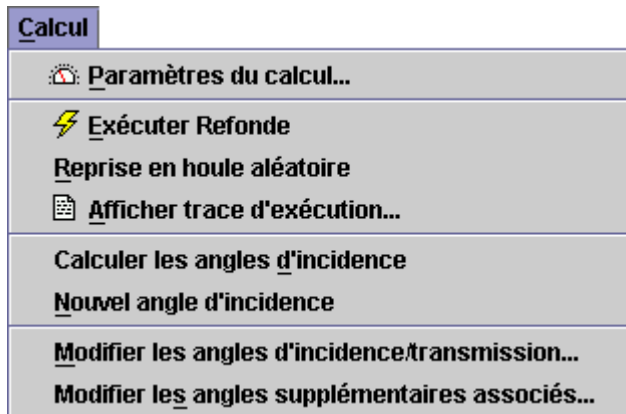
Après déplacement du point dans le plan XoY, Fudaa-Refonde indique s'il est en mesure de calculer automatiquement la cote Z de ce point par la valeur **** Calculé **** ou **** Hors géométrie **** dans le champ Z.

6 - Modèle de calcul

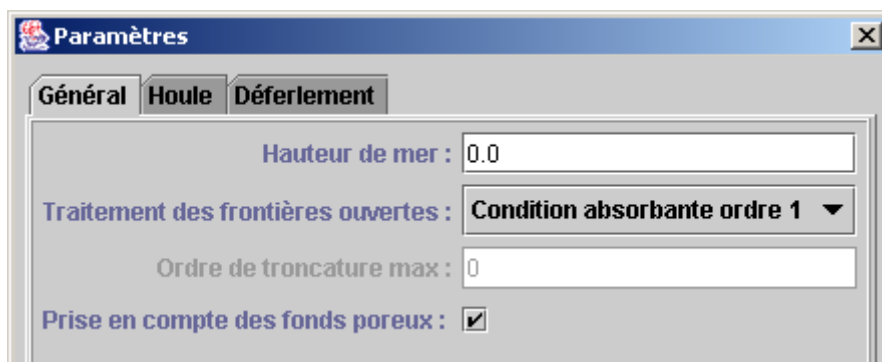
De même que le modèle de propriétés, le modèle de calcul pourra être indépendant du projet. Une fois ce modèle créé, il pourra être sauvegardé sur un fichier *.cal*.

Le modèle de calcul rassemble toutes les informations concernant le cas de calcul à réaliser. Il s'agit des paramètres de calcul (hauteur de mer, période de houle, etc.) ainsi que des angles d'incidence/transmission de la houle calculés de manière automatique ou imposés manuellement par l'utilisateur.

6.1 - Paramètres du calcul



Vous y accédez par le menu *Calcul* → *Paramètres du calcul...* Une boîte de dialogue s'ouvre alors. Choisissez le panneau de paramètres que vous voulez modifier grâce à la table d'onglets.



Paramètres généraux

- **Hauteur de mer**

Valeur quelconque positive. Cette valeur influe sur le maillage par longueur d'onde.

- **Traitement des frontières ouvertes**

Le type de la frontière ouverte en entrée indique la manière dont sera intégrée la houle incidente. Si les frontières ouvertes sont traitées par formulation analytique, un ordre de troncature maxi est demandé.

- **Prise en compte des fonds poreux**

Pour indiquer si Refonde doit calculer avec les fonds poreux.

Important :

La présence dans le projet de domaines poreux n'implique pas un calcul avec prise en compte de ces fonds poreux. La case doit être explicitement cochée.

- **Houle**

Il est possible dans Fudaa-Refonde de faire un calcul en houle régulière ou en houle aléatoire. Pour effectuer un calcul en houle aléatoire, plusieurs calculs en houle régulière sont réalisés correspondant chacun à une direction et une période donnée, puis ces cas de calculs réguliers sont recombinaés pour produire un résultat de calcul de houle aléatoire.

En houle régulière, vous devez indiquer les paramètres suivants:

- **Période de houle**

Doit être supérieure à 0.

- **Direction de la houle**

Cet angle est donné en degrés, dans le sens horaire. Le 0 correspond à une Houle de nord. Si cet angle est modifié, Fudaa-Refonde vous propose de recalculer les angles d'incidence sur les contours.

Important :

Cet angle sert à calculer les angles de houle incidents sur toutes les frontières internes et externes. Une fois calculés, les angles d'incidence sont donnés en degrés, **dans le sens horaire, le 0 correspondant à une houle de Nord.**

En houle aléatoire, vous devez indiquer les paramètres suivants :

- **Nombre de périodes de houle**

Ce nombre doit être compris entre 1 et 20.

- **Période min. de la houle**

Cette valeur doit être supérieure à 0.

- **Période max. de la houle**

Cette valeur doit être supérieure à 0, et supérieure à la période min. Si le nombre de périodes est égal à 1, ce champ n'apparaît pas.

- **Nombre de directions de la houle**

Ce nombre doit être compris entre 1 et 20.

- **Direction min. de la houle**

Cet angle est donné en degrés, dans le sens horaire. Le 0 correspond à une Houle de nord.

- **Direction max. de la houle**

Cet angle est donné en degrés, dans le sens horaire. Le 0 correspond à une Houle de nord.

- **Période de pic**

Doit être comprise entre la période min. et la période max. Si le nombre de périodes est égal à 1, la période de pic doit être égale à la période.

- **Facteur de rehaussement du pic**

Sa valeur est comprise entre 1 et 7

- **Direction principale de la houle**

Cet angle est donné en degrés, dans le sens horaire. Le 0 correspond à une Houle de Nord. Il doit être compris entre l'angle min. et l'angle max., dans le sens horaire. Si le nombre de directions est égal à 1, l'angle principal doit être égal à la direction.

Important :

Cet angle sert à calculer les angles de houle incidents sur toutes les frontières internes et externes. Une fois calculés, les angles d'incidence sont donnés en degrés, **dans le sens horaire, le 0 correspondant à une houle de Nord.**

- **Répartition angulaire**

La valeur du paramètre de répartition angulaire doit être comprise entre 1 et 100.

- **Déferlement**

Vous pouvez introduire le déferlement en houle régulière ou en houle aléatoire. Cependant, en houle aléatoire, vous ne pouvez pas introduire un déferlement en houle avec terme dissipatif. Si vous avez choisi d'exécuter un calcul en houle aléatoire, le bouton *terme dissipatif* ne sera pas actif.

6.2 - Angles d'incidence

L'initialisation des angles d'incidence est fastidieuse pour l'utilisateur, qui doit déterminer les points de diffraction depuis la frontière ouverte jusqu'au fond du port, et ainsi définir les segments sur lesquels la houle est diffractée. Si cette initialisation n'est pas faite correctement, REFONDE peu donner des résultats très approximatifs.

C'est pourquoi il est possible dans cette version de Fudaa-Refonde, de calculer les angles de manière automatique grâce à l'angle de houle incidente initiale, et de les modifier éventuellement à la demande de l'utilisateur, qui jugera des corrections à apporter à ce calcul initial.

Les angles d'incidence calculés ou imposés manuellement sont de 3 types :

- **Absolu** ↑ : utilisé principalement sur les frontières ouvertes en entrée, il indique que l'angle est constant sur tout le segment de contour. Il est donné en degrés dans le sens horaire, un angle de valeur 0 correspondant à une houle de Nord. Il est représenté par une flèche simple.
- **Relatif** † : utilisé sur les frontières internes et les bords ouverts en sorties, il indique que l'angle est constant sur tout le segment de contour dans le repère de la normale à la frontière. Il est donné en degrés dans le sens trigonométrique, avec un angle de valeur 0 correspondant à une houle normale à la frontière. Il est représenté par une flèche liée au segment.
- **Diffraqué** † : l'angle est diffracté depuis un point sur tout le segment de frontière. Cet angle est celui défini principalement sur toutes les frontières semi-réfléchissantes après calcul automatique. Il est représenté par une flèche avec 2 arcs de cercle.

• Calcul automatique des angles d'incidence

Vous accédez au calcul des angles d'incidence depuis le menu *Calcul* → *Calculer les angles d'incidence*. Le calcul est effectué en tenant compte des contraintes suivantes :

- il ne doit exister qu'une seule frontière ouverte en entrée. Dans le cas contraire, Fudaa-Refonde ne prend en compte qu'une seule des frontières ouvertes en entrée choisie par lui-même, en considérant les autres comme étant fermées.
- les frontières ouvertes en sortie sont traitées de la même manière que les frontières semi-réfléchissante.
- la direction de la houle incidente doit être imposée de telle sorte que la houle entre effectivement dans le domaine par la frontière ouverte en entrée.

Les frontières internes sont ignorées lors du calcul automatique, l'angle d'incidence sur ces frontières étant initialisé par la suite comme étant normal à la frontière (angle *relatif* de valeur 0).

Remarque

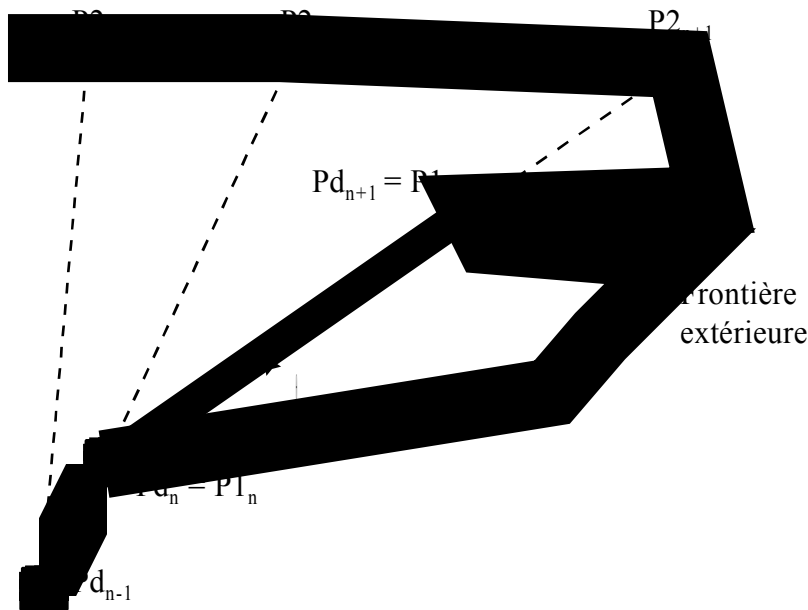
- Si la frontière externe est totalement ouverte, un seul angle de type *absolu* est affiché sur le contour, correspondant à l'angle d'incidence donné par l'utilisateur.
- Si la frontière externe est totalement fermée, un seul angle d'incidence de type *relatif* est affiché sur le contour, d'angle 0 (normal à la frontière). Ceci est destiné à ne pas perturber le fonctionnement de Fudaa-Refonde, bien que ce cas n'ait pas d'intérêt à être calculé.

Lors de la création d'un nouveau projet, les angles d'incidence sont calculés avec une frontière externe semi-réfléchissante.

- **Méthodologie de détermination des angles d'incidence**

Les paragraphes suivants sont destinés à expliquer la façon dont le calcul automatique est réalisé. Ils sont là uniquement à titre d'information.

La méthodologie de détermination des angles d'incidence est la suivante :



- A partir d'un point de diffraction appelé Pd_n éclairant potentiellement un segment de bord $P1_n \rightarrow P2_n$, le logiciel recherche un point de diffraction d'appellation Pd_{n+1} inclus sur ce segment.
- Si ce segment $P1_n \rightarrow P2_n$ ne contient pas de point de diffraction, il est totalement déterminé comme étant éclairé par le point Pd_n . L'algorithme continue alors avec le segment $P2_n \rightarrow P2_{n-1}$ potentiellement éclairé par le point de diffraction Pd_{n-1} .

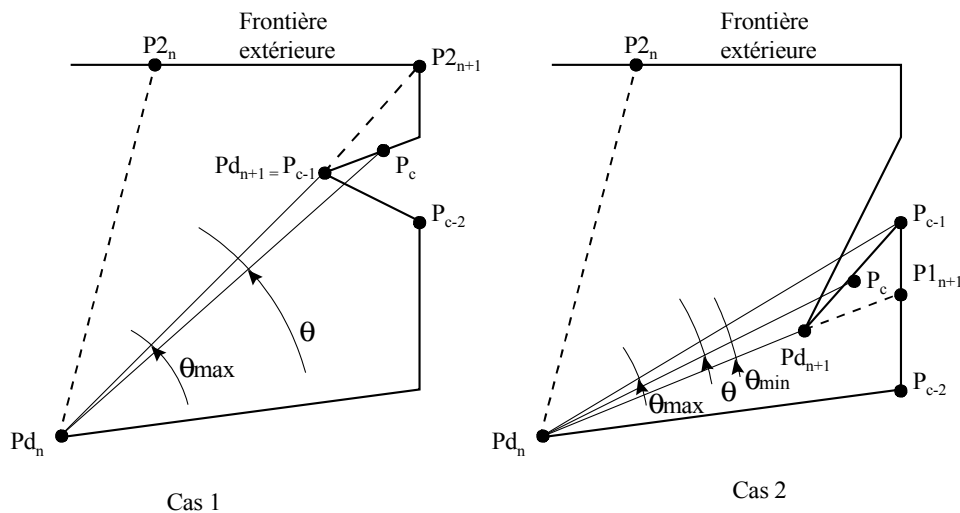
Si ce segment $P1_n \rightarrow P2_n$ contient un point de diffraction Pd_{n+1} , le processus est recommencé à l'étape 1. avec les points $P1_{n+1} \rightarrow P2_{n+1}$

Cette méthodologie est récursive et se termine lorsque le segment $P1_0$ à $P2_0$ est totalement défini, $P1_0$ et $P2_0$ étant les deux extrémités de la frontière ouverte en entrée.

- **Détermination d'un point de diffraction**

La détermination d'un point Pd_{n+1} de diffraction sur un segment $P1_n \rightarrow P2_n$ potentiellement éclairé par un point de diffraction Pd_n se fait de la manière suivante :

Pour chaque point du segment ordonné depuis $P1_n$ jusqu'à $P2_n$, le logiciel détermine l'angle θ défini par Pd_n , le 2^{ème} point du segment, le point courant P_c . Si l'angle ainsi défini est inférieur à l'angle précédemment calculé, il y a présence d'une zone d'ombre. 2 cas se présentent :



Le cas est déterminé par le calcul du produit vectoriel $P_{c-1}P_{c-2} \wedge P_c P_{c-1}$. Si le produit est positif, nous sommes en présence du cas 2. S'il est négatif, nous sommes en présence du cas 1.

Cas 1

Le point de diffraction est le point définissant θ_{max} . C'est le point P_{c-1} , point immédiatement précédent le point sur lequel l'angle θ a diminué.

Cas 2

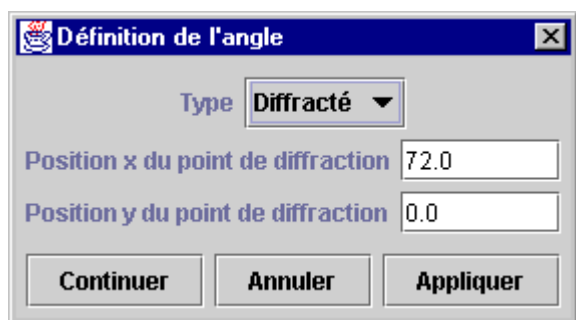
Le point de diffraction est le point qui suit P_{c-1} pour lequel l'angle θ est le plus faible (θ_{min}). Le logiciel itère donc jusqu'à $P2_n$ pour trouver ce point.

- **Définition manuelle des angles d'incidence**

Après calcul automatique des angles (ou même sans avoir effectué cette opération préalable), il est possible de modifier manuellement les angles. Ceci en modifiant ceux existants, ou en en créant de nouveaux.

- **Création d'un nouvel angle**

Choisissez la commande *Calcul* → *Nouvel angle d'incidence*. Vous devez alors cliquer 2 fois sur un même contour frontière, les deux points saisis définissant un nouveau segment sur lequel l'angle va s'appliquer. Une boîte de dialogue *Définition de l'angle* apparaît, permettant de spécifier la manière dont l'angle est défini sur ce segment de contour.



Remarque

Le segment est défini du 1er point saisi au 2ième suivant un sens de parcours trigonométrique pour le contour extérieur, suivant un sens horaire pour les contours internes.

6.3 - Modification des angles d'incidence ou de transmission

Vous pouvez modifier un ou un groupe d'angles d'incidence ou de transmission.

Pour cela, sélectionnez tout d'abord le calque *Angles d'incidence* ou le calque *Angles de transmission*. Sélectionnez ensuite les angles par l'outil de sélection standard. La commande *Calcul→Modifier les angles d'incidence/transmission* de la barre de menus devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné d'angle. Cliquez sur ce bouton. La boîte de dialogue *Définition de l'angle* apparaît, permettant de spécifier la manière dont l'angle est défini sur ce segment de contour.

Remarque

La boîte de dialogue *Définition de l'angle* qui apparaît est contextuelle : si vous sélectionnez des angles sur lesquels les types sont différents ou les angles imposées différemment, certains champs peuvent apparaître grisés ou vides, indiquant une mixité des informations. Ceci est valable dans Fudaa-Refonde pour toutes les boîtes de dialogue se rapportant à des informations sur plusieurs objets.

6.4 - Modification des angles supplémentaires associés

Vous pouvez modifier un ou un groupe d'angles supplémentaires associés aux angles d'incidence.


Pour cela, sélectionnez tout d'abord le calque *Angles d'incidence*. Sélectionnez ensuite les angles par l'outil de sélection standard. La commande *Calcul→Modifier les angles supplémentaires associés* de la barre de menus devrait apparaître non grisée. Si ce n'est pas le cas, vous n'avez sans doute pas sélectionné d'angle. Cliquez sur ce bouton. La boîte de dialogue *Définition de l'angle supplémentaire* apparaît, permettant de spécifier la manière dont l'angle est défini sur ce segment de contour.

Remarque

La boîte de dialogue *Définition de l'angle supplémentaire* qui apparaît est contextuelle : si vous sélectionnez des angles sur lesquels les types sont différents ou les angles imposées différemment, certains champs peuvent apparaître grisés ou vides, indiquant une mixité des informations.

7 - Exécution du calcul

Le calcul peut être exécuté si le modèle de propriétés, le modèle de calcul et le maillage ont été correctement définis. Si un problème de cohérence existe - maillage trop volumineux, paramètres non valides -, Fudaa-Refonde vous avertit par un message et interrompt le calcul.

L'exécution est engagée par le bouton  ou le menu correspondant. Si ce bouton n'est pas actif, vous n'avez peut être pas de serveur de calcul à disposition, ou le projet n'a pas été correctement chargé lors de la dernière opération d'ouverture.

Lors de l'exécution, Fudaa-Refonde appelle un serveur de calcul (REFONDE) en lui transférant les fichiers d'entrée nécessaires. La plupart des fichiers de transfert sont supprimés après le calcul, sauf éventuellement les fichiers de reprise en houle aléatoire si vous l'avez indiqué à l'activation de la commande d'exécution.

Après le lancement du calcul, vous devez attendre pour continuer à travailler que les résultats soient récupérés par Fudaa-Refonde en base de données et passer à l'analyse des résultats.

Les fichiers de transfert sont localisés sur le serveur de calcul dans un répertoire défini de la façon suivante :

<rep_install_serveur_refonde>/serveurs/refonde/projet/<organisme>/<utilisateur> ,

<rep_install_serveur_refonde> Le répertoire d'installation du serveur REFONDE.

<organisme> Le nom de l'organisme auquel appartient l'utilisateur

<utilisateur> Le nom de l'utilisateur

A titre indicatif, voici résumé les fichiers d'interface à REFONDE (entrée/sortie), leur nom (de même racine que le nom du projet sur lequel vous travaillez).

Fichier	Signification
<nom du projet>.inp	Entrée. Contient toutes les données du problème pour le ou les calculs en houle régulière.
<nom du projet>.spe	Entrée. Spectre incident pour le calcul en houle aléatoire.
<nom du projet>1.sol ou <nom du projet>.sol	Sortie. Contient les valeurs des solutions du calcul. En houle régulière, le fichier a pour nom <nom du projet>1.sov. En houle aléatoire, il s'appelle <nom du projet>.sov
<nom du projet>tNNdN N.sol	Sortie. (Temporaire). Contiennent les valeurs des calculs en houle régulière pour chaque période et chaque direction. Ils servent au calcul en houle aléatoire qui en recombine les résultats.
<nom du projet>.out	Sortie. Contient la trace d'exécution du calcul. Il est affiché par Fudaa-Refonde dans une boîte de dialogue en fin de calcul.

• Reprise de calcul en houle aléatoire.

Il est possible de faire une reprise de calcul en houle aléatoire afin de ne modifier que le spectre incident et ne pas avoir à recalculer les différentes houles régulières correspondant à chaque période pour chaque direction. Ceci permet de gagner un temps précieux lors du calcul.

Pour ceci, vous devez modifier un ou plusieurs des paramètres qui entrent dans la définition du spectre incident en houle aléatoire, à savoir :

- La hauteur significative de houle.
- La période de pic.
- Le facteur de rehaussement du pic.

- La direction principale de houle.
- Le paramètre principal de répartition angulaire.

Vous devez bien entendu respecter les contraintes liées aux valeurs de ces paramètres. Suite à ces modifications, vous pouvez effectuer une reprise de calcul.

Si les fichiers <nom du projet>tNNdNN.sol correspondant aux différents calculs en houle régulière pour chaque période et chaque direction ne sont pas tous présents, la reprise de calcul n'est pas possible. Fudaa-Refonde vous averti de cette impossibilité.

- **Afficher la trace d'exécution**



Ce bouton devient actif dès lors qu'un premier calcul a été effectué au cours de la session. Il permet d'afficher la dernière trace d'exécution.

8 - Résultats

Un post traitement a été réalisé afin de permettre de visualiser les résultats issus du calcul, sans faire appel à un logiciel tiers.

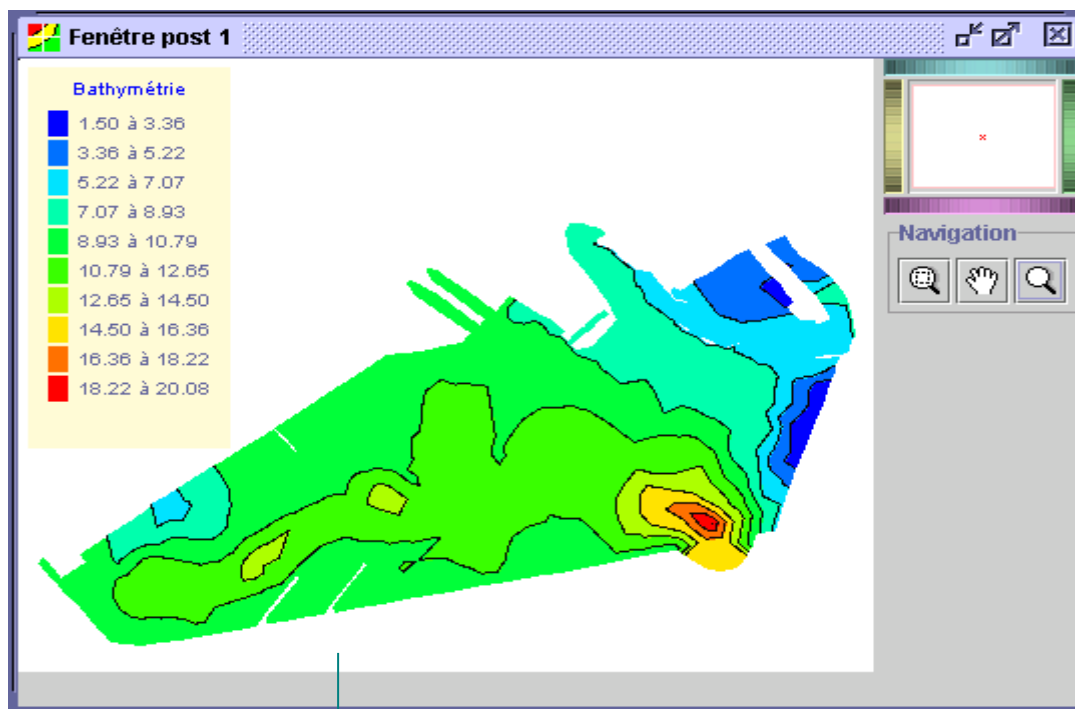
Il est totalement intégré à Fudaa-Refonde, et accessible depuis celui ci sitôt que des résultats existent en base de données.

Le menu Résultats ainsi que la commande *Fenêtres*→*Nouvelle fenêtre de post* permettent de procéder à la visualisation des résultats.

8.1 - Fenêtres de post-traitement

Les fenêtres de post traitement sont accessibles depuis la commande *Fenêtres*→*Nouvelle fenêtre de post* seulement si la base de données contient des résultats (ou une bathymétrie obtenue à partir du maillage du domaine).

Une fenêtre de post traitement se présente de la manière suivante :



Zone d'affichage des post-traitements

Vous pouvez créer autant de fenêtres de post traitement que vous le souhaitez. Chaque fenêtre de post porte un nouveau numéro donné par son ordre de création en base de données. Ce numéro permet de retrouver facilement la fenêtre dans la liste des fenêtres (liste accessible par le menu *Fenêtres*→*Liste*).

- **Zone d'affichage des post-traitements**

Dans cette zone sont affichés les post-traitements avec leur légende associée. Vous pouvez afficher plusieurs post-traitements, mais ils seront superposés (puisque géo référencés). Ceci peut tout de même avoir un sens si vous visualisez un post-traitement sous forme d'iso lignes par-dessus un post traitement sous forme d'iso surfaces.

