

EPFL Introduction à iber

Christophe Ancey



Plan de la séance

- Introduction à Iber : architecture, principes, interface
- exemple 1 : écoulement sur un plan incliné
 1. définir la géométrie d'écoulement (directement dans iber)
 2. entrer les données générales du problème
 3. assigner les conditions initiales
 4. introduire les conditions aux limites
 5. assigner une rugosité
 6. créer le maillage : maillage structuré et déstructuré
 7. lancer le calcul
 8. analyse les résultats
- exemple 2 : étude de la Navisence à Zinal

Iber ?

Iber est un modèle numérique bidimensionnel pour la simulation d'écoulements d'eau (à surface libre) et de processus de transport dans les rivières et les estuaires. Il est principalement fondé sur les équations de Saint Venant. Il a été développé en Espagne par le *Groupe Ingénierie de l'Eau et de l' Environnement*, GEAMA (Université de La Corogne) et l'Institut FLUMEN (Université Polytechnique de Catalogne), et le *Centre international des méthodes numériques en ingénierie* (CIMNE). Le modèle Iber fut initialement pensé comme une réponse aux besoins du Centre d'études hydrographiques (CEDEX) qui souhaitait disposer d'un outil numérique pour les études hydrauliques réglementaires en Espagne.

Le modèle Iber peut être téléchargé gratuitement à partir de ce site <http://iberaula.es>. Le site fournit des cours en ligne (payants, en espagnol) et un forum. Le site est en espagnol, avec des parties en anglais. Le logiciel est en espagnol/anglais (au choix).

L'avantage d'Iber par rapport à d'autres solutions est triple : (i) puissant outil d'import et de maillage, (ii) algorithmes de traitement performants et correspondant aux techniques les plus avancées, (iii) un outil tout-en-un qui permet d'aller du pré-traitement au post-traitement.

Iber ?

Outre un code bidimensionnel de résolution numérique des équations de Saint-Venant, Iber possède des modules supplémentaires :

- turbulence moyennée (adaptation de modèles empiriques de Manning-Strickler, parabolique, et longueur de mélange, $k-\epsilon$)
- transport de sédiment (charriage et suspension) avec prise en compte de formules empiriques (Meyer-Peter et Müller, van Rijn, Egelung et Fredsoe) et suspension (van Rijn, Smith et McLean, Ariathurai)

Iber peut résoudre les types de problèmes suivants :

- hydrodynamique des cours d'eau, canaux, et aménagements hydrauliques (prise en compte d'ouvrages tels que vannes, ponceaux, seuils). Attention Iber ne sait pas calculer des mises en charge locale : c'est un code à surface libre !
- rupture de barrage, avec formation de brèche et propagation de crue
- étude du transport de sédiment
- étude de la qualité des eaux
- zonages réglementaires
- problèmes de ruissellement et d'inondation, drainage, infiltration
- calcul de vagues dues au vent

Iber ?

Iber est un code aux volumes finis avec des maillages fixes structurés ou déstructurés composés de triangles ou quadrangles. Il résout les équations de Saint-Venant (et d'Exner) dans un référentiel cartésien à l'aide d'un solveur de Roe (ordre 1 et 2 en espace, explicite en temps). Il est capable de détecter les chocs, les interfaces sec/mouillé, et les changements de régime super- et sub-critique.

Les géométries peuvent être créées au sein d'Iber ou bien être importées (avec une grande variété de formats).

La méthode aux volumes finis employée par Iber est écrite dans l'article : Cea, L., and E. Bladé, A simple and efficient unstructured finite volume scheme for solving the shallow water equations in overland flow applications, *Water Resources Research*, 51, 5464-5486, 2015. Voir également la documentation technique du logiciel.

Architecture d'Iber

Comme pour tous les codes de calcul numériques modernes, l'utilisation d'Iber se fait classiquement en suivant trois étapes :

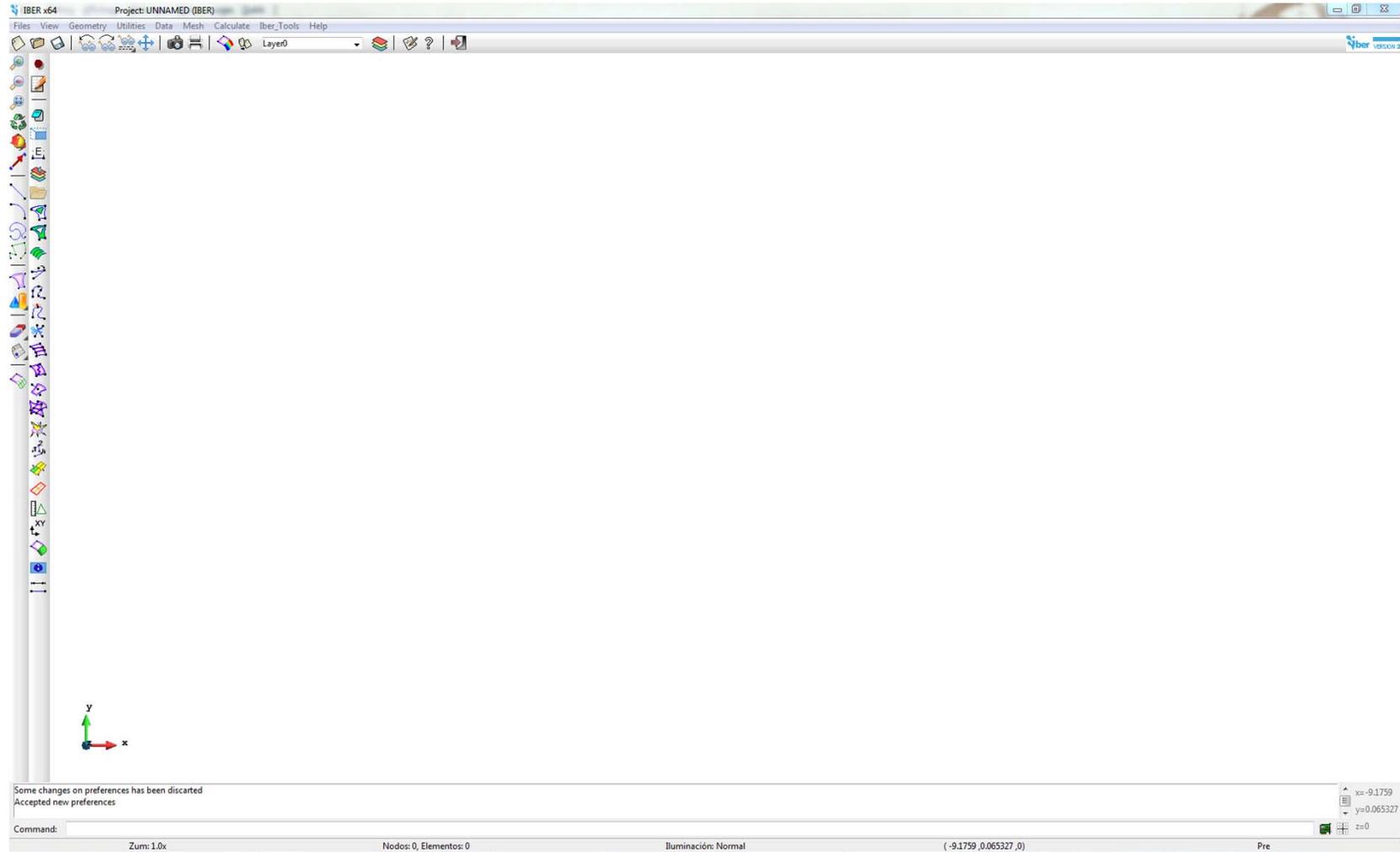
1. *Prétraitement* («preprocess») :

- On définit ou on importe la géométrie à étudier.
- On précise le type de problème (hydrodynamique, transport de sédiment), la durée du calcul, les temps auxquels il faut conserver les résultats numériques, et les paramètres de calcul (CFL, type de solveur, etc.).
- On assigne les conditions initiales, les conditions aux limites, et la rugosité locale.
- On génère un maillage à partir de la géométrie

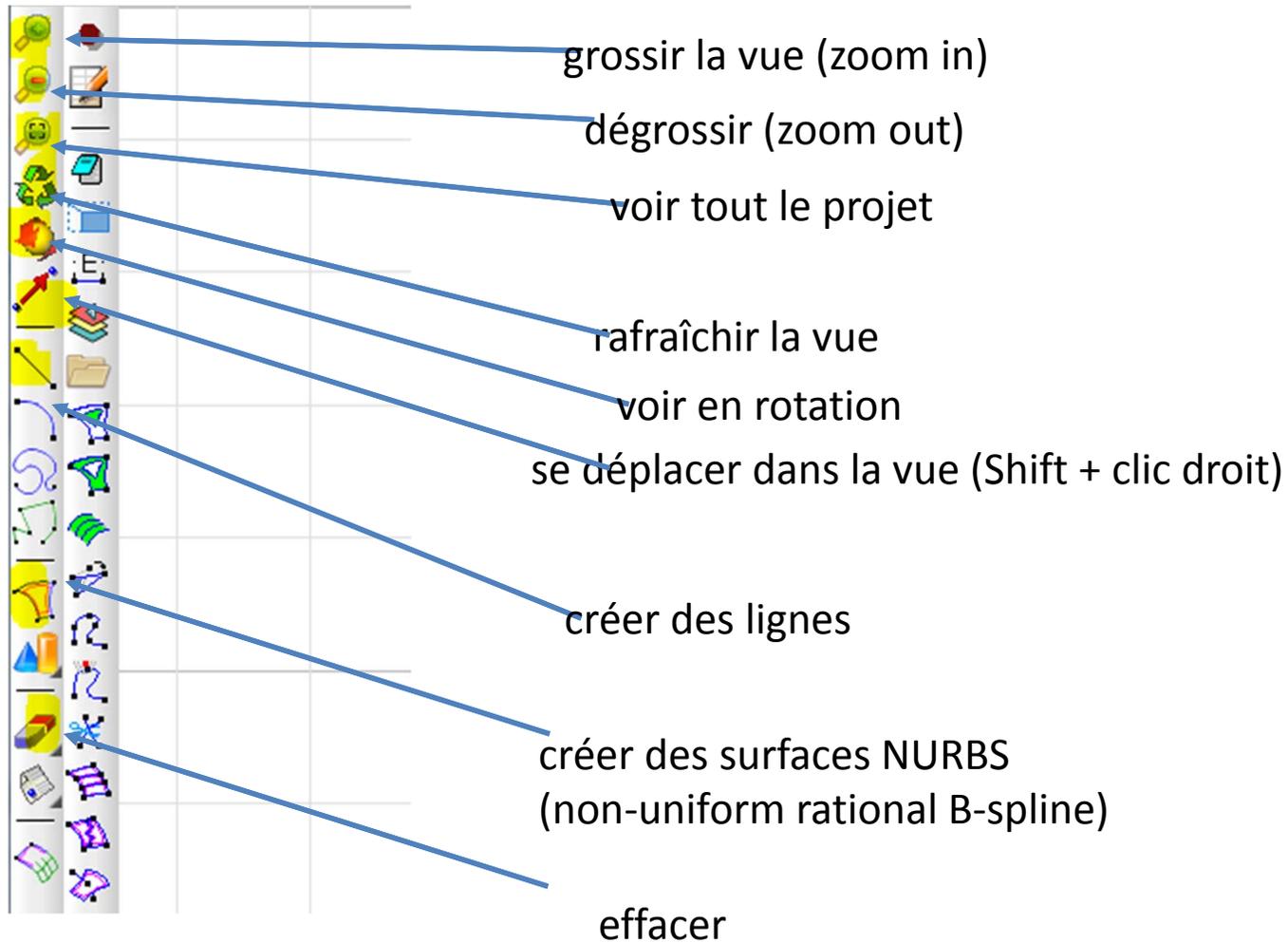
2. *Calcul* : le calcul est réalisé par un exécutable qui tient compte des paramètres entrés.

3. *Post-traitement* («postprocess») : on peut représenter les variations spatiales et temporelles des variables d'intérêt (vitesse, Froude, hauteur, etc.), créer des animations vidéos, exporter les données et graphes au format souhaité, ou réaliser des analyses assistées par ordinateur (p.ex. cartographie du danger).

Présentation de l'interface en prétraitement

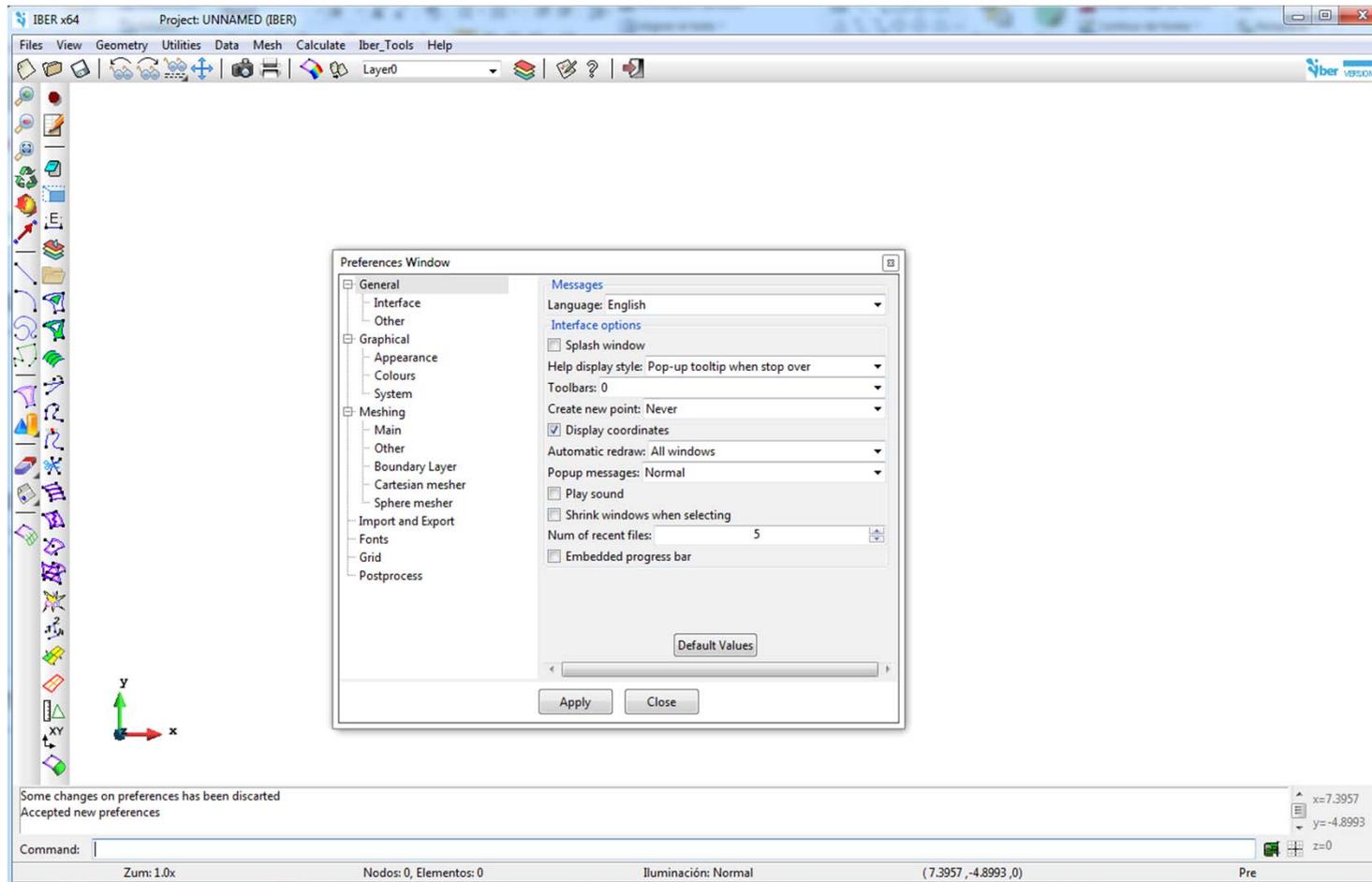


Présentation de l'interface



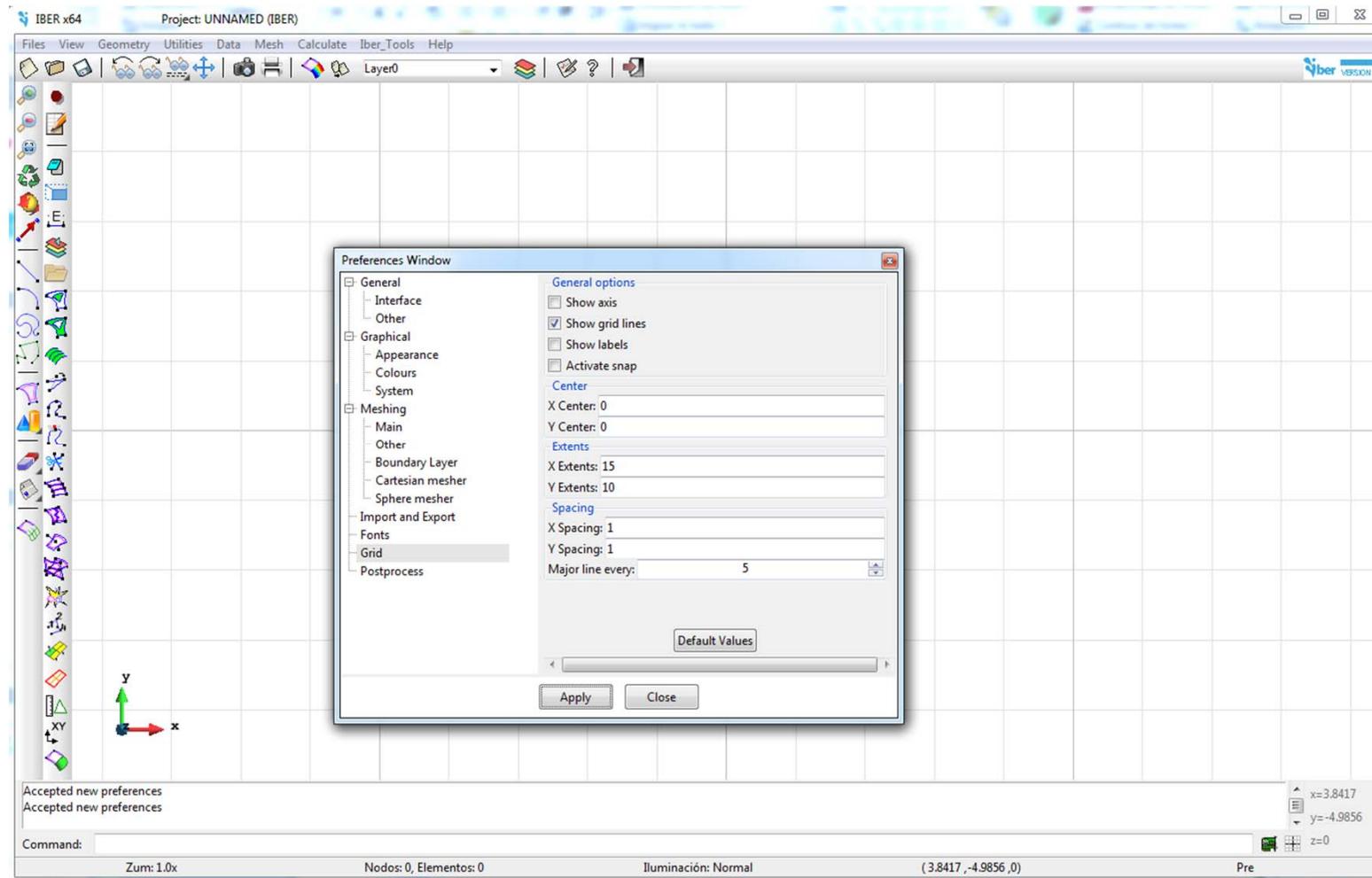
Présentation de l'interface