- **Visibilité des post-traitements**

La visibilité ou non d'un post-traitement dans la zone d'affichage s'effectue à l'aide de l'arbre des calques associé à la fenêtre. Dans cet arbre, vous trouverez les tous calques des post-traitements affichables, plus le calque *Légende* d'affichage des légendes des calques visibles.

Les post-traitements affichables dépendent des résultats stockés en base de données après relecture ou combinaison avec un autre projet.

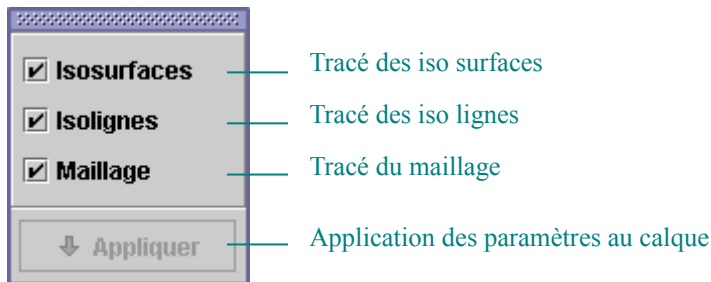
- **Paramétrage des calques de post-traitement**

Pour paramétrer un calque de post-traitement, il doit être actif (sélectionné dans l'arbre des calques).

- Options de tracé iso



Le bouton *Options de tracé iso* fait apparaître/disparaître un panneau de contrôle *Tracé iso* servant à spécifier les options de visualisation du post-traitement pour le calque sélectionné.



Le post traitement peut être représenté suivant 3 options de tracé :

- Tracé des iso surfaces : Les éléments du maillage sont colorés par triangles de même couleur, tous les points d'un même triangle étant situés dans une même plage de valeurs de la *Palette de couleurs*.
- Tracé des iso lignes : Les lignes correspondant aux limites de plages de la *Palette de couleurs* sont tracées sur le maillage.
- Tracé du maillage : Les éléments sont représentés.

Les options peuvent être combinées. Les modifications des paramètres ne seront effectives qu'une fois le bouton *Appliquer* activé.

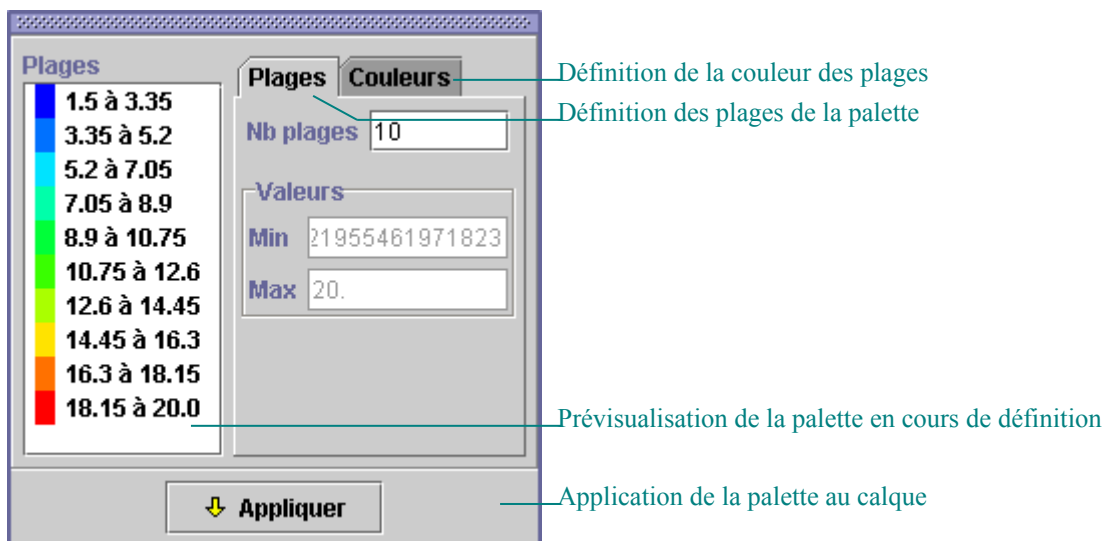
Remarque

Le bouton *Appliquer* n'est actif que si les paramètres ont été modifiés depuis la dernière application.

- Palette de couleurs



Le bouton *Palette de couleurs* fait apparaître/disparaître un panneau de contrôle *Palette* utilisé pour définir les plages de valeurs pour la représentation des résultats.



- **Définition des plages de la palette**

Ce panneau permet de définir le nombre et les niveaux de plages de la palette.

Vous pouvez :

- Modifier le *Nb plages* grâce au champ texte prévu à cet effet. Lors de cette modification, les niveaux des plages sont automatiquement réajustés entre les bornes min et max de la palette, les couleurs interpolées entre la couleur min et la couleur max.
- Modifier les valeurs min et max d'une plage. Pour ce faire, sélectionnez tout d'abord à l'aide de la souris dans le panneau de *Prévisualisation* la plage que vous voulez modifier. Vous pouvez dès lors changer la valeur min de la plage ou la valeur max.

Remarques

- Les champs texte de valeur min et max d'une plage ne sont actifs que si une plage a été sélectionnée dans le panneau de *Prévisualisation*.
- Pour tous les champs textes, la valeur entrée au clavier ne sera reportée sur la palette en cours de définition que lorsque vous l'aurez validée en tapant ↵ (return).

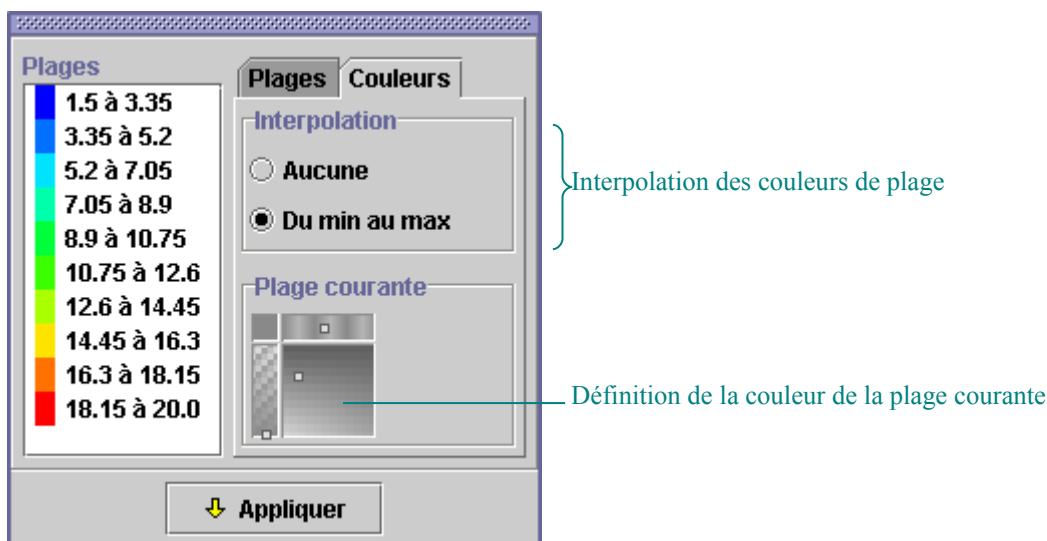
Astuce

Pour redéfinir une palette de plages de longueurs identiques entre 2 bornes min et max, opérez de la manière suivante :

- Sélectionnez la première plage de la palette à l'aide du panneau de *Prévisualisation* et modifiez sa valeur min.
- Sélectionnez la dernière plage de la palette et agissez de la même manière avec sa valeur max.
- Modifiez le nombre de plages de la palette à l'aide du champ texte *Nb plages*.

- **Définition de la couleur des plages**

Ce panneau permet de définir soit individuellement, soit de manière globale les couleurs de chacune des plages.



Vous pouvez :

- Définir la couleur pour une plage donnée. Pour cela, sélectionnez tout d'abord à l'aide de la souris dans le panneau de *Prévisualisation* la plage dont vous voulez modifier la couleur. Vous pouvez dès lors par le sélecteur de couleurs modifier la couleur pour la plage courante (voir § "Couleurs du maillage et des isolignes" infra pour la description du sélecteur de couleurs).
- Interpoler les couleurs entre première et la dernière plage de la palette grâce au radio bouton *Interpolation du min au max*. Lorsqu'une couleur est définie individuellement, le radio bouton passe automatiquement sur *Interpolation Aucune*.

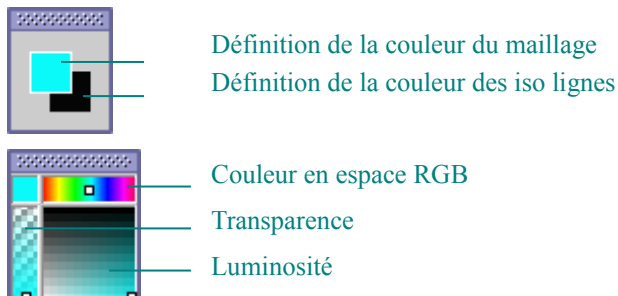
Remarques

- Les modifications sur la palette ne seront effectives qu'une fois le bouton *Appliquer* actionné.
- Le bouton *Appliquer* n'est actif que si les paramètres de la palette ont été modifiés depuis la dernière application.
- La palette est automatiquement remise à jour lorsque vous sélectionnez un nouveau calque de post traitement.

• Couleurs du maillage et des isolignes



Le bouton *Couleur* en association avec le bouton *Plan* font apparaître/disparaître 2 panneaux de contrôle pour l'affectation des couleurs de maillage et iso lignes du calque sélectionné.



Pour définir la couleur, sélectionner tout d'abord le plan sur lequel modifier la couleur (fond ou titre), puis utiliser le sélecteur de couleurs pour régler la couleur, la luminosité, la transparence.

Les modifications apportées sur le panneau *Couleur* sont immédiatement répercutées sur le calque sélectionné.

Remarque

La définition de la couleur des iso lignes n'est effective que si vous avez choisi pour un même calque de tracer les iso lignes et les iso surfaces.

• Paramétrage du calque *Légende*

Le calque *Légende* permet de visualiser les légendes pour les différents calques de post-traitement visibles. Il doit être actif pour être paramétré (sélectionné dans l'arbre des calques).

- **Ancre de légende (Positionnement des légendes dans un des 4 coins de la fenêtre)**



Ce bouton *Ancre de légende* fait apparaître/disparaître un panneau de contrôle permettant de positionner la légende dans un des 4 coins de la zone d'affichage.



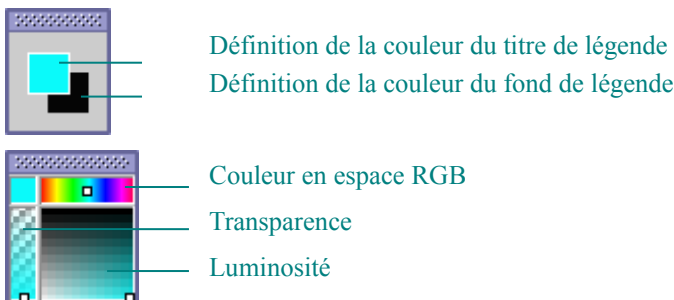
Ce panneau est découpé en 4 zones sensibles au clic souris représentant les 4 coins de la zone d'affichage.

Les modifications apportées sur ce panneau sont immédiatement répercutées sur les légendes affichées.

- **Couleurs de la légende**



Le bouton *Couleur* en association avec le bouton *Plan font* apparaît/disparaître 2 panneaux de contrôle pour l'affectation des couleurs de fond et tracé de la légende.



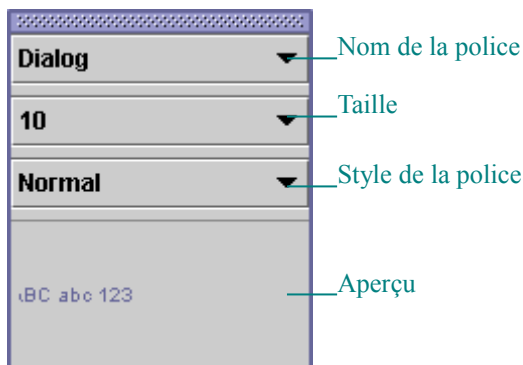
Pour définir la couleur, sélectionner tout d'abord le plan sur lequel modifier la couleur (fond ou titre), puis utiliser le panneau de contrôle de couleur pour régler la couleur, la luminosité, la transparence.

Les modifications apportées sur le panneau *Couleur* sont immédiatement répercutées sur les légendes affichées.

- **Police de la légende**



Le bouton *Police* fait apparaître/disparaître un panneau de contrôle de la police du titre de la légende.



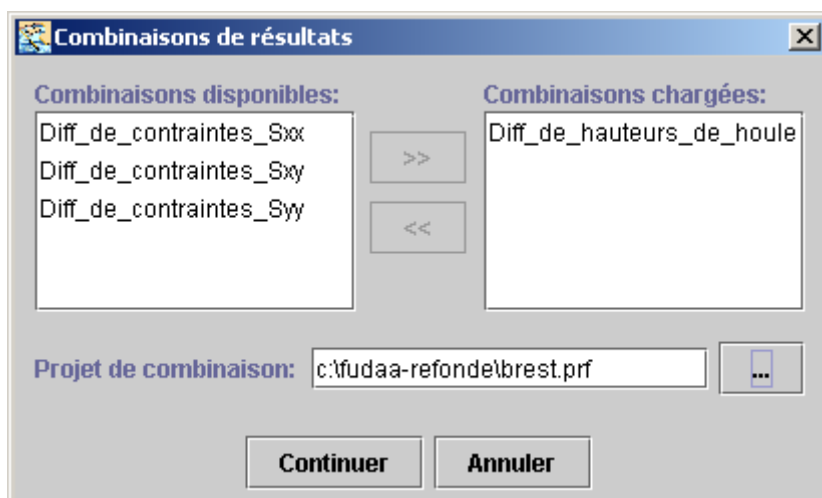
Les modifications apportées à la police sur ce panneau sont immédiatement répercutées sur les légendes affichées.

8.2 - Combinaison de résultats

Il est possible de combiner les résultats courants en base de données avec les résultats d'un autre projet contenant également des résultats de calcul.



La commande *Résultats* → *Combiner les résultats* fait apparaître la boîte de dialogue suivante :



- **Liste des combinaisons disponibles**

Lorsqu'un calcul vient d'être effectué, des résultats sont stockés en base de données, fonction du type de houle choisi lors du calcul. Il est possible de combiner ces résultats avec les résultats de même nature d'un autre projet.

Les combinaisons disponibles sont fonction des résultats obtenus :

Résultats obtenus	Combinaisons disponibles
Hauteur_de_houle	Diff_de_hauteurs_de_houle
Contrainte_Sxx	Diff_de_contraintes_Sxx
Contrainte_Sxy	Diff_de_contraintes_Sxy
Contrainte_Syy	

Les combinaisons de différence sont obtenues à partir des valeurs de résultats du projet courant moins celles du projet de combinaison.

- **Projet de combinaison**

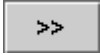

Le projet de combinaison permet de choisir le projet avec lequel combiner les résultats calculés. Il doit contenir des résultats, et ces résultats doivent être compatibles avec les combinaisons souhaitées.

De plus, le nombre de nœuds/éléments des 2 projets doit être strictement égal.

- **Liste des combinaisons chargées**

Cette liste sert à spécifier quelles combinaisons vous souhaitez réaliser.

Pour renseigner cette liste, sélectionnez les combinaisons qui vous intéressent,

et faites les glisser d'une liste à l'autre grâce aux 2 boutons  et  prévus à cet effet.

A l'ouverture du dialogue, si des combinaisons sont déjà dans cette liste, il s'agit des combinaisons déjà stockées en base de données, à la suite soit d'une précédente combinaison, soit du chargement d'un projet contenant déjà des résultats combinés.

9 - Mise en page

La mise en page permet de définir simplement au moyen d'une fenêtre de prévisualisation une présentation en coordonnées papier (le plus souvent l'unité est le mm) du projet courant. Vous avez alors la garantie que vous obtiendrez après impression la même présentation qu'au travers de la fenêtre de prévisualisation.

Elle est avant tout destinée à présenter des résultats, mais peut aussi servir à dessiner des objets pour une utilisation plus générale.

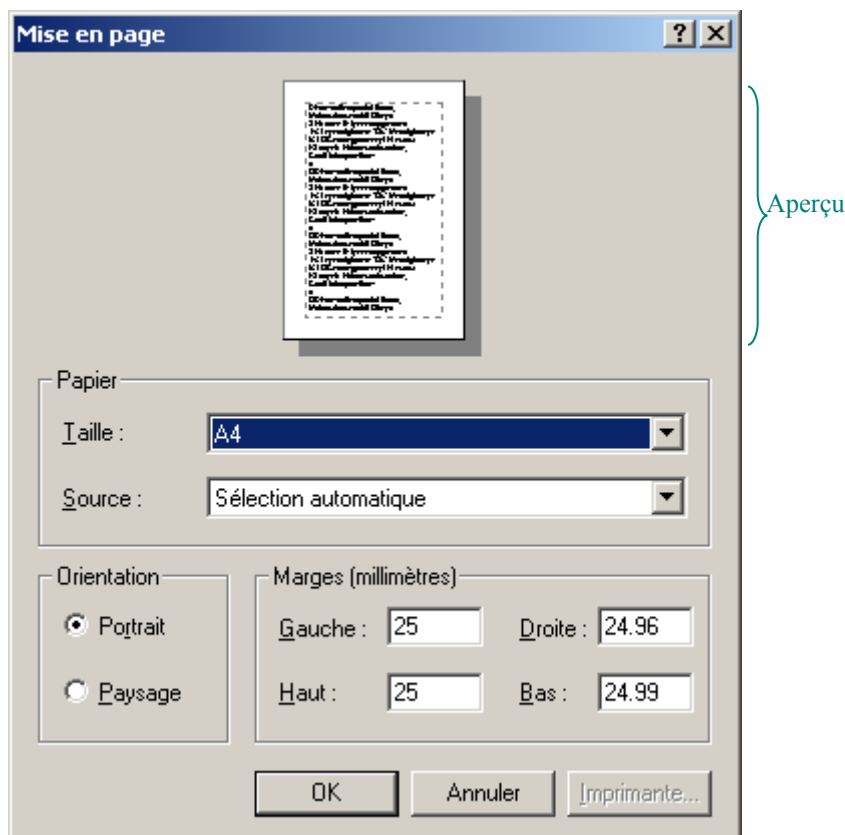
Elle est sauvegardée en même temps que le projet, et peut être utilisée séparément d'un projet à un autre, le fichier de mise en page .mep n'ayant pas d'identifiant géométrie.

La commande qui permet d'accéder à la mise en page est *Fichier → Mise en page*.

9.1 - Boite de dialogue de définition d'espace papier

Cette commande affiche dans un premier temps la boite de dialogue spécifique de définition de l'espace papier pour la mise en page.

Suivant l'environnement utilisé (SunOS, Linux, Windows), la boite suivante s'affiche :



(Fenêtre spécifique version Windows)

Par l'intermédiaire de cette boite, vous pouvez :

- Définir la taille du papier.
- L'orientation du papier (mode portrait ou paysage).
- Les marges autour de la zone de tracé.

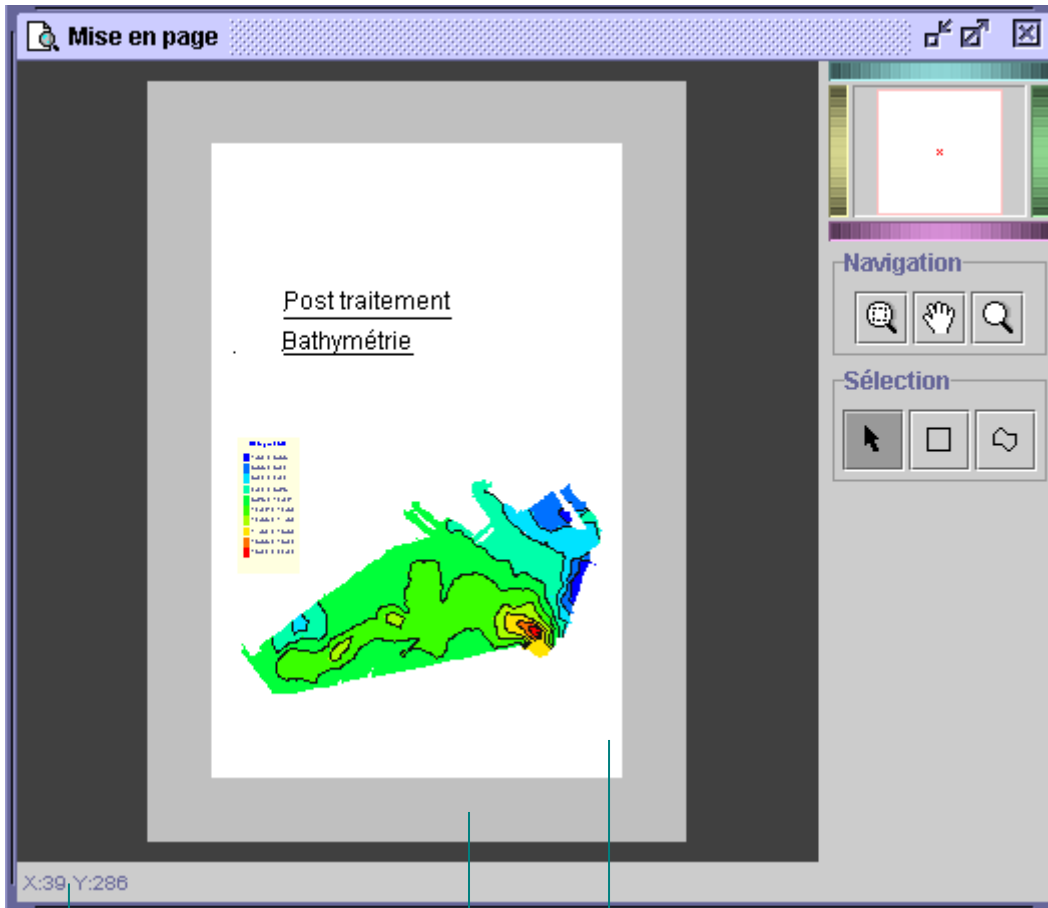
A la suite de cette définition de l'espace papier, vous accéder à la fenêtre de mise en page.

Remarque

La boite de dialogue conserve entre 2 appels à la commande *Fichier* → *Mise en page* les paramètres spécifiés.

9.2 - Fenêtre de mise en page (prévisualisation)

Après la définition de l'espace papier, la fenêtre de mise en page apparaît.



Coordonnées en espace papier

MargeS

Zone de tracé des objets sur la page

La fenêtre permet par des outils simples de manipuler des objets divers de type *Fenêtre de post traitement*, *Légende* ou *Dessin*.

- **Positionnement par défaut des objets**

Lors d'une nouvelle mise en page, les objets de type *Fenêtre de post traitement* et *Légende* associées sont par défaut intégrés dans la mise en page.

Ils sont positionnés dans la zone de tracé, en respect de leur positionnement préalable dans le bureau de l'application.

Seules les légendes de post traitement apparaissant dans les différentes fenêtres de post traitement seront intégrées dans la mise en page.

Si une précédente mise en page existait, les objets de type *Dessin* qu'elle contenait sont perdus, la position des légendes et fenêtres également.

• **Sélection des objets**

Comme nous l'avons dit précédemment, 3 types d'objets existent :

- Les fenêtres de post traitement
- Les légendes issues de ces fenêtres de post traitement
- Les dessins

Ils sont respectivement répartis suivant 3 calques correspondants, le calque *Fenêtres*, le calque *Légende* et le calque *Dessin*, accessibles depuis l'arbre des calques (voir § 1.3)

La sélection d'un ou plusieurs objets d'un type spécifique se fait au travers des outils de sélection standard de la fenêtre de mise en page (voir § 1.4) après activation du calque correspondant.

• **Déplacement des objets sélectionnés**



Ce bouton *Déplacer les objets* permet de déplacer sur le papier les objets sélectionnés. Il est actif après sélection d'un ou plusieurs objets d'un même type.

Le mode d'utilisation est le suivant : Sélectionnez les objets que vous souhaitez déplacer, actionner ce bouton, puis déplacer les objets à l'aide de la souris dans la zone de tracé par une action de glissé - lâché.

• **Redimensionnement des objets sélectionnés**



Ce bouton *Redimensionner les objets* permet de changer la taille des objets sélectionnés. Il est actif après sélection d'un ou plusieurs objets d'un même type.

Le mode d'utilisation est le suivant : Sélectionnez les objets dont vous souhaitez changer la taille, actionner ce bouton, puis redimensionnez les objets à l'aide de la souris dans la zone de tracé par une action de glissé - lâché.

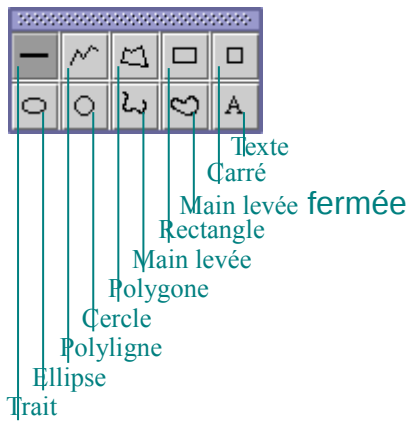
Le point d'ancrage des objets (point de coordonnées invariantes au cours du redimensionnement) correspond au coin de la boîte englobant les objets sélectionnés directement opposé au point cliqué lors de l'action de glissé - lâché.