interface est personnalisable depuis Utilities > Preferences



Présentation de l'interface

exemple depuis Utilities > preferences > Grid, on peut afficher une grille

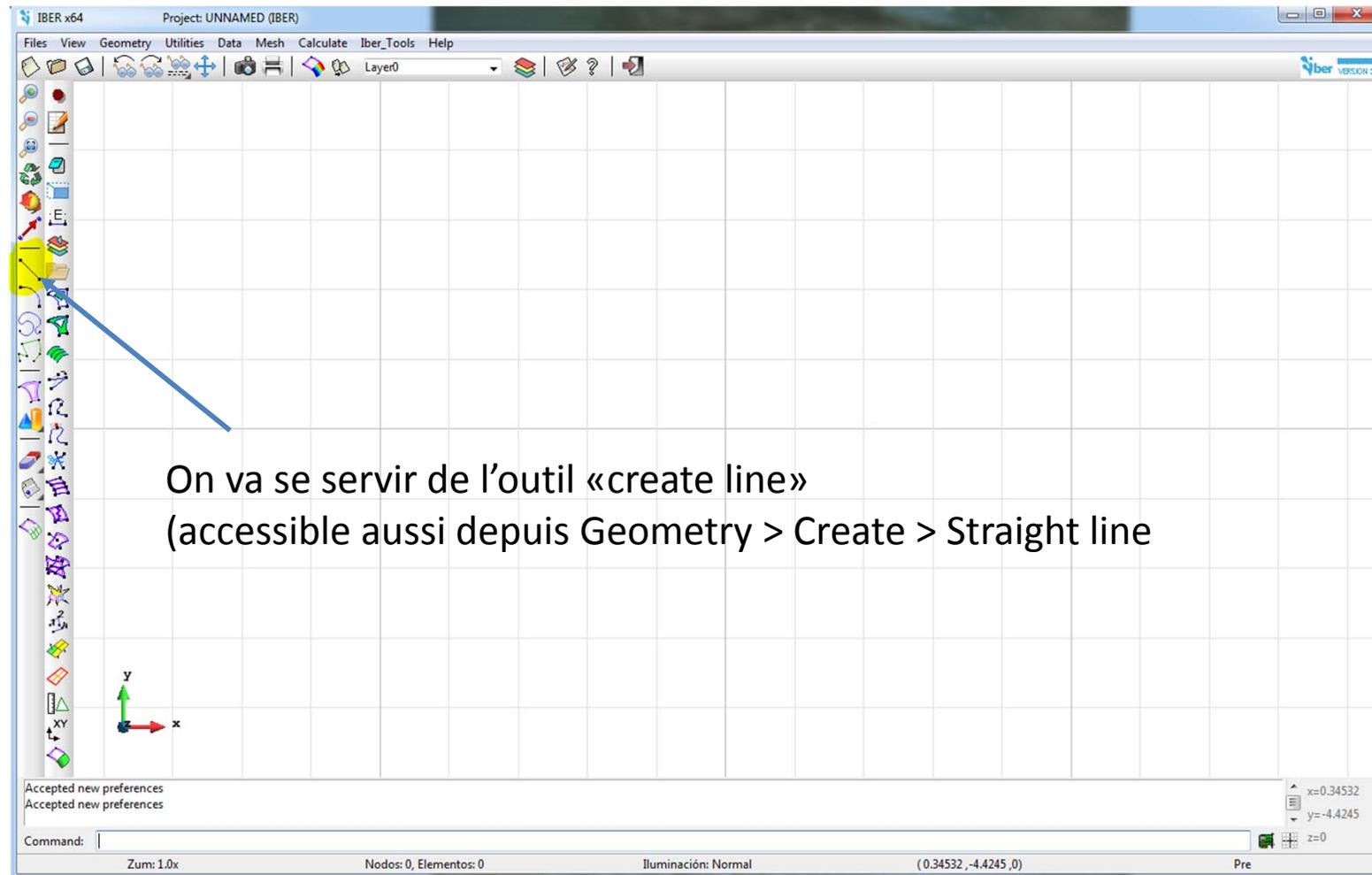


Exemple 1 : création d'une géométrie



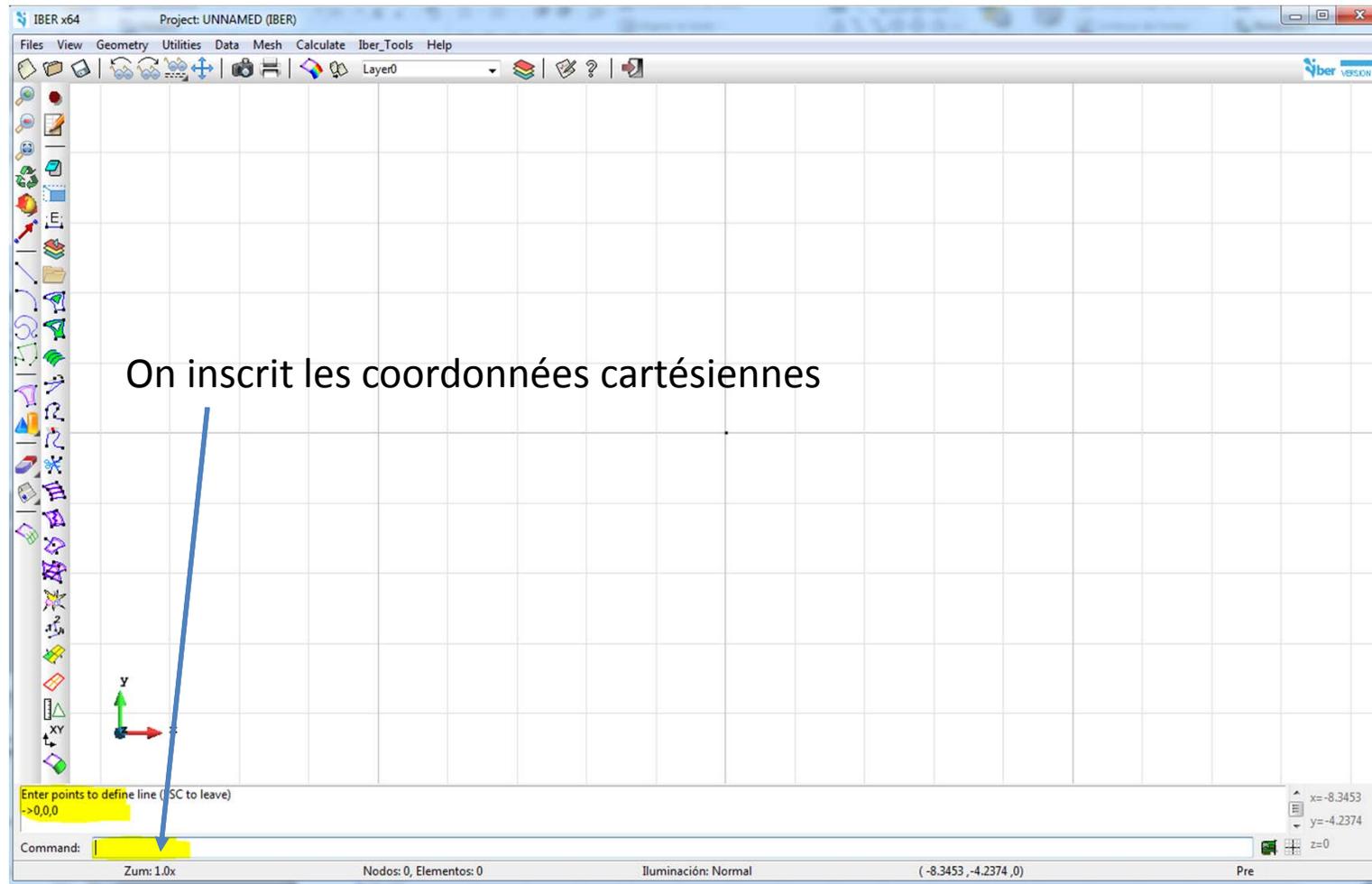
Création de la géométrie

On va créer un canal incliné de 1 %, long de 100 m, et large de 5 m



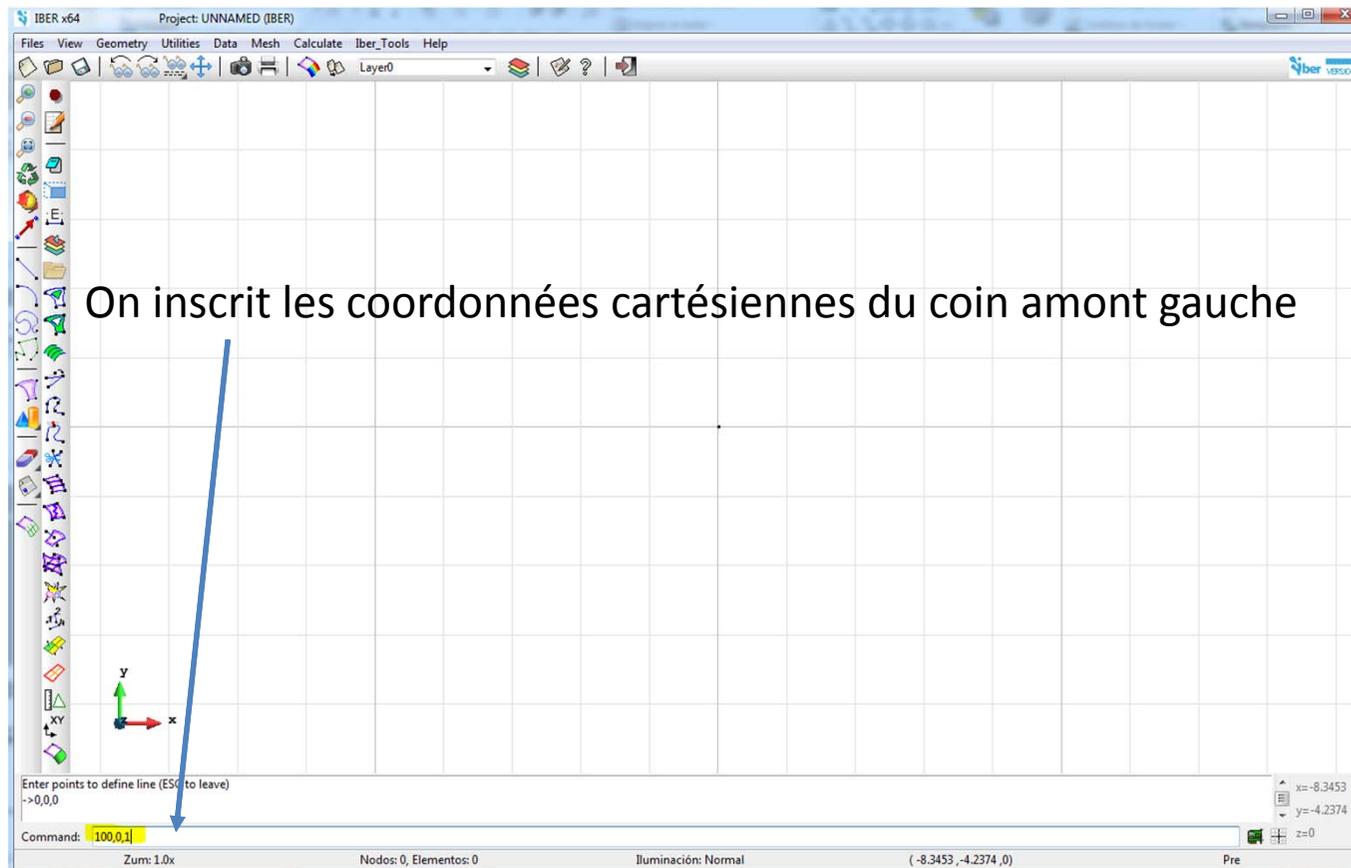
Création de la géométrie

À la fenêtre du bas, on tape les coordonnées 0,0,0 du coin aval gauche du canal, puis appuie sur la touche «Enter»