• **Création d'un objet dessins**

Les objets de type *Dessin*, contrairement aux autres objets, supportent des opérations étendues de type création/suppression.



A l'aide du bouton *Création de formes*, vous pouvez créer autant de dessins que vous le souhaitez sur la mise en page. Ce bouton fait apparaître/disparaître le panneau de contrôle *Forme* de création des dessins.

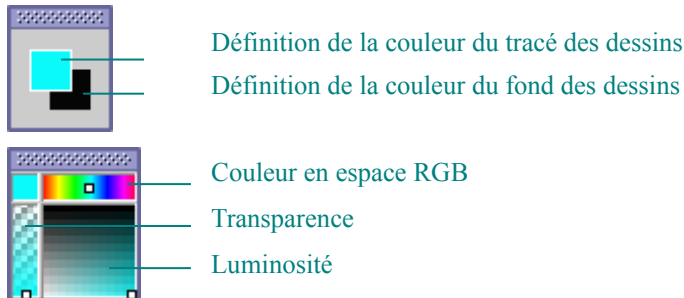


- **Couleurs des dessins**



Le bouton *Couleur* en association avec le bouton *Plan font* apparaît/disparaît 2 panneaux de contrôle pour l'affectation des couleurs de fond et tracé des dessins.

Ces panneaux n'ont d'effet que si le calque *D-Interaction* (création de dessins) est sélectionné.



Pour définir la couleur, sélectionner tout d'abord le plan sur lequel modifier la couleur (fond ou titre), puis utiliser le panneau de contrôle de couleur pour régler la couleur, la luminosité, la transparence.

Remarque

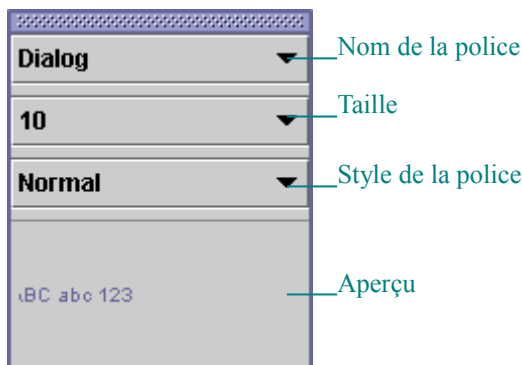
Les couleurs doivent être ajustées avant une création de dessin, aucune modification ne pouvant être réalisée ultérieurement.

- **Police des dessins de forme Texte**



Le bouton *Police* fait apparaître/disparaître un panneau de contrôle de la police des textes.

Ce panneau n'a d'effet que si le calque *D-Interaction* (création de dessins) est sélectionné.



Remarque

Comme pour les couleurs, la police doit être ajustée avant la création d'un dessin de forme *Texte*, aucune modification ne pouvant être réalisée ultérieurement.

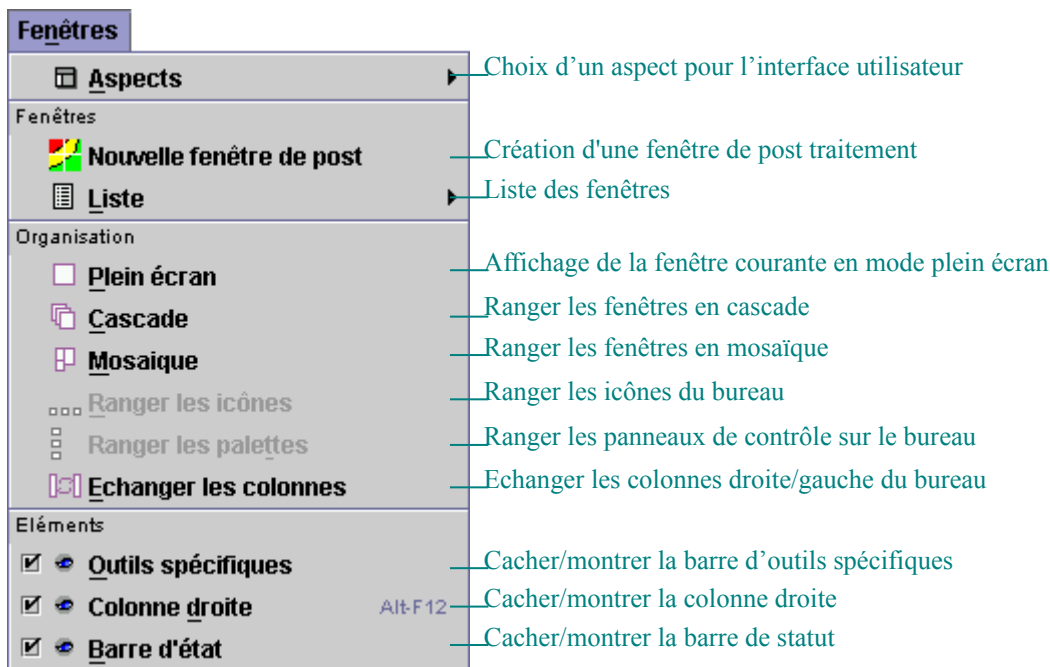
- **Suppression des objets dessins sélectionnés**

La commande *Edition* → *Supprimer* permet de supprimer les objets de type *Dessin*. Cette commande n'est active qu'après avoir sélectionné des objets.

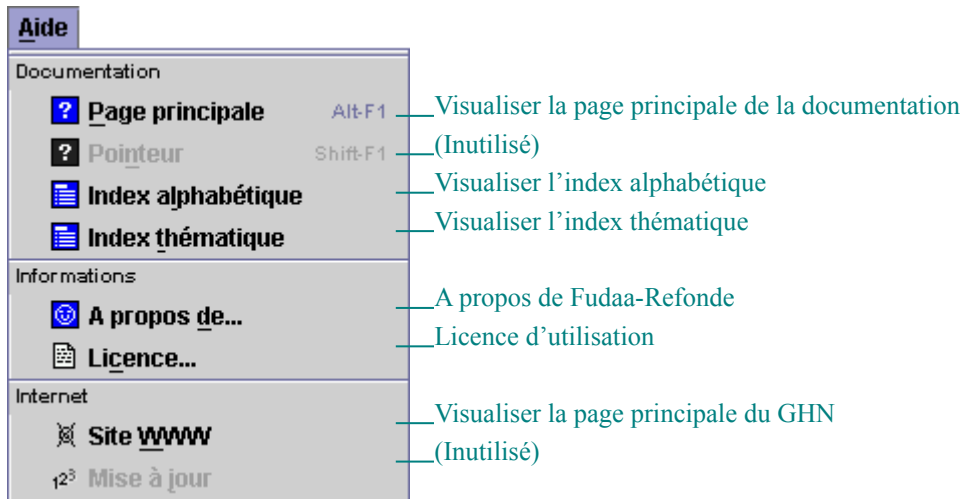
10 - Divers

Voici la liste non exhaustive des autres possibilités de Fudaa-Refonde. Elles concernent aussi bien l'aide à la modélisation que la sauvegarde de l'environnement.

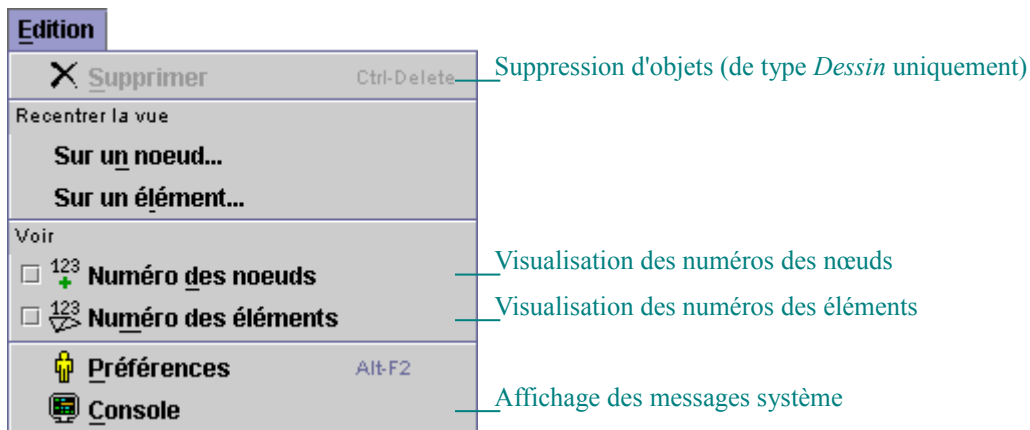
10.1 - Menu de gestion des Fenêtres



10.2 - Menu d'aide



10.3 - Menu édition

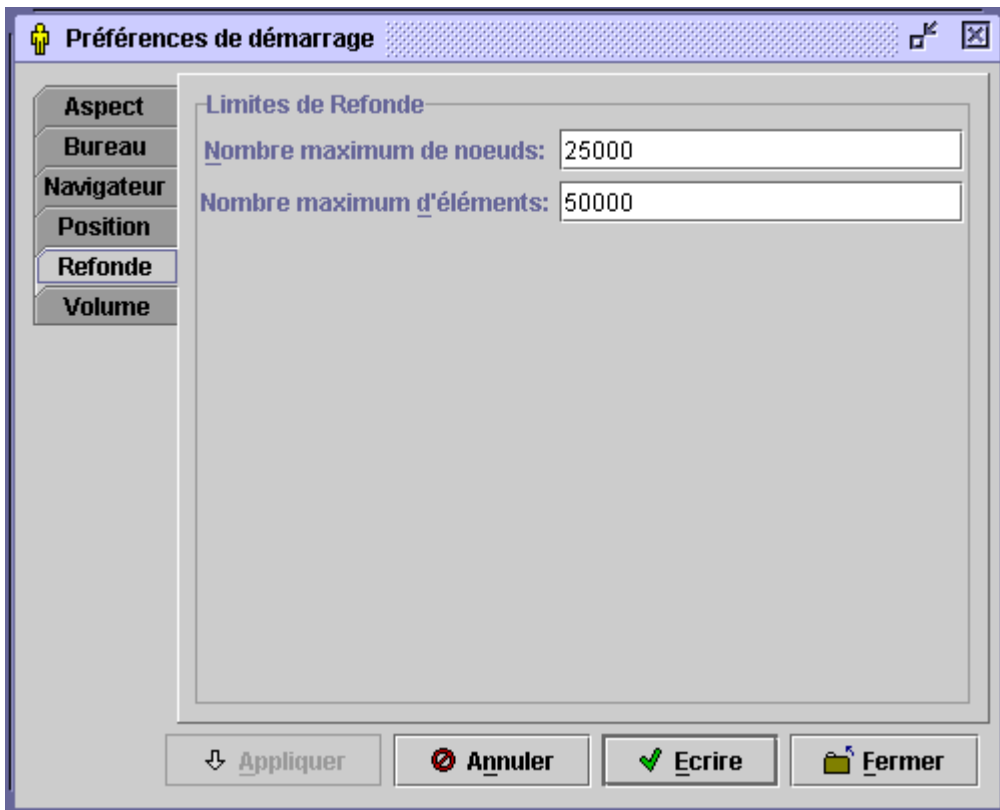


Les numéros de nœuds ou d'éléments ne sont visibles que si le calque *Maillage* est visible.

Si l'optimisation de largeur de bande n'a pas été effectuée, les numéros sont erronés et peuvent être en double.

- **Préférences**

Appelée depuis le bouton *Préférences* du menu *Edition*, la fenêtre ci dessous permet de définir l'environnement utilisateur.



Une fois définies, les préférences sont sauvegardées dans le fichier bu.ini et relues chaque fois que vous relancez l'application.

- **Onglet navigateur**

Pour choisir le navigateur associé à Fudaa-Refonde. Le navigateur peut être interne (un navigateur rudimentaire écrit en Java) ou externe (votre navigateur par défaut). Le navigateur sert à lire la documentation.

- **Onglet Bureau**

Pour choisir la taille des icônes des boutons, les couleurs de fond, l'aspect de Swing (Motif, Windows, Métal, etc.). Vous pouvez également décider quels éléments sont visibles (Assistant, etc.)

- **Onglet REFONDE**

Il sert à définir les limites de REFONDE, c'est à dire le maximum de noeuds et éléments autorisés par le logiciel de calcul. Si ces limites sont dépassées par le mailleur, le nombre de noeuds ou éléments de la zone information sera affiché en rouge. Dans ce cas, le calcul par REFONDE sera inhibé tant que la limite n'est pas augmentée, ou le maillage refait.

Attention : le fait de changer cette limite ne modifie en rien le logiciel REFONDE qui devra être modifié de son côté en accord avec Fudaa-Refonde.

- **Recentrer la vue**


Vous pouvez recentrer la vue sur un nœud ou un élément par les commandes *Edition*→*Recentrer la vue*→*Sur un nœud* et *Edition*→*Recentrer la vue*→*Sur un élément*.

Une boîte de dialogue apparaît permettant de spécifier le numéro de nœud/élément sur lequel vous voulez recentrer la vue.

Remarque

Lors de l'opération de recentrage, l'échelle de la vue ne change pas.

10.4 - Impressions

Vous pouvez imprimer les fenêtres avec les objets qu'elles contiennent grâce au bouton  ou au menu équivalent.

10.5 - Interruption des tâches en cours

Par l'intermédiaire du panneau d'affichage des tâches en cours, vous pouvez interrompre un processus en cours d'exécution.



Pour ceci, sélectionnez dans ce panneau la tâche que vous voulez interrompre, puis avec le bouton de droite de la souris, sélectionnez la commande *Arrêter<tâche sélectionnée>* du menu contextuel qui apparaît.

Certaines tâches ne peuvent être interrompues comme le rafraîchissement de l'image par exemple.

• ANNEXE A - Format des fichiers

Les fichiers décrits ci-dessous peuvent être utilisés en entrée, en sortie ou en entrée/sortie. Ils seront décrits indépendamment de leur utilisation.

Dans les descriptions de format des fichiers qui suivent, les abréviations pour les types de champs sont :

C : Champ de caractères, toujours alignés à gauche, respectant la casse

E : Champ entier, toujours aligné à droite

R : Champ réel, toujours aligné à droite

• Fichier projet (.prf)

Le format de ce fichier est libre. Il est défini par mots clés associés à des valeurs par le moyen du signe '='. L'ordre dans lequel apparaissent ces mots clés n'a pas d'importance.

Mot clé	Contenu
logiciel	La chaîne 'refonde'
version	Numéro de version. La chaîne '5.14a'
format	Type du fichier. La chaîne 'projet'
projet.geometrie	Le nom du fichier de géométrie associé au projet.
projet.modèle	Le nom du fichier modèle de propriétés associé
projet.maillage	Le nom du fichier de maillage associé
projet.parametres calcul	Le nom du fichier modèle de calcul associé.

• Fichier de géométrie (.geo)

Ce fichier contient toutes les informations relatives à la géométrie (points de topographie, lignes, contours, domaines). Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les champs sont déterminés en fonction du caractère de séparation qui est le caractère ';'.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne d'en-tête de fichier

Champs	Contenu
1	La chaine 'refonde'
2	Numéro de version. De valeur '5.14a'
3	Type du fichier. De valeur 'modèle_géométrique'

1 ligne d'identification de géométrie

Champs	Contenu
1	La chaine '<identifiant_géométrie>'
2	Numéro d'identifiant de la géométrie

1 ligne de nombre de points de topographie (NPT)

Champs	Contenu
1	La chaine '<points_topo>'
2	Nombre de points de topographie

NPT lignes de définition des points de topo

Champs	Contenu
1	Coordonnée X
2	Coordonnée Y
3	Coordonnée Z

1 ligne de nombre de points géométriques (NPG)

Champs	Contenu
1	La chaine '<points>'
2	Nombre de points géométriques

NPG lignes de définition des points géométriques

Champs	Contenu
1	Coordonnée X
2	Coordonnée Y
3	Coordonnée Z

1 ligne de nombre de lignes (NL)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<lignes>'
2	Nombre de lignes

NL lignes de définition des lignes

Champs	Contenu
1	Numéro du premier point géométrique (suivant l'ordre de définition des points)
2	Numéro du deuxième point géométrique (suivant l'ordre de définition des points)

1 ligne de nombre de contours (NC)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<contours>'
2	Nombre de contours

NC lignes de définition des contours

Champs	Contenu
1	Nombre de lignes du contour (NLC)
2 – NLC+1	NLC numéros des lignes du contour (suivant l'ordre de définition des lignes)

1 ligne de nombre de domaines (ND)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<domaines>'
2	Nombre de domaines

ND lignes de définition des domaines

Champs	Contenu
1	Nombre de contour du domaine (NCD)
2 – NCD+1	NCD numéros des contours du domaine (suivant l'ordre de définition des contours). Le premier contour est le contour extérieur du domaine
NCD+2	Type du domaine ('fond' ; 'digue_transmissible' ; 'digue_perforée')
NCD+3	Numéro de la ligne extrémité de digue pour les domaines de type 'digue_transmissible' ou 'digue_perforée'

• Fichier de maillage (.mai)

Ce fichier contient toutes les informations relatives au maillage (noeuds, éléments, propriétés de maillage des domaines). Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les champs sont déterminés en fonction du caractère de séparation qui est le caractère ';'.
Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne d'en-tête de fichier

Champs	Contenu
1	La chaîne 'refonde'
2	Numéro de version. De valeur '5.14a'
3	Type du fichier. De valeur 'modèle_maillage'

1 ligne d'identification de géométrie associée

Champs	Contenu
1	La chaîne '<identifiant_géométrie>'
2	Numéro d'identifiant de la géométrie

1 ligne de nombre de noeuds (NN)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<noeuds>'
2	Nombre de noeuds

NN lignes de définition des noeuds

Champs	Contenu
1	Numéro optimisé du noeud
2	Coordonnée X du noeud
3	Coordonnée Y du noeud
4	Coordonnée Z du noeud

1 ligne de nombre d'éléments (NE)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<éléments>'
2	Nombre d'éléments

NE lignes de définition des éléments

Champs	Contenu
1	Numéro optimisé de l'élément
2	Type de l'élément ('l2' ; 'l3' ; 't3' ; 't6' ; 'q4' ; 'q8')
3	Numéro du domaine support (suivant l'ordre de définition des domaines dans le fichier .géo)
4 - *	Numéros des nœuds de l'éléments (suivant l'ordre de définition des nœuds). Le nombre de nœuds dépend du type de l'élément

1 ligne de nombre de propriétés de maillage des domaines (NPM)

Champs	Contenu
1	La chaîne '<propriétés_maillage>'
2	Nombre de propriétés

NPM lignes de propriétés de maillage des domaines

Champs	Contenu
1	Type de maillage pour le domaine (suivant l'ordre de définition des domaines dans le fichier .geo). Le type peut valoir 'classique' ; 'longueur_onde' ; 'ouvrage'
	<ul style="list-style-type: none">• Pour un type 'classique'
2	Aire maximale autorisée pour les éléments
	<ul style="list-style-type: none">• Pour un type 'longueur_onde'
2	Nombre de nœuds par longueur d'onde
3	Période de la houle
	<ul style="list-style-type: none">• Pour un type 'ouvrage'
2	Nombre de tronçons de la digue (NT)
3 – NT+2	NT nombre d'éléments sur chaque tronçon

• Fichier modèle de propriétés (.prp)

Ce fichier contient toutes les informations relatives au modèle de propriétés (type et propriétés des frontières, type et propriétés des fonds). Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les champs sont déterminés en fonction du caractère de séparation qui est le caractère ';'.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne d'en-tête de fichier

Champs	Contenu
1	La chaîne 'refonde'
2	Numéro de version. De valeur '5.14a'
3	Type du fichier. De valeur 'modèle_propriétés'

1 ligne d'identification de géométrie associée

Champs	Contenu
1	La chaîne '<identifiant_géométrie>'
2	Numéro d'identifiant de la géométrie

Pour chaque frontière

Pour chaque ligne de la frontière

1 ligne de type de bord

Champs	Contenu
1	Type du bord 'ouvert_entrée', 'ouvert_sortie' ou 'semi_réfléchissant'

N lignes de valeur de propriétés de bord. N dépend du type de bord.

Champs	Contenu
1	Type de propriété. Actuellement, seul 'réflexion' est possible
2	Type temporel. Actuellement, seul 'stationnaire' est possible
3	Valeur de la propriété

1 ligne de fin de définition pour la ligne

Champs	Contenu
1	La chaîne de caractères '<fin>'

1 ligne de fin de définition pour toutes les frontières

Champs	Contenu
1	La chaîne de caractères '<fin>'

1 ligne nombre de groupes de propriétés de fond

Champs	Contenu
1	La chaîne '<propriétés_fond>'
2	Nombre de groupes de propriétés de fond

Pour chaque groupe de propriétés de fond

1 ligne de définition du groupe de propriétés

Champs	Contenu
1	Numéro du domaine sur lequel s'applique le groupe de propriété (suivant l'ordre du fichier .géo)
2	Type du groupe de propriétés ('digue_perforée' ; 'digue_transmissible')

N lignes de valeur de propriétés de fond. N dépend du type de groupe de propriétés.

Champs	Contenu
1	Type de propriété
2	Type temporel. Actuellement, seul 'stationnaire' est possible
3	Valeur de la propriété

1 ligne nombre de domaines poreux

Champs	Contenu
1	La chaîne '<domaines_poreux>'
2	Nombre de domaines poreux

Pour chaque domaine poreux

1 ligne de définition des limites du domaine

Champs	Contenu
1	Limite mini suivant X
2	Limite maxi suivant X
3	Limite mini suivant Y
4	Limite maxi suivant Y

3 lignes de définition des points du plan du domaine

Champs	Contenu
1	Coordonnée X du point
2	Coordonnée Y du point
3	Coordonnée Z du point
4	Automaticité du calcul de la cote Z ('z_automatique', 'z_manuel')

1 ligne de propriétés physiques du domaine

Champs	Contenu
1	Porosité
2	Coefficient de frottement
3	Perméabilité
4	Coefficient de masse

• Fichier modèle de calcul (.cal)

Ce fichier contient toutes les informations relatives au modèle de calcul (paramètres du calcul et angles d'incidence/transmission sur les frontières). Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les champs sont déterminés en fonction du caractère de séparation qui est le caractère ';'.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne d'en-tête de fichier

Champs	Contenu
1	La chaîne 'refonde'
2	Numéro de version. De valeur '5.14a'
3	Type du fichier. De valeur 'modèle_calcul'

1 ligne d'identification de géométrie associée

Champs	Contenu
1	La chaîne '<identifiant_géométrie>'
2	Numéro d'identifiant de la géométrie

1 ligne d'en tête de paramètres de calcul

Champs	Contenu
1	La chaîne '<paramètres>'

1 ligne de paramètres généraux

Champs	Contenu
1	Hauteur de mer
2	Cas de bord ouvert. Vaut 'cond_abs_ordre1', 'cond_abs_ordre2', 'fa_ile' ou 'fa_port'
3	Ordre de troncature maxi
4	Prise en compte des fonds poreux. Vaut 'poreux' ou 'non_poreux'

1 ligne de définition de houle

Champs	Contenu
1	La chaine 'houle'
2	Le type de houle. Vaut 'régulière' ou 'aléatoire'
• Pour un type 'régulière'	
3	Hauteur de houle
4	Période de houle
5	Direction de houle
• Pour un type 'aléatoire'	
3	Nombre de périodes
4	Période min. de houle
5	Période max. de houle
6	Nombre de directions
7	Direction min. de houle
8	Direction max. de houle
9	Hauteur significative de houle
10	Période de pic
11	Rehaussement du pic
12	Direction principale de houle
13	Répartition angulaire de houle

1 ligne de définition de déferlement

Champs	Contenu
1	La chaine 'déferlement'
2	Le type de déferlement. Vaut 'sans' ou 'iteratif' ou 'ecretage'
• Pour un type 'ecretage'	
3	La formule d'écrtage. Vaut 'goda_sans' ou 'goda_avec' ou 'miche' ou 'munk'

Pour chaque contour

Pour les N angles d'incidence définis sur ce contour

N lignes de définition de l'angle

Champs	Contenu
1	Abscisse de début du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
2	Abscisse de fin du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
3	Type de l'angle. Vaut 'relatif', 'absolu' ou 'diffracte'
4	Valeur de l'angle en degrés si l'angle est de type 'relatif' ou 'absolu', valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'
5	Valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'. Sinon, inexistant

1 ligne de fin de définition pour le contour

Champs	Contenu
1	La chaîne de caractères '<fin>'

1 ligne de fin de définition pour tous les contours

Champs	Contenu
1	La chaîne de caractères '<fin>'

1 ligne de nombre d'angles d'incidence (NAI) sur les digues transmissibles

Champs	Contenu
1	La chaîne '<angles_incidence>'
2	Nombre d'angles d'incidence sur les digues transmissibles

NAI lignes de définition de l'angle

Champs	Contenu
1	Numéro de la polyligne support (suivant l'ordre du fichier .geo)
2	Abscisse de début du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
3	Abscisse de fin du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
4	Type de l'angle. Vaut 'relatif', 'absolu' ou 'diffracte'
5	Valeur de l'angle en degrés si l'angle est de type 'relatif' ou 'absolu', valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'
6	Valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'. Sinon, inexistant

1 ligne de nombre d'angles de transmission (NAT) sur les digues transmissibles

Champs	Contenu
1	La chaîne '<angles_transmission>'
2	Nombre d'angles de transmission sur les digues transmissibles

NAT lignes de définition de l'angle

Champs	Contenu
1	Numéro de la polyligne support (suivant l'ordre du fichier .geo)
2	Abscisse de début du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
3	Abscisse de fin du segment sur lequel est défini l'angle sur le contour, compris entre [0,1[
4	Type de l'angle. Vaut 'relatif', 'absolu' ou 'diffracte'
5	Valeur de l'angle en degrés si l'angle est de type 'relatif' ou 'absolu', valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'
6	Valeur de la coordonnée X du point de diffraction si l'angle est de type 'diffracte'. Sinon, inexistant

• Fichier des résultats (.sol)

Ce fichier contient les résultats aux nœuds du projet. Le format est quasi identique au fichier de résultats issu de REFONDE, hormis l'ajout d'une ligne pour nommer les résultats.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne de début de fichier

Colonnes	Type	Contenu
1-5	C	La chaîne ' -999'

1 ligne de pas

Colonnes	Type	Contenu
1-19	C	La chaîne ' ===== PAS NUMERO :'
20-24	E	Le numéro de pas (toujours =1)
25-43	C	La chaîne ' ITERATION NUMERO :'
44-48	E	Le numéro d'itération (toujours =1)

1 ligne de nombre de résultats

Colonnes	Type	Contenu
1-5	E	-1
6-10	E	Le nombre de colonnes de résultats

1 ligne des noms de résultats

Colonnes	Type	Contenu
1-6	C	La chaîne '<noms>'
7-	C	Les noms des résultats dans l'ordre séparés par un blanc

NNT lignes de résultats

Colonnes	Type	Contenu
1-10	E	Numéro du noeud
11-	R	Les valeurs de résultats pour ce nœud sur des champs de longueur 12

• Fichier des coordonnées (.cor)

Ce fichier contient les coordonnées 2D des noeuds du problème. Le format est le même que le fichier de coordonnées issu de MEF/MOSAIC v2.6.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne de paramètres

Colonnes	Type	Contenu
1-5	E	Nombre de noeuds total NNT
6-10	E	Nombre maximum de degrés de liberté par noeud
11-15	E	Dimension du problème (= 2)
16-25	R	Facteur d'échelle suivant l'axe X
26-35	R	Facteur d'échelle suivant l'axe Y
36-45	R	Facteur d'échelle suivant l'axe Z (inutilisé)

NNT lignes de coordonnées

Colonnes	Type	Contenu
1-5	E	Numéro du noeud
6-15	R	Abscisse du noeud
16-25	R	Ordonnée du noeud

• Fichier des éléments (.ele)

Ce fichier contient les connectivités des éléments du problème. Le format est le même que le fichier des éléments issu de MEF/MOSAIC v2.6.