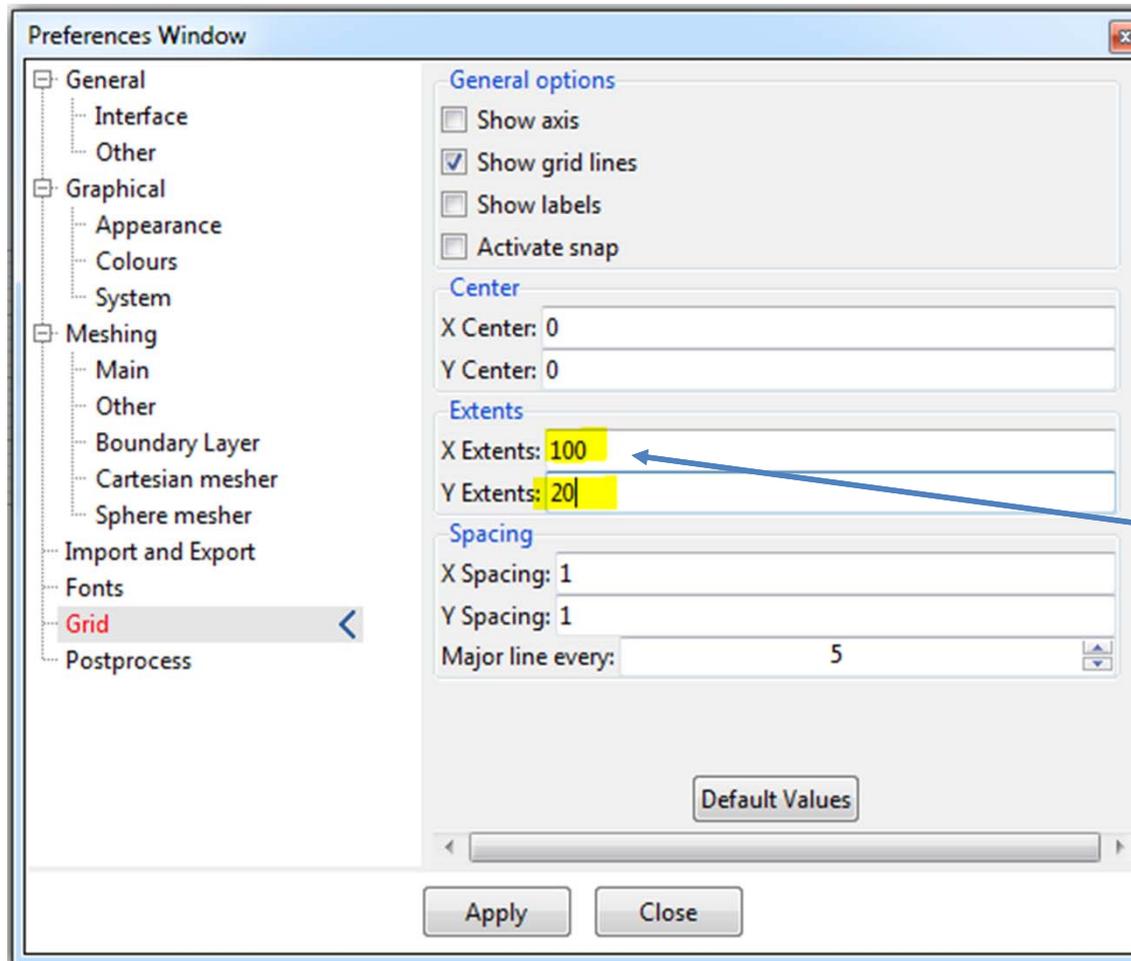
Création de la géométrie

On inscrit les coordonnées du point amont gauche, et comme la pente est de 1 %, il est situé à la cote relative $0,01 \times 100 = 1$ m. On inscrit donc 100,0,1 comme coordonnées. Une fois que cela est fait, on appuie sur la touche «Enter», puis «ESC» pour terminer la saisie.



Création de la géométrie

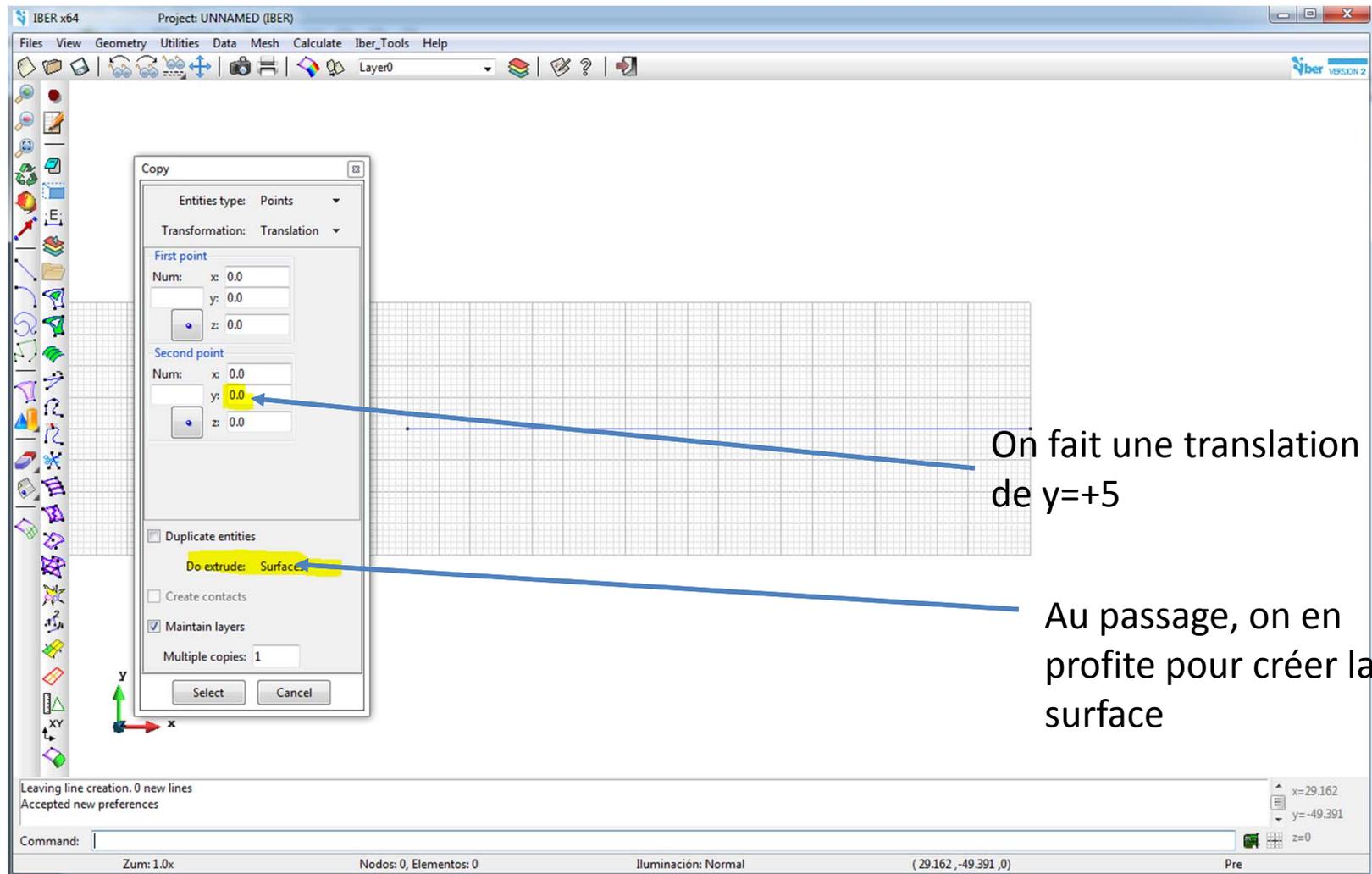
La ligne s'affiche. Cliquez sur l'outil «Zoom frame» pour voir l'objet. Comme la grille est trop petite, on peut revoir ses paramètres dans Utilities > Preferences > Grid



On modifie les valeurs

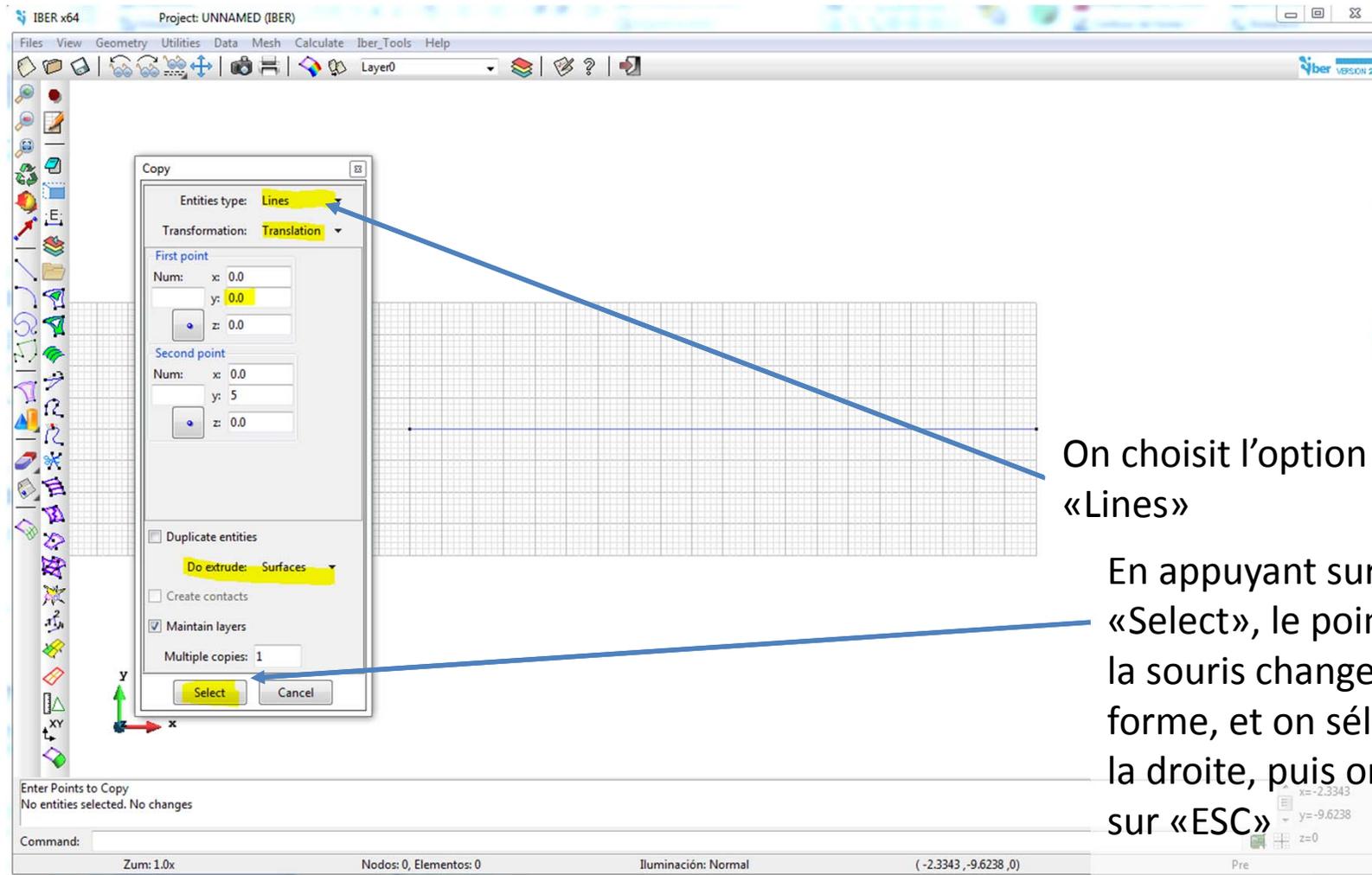
Création de la géométrie

On peut procéder de la même façon pour générer les autres lignes qui forment le canal. On va ici procéder différemment avec l'outil «Copy» du menu «Utilities»



Création de la géométrie

On utilise l'outil «Copy» du menu «utilities», avec la possibilité de créer directement la surface à mailler.

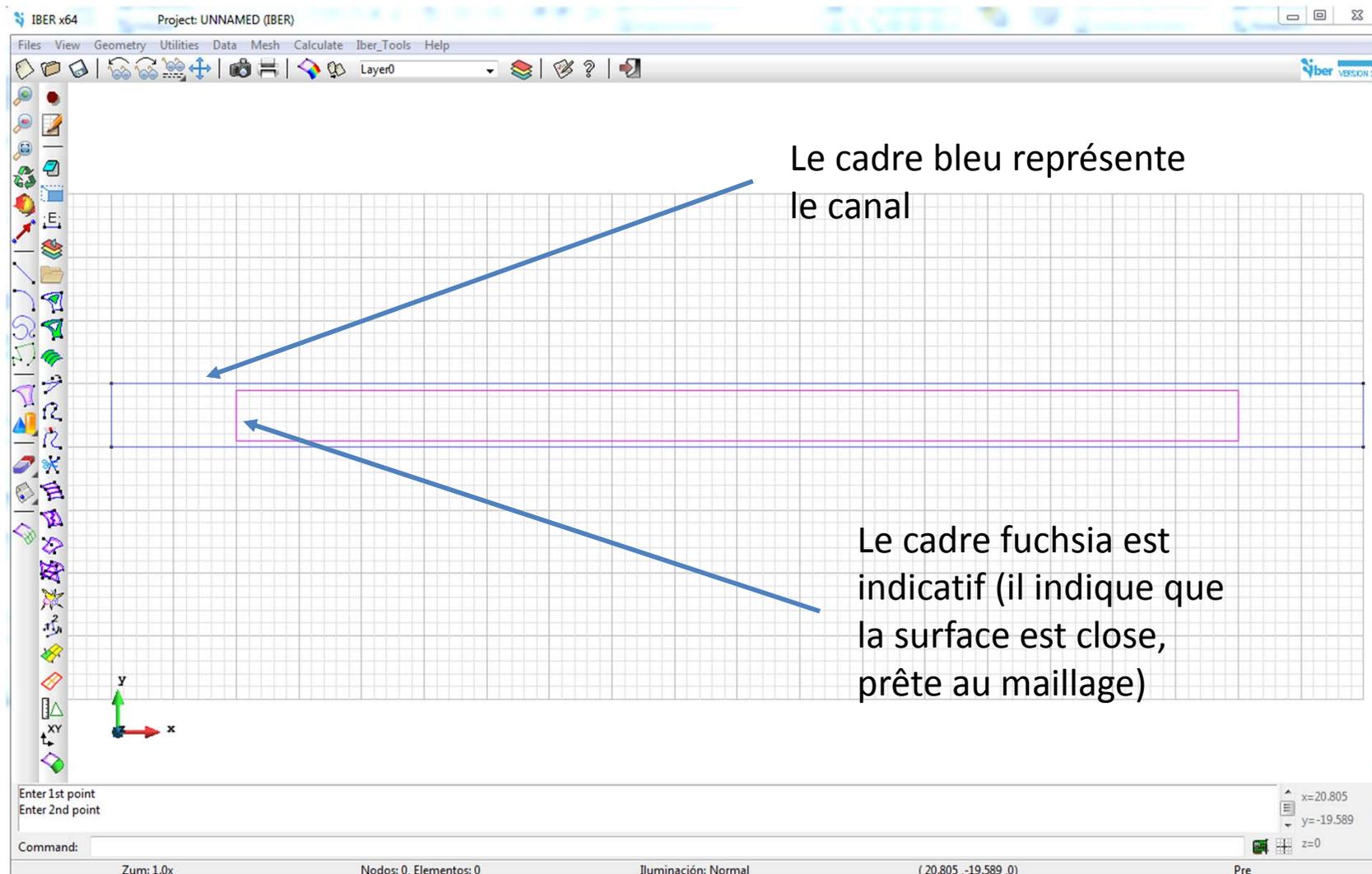


On choisit l'option «Lines»

En appuyant sur «Select», le pointeur de la souris change de forme, et on sélectionne la droite, puis on tape sur «ESC»

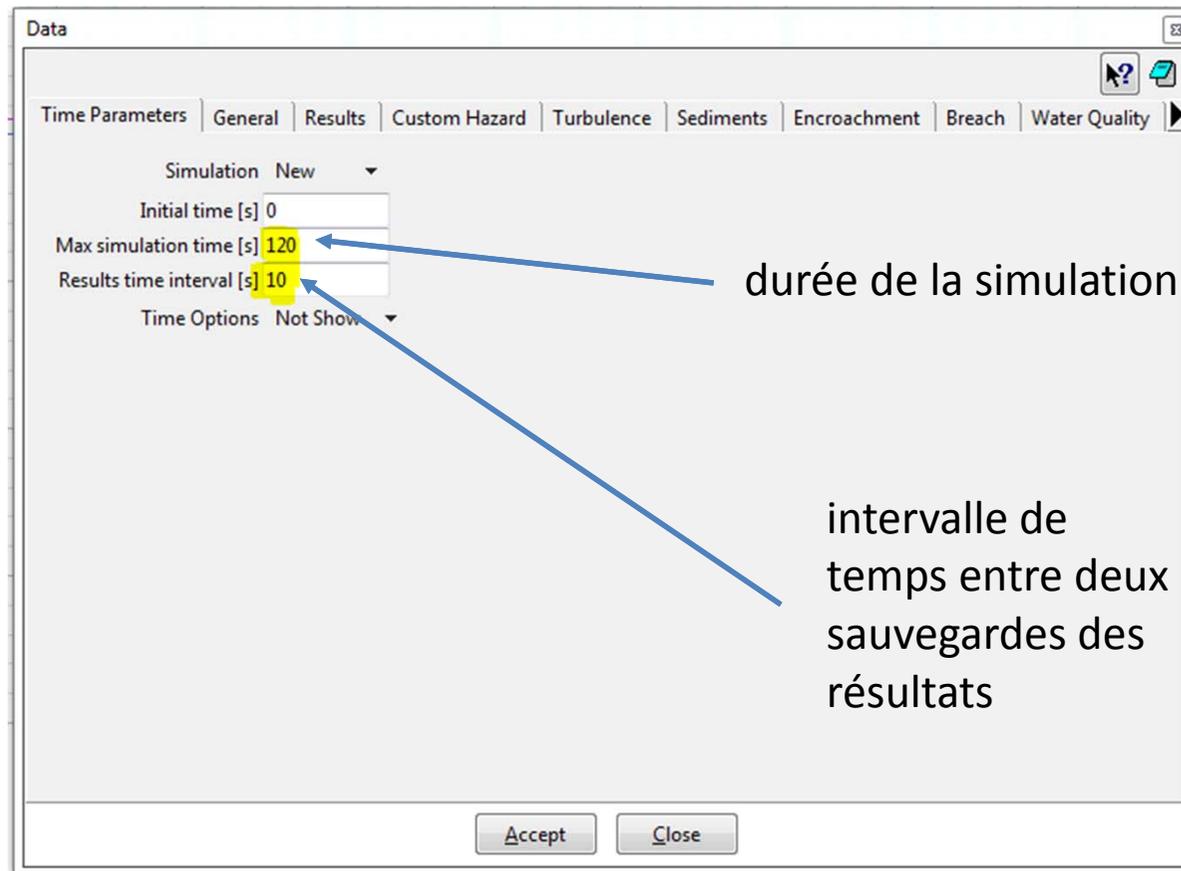
Création de la géométrie

On obtient ainsi la forme du canal, prête à être utilisée pour le calcul.