Le format de ce fichier est le suivant :

1 ligne de paramètres

Colonnes	Type	Contenu
1-5	E	Nombre d'éléments total NELT
6-10	E	Nombre de noeuds par éléments NNEL (= 3 ou 6)

NELT lignes de connectivités

Colonnes	Type	Contenu
1-5	E	Numéro de l'élément
31-*	R	NNEL numéros de noeuds représentant la connectivité pour chaque élément. Chaque numéro est sur un champ de longueur 5

• Fichier de bathymétrie (.bth)

Ce fichier contient la bathymétrie en chaque noeud du problème (cote z).

Le format de ce fichier est le suivant :

NNT/6 lignes de cotes z pour chaque noeud, NNT représentant le nombre de noeuds total du problème

Colonnes	Type	Contenu
1-*	R	6 valeurs de cote z. chaque valeur est sur un champ de longueur 12.

• Fichier des contours (.12)

Ce fichier contient les points 3D de contour de la géométrie issu de BATHYCAD (points de contour du port). Le format est le même que le fichier des contours VAGxxxx.12 (xxxx représente le numéro d'étude) issu de BATHYCAD.

Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les valeurs sont données sur des champs dont la longueur peut être variable. Chaque champ doit être séparé par au moins 1 caractère blanc.

1 ligne de nombre d'enregistrements

Colonnes	Type	Contenu
*	E	Nombre de points de contours NPCNT +1 (nombre de lignes total du fichier)

NPCNT lignes de coordonnées de points

Colonnes	Type	Contenu
*	E	Fonction du point (0 : Le point est le premier du contour, 1 : Le point est un point suivant du contour)
*	R	Abscisse du point
*	R	Ordonnée du point
*	R	Cote z du point

Remarque

La cote z des points de contours est prise en compte pour la triangulation des points de fond. Il est donc nécessaire, contrairement à une utilisation "classique" de BATHYCAD, de donner sur ces points de contours la cote z du fond **ET NON LA COTE Z DU HAUT DES DIGUES.**

• Fichier des fonds bruts (.10)

Ce fichier contient les points 3D de fonds bruts de la géométrie issu de BATHYCAD. Le format est le même que le fichier des fonds bruts *VAGxxxx.10* (xxxx représente le numéro d'étude) issu de BATHYCAD.

Le format de ce fichier est libre, c'est à dire que les valeurs sont données sur des champs dont la longueur peut être variable. Chaque champ doit être séparé par au moins 1 caractère blanc.

lignes de coordonnées de points. La fin de fichier indique la fin de description de ces points.

Colonnes	Type	Contenu
*	R	Abscisse du point
*	R	Ordonnée du point
*	R	Cote z du point

Remarques

Les points de fond ne doivent pas se situer sur les contours du port. Ceci occasionnerait des problèmes lors du maillage du domaine.

Le fichier peut ne contenir aucun point. La bathymétrie est alors uniquement définie à partir des points de contours cotés.

• ANNEXE B - Fiche d'anomalies, fiche d'améliorations

Les pages qui suivent sont à renvoyer au Groupe d'Hydraulique Numérique en cas d'anomalies ou de suggestions. Il est souhaitable de remplir au mieux ces fiches de manière à pouvoir reproduire sur place les problèmes rencontrés afin de mieux les éliminer.

FICHE D'ANOMALIES

Nom de l'utilisateur	Société	Machine
----------------------	---------	---------

Description détaillée du problème et chemin pour y parvenir

Parade possible

Partie réservée

Date de réception	Numéro
Date de correction	Observations

Retour à : Bertrand Marchand - Université de Technologie de Compiègne - Département GSM - Division MNM
BP 529 - F 60205 Compiègne Cédex
Tél : 03 44 23 46 99 (poste 4149)
Fax : 03 44 23 46 89
E-mail : Bertrand.Marchand@utc.fr

FICHE D'AMELIORATIONS

Nom de l'utilisateur	Société	Machine
----------------------	---------	---------

Description détaillée de la proposition d'amélioration du produit

Partie réservée

Date de réception	Numéro
Date d'effectivité	Observations

*Retour à : Bertrand Marchand - Université de Technologie de Compiègne - Département GSM - Division MNM
BP 529 - F 60205 Compiègne Cédex
Tél : 03 44 23 46 99 (poste 4149)
Fax : 03 44 23 46 89
E-mail : Bertrand.Marchand@utc.fr*

11 - CAS DE VALIDATION

Introduction

L'objectif de cette étude est la validation du code de calcul REFONDE V2.2. Pour cela, dans un premier temps, nous distinguons deux types de configurations. Les premières configurations traitent les îles ou les variations de bathymétrie en mer ouverte. Les autres traitent les ouvrages et domaines portuaires.

Pour le premier type, nous étudions l'île circulaire et la bosse parabolique à partie centrale.

Pour le deuxième type, nous nous intéressons au demi-plan, au quart de cercle et à la digue semi-infinie.

Dans un second temps, la validation portera sur la houle réelle ou houle aléatoire sur le cas simple d'une propagation sur fond plat dans un domaine circulaire. Une analyse de sensibilité sera notamment réalisée.

Dans un troisième temps, nous testerons le déferlement. Deux méthodes pour prendre en compte ce phénomène sont proposées à l'utilisateur. La première consiste en un simple écrêtage des hauteurs de houle en "post-calcul". Plusieurs critères peuvent être appliqués, GODA avec ou sans effet de pente, Miche et Munk. La seconde ajoute un terme dissipatif dans l'équation de Berkhoff.

Le chapitre 9 concerne la validation des digues transmissibles. Il s'agit d'une confrontation avec les résultats expérimentaux d'un modèle physique pour trois configurations. Le dernier chapitre porte sur la validation de la propagation de la houle sur fonds poreux.

[Accès au manuel de validation de REFONDE](#)

Prise en main

Nous allons ici détailler la réalisation d'une étude sur un cas réel, le port de Brest. Nous distinguons 4 parties chronologiques. Tout d'abord le recueil des données préliminaires à l'étude. Ce sont par exemples les relevés bathymétriques, les mesures des conditions de houle au large (période, direction, hauteur incidente). Ensuite, nous décrivons le format et les règles des fichiers d'entrée de PREFONDE, puis la saisie des paramètres en distinguant 4 étapes : les conditions limites, le maillage, les données de houle, le calcul. Nous terminerons par la visualisation des résultats.

Données

Avant le commencement de l'étude, il faut regrouper un certain nombre de données indispensables. Tout d'abord les plans du port avec ses digues, jetées, et quais. En même temps, se procurer une bathymétrie récente du port et alentours proches. Toutes ces données devront être reportées dans les fichiers d'entrée de PREFONDE caractérisant la géométrie du domaine de calcul. Puis se définir les conditions de houle au large, le spectre ou la période, la direction et la hauteur de houle incidente. Pour tous les ouvrages du port, évaluer les coefficients de réflexion et éventuellement de transmission ; il existe des tables prenant en compte la pente, la rugosité, les conditions de houle, etc. Si possible, recueillir des mesures locales de hauteurs de houle à l'intérieur du port, celles-ci pourront servir de validation à la modélisation.

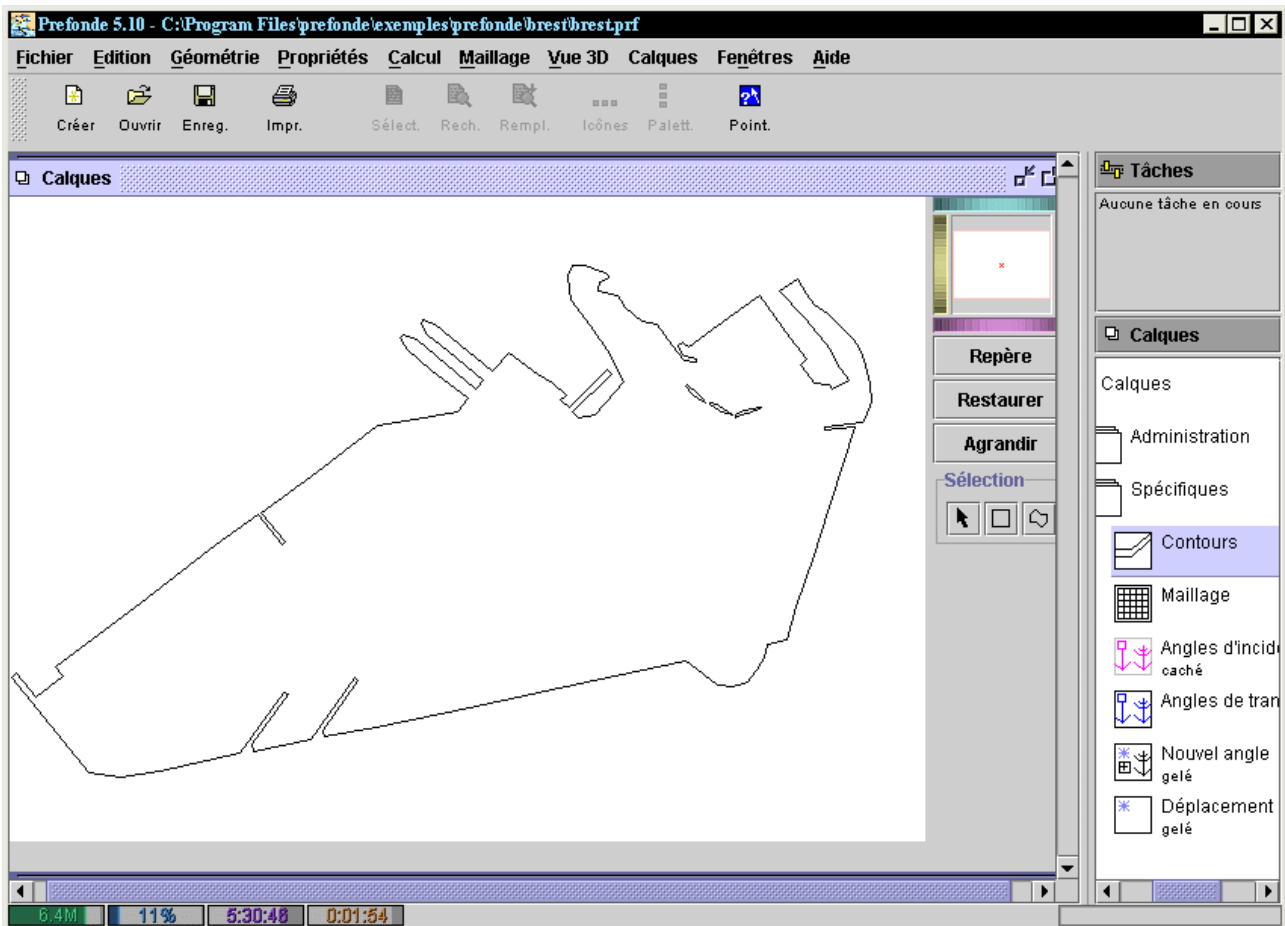
Fichiers d'entrée

Deux fichiers d'entrée sont requis par PREFONDE. De même nom, l'un ayant pour extension .10, le second .12. Le premier contient les points de la bathymétrie, le second les points définissant les contours géométriques du domaine d'étude.

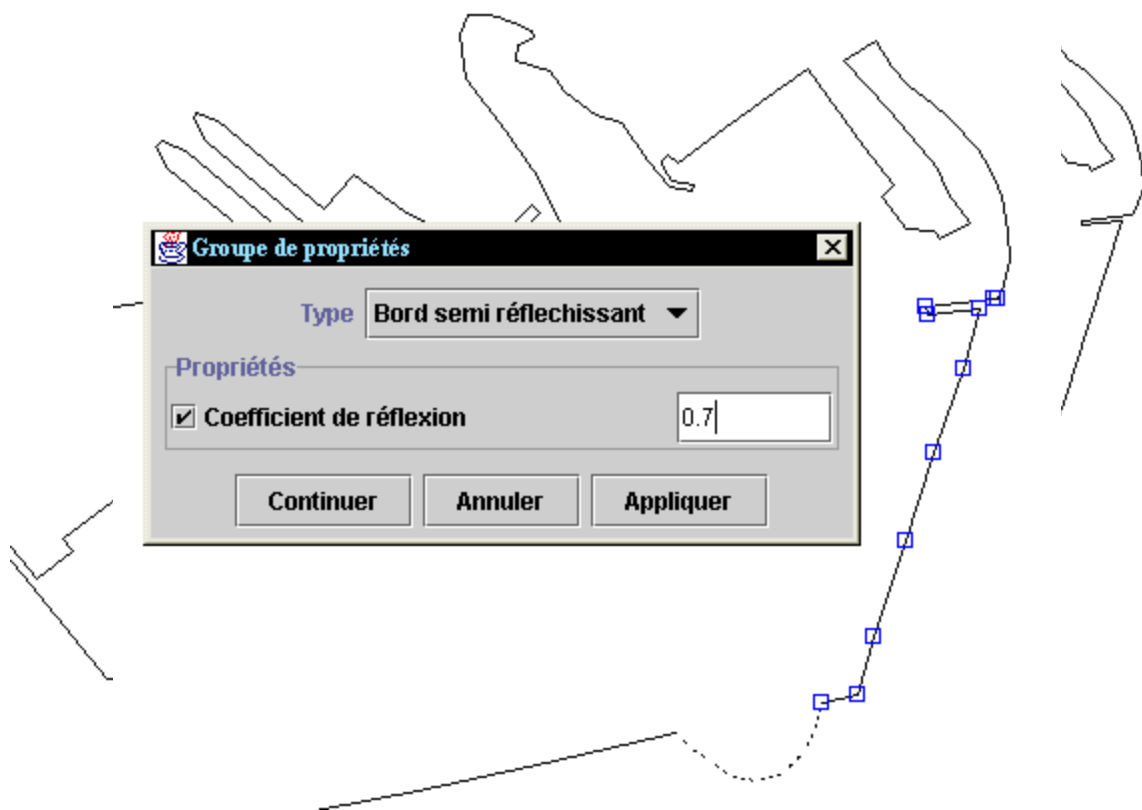
Quelques règles sur ces fichiers. Le fichier .10 est un fichier x,y,z avec comme séparateur un caractère blanc (espace). Il peut être vide et ne doit contenir aucun point identique avec ceux du fichier .12. La première ligne du fichier .12 indique le nombre de points plus un contenu dans le fichier. Le format est presque le même que pour le fichier .10, en plus des valeurs x,y,z, il contient en première colonne la valeur 0 ou 1, 0 pour un début de définition de contour, 1 pour ajouter un point au même contour. Précisons encore que le dernier point d'un contour doit être identique au premier afin de définir un contour fermé.

Utilisation de PREFONDE

Les deux fichiers d'entrée .10 et .12 créés, on lance PREFONDE, on clique dans le menu sur créer (icône page blanche) et on sélectionne l'un des 2 fichiers. Si on reprend une étude déjà commencée et qui a été sauvegardée, on clique sur 'fichier ouvrir' (icône ressemblant à un dossier jaune). La géométrie du domaine d'étude s'affiche alors dans la fenêtre principale. Pour une description plus complète des diverses fenêtres de PREFONDE, on se reportera sur le [Manuel d'utilisation](#). A ce stade on a à l'écran l'affichage suivant :

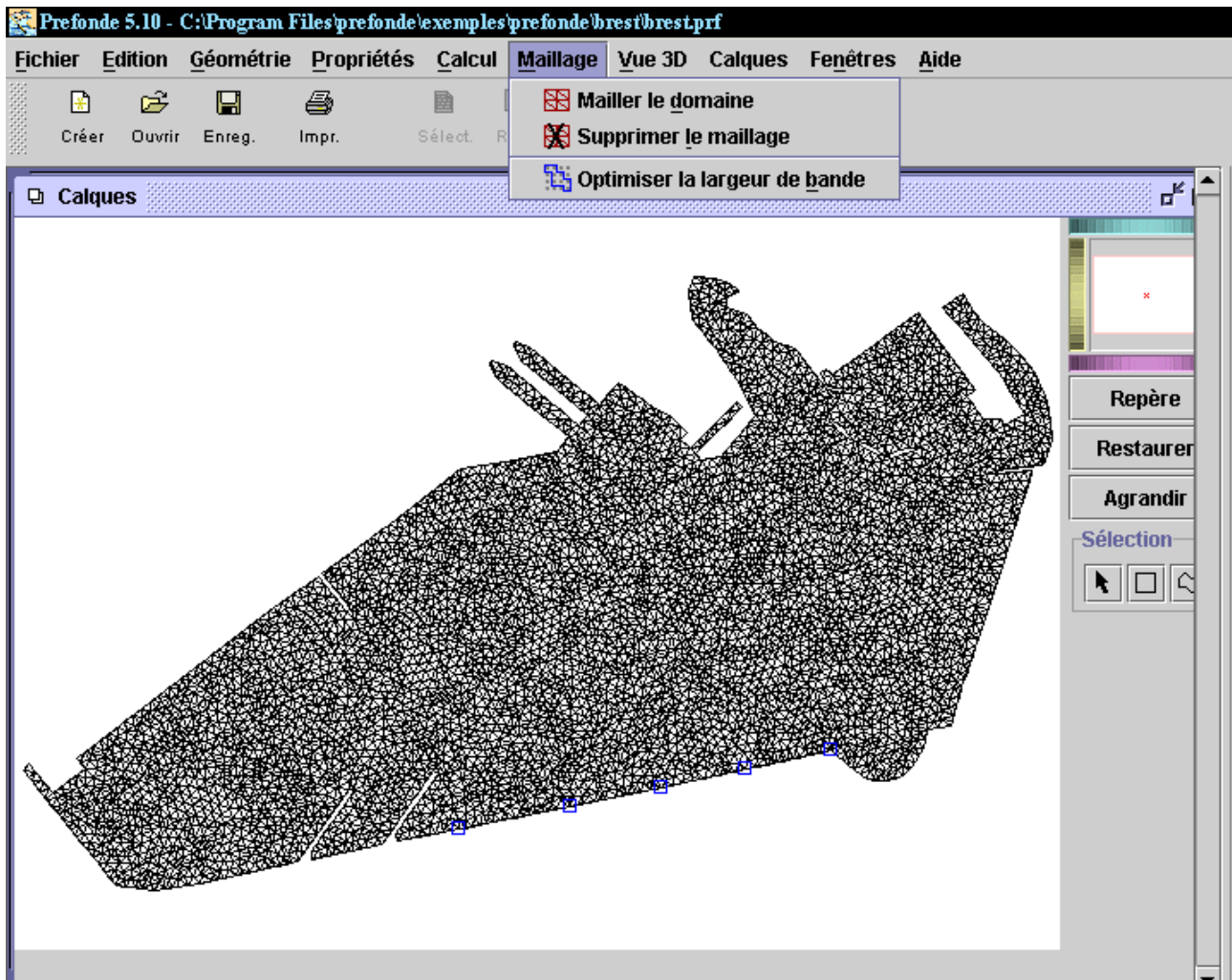


L'ordre des saisies suivantes n'est pas impératif, nous commençons d'abord par définir les conditions aux limites. Ici nous avons un bord ouvert en entrée (la bosse en bas à droite du domaine), tous les autres sont de type semi réfléchissants avec un coefficient de réflexion variant de 0.5 à 0.8. Après avoir sélectionné les points appartenant à la frontière ouverte, dans le menu 'propriété' on sélectionne 'propriétés de bord' et on déplace le curseur sur 'bord ouvert en entrée' comme sur la figure ci-dessous :



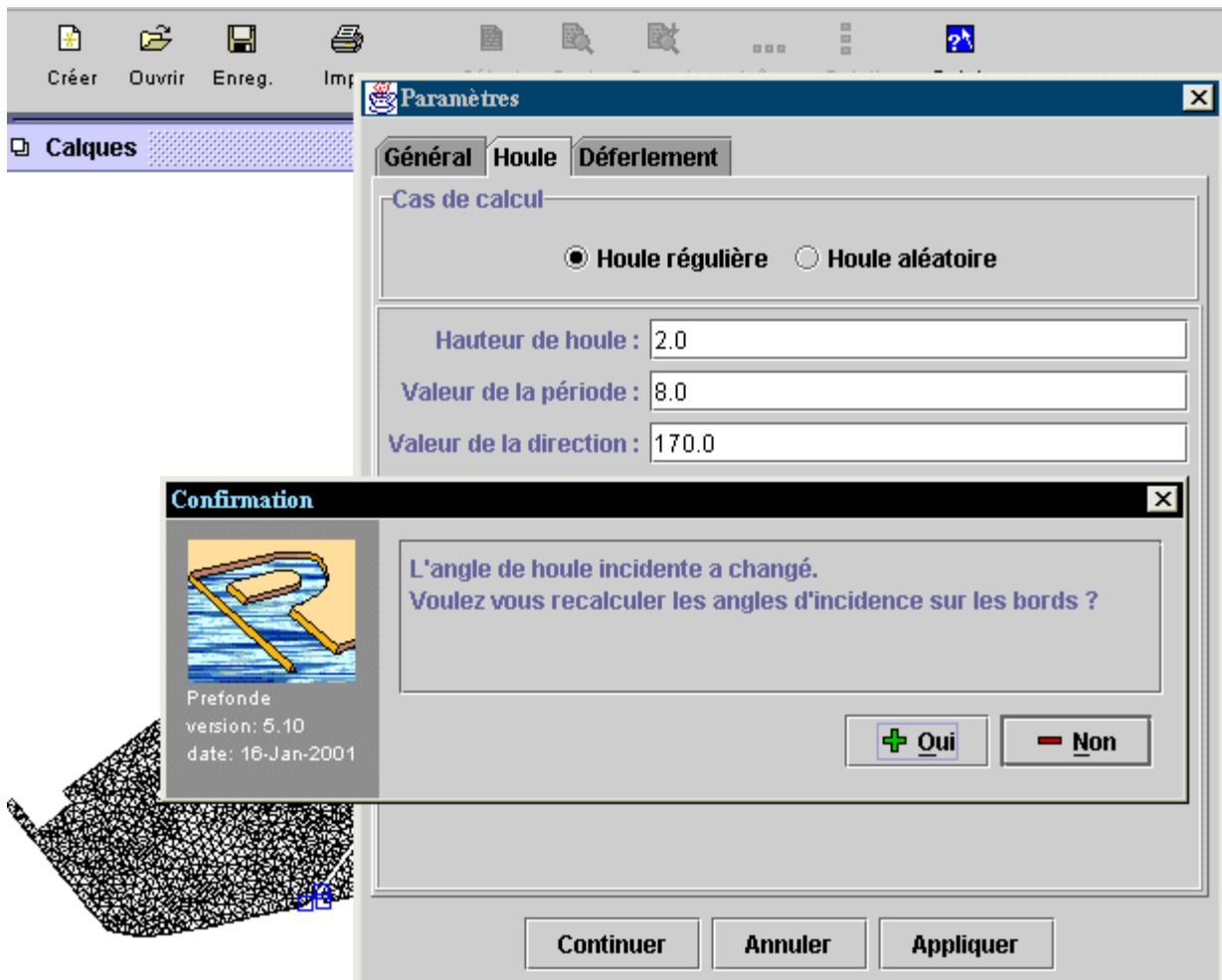
On définit ensuite tous les bords semi-réfléchissants, selon l'image ci-dessous. On remarquera que le bord ouvert en entrée possède un type de trait différent (pointillés) des bords semi-réfléchissant.

On réalise ensuite le maillage. Ici on prend un maillage avec une aire maximale pour les éléments. Une polygone du domaine étant sélectionnée en bleu, dans géométrie on sélectionne 'modifier les propriétés du maillage d'un domaine' on fixe l'aire maximale à 500 comme le montre l'image suivante :

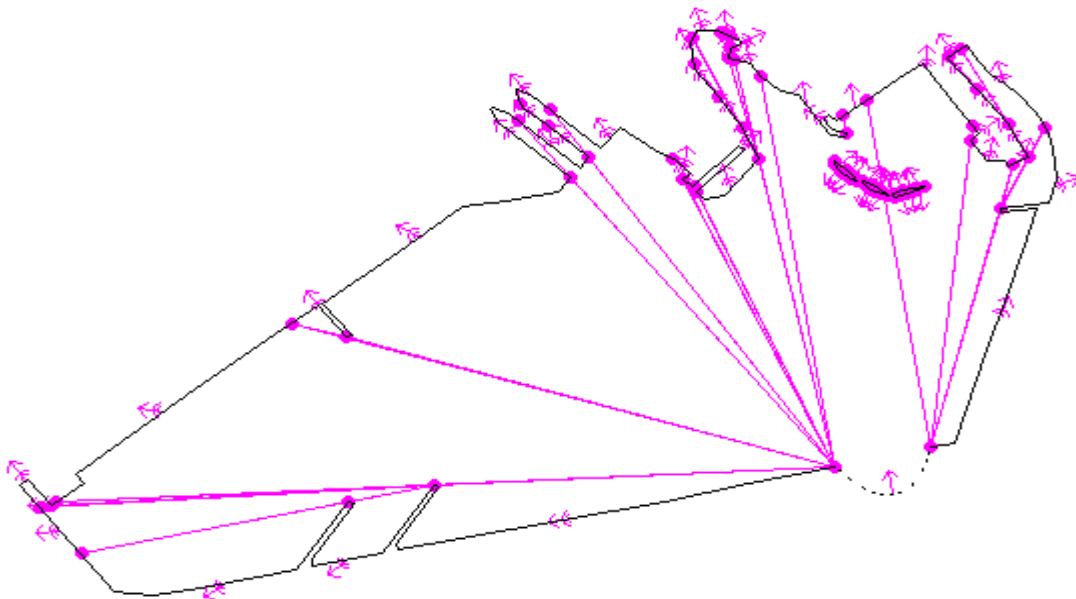


Puis dans le menu, on sélectionne Maillage / mailler le domaine et on attend. Ensuite on sélectionne Maillage / optimiser la largeur de bande si le maillage obtenu nous convient.

On renseigne ensuite les paramètres de houle dans le menu calcul/paramètres de calcul : la hauteur de mer, le type de frontière ouverte en entrée (absorbante ou formulations analytiques), la profondeur moyenne extérieure, ici 16m. Spécifier si on souhaite un calcul en houle régulière ou aléatoire et entrer la ou les périodes, la ou les directions incidentes repérées par rapport au nord, enfin la hauteur de houle incidente. La prise en compte du déferlement est optionnelle, l'utilisateur doit indiquer alors quel est le type de déferlement désiré. Dans notre exemple, nous prenons une houle régulière, de période 8s, de hauteur 2m, de direction 170° par rapport au nord. Nous prenons la formule de déferlement de Munk. Comme nous avons modifié la direction incident, PREFONDE nous propose de recalculer les directions incidentes sur tous les bords. Il va alors déterminer les points de diffraction et les zones d'ombres ainsi générées.



Après le calcul des angles automatique toutes les directions sont affichées et matérialisées par des flèches roses (et bleues s'il y a des ouvrages submersibles).



Il ne reste plus qu'à lancer le calcul en cliquant sur calcul/exécuter refonde. Une dernière opération avant de quitter PREFONDE. Il faut récupérer les

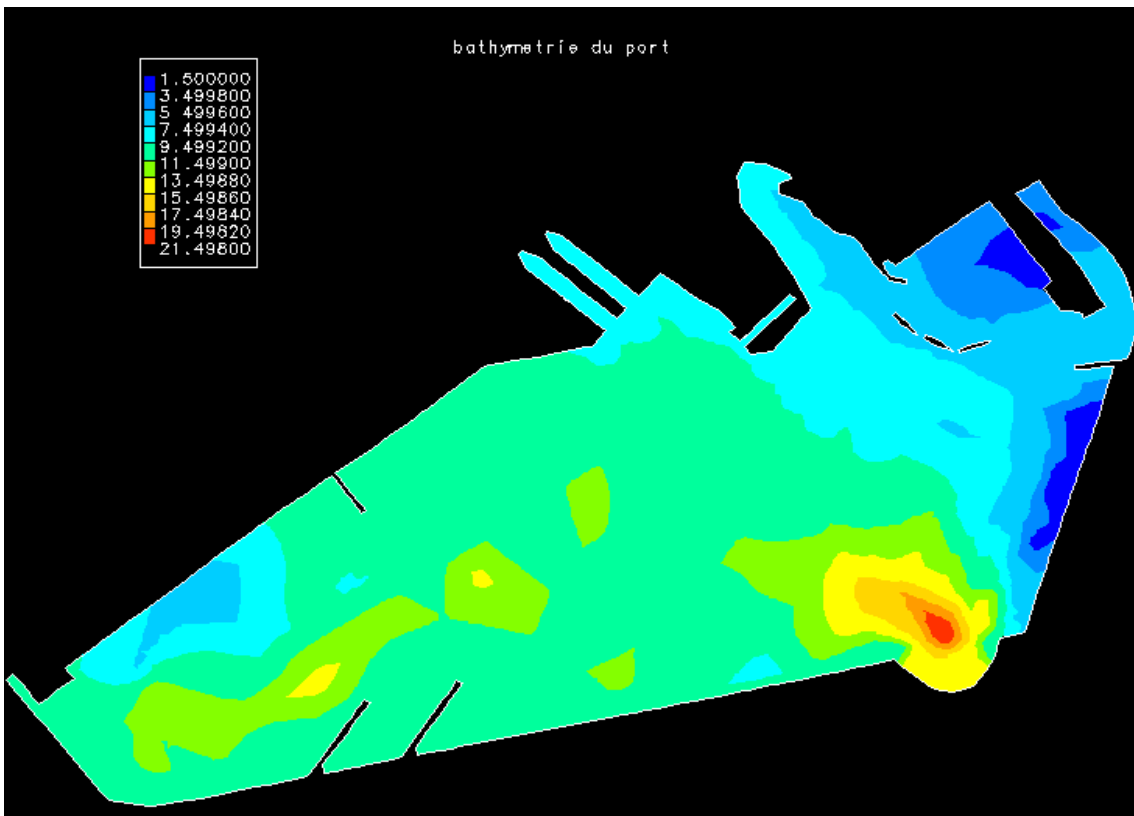
fichiers de maillage que PREFONDE a construits et utilisés pour le calcul. Ces fichiers sont indispensables pour visualiser les résultats au cours du post-traitement.

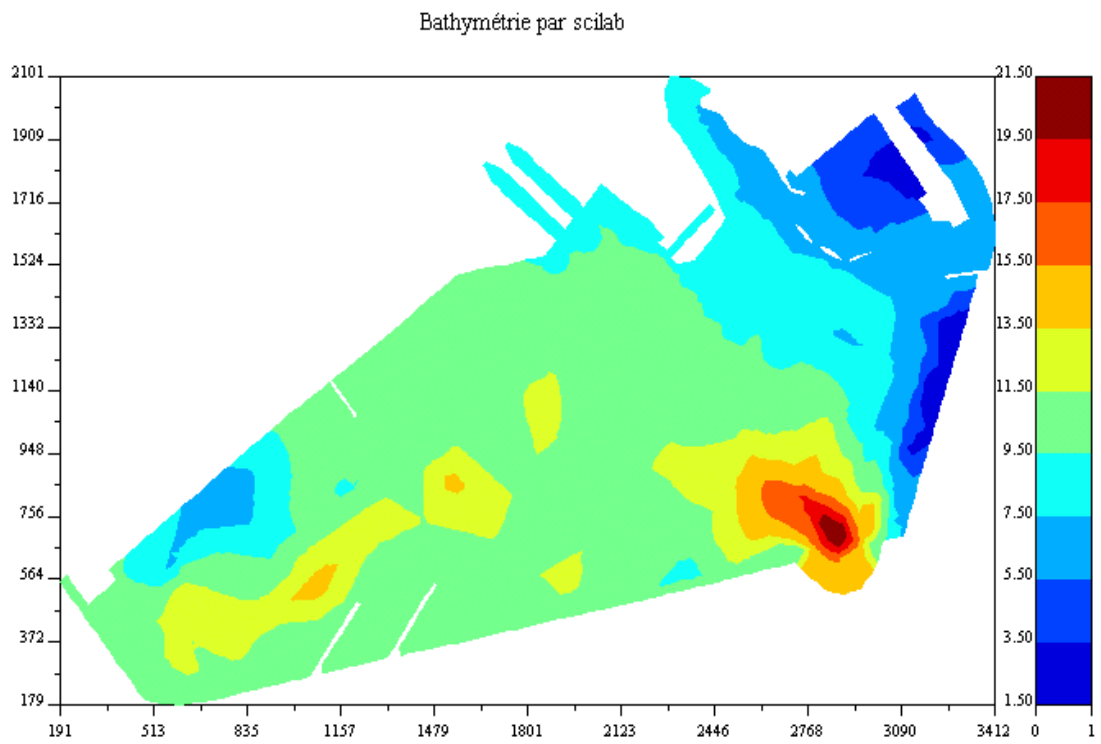
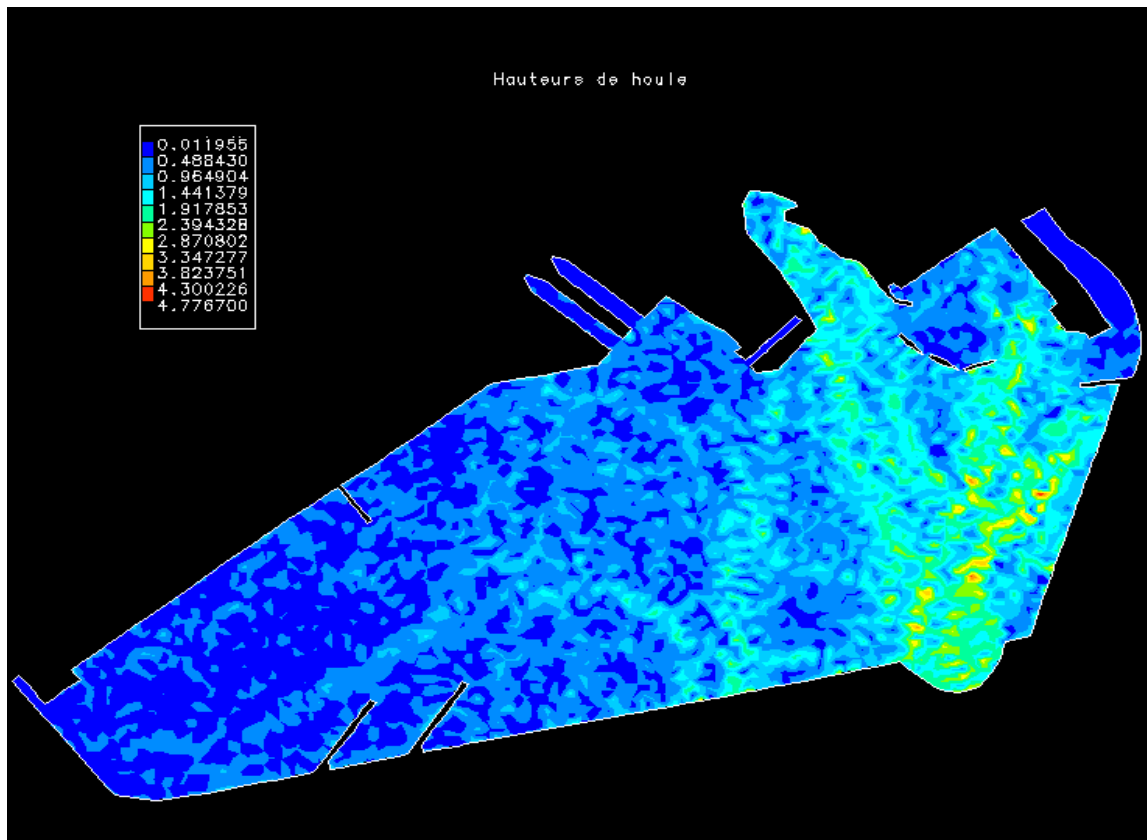
Pour cela, activer fichier/exporter/fichiers de maillage pour postflux(.cor/.ele/.bth). Ces fichiers sont créés dans le répertoire où se trouvent les fichier .10 et .12 ; le fichier solution .sol contenant les résultats du calcul de REFONDE est placé dans le répertoire où sont les exécutables, ie Program Files/Prefonde/serveurs/ refonde/.

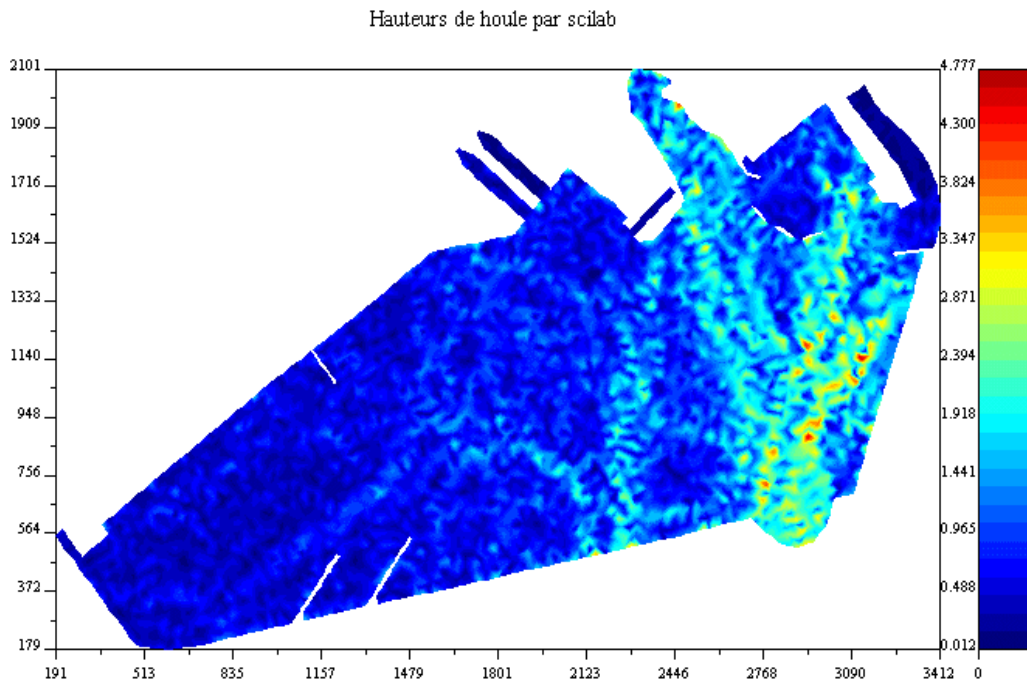
visualisation des résultats

Deux post-traitements extérieurs à PREFONDE permettent de visualiser les résultats. Le premier, POSTFLUX, fonctionne sous GKS, il est interne au cetmef. Le second, scilab, est un utilitaire freeware de l'INRIA. Pour la fin de l'année 2001, un nouveau post-traitement sera intégré dans PREFONDE et permettra de visualiser ses résultats directement.

Nous montrons le même fichier de résultats traité d'abord par POSTFLUX, puis par scilab. Nous visualisons d'abord la bathymétrie, puis les hauteurs de houle :







Astuce et recommandations

1. Astuce

Pour accélérer les calculs, on peut exporter les fichiers .inp/.spe, quitter prefonde et lancer le calcul « à la main » dans une fenêtre DOS. Dans le répertoire Program Files\Prefonde\serveurs\refonde, le premier programme refonde1 attend un fichier .inp ; refonde2, un fichier .spe. De cette manière, on voit aussi se dérouler le calcul à l'écran, en revanche on n'a pas de fichier d'enregistrement de l'exécution (.out).

2. Recommandations

-> La plus importante concerne les maillages. Les tests de validation ont mis en évidence la nécessité de travailler avec des maillages très denses, de l'ordre de 10 nœuds par longueur d'onde. Les récents développements sur le solveur ont permis de repousser les limites au niveau du calcul à 300000 nœuds et 600000 éléments sur un PII 350 avec 128Mo.

-> Il faut également s'efforcer de simplifier le plus possible l'intérieur des ports lorsque ceux-ci sont tortueux. Cela permet ainsi de réduire le nombre de frontières différentes qui sont générés par PREFONDE du fait des zones multiples de diffraction.

-> Les formulations analytiques pour les frontières ouvertes en entrée donnent de meilleurs résultats en général. Leur utilisation nécessite deux conditions :

- 1) définir la frontière comme un arc de cercle, voir un cercle pour les îles.
- 2) Avoir des fonds à peu près constants sur tout le domaine circulaire, intérieur y compris. Cette condition nous a par exemple empêché de l'employer pour le cas du Mont Saint-Michel.

Si les fonds ne sont pas à peu près plats, ne pas utiliser ces formulations, les résultats risquent d'être erronés.

-> Les formules de déferlement associées à la méthode par écrêtage donnent des résultats très proches. Nous conseillons la formule de Miche modifiée. Quant au déferlement par terme dissipatif, la méthode est plus rigoureuse que celle par écrêtage. Elle est toutefois plus sensible à la densité du maillage et elle peut cependant générer des écarts si celle-ci est insuffisante.

-> Enfin, comme pour toute modélisation numérique, il convient de garder un œil critique envers les résultats, et ne pas les considérer comme étant forcément le reflet de ce qui se passera dans la réalité. A chaque fois que l'on pourra, il est astucieux de se procurer quelques mesures in-situ de hauteurs de houle qui serviront de validation.

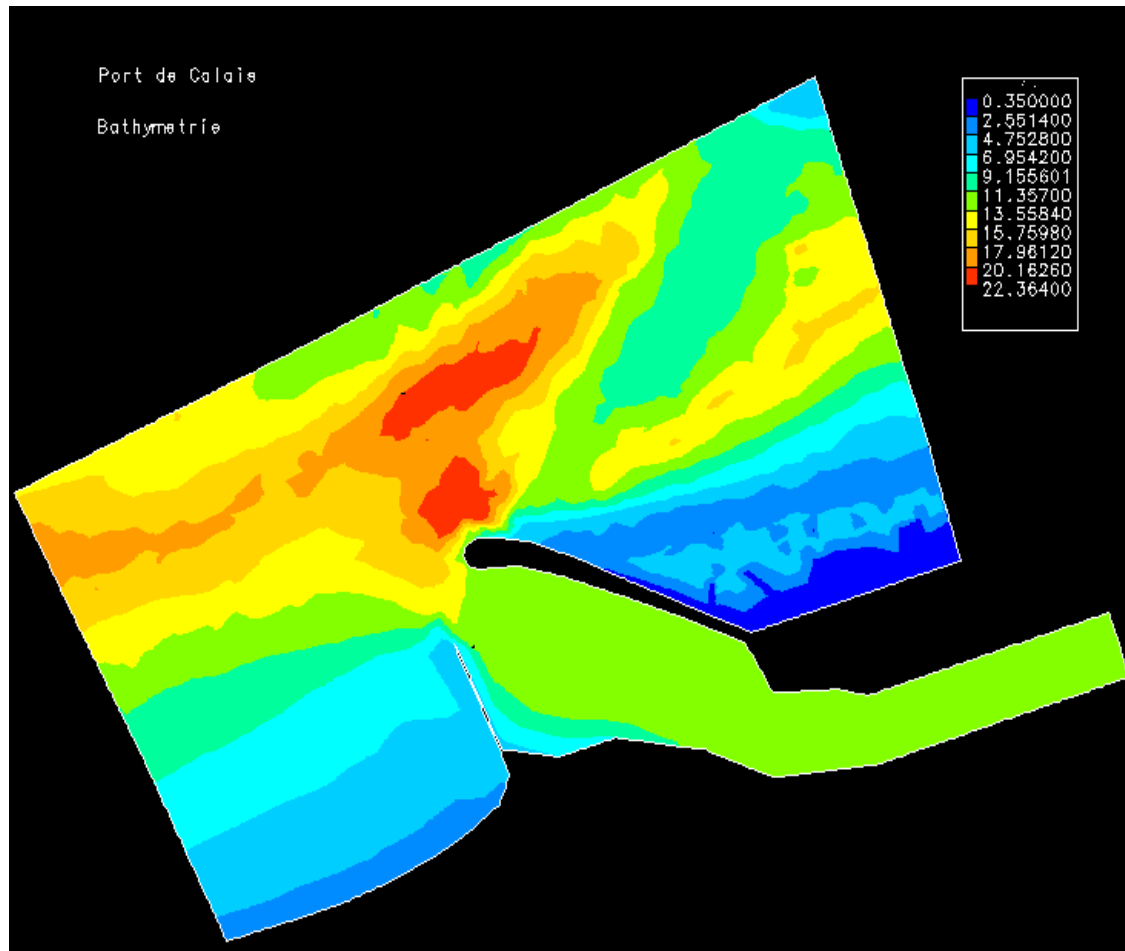
Etudes réalisées avec REFONDE

Nous présentons ici des exemples d'applications de REFONDE sur quelques ports français et sur un modèle physique, le brise-lames. Dans chaque cas, nous donnons les conditions de houle en précisant s'il s'agit d'un calcul de houle régulière ou/et aléatoire. Nous ne montrons pas le maillage car compte tenu de la densité de points, tout le domaine est noirci de points. Nous indiquons donc seulement le nombre de noeuds et d'éléments. Nous affichons ensuite la bathymétrie du domaine d'étude puis le ou les résultats du calcul par REFONDE.

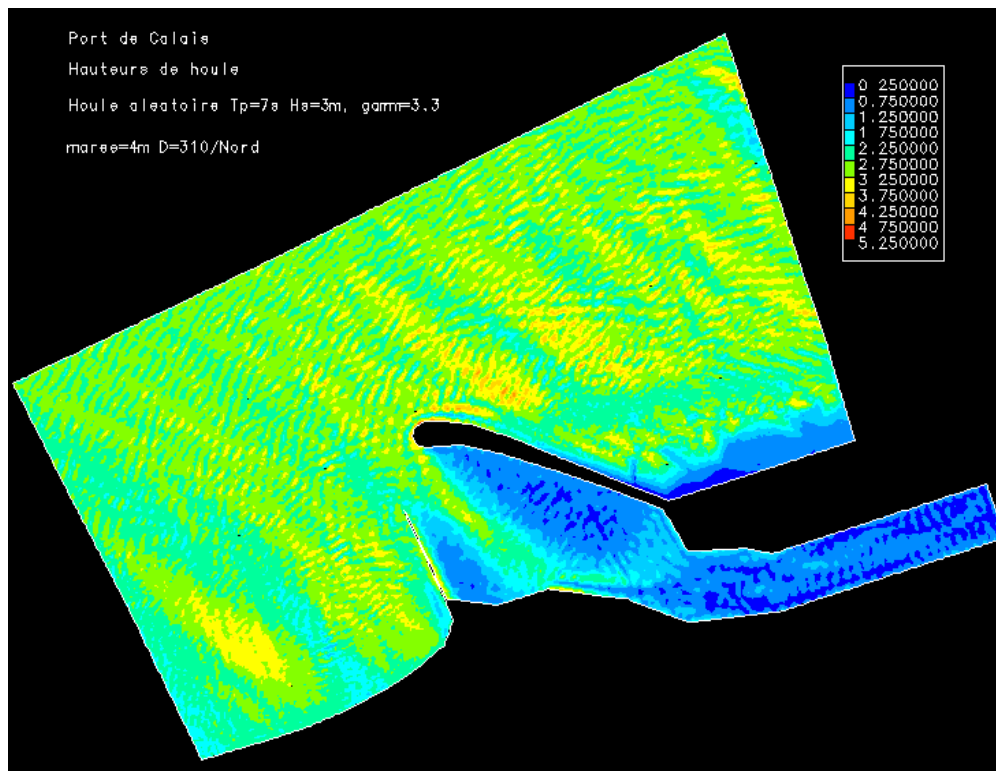
Le cas du brise-lames est intéressant. Il nous a permis de tester la différence entre un ouvrage insubmersible et un ouvrage submersible. De plus, pour cette étude, un couplage avec REFLUX a été réalisé afin de déterminer les courants générés par la houle derrière le brise-lames et qui sont à l'origine de la formation des tombolos (accumulation de sédiments selon l'axe de symétrie de l'ouvrage vers le rivage).