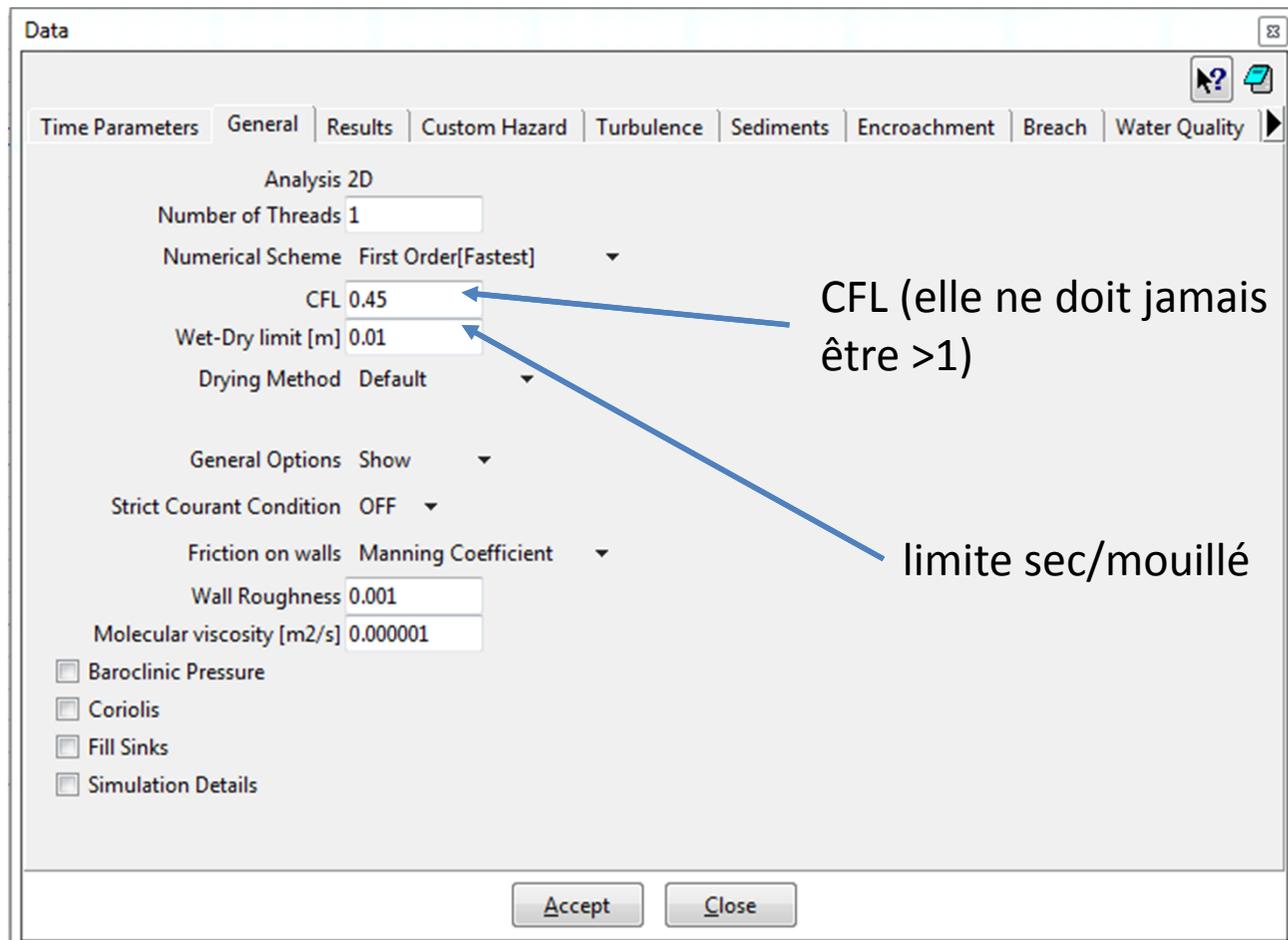
Paramètres du calcul

On va étudier un problème où on lâche un flux d'eau à débit constant $Q = 500 \text{ l/s}$. On fixe la durée de la simulation à 2 min (120 s). Pour cela on va dans la menu Data > Problem data... Une fenêtre s'ouvre : on entre les données. On sauvegarde les données toutes les 10 s.



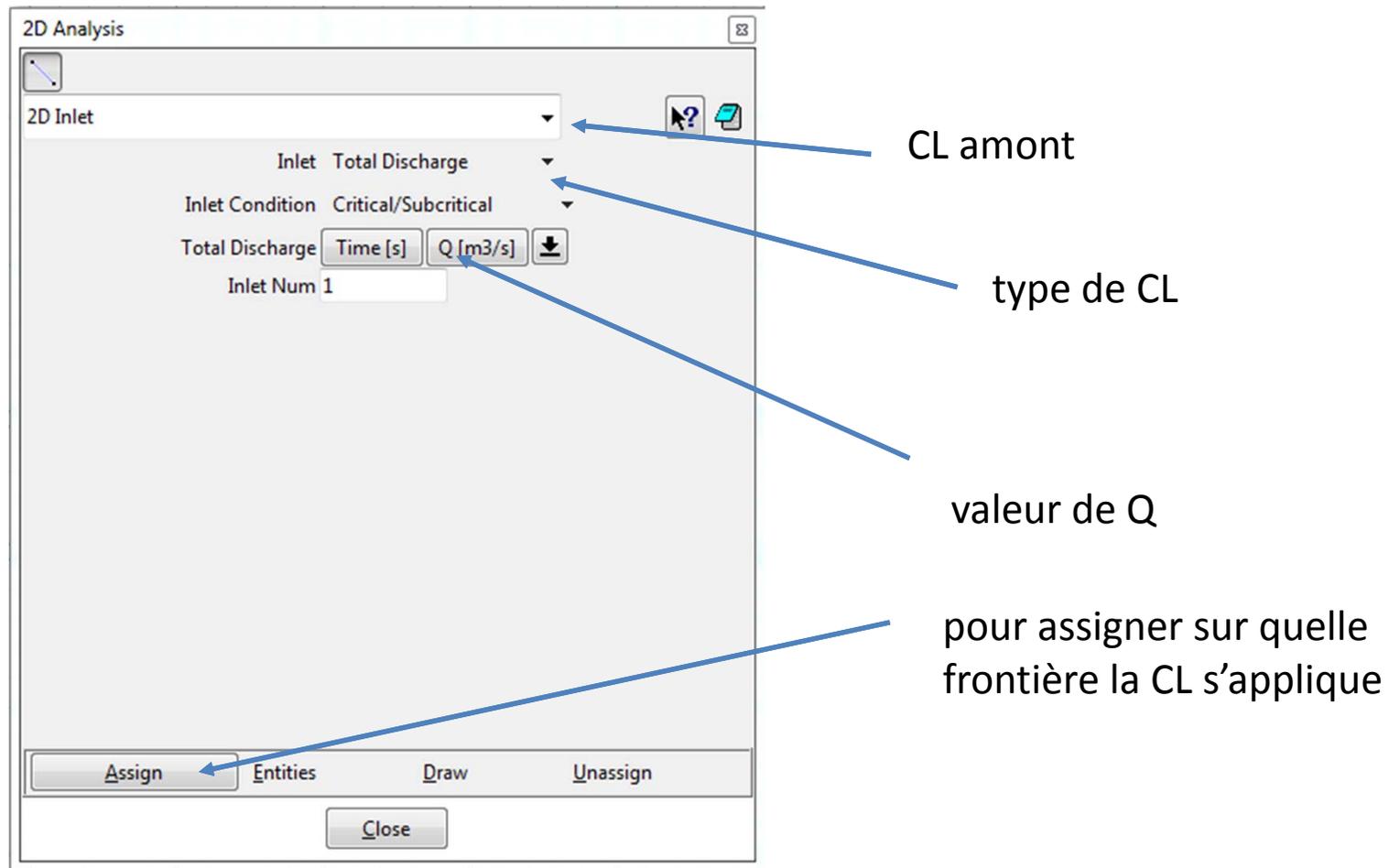
Paramètres du calcul

Dans le second onglet, on trouve des renseignements sur le solveur : nombre de processus, ordre du schéma, condition de Courant Friedrichs Lewy (stabilité du schéma), limite sec/mouillé. On peut aussi définir la rugosité des parois et d'autres paramètres. On ne touche rien pour l'instant, on y reviendra dans un second temps.



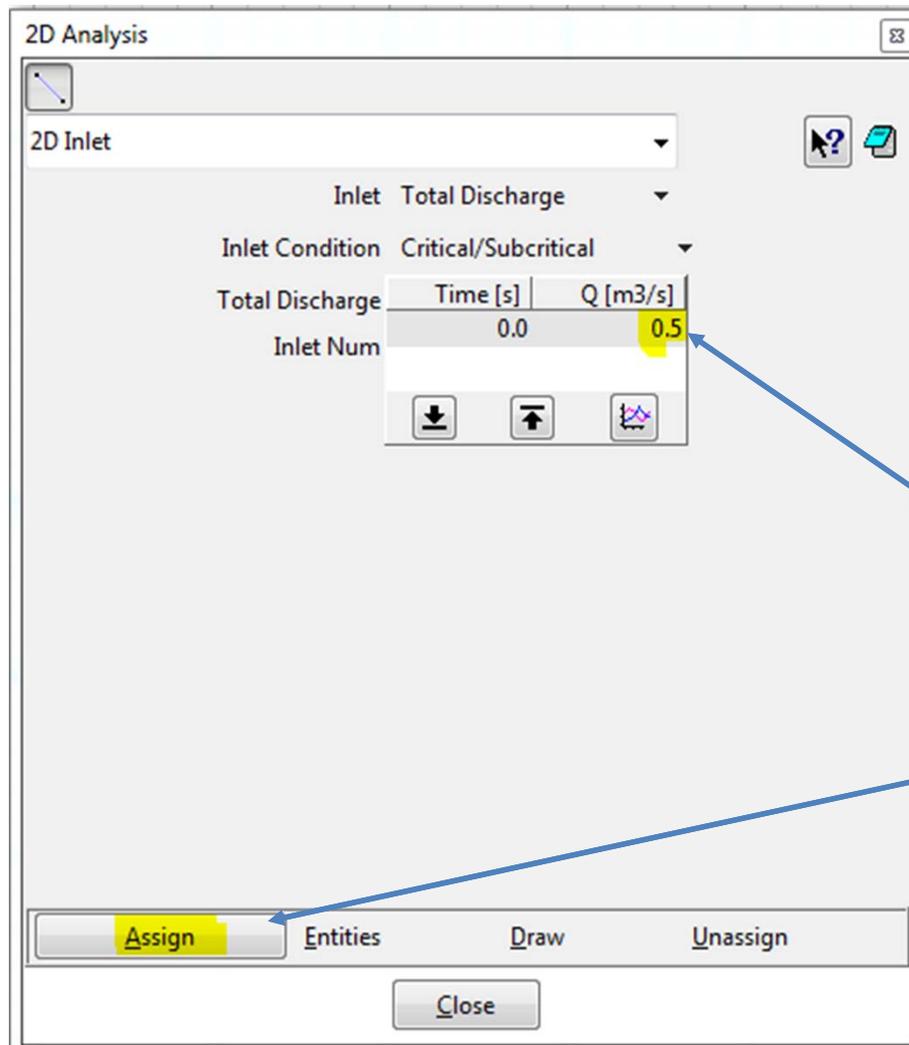
Paramètres du calcul

Dans le menu Data > Hydrodynamics > Boundary conditions, on peut fixer les conditions aux limites (CL) amont et aval. On suppose le régime subcritique à l'amont.



Paramètres du calcul

On entre le débit $Q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, puis on clique sur Assign. Le pointeur de la souris change de forme et permet d'assigner la CL à une frontière donnée.