Port de Calais

La modélisation porte sur l'avant-port. Les données bathymétriques nous permettent de prendre en considération un domaine de forme rectangulaire assez large. L'entrée du port est protégée par une digue à l'est et une jetée à l'ouest. Celle-ci est à claire voie et laisse par conséquent passer une partie de l'énergie de la houle. Les coefficients de réflexion sont dans le port et sur la digue : 0.7, 0.3 sur la plage est, 0.2 sur la plage ouest et 0.1 sur la jetée. La bathymétrie avec une hauteur de mer de 4 m est la suivante :



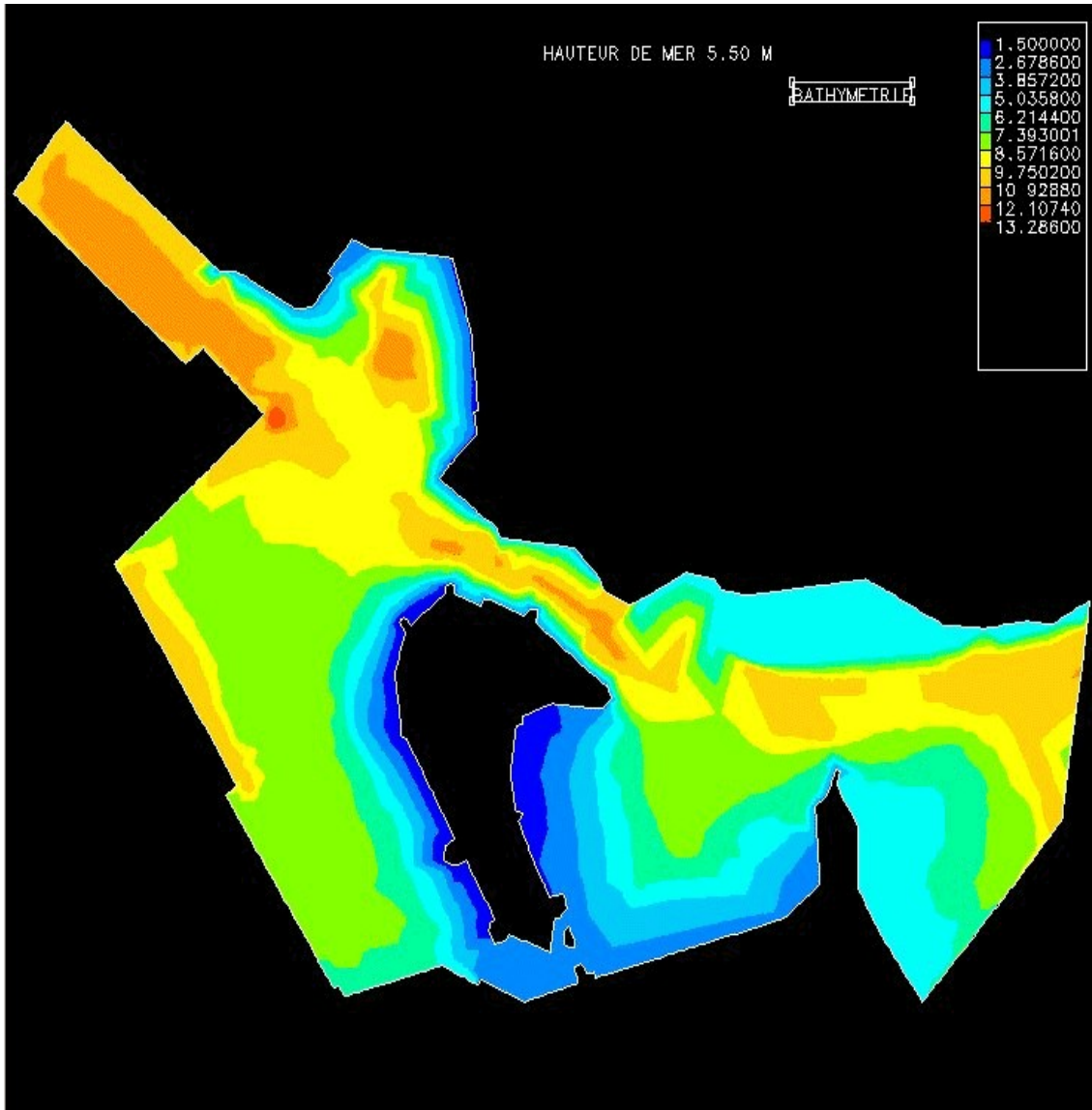
La consigne de maillage est de 80 m², PREFONDE génère ainsi un maillage de 40585 noeuds et 81168 éléments. Un calcul de houle aléatoire a été réalisé. Il est constitué de 10 calculs en faisant varier la période de 5 à 15 s. La période pic est de 7 s, un spectre de Jonswap avec un facteur γ de 3.3 ; la hauteur incidente est de 3 m, la direction incidente est de 310° par rapport au Nord. Nous avons obtenu le résultat suivant :



La houle entre directement dans le port, mais on voit la diffraction derrière les ouvrages. On remarque aussi l'effet du déferlement sur la plage est, située à la base de la jetée, les fonds étant plus élevés qu'à l'ouest (cf bathymétrie).

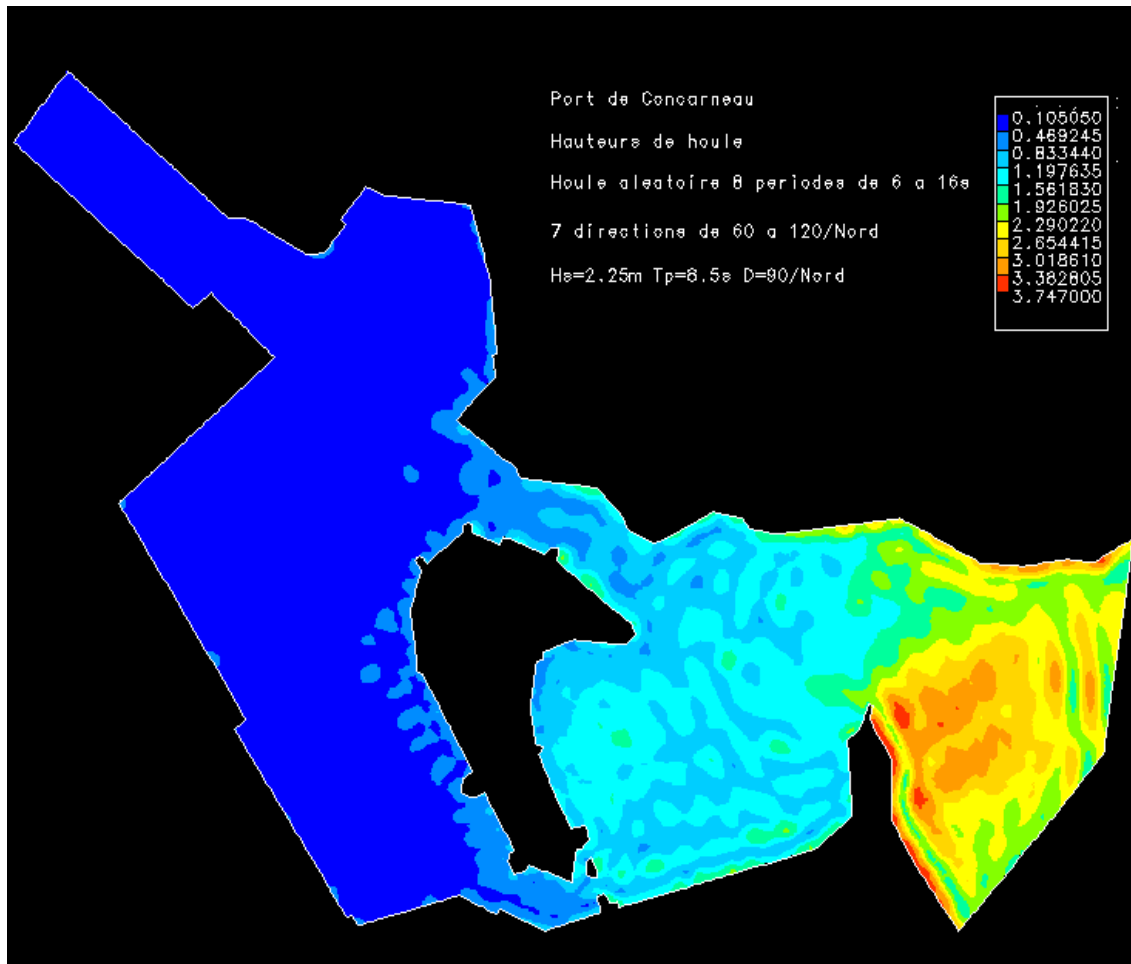
Port de Concarneau

Le port de Concarneau comporte une vieille ville située en plein milieu sur une île. L'entrée du port est à droite du domaine. Les coefficients de réflexion varient de 0.4 à 0.9 selon l'endroit. La hauteur de mer est de 5.5 m.



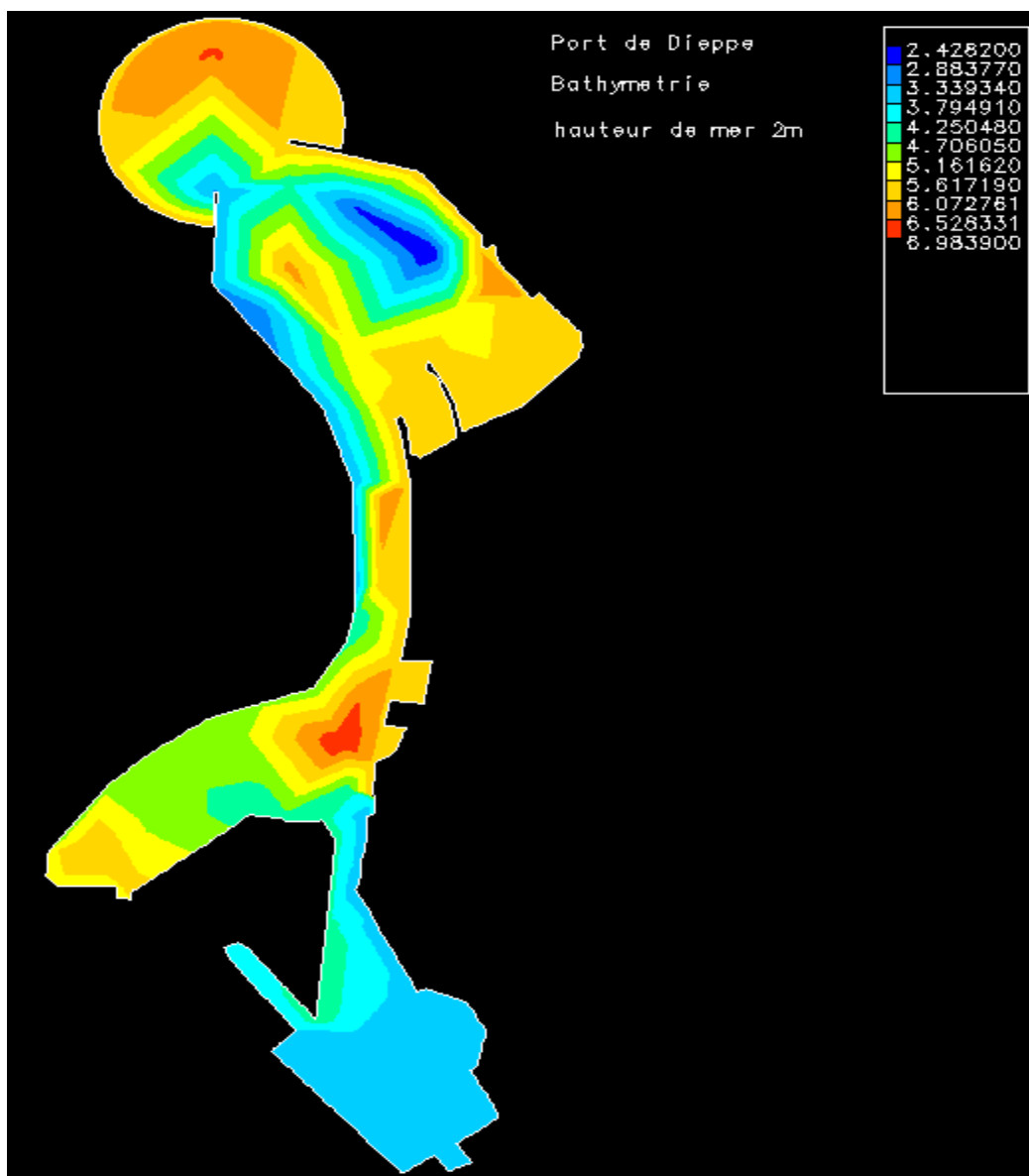
La consigne d'aire maximale pour le maillage est de 18 m². Cela fait environ 12 noeuds par longueur d'onde. PREFONDE génère ainsi un maillage de 18444 noeuds et 36890 éléments. Un calcul de houle aléatoire a été réalisé. Huit périodes de 6 à 16 s et sept directions de 60° à 120° par rapport au nord. La période pic est de 9.5 s, un spectre de Jonswap avec un facteur γ de 2.0 ; la hauteur incidente est de 2.25 m, la direction incidente principale est de 90°.

Nous avons obtenu le résultat suivant :



Les résultats sont bons, au regard de la densité de maillage. On obtient une grande différence par rapport à un calcul en houle régulière.

La modélisation porte sur l'avant-port et sur les 2 bassins principaux. L'entrée du port est protégée par 2 jetées. Nous avons pris un domaine au large de forme circulaire, recouvrant une partie des deux jetées. Pour simplifier, toutes les digues ont un coefficient de réflexion de 0.7. La bathymétrie avec une hauteur de mer de 2 m est la suivante :

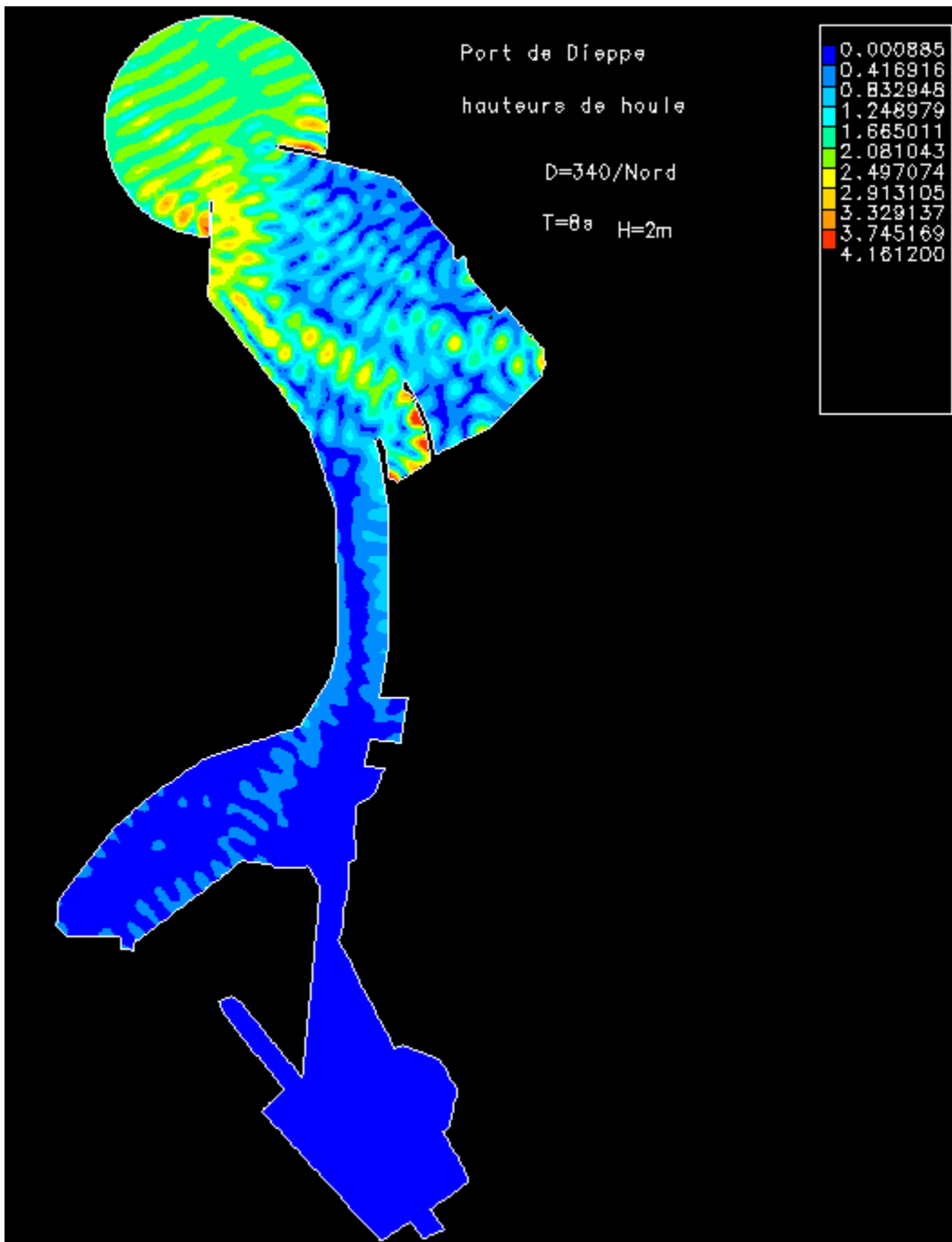


La consigne de maillage est de 20 m², PREFONDE génère ainsi un maillage de 14087 noeuds et 28172 éléments. Nous avons fait deux calculs. Le premier en houle régulière. La période est de 8 s, la hauteur incidente est de 2 m, la

direction incidente est de 340° par rapport au Nord, comme on le voit sur la figure des phases de la houle :

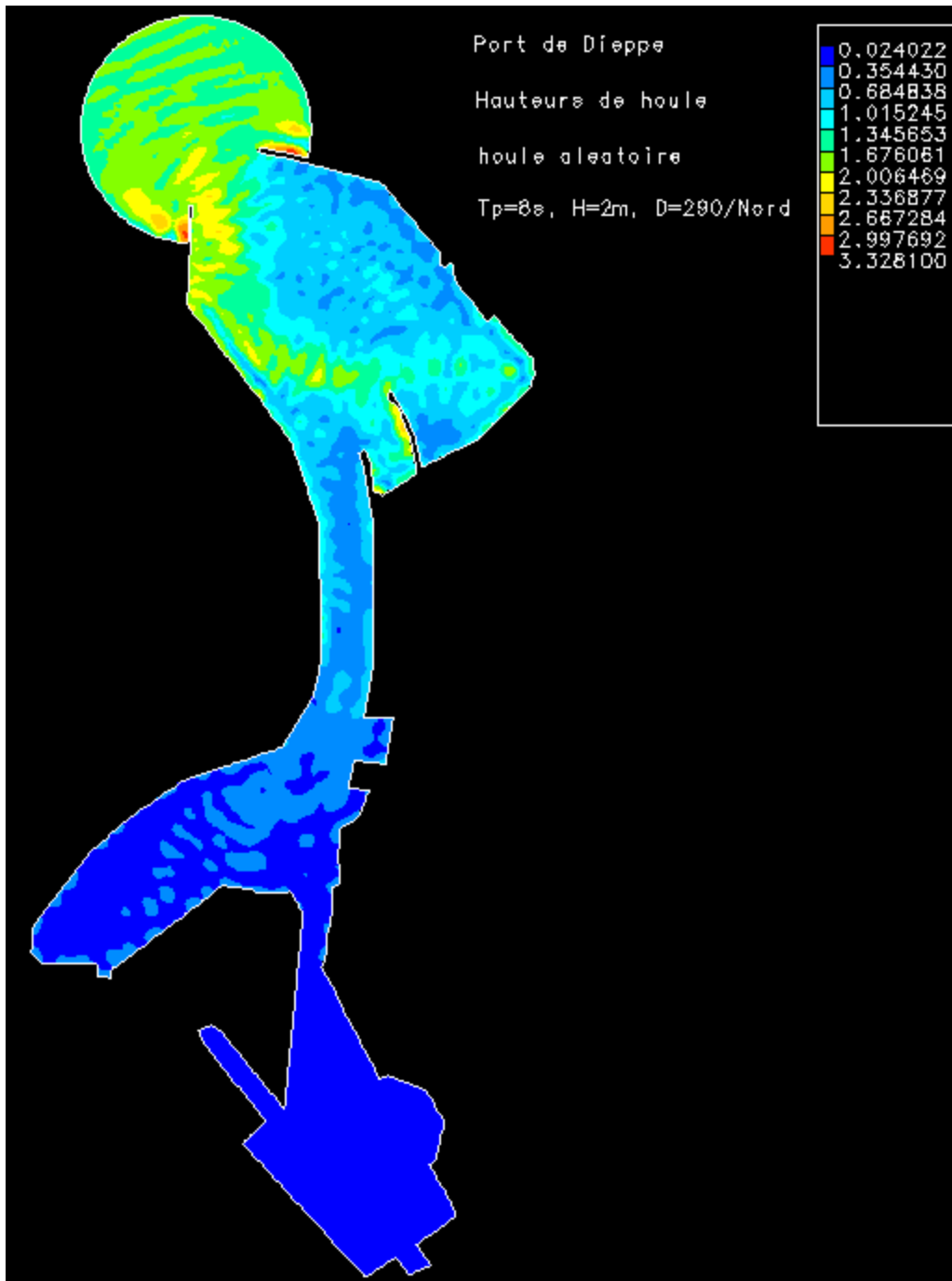


En houle régulière, nous avons obtenu le champ de hauteurs de houle suivant :



Nous avons réalisé un calcul de houle aléatoire mono-directionnelle. Nous avons spécifié dix périodes entre 6 s et 16 s, la période pic est de 8 s. Les

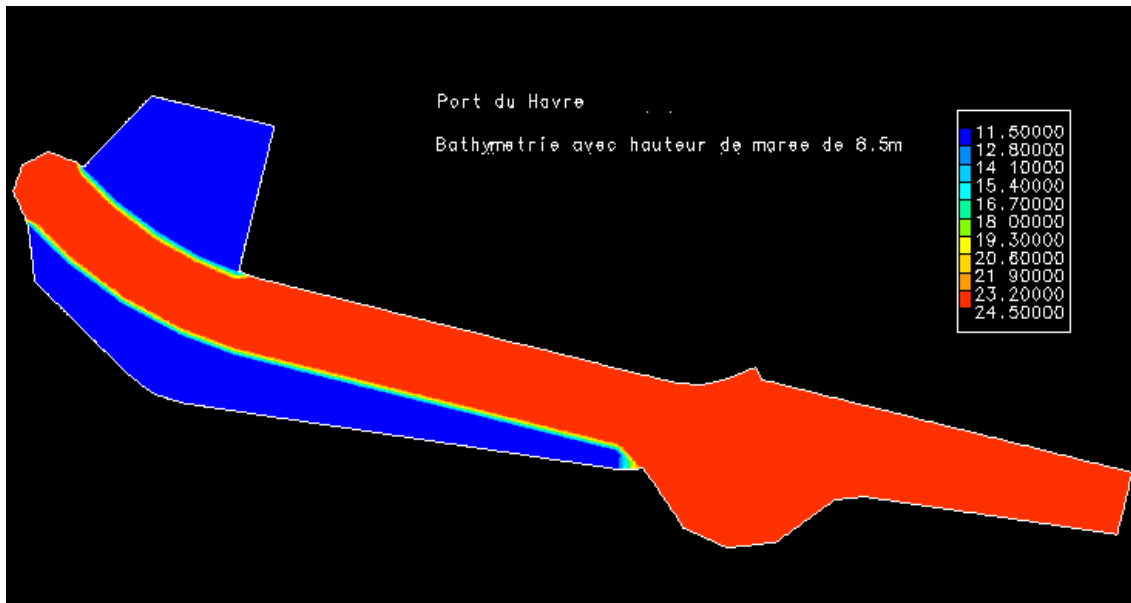
autres données restent identiques. Nous avons obtenu le résultat suivant :



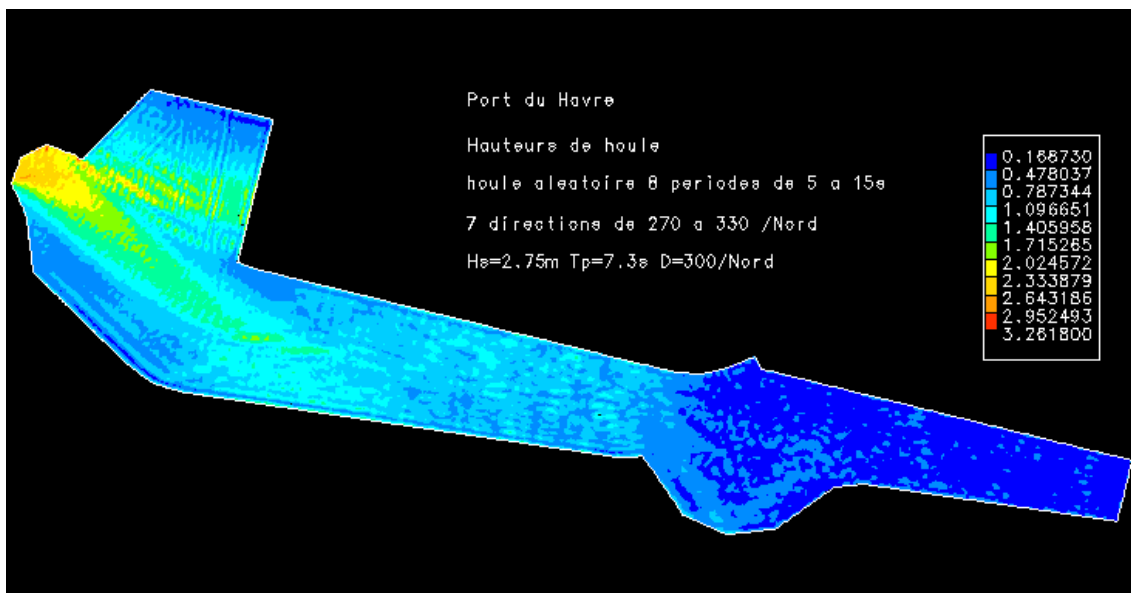
Les résultats en houle aléatoire sont meilleurs qu'en houle régulière. En effet dans le port l'agitation maximale ne dépasse pas 2,70 m alors qu'en houle régulière elle atteint 4,10 m dans l'avant-port.

Port du Havre

La modélisation porte sur l'avant-port simplifié. On reconnaît la zone d'évitage sur la droite du domaine. Celui-ci commence exactement à l'entrée du port sur la gauche. Les quais et les digues ont un coefficient de réflexion de 0.6. La hauteur de mer est de 8.5 m. La bathymétrie représentée ci-dessous est également simplifiée, on reconnaît bien le chenal.



La maillage est paramétré par la longueur d'onde, la consigne est de 4 noeuds pour une période de 7 s. PREFONDE génère ainsi un maillage de 40514 noeuds et 81026 éléments. Un calcul de houle aléatoire a été réalisé. Huit périodes de 5 à 1s et sept directions de 270° à 330° par rapport au nord. La période pic est de 7.3 s, un spectre de Jonswap avec un facteur α de 2.0 ; la hauteur incidente est de 2.75 m, la direction incidente principale est de 300°. Nous avons obtenu le résultat suivant :



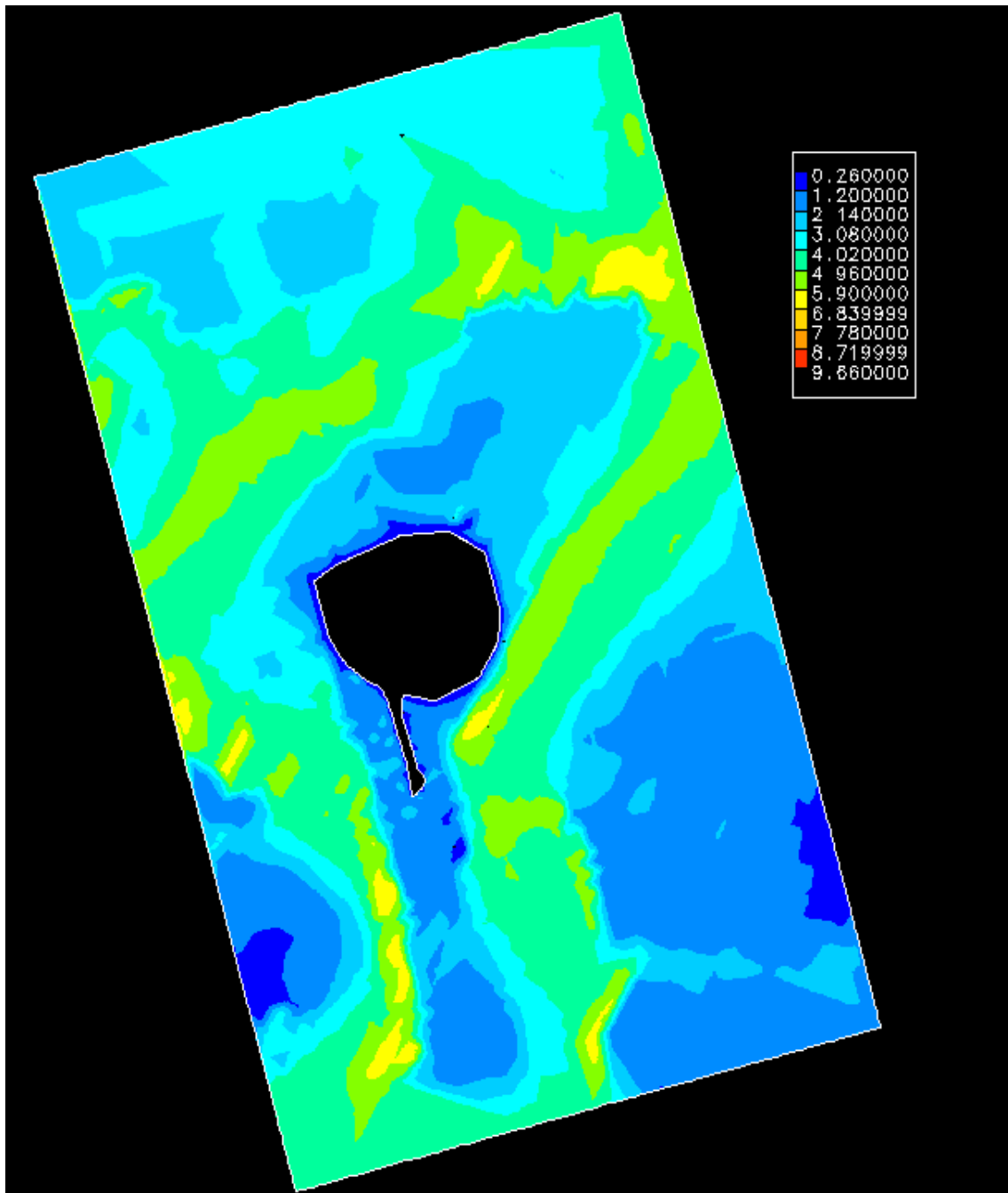
Notre maillage ne comprend que 4 noeuds par longueur d'onde, ce qui est insuffisant pour avoir une bonne certitude sur les résultats. Notre post traitement est malheureusement limité pour l'instant à 100000 éléments. Signalons aussi que la phase de recombinaison de la houle par refonde2 est assez longue (environ 5 heures sur un PII 350 avec 128Mo). Cela fait 56 fichiers à traiter pour un peu plus de 40000 noeuds. Toutefois, les résultats présentés ici sont corrects, le calcul en houle aléatoire permet de lisser les

hauteurs de houle.

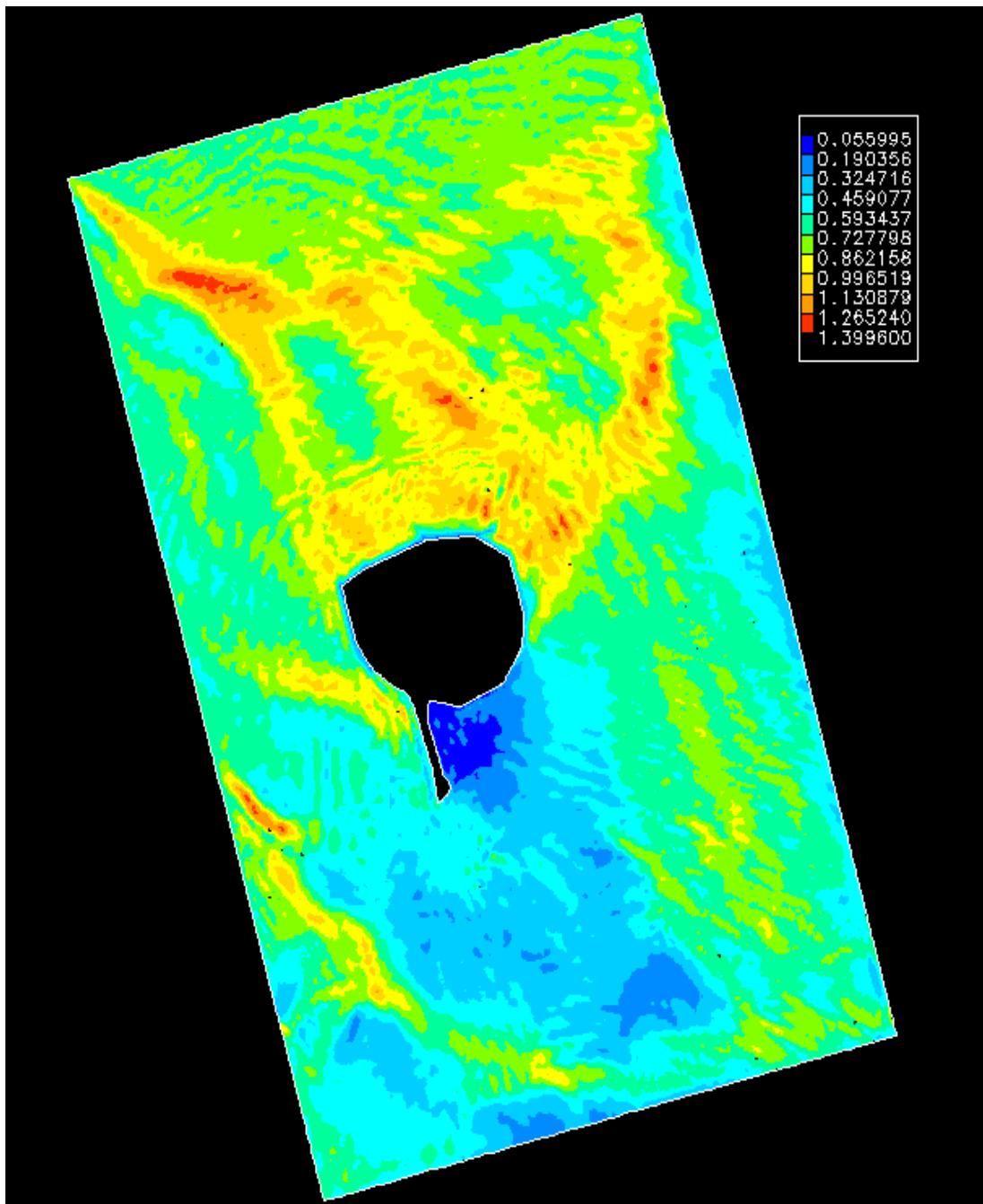
Mont Saint-Michel

Compte tenu de son importance, le site du Mont Saint-Michel fait l'objet de nombreuses études, notamment en vue de limiter les problèmes liés au transport sédimentaire. Le domaine d'étude est ici de grande taille, ce qui limite la densité du maillage. De plus, pour le calcul de houle aléatoire, la période minimale est de 5 s, ce qui nous limite à 4 noeuds par longueur d'onde pour rester sous la barre des 100000 éléments, soit 91930, et 45965 noeuds. La hauteur de marée est de 14 m. La bathymétrie est la suivante :

Un calcul de houle aléatoire a été réalisé. Huit périodes de 5 à 15 s et sept directions de 290° à



350° par rapport au nord. La période pic est de 8 s, un spectre de Jonswap avec un facteur γ de 2 ; la direction principale est de 320°, la hauteur incidente est de 0.8 m. REFONDE a donné le résultat suivant :



Comme la hauteur incidente de houle est relativement faible (80 cm), on constate très peu l'effet du déferlement sur les frontières du Mont. La hauteur maximale est de 1.40 m. On retrouve bien la diffraction à l'abris du Mont.

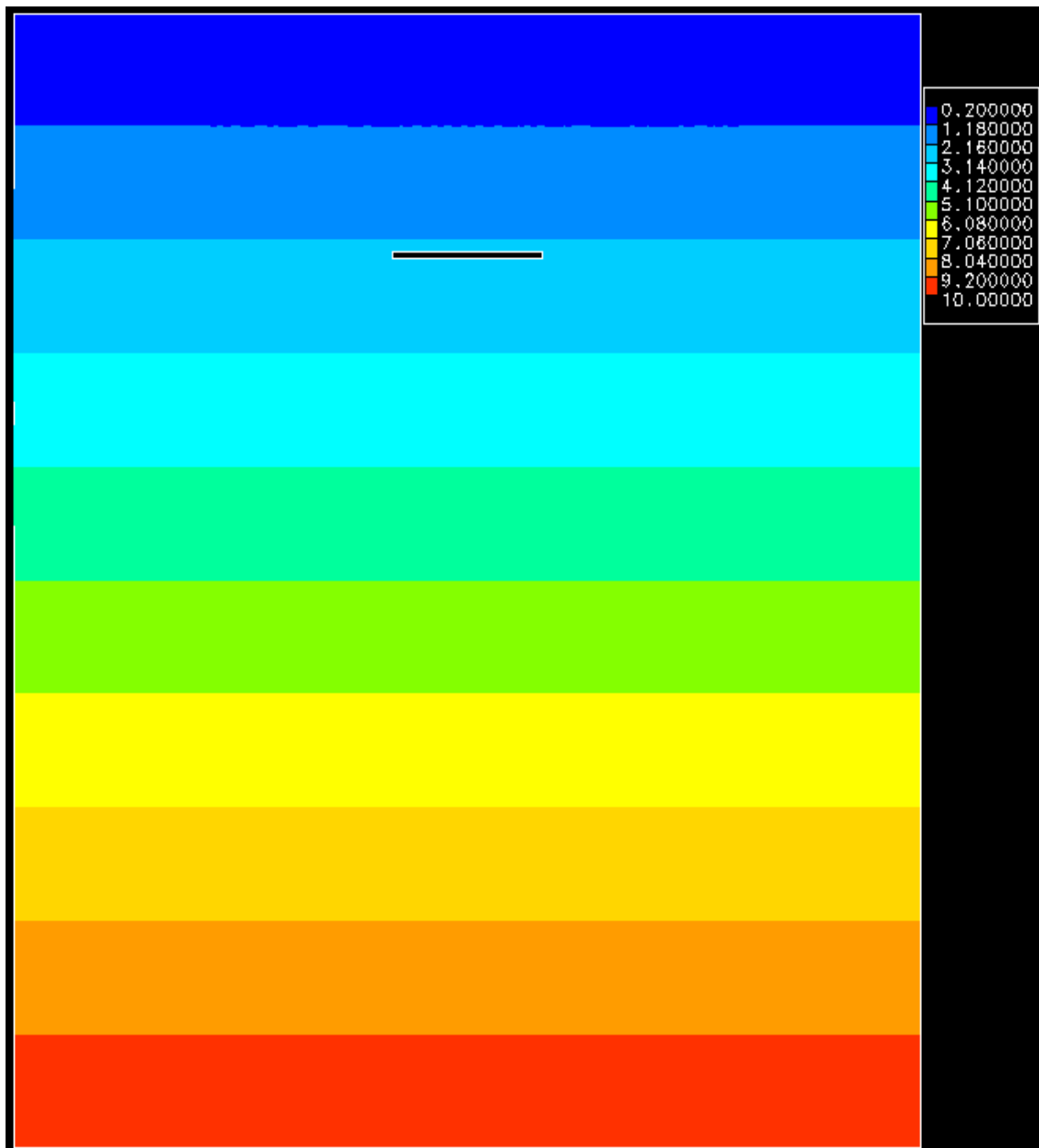
Brise-lames

Dans le cadre du programme LITEAU du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE), le CETMEF associé à l'Université de Technologie de Compiègne, au CETE Méditerranée et au SMNLR, ont modélisé

l'évolution des fonds sableux autour d'un brise-lames de type méditerranéen (sans marée). Trois logiciels étaient couplés. Le premier, REFONDE, pour déterminer le champ de houle et les contraintes de radiation, puis REFLUX pour calculer les courants de houle, et enfin SISYPHE pour le transport sédimentaire. Régulièrement, la bathymétrie était actualisée et on boucle le cycle en relançant les 3 codes en série.

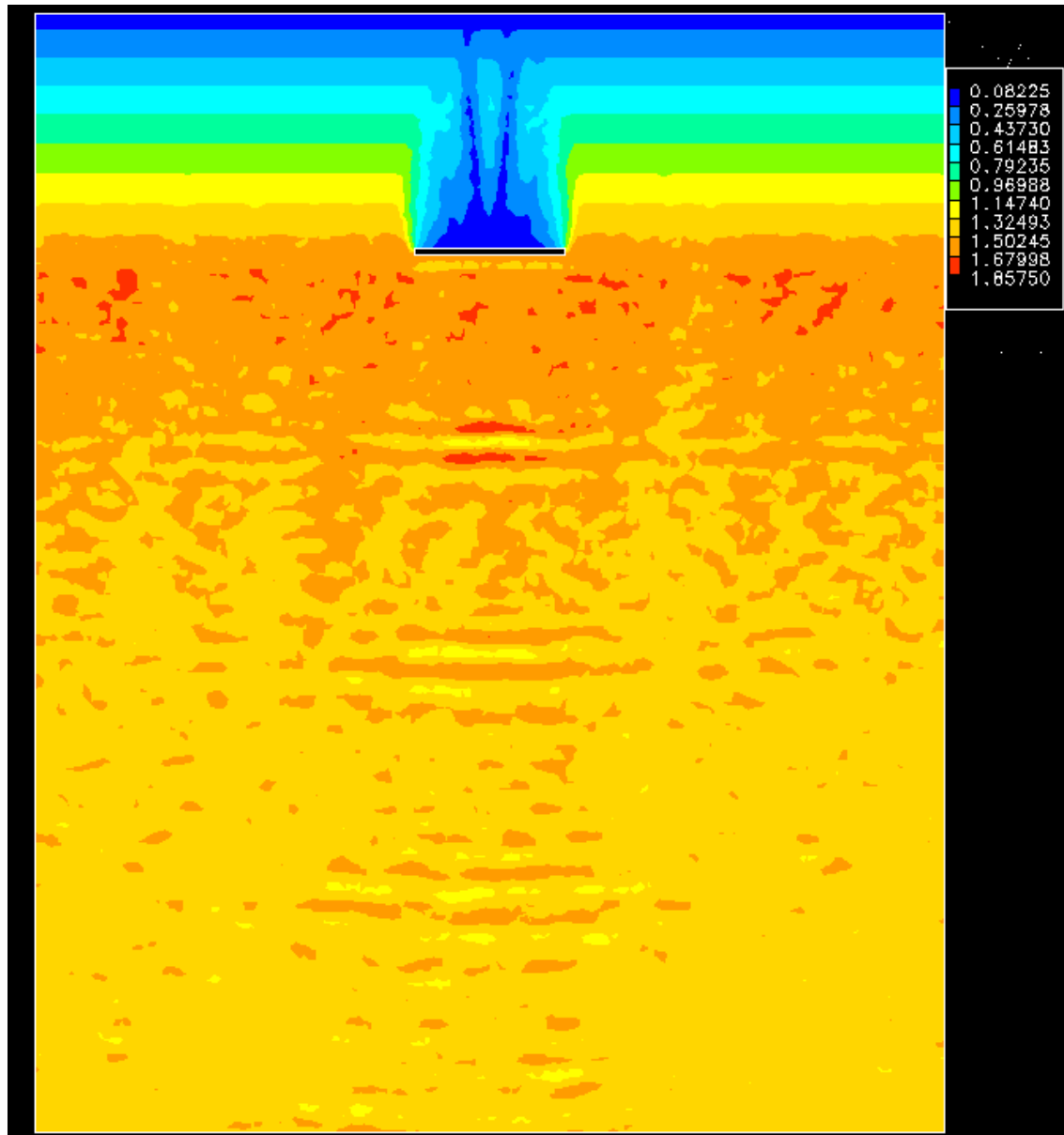
Nous présentons ici deux situations. Un brise-lames non submersible et un autre submersible avec un coefficient de transmission de 0.4. Nous comparons les champs de houles, ainsi que les champs de vitesses obtenus.

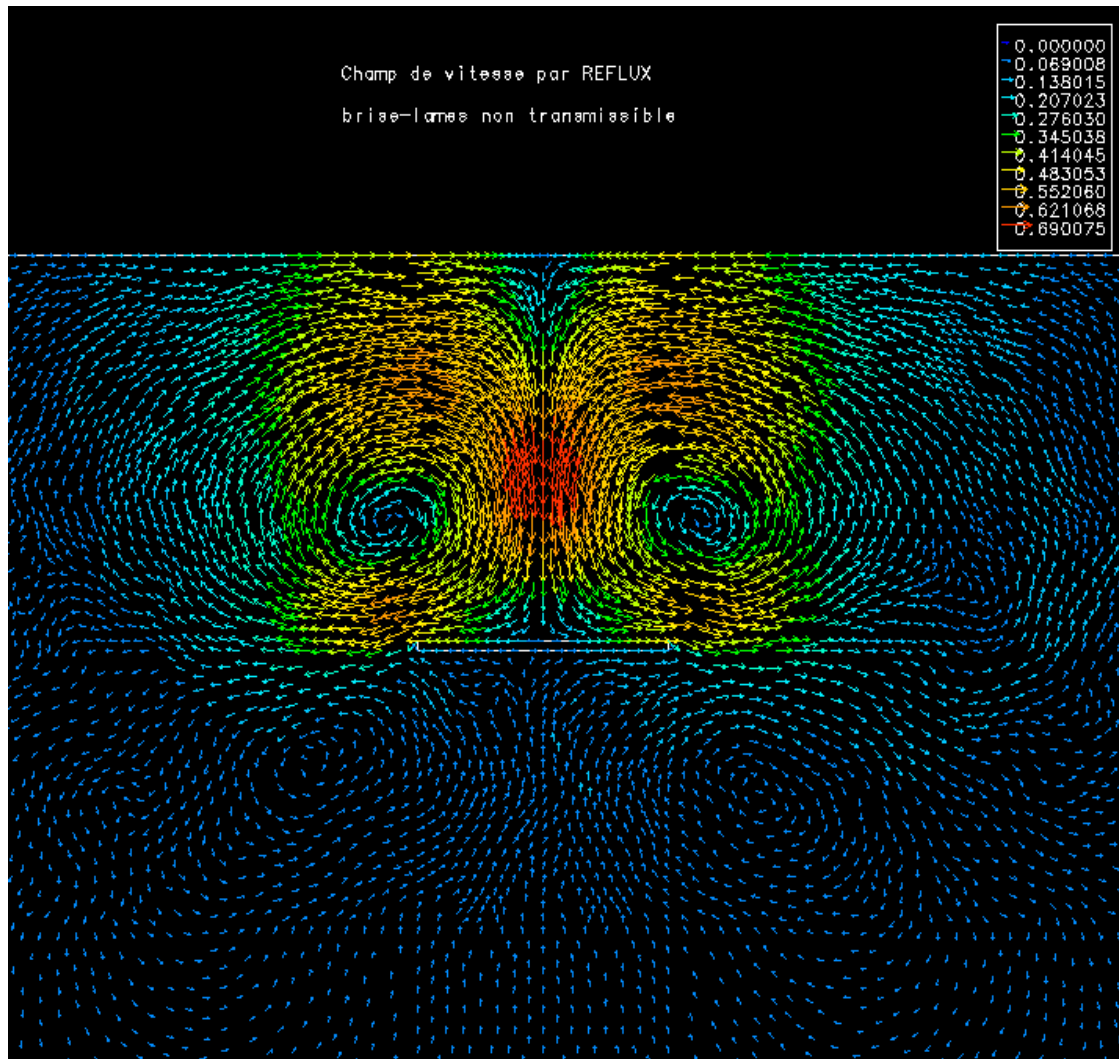
La bathymétrie initiale est très simple, c'est une plage de pente 1.4%, le brise-lame est à une distance de 150 m de la côte et a une longueur de 100 m.



Le maillage est paramétré par la longueur d'onde de façon à raffiner les éléments en haut de plage, la consigne est de 7 noeuds par longueur d'onde. PREFONDE génère ainsi un maillage de 33933 noeuds et 67794 éléments. Un calcul de houle aléatoire a été réalisé. 10 périodes de 4 à 16 s et une direction de 180° par rapport au nord. La période pic est de 7 s, un spectre de Pierson Moskovich ; la hauteur incidente est de 1.5 m. Le maillage, les conditions de houle, le coefficient de réflexion (0.2) et le calage REFLUX sont identiques pour les deux brise-lames.