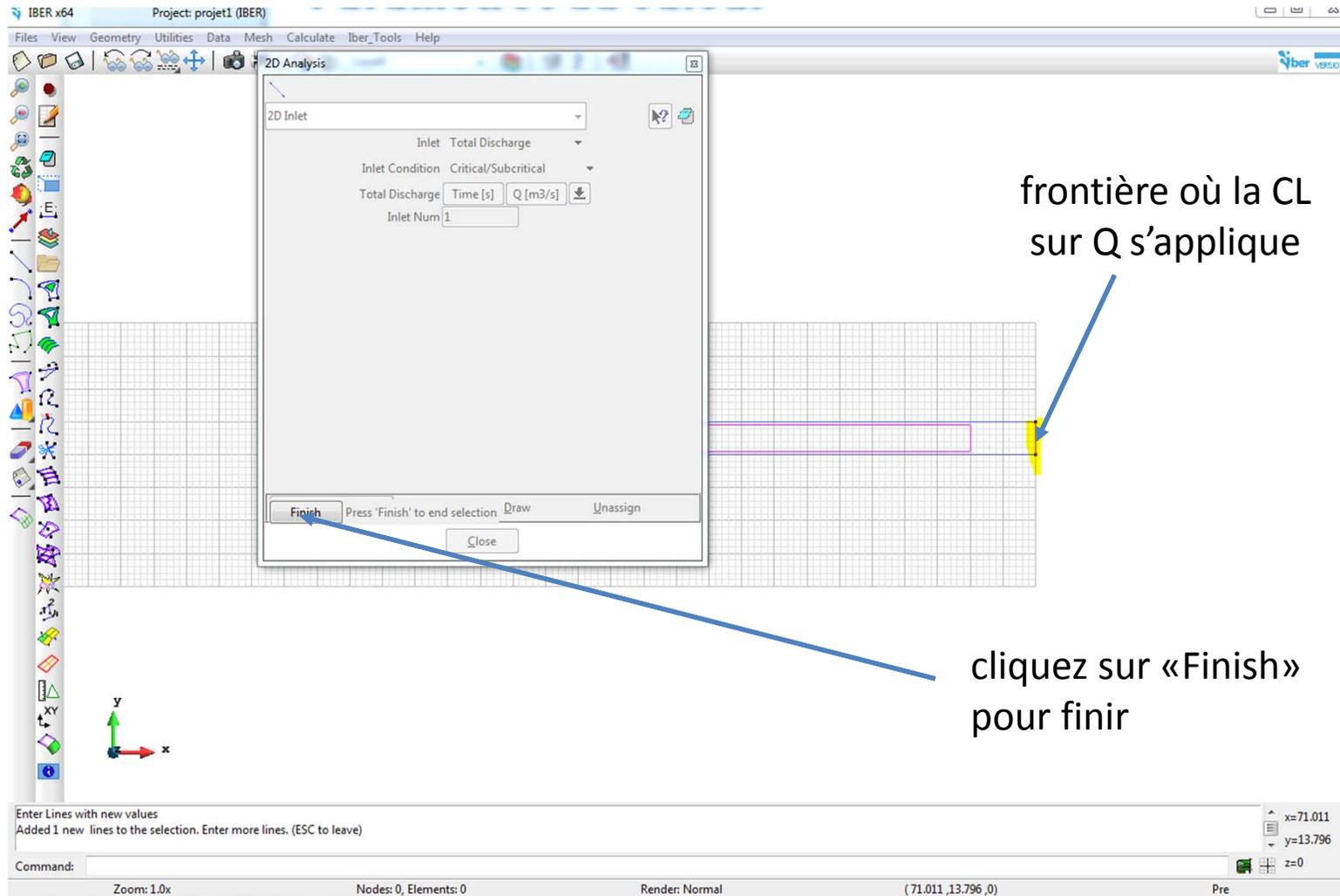


valeur de Q

pour assigner sur quelle
frontière la CL s'applique

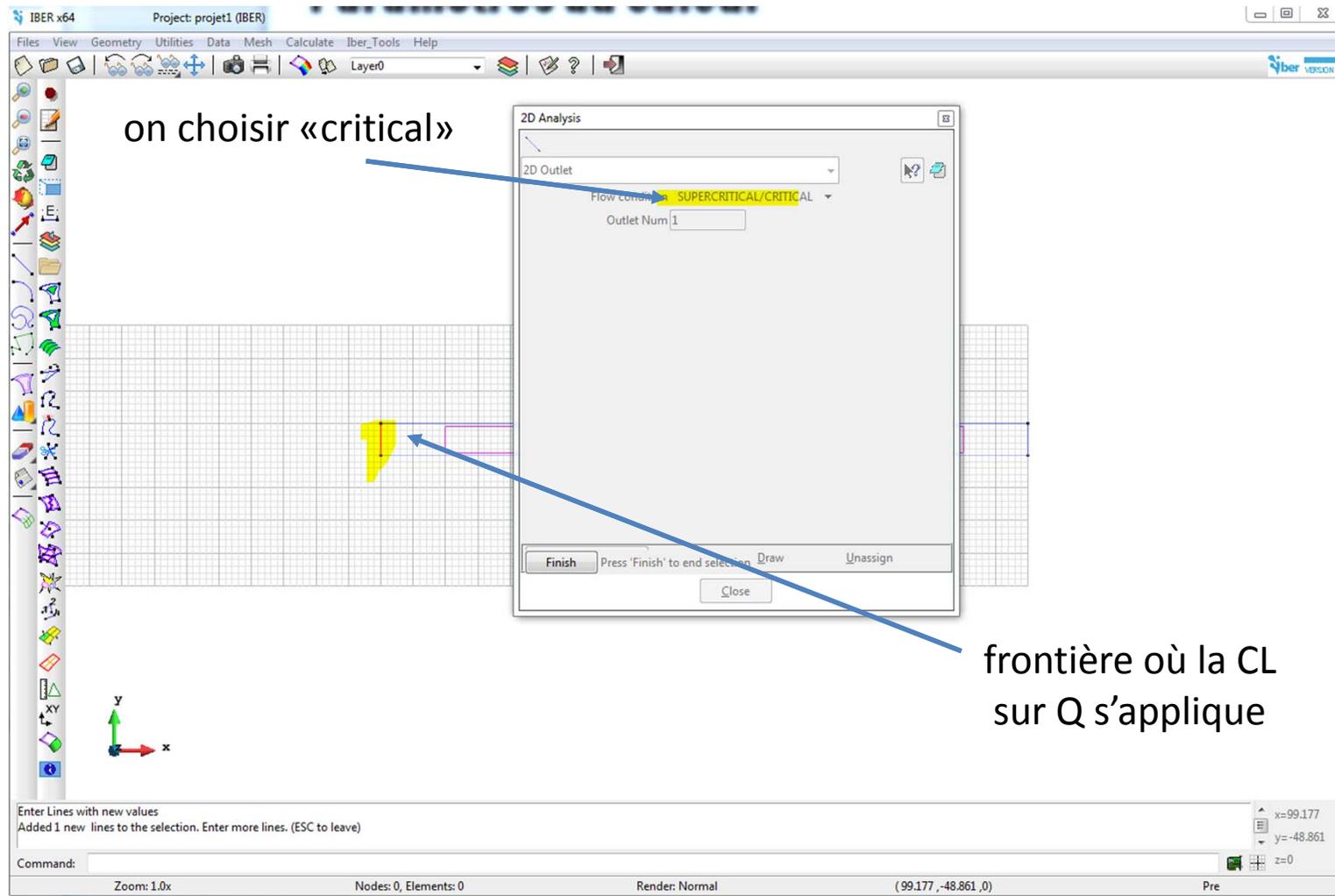
Paramètres du calcul

On peut vérifier avec l'option Draw que la bonne frontière a été sélectionnée.



Paramètres du calcul

On fait de même pour les conditions aux limites à l'aval en choisissant «2D outlet» dans le menu déroulant. On assigne la frontière à gauche, puis on clique sur «Finish» et enfin «Close»

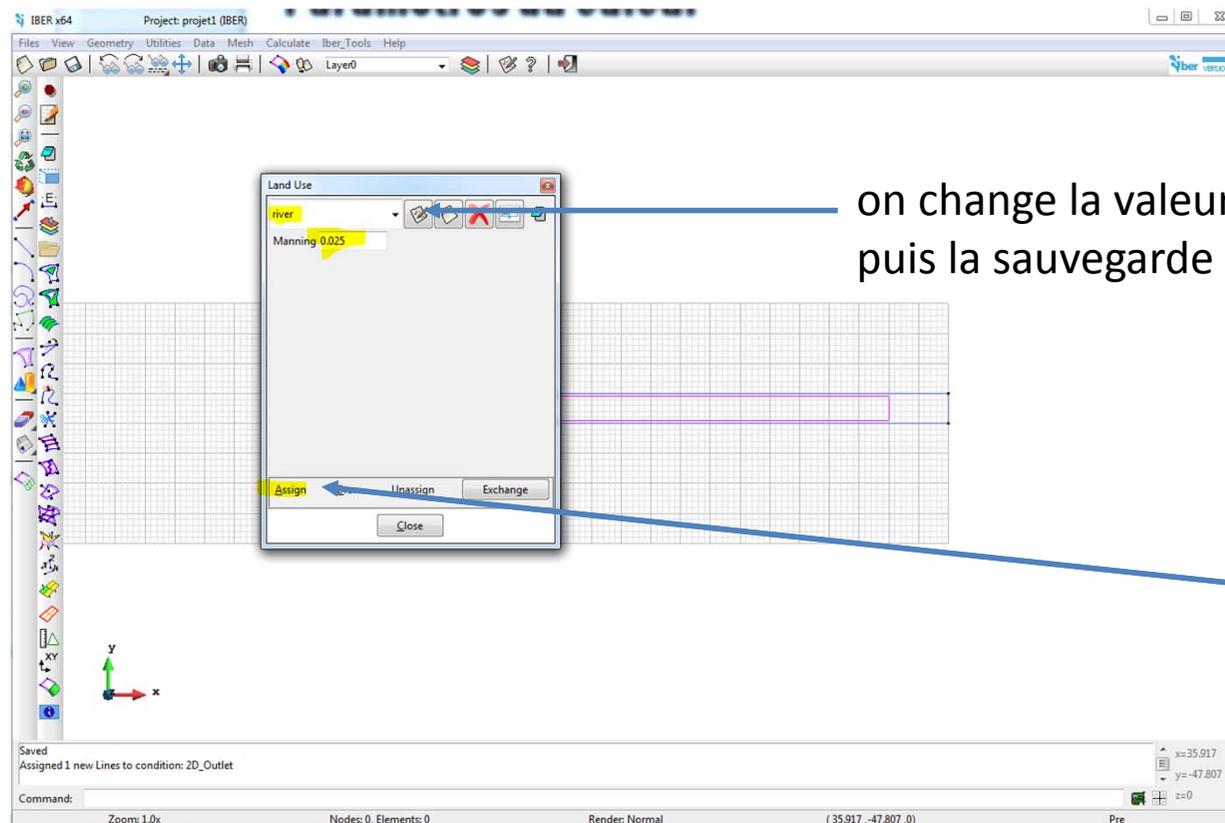


on choisir «critical»

frontière où la CL sur Q s'applique

Paramètres du calcul

Dans le menu Data > Roughness > Land use, on peut choisir la rugosité. Dans le menu déroulant, on choisit «concrete». Iber donne la valeur par défaut $n = 0,018$. Cela donne $K = 55 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. On a du béton rugueux et on prendre $K = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, soit $n=0,02$. On change la valeur et on la sauvegarde. On assigne ensuite la surface avec «Assign>Surfaces», on clique sur la surface NURBS, puis «ESC» pour sortir.