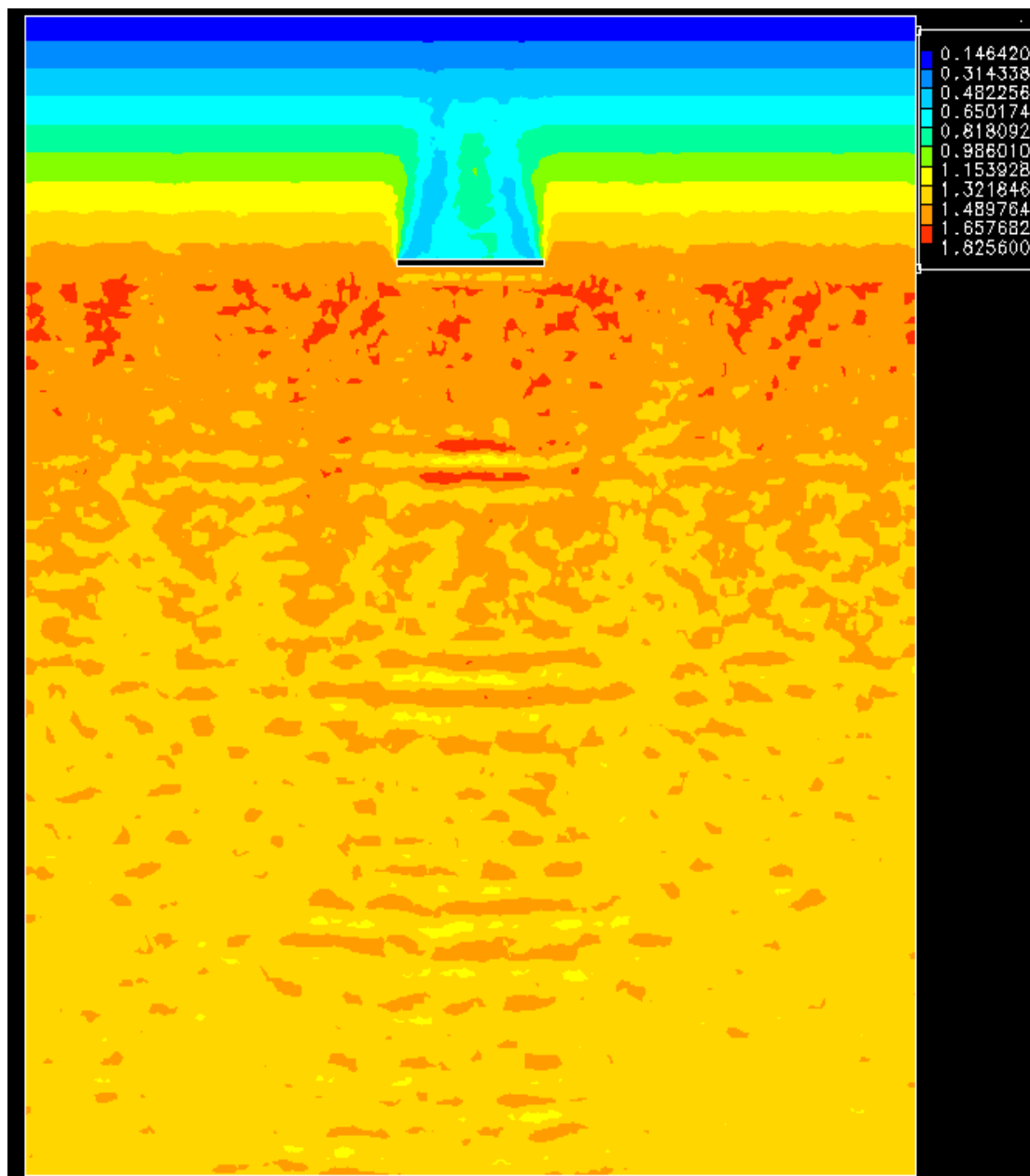
Pour l'ouvrage non submersible, nous avons obtenu les résultats de houle et de courants suivants :

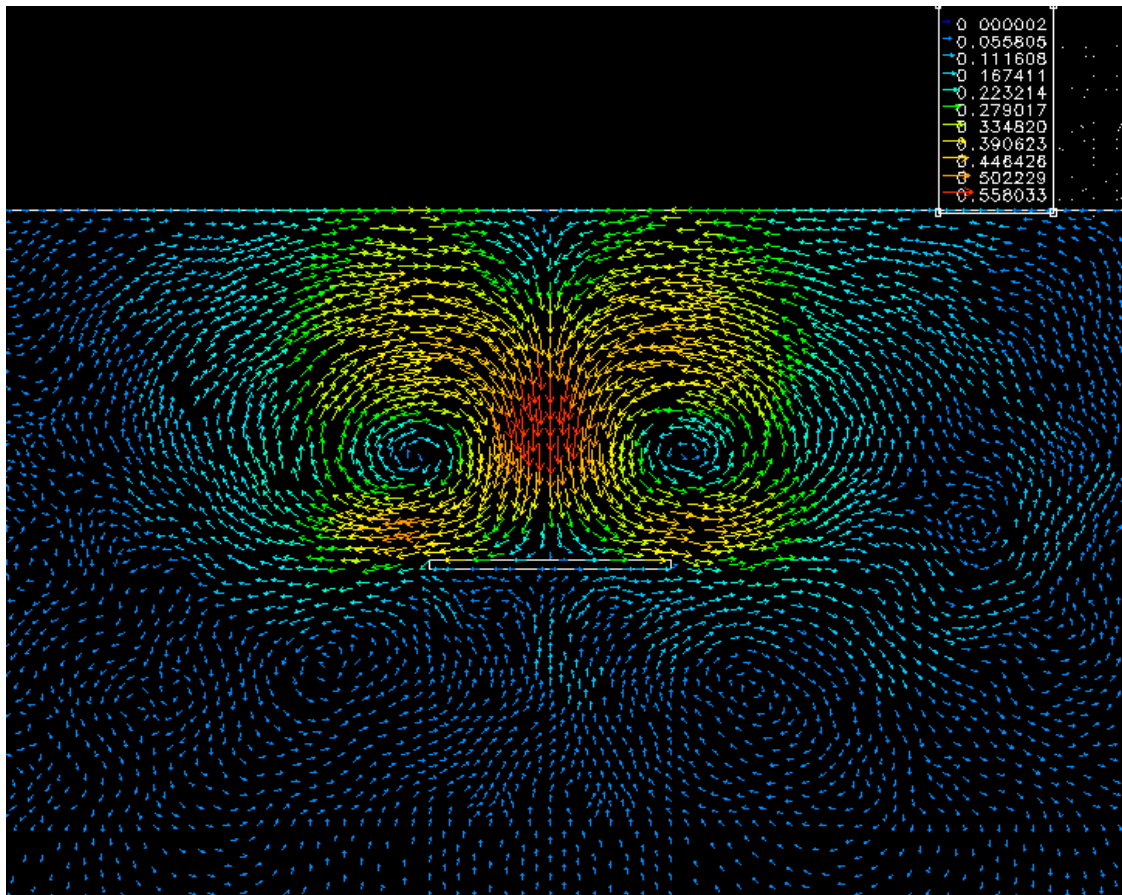




L'ouvrage submersible avec un coefficient de transmission de 0.4, a donné les

résultats suivants :





Le champ de houle diffère assez bien derrière entre les 2 brise-lames. Cela ne modifie cependant pas énormément le champ de vitesses. La vitesse maximale est moins élevée (14 cm/s) pour l'ouvrage submersible, ce qui est normal. On observe très bien la diffraction ainsi que la réfraction de la houle.

12 - Glossaire

Ce glossaire regroupe les notions essentielles qu'il est important de maîtriser lorsqu'on utilise les outils de la chaîne REFLUX. Les définitions proposées pour chaque notion se veulent aussi simples que possibles et mêmes les notions qui peuvent sembler les plus élémentaires sont définies ici.

J'ai voulu illustrer le mieux possible chaque notion soit en donnant des ordres de grandeurs pour des valeurs que l'utilisateur rencontrera tout le temps soit en présentant un schéma clair résumant le principe.

Cette liste n'est bien entendu pas figée et j'attends vos remarques pour redéfinir des notions qui vous semblent encore obscures malgré ce glossaire ou pour tout simplement rajouter des notions importantes que j'aurais passées sous silence.

Equation de Berkhoff

La théorie de la [réfraction](#) pure suppose que la hauteur de la houle sur une même crête varie lentement, ce que l'on exprime en disant qu'il n'y a pas d'échange d'énergie entre les orthogonales.

Cependant, en certains points de convergence de l'énergie, cette hypothèse n'est plus vérifiée, et on doit faire intervenir la [diffraction](#) sur la ligne de crête. Les phénomènes ne sont alors plus monodimensionnels (variation de la hauteur selon la direction orthogonale à la crête uniquement).

Pour modéliser une agitation dans un port, il faut prendre en compte, en plus de ces deux phénomènes, la [réflexion](#) qui est produite par les digues, les quais, etc. Berkhoff (1978) a établi une équation qui permet donc de représenter ces trois aspects de la propagation de la houle. Il existe une forme parabolique, appelée aussi équation de Radder, qui néglige la partie réfléchie.

Pour utiliser l'équation de Berkhoff, il faut faire 2 hypothèses :

- la houle est linéaire : on suppose alors que l'amplitude des mouvements verticaux des particules situés à la surface est suffisamment faible pour que l'on puisse considérer que les conditions cinématique et dynamique à la surface libre sont vérifiées sur le plan fixe constitué par le niveau d'eau au repos. Si on note γ cambrure de la houle (rapport de la hauteur de houle sur la longueur d'onde), k le nombre d'onde, et d la profondeur d'eau, on doit avoir la relation :

$$\frac{\gamma}{th kd} < < 1$$

- la pente des fonds reste faible. Cette hypothèse est à l'origine du second nom de l'équation de Berkhoff que l'on trouve parfois sous le nom de équation de pentes douces. Elle implique que les dérivées de la profondeur par rapport à x et y sont au plus de l'ordre de un. Elle permet ainsi de négliger certains termes lors de l'intégration du Laplacien sur la profondeur.

Moyennant donc ces 2 hypothèses, on obtient l'équation de Berkhoff dont on trouvera la [démonstration](#) dans la notice théorique de REFONDE. Celle-ci s'écrit :

$$c \, c_g \, \text{grad } \Psi + k^2 \, c \, c_g \, \Psi = 0$$

avec c : vitesse de phase

c_g : vitesse de groupe

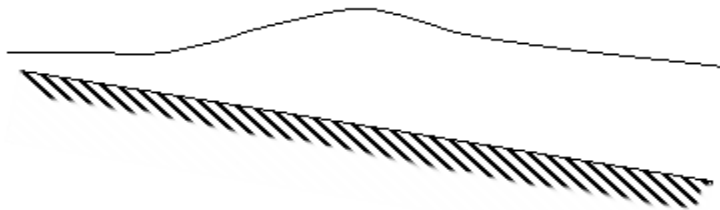
Ψ : potentiel des vitesses

Déferlement

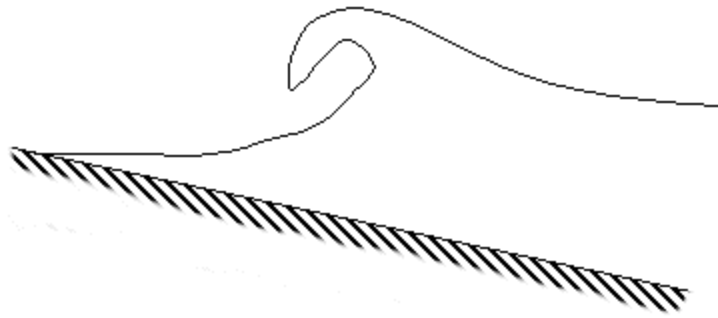
Le déferlement est un processus dissipatif de l'énergie de la houle. Il est conditionné par la cambrure, rapport de la hauteur sur la longueur d'onde de la houle. La cambrure des vagues augmente, au fur et à mesure que la houle se rapproche du rivage, jusqu'à une valeur maximale. Il y a apparition du déferlement lorsque la cambrure atteint cette valeur limite.

Le déferlement engendre un écoulement complexe turbulent. Au large sous l'action du vent, on l'appelle plutôt moutonnement. Près des côtes, on distingue 3 grands types de déferlements, correspondant à des pentes de plages de plus en plus fortes :

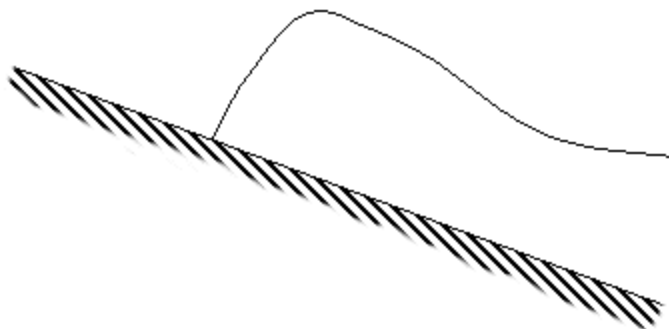
- le déferlement glissant (*spilling*) qui ressemble au moutonnement observé en grande profondeur, la vague s'écroule progressivement sur sa face avant :



- le déferlement plongeant (*plunging*) sur des pentes un peu plus fortes, la vague forme alors des rouleaux, bien connus des surfeurs :



- le déferlement frontal (*surging*), caractéristique des houles longues et des plages très pentues, correspond à une augmentation très importante de la hauteur par shoaling jusqu'à un écroulement brutal formant un front d'onde.



Diffraction

On dit que la houle diffracte dès qu'elle ne se propage plus en ligne droite (par profondeur constante) ou suivant les lois de réfraction (par fonds variables), c'est à dire lorsque la hauteur varie de façon importante le long d'une crête. La diffraction peut s'interpréter comme un processus de transfert d'énergie des zones les plus agitées vers les moins agitées. Ces phénomènes sont d'autant plus marqués que la longueur d'onde est importante vis à vis des dimensions des obstacles rencontrés par la houle.

La diffraction s'accompagne d'effets non linéaires non pris en compte dans l'équation de Berkhoff. Ceux-ci peuvent conduire, derrière un musoir de digue ou un haut fond par exemple, à l'apparition d'harmoniques, c'est à dire d'ondes de fréquences multiples de celle incidente, ou encore de périodes sous multiples de celle incidente. Leur amplitude est toutefois généralement faible et elles sont en fait de peu d'importance dans la pratique.

Dans [la notice de validation](#) de REFONDE, le cas test de l'île circulaire montre

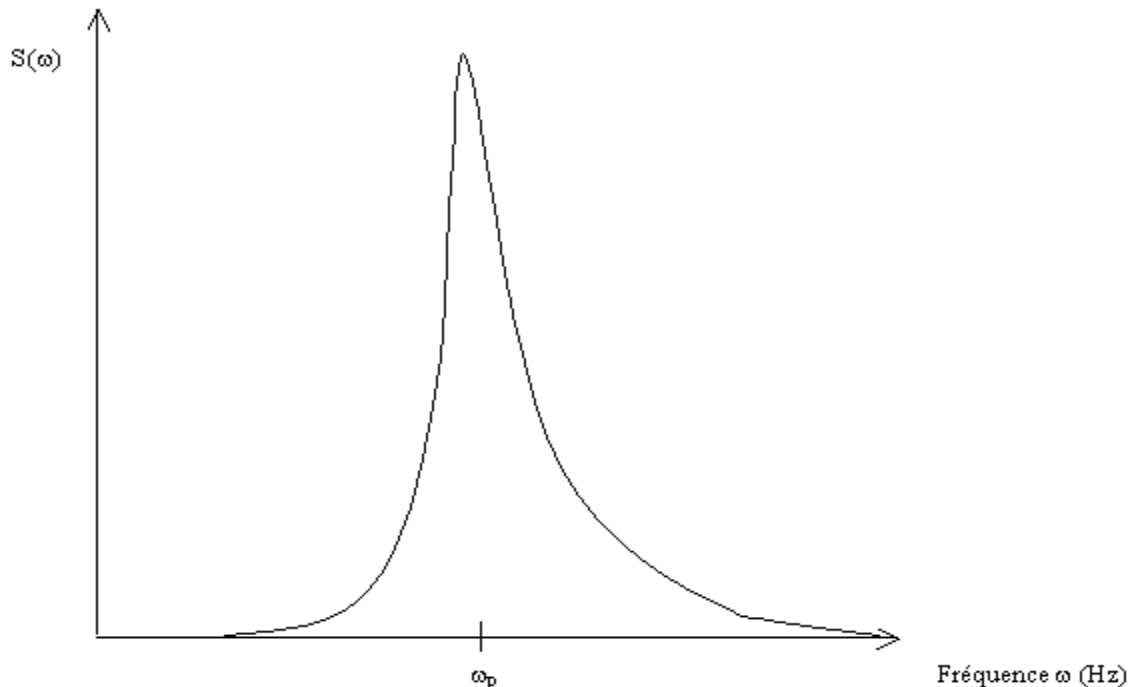
que la diffraction est très bien représentée, comparativement à la solution analytique qui est également calculée. Par ailleurs les résultats (non présentés dans la notice) sur une jetée semi-infinie ainsi que sur une brèche sont également concluants.

Eléments finis

REFONDE utilise la méthode des éléments finis. Elle consiste ici à décomposer le domaine selon des éléments à 2 ou 3 nœuds que l'on note L2 et T3. Cette décomposition est réalisée par le mailleur. L'ensemble des éléments L2 coïncident avec les frontières du domaine d'étude, c'est en particulier sur eux que s'appliquent les conditions aux limites. On en distingue 4 principales : ouvert en entrée, ouvert en sortie, réfléchissant, réfléchissant – transmissible. Les T3 sont des triangles constitués de 3 nœuds, un à chaque sommet. Il existe en effet dans la méthode des éléments finis des triangles à 6 nœuds (T6) qui possèdent par rapport aux T3 un nœud supplémentaire situé au milieu de chaque côté du triangle.

Les variables inconnues sont approximées, grâce à des fonctions d'interpolation calculées en chaque nœud, sur chaque éléments. L'équation aux dérivées partielles de Berkhoff est ensuite transformée en équations algébriques. Un système matriciel de la forme $[K] \{U\} = \{F\}$ est ainsi obtenu et résolu par la méthode directe de Gauss. La matrice globale est stockée en ligne de ciel.

Une houle irrégulière est définie par un spectre, représentant la répartition de l'énergie en fonction de la fréquence. On parle de fréquence ou période pic, la fréquence ou période pour laquelle l'énergie est maximale. La figure ci-dessous montre un exemple de spectre simple.



Il existe plusieurs formulations mathématiques de spectre approché. Parmi les plus connus, citons les spectres de Pierson Moskowitz (1964) et les spectres de Jonswap (1973). Le premier étant un cas particulier du second (le facteur de réhaussement du pic $\gamma=1$) dans la formule ci-dessous :

$$S(\omega) = \alpha H_s^2 T_p^{-4} \omega^{-5} \exp[-1.25(T_p \omega)^{-4}] \gamma \exp \frac{-(T_p \omega - 1)^2}{2\sigma^2}$$

T_p étant la période pic, H_s la hauteur significative de houle.

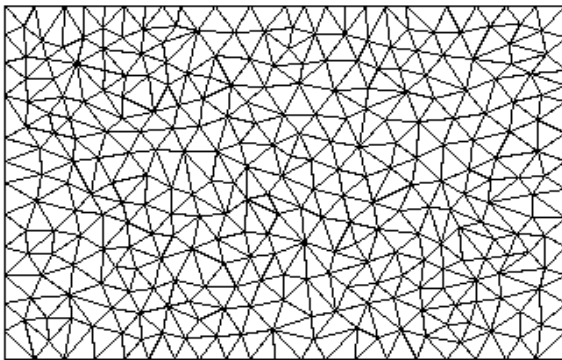
Maillage

Le maillage est l'opération qui consiste à découper le domaine d'étude en un nombre fini de sous-domaines appelés éléments. Le mailleur s'appelle DUNES et est intégré dans PREFONDE.

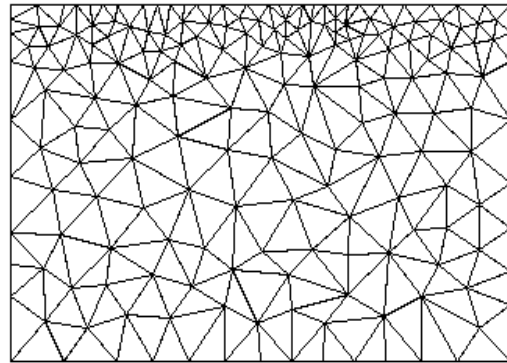
Le mailleur propose 2 méthodes : la première applique une consigne d'aire maximale pour l'élément, tandis que la seconde dite "paramétrée par la longueur d'onde" va raffiner le maillage dans les zones peu profondes.

Ci-dessous un exemple de maillage selon les 2 méthodes d'une plage de pente uniforme (le haut de plage est située sur la partie supérieure)

Maillage par aire maximale



Maillage paramétré par longueur d'onde



Monochromatique

Une houle monochromatique est définie par une période, une hauteur ou un amplitude, et une direction de propagation. L'amplitude est égale à la moitié de la hauteur.

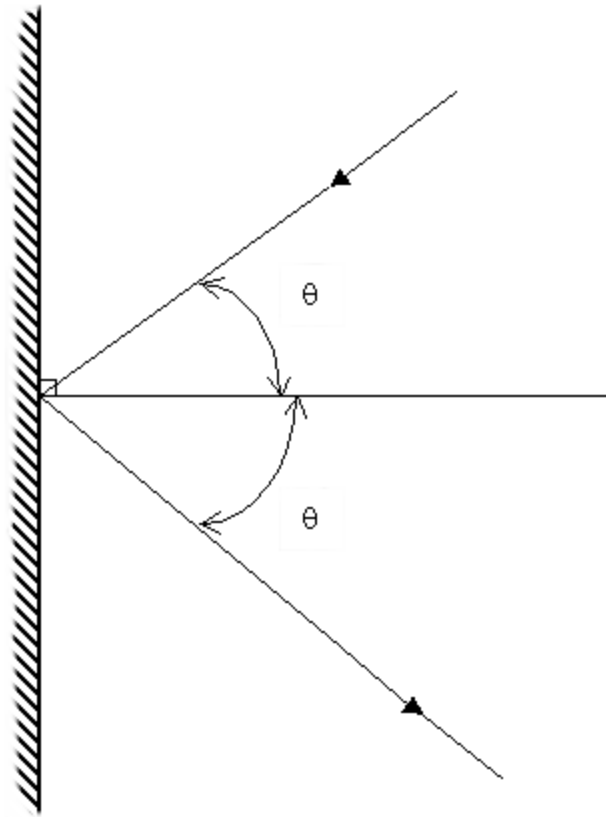
Ces caractéristiques sont données comme condition aux limites sur le bord ouvert en entrée dans le modèle pour définir la houle incidente. On parle aussi de houle régulière.

Dans la réalité, la houle n'est pas monochromatique, c'est à dire constituée d'une seule onde de période T , d'amplitude H et de direction ψ , mais d'une combinaison de plusieurs ondes.

Réflexion

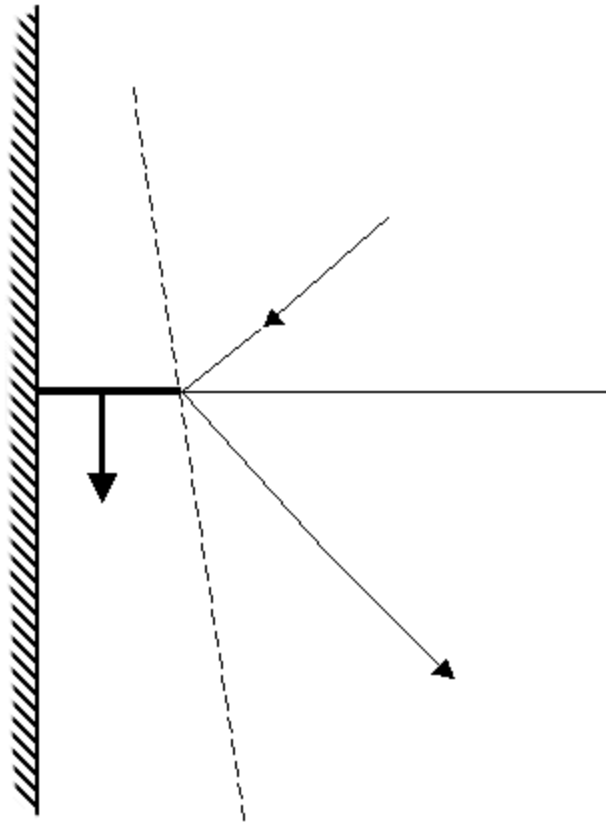
Lorsqu'une onde arrive sur un obstacle (quai, digue, talus, plage) il apparaît une

onde réfléchi d'amplitude inférieure ou égale à celle de l'onde incidente. Conformément aux lois de Descartes de l'optique géométrique, le rayon d'onde réfléchi est symétrique de l'incident par rapport à la normale à la paroi, ce qu'illustre le schéma suivant :



Lorsque l'angle d'incidence θ devient important, l'onde réfléchi tend à courir le long des ouvrages. Dans certains cas, et ce même pour des parois verticales, on voit apparaître une réflexion en avant de la paroi et une crête perpendiculaire à celle-ci court le long du mur. Ce phénomène, connu sous le

nom d'onde de Mach, est illustré par la figure suivante :

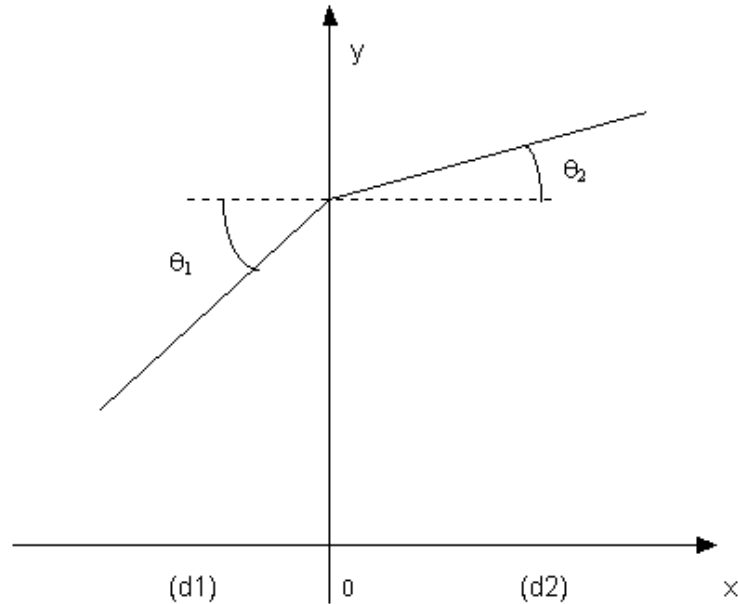


Il existe des abaques pour déterminer le coefficient de réflexion d'une paroi. Celui-ci dépend de nombreux paramètres comme la pente, la rugosité de l'obstacle ; il peut également varier en fonction de la période de la houle.

Réfraction

La propagation de la houle obéit à la physique ondulatoire, comme pour celle de la lumière. On retrouve par conséquent des phénomènes similaires comme la réfraction, la [diffraction](#) ou la [réflexion](#).

Un exemple simple, considérons une houle qui se propage dans un milieu partagé en deux demi-plans de profondeurs différentes mais constantes, comme ci-dessous :



On retrouve la loi de Descartes de la réfraction en optique géométrique, avec C la célérité de l'onde :

$$\frac{\sin \theta_1}{c_1} = \frac{\sin \theta_2}{c_2}$$

La diffraction apparaît surtout dans les zones de faibles profondeurs, où la célérité c décroît avec la profondeur. L'exemple ci-dessous présente un résultat de calcul de réfraction pure sur un cas réel.