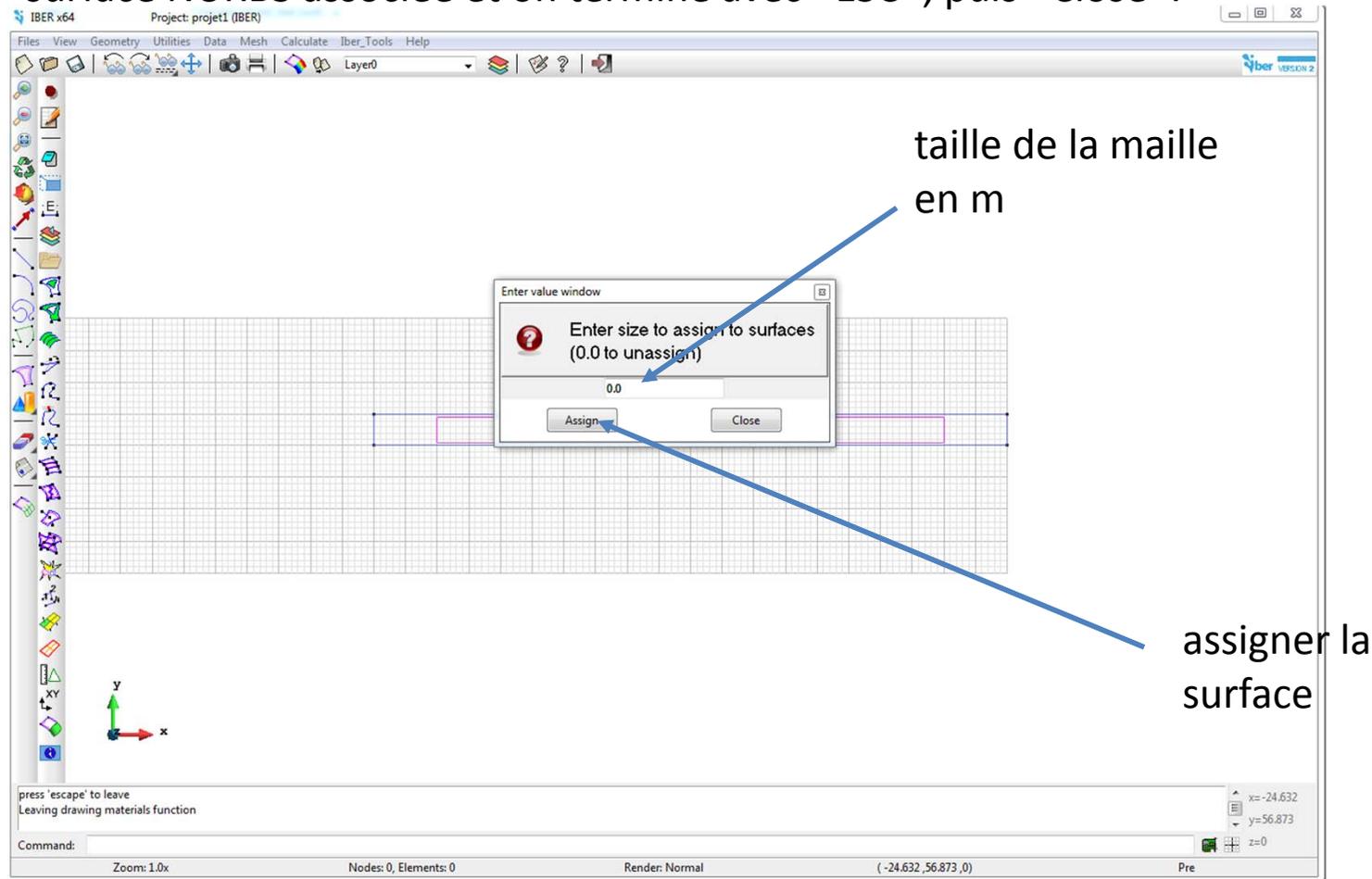


on change la valeur,
puis la sauvegarde

assigner la
surface

Maillage

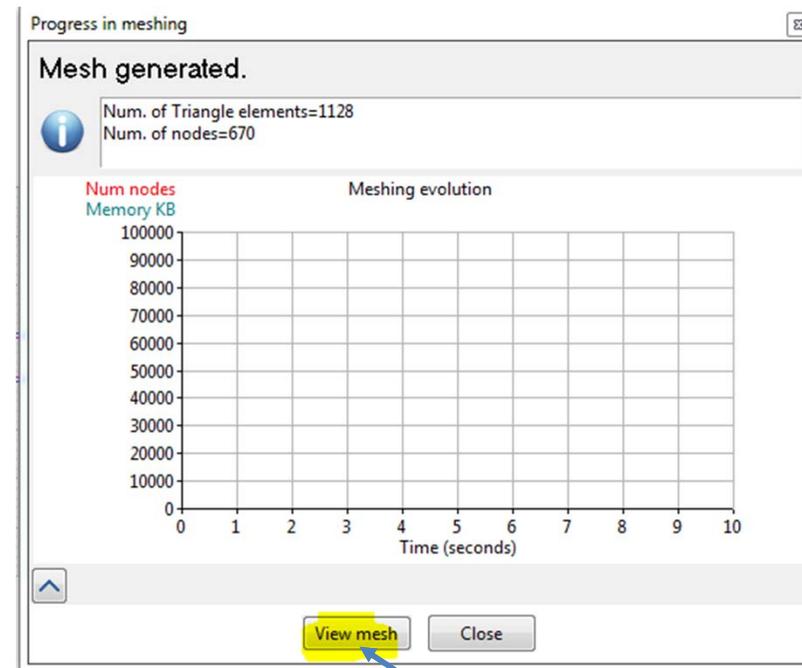
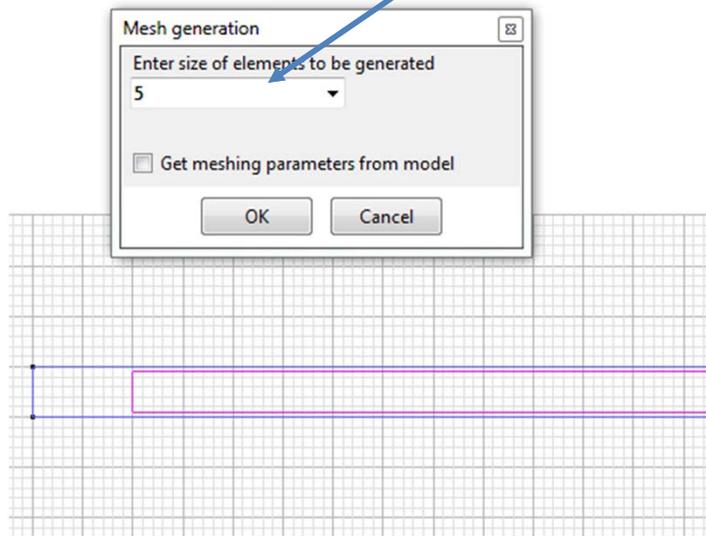
On en a fini avec les paramètres. On va mailler maintenant le domaine avec des mailles non structurées (triangles) de taille 1 m. On va sur Mesh > Unstructured > Assign sizes on surfaces. Une fenêtre apparaît. On choisit 1 m, puis on assigne la surface NURBS associée et on termine avec «ESC», puis «Close».



Maillage

Dans le menu Mesh > Generate mesh, on peut générer le maillage. On est maintenant prêt pour le calcul. On n'oublie pas de sauver !

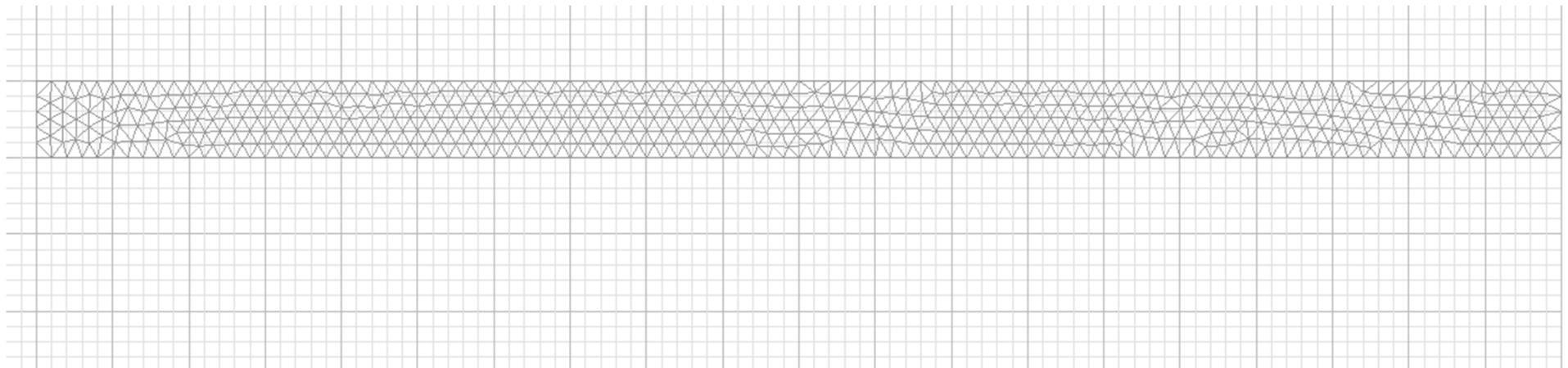
on peut laisser tel quel



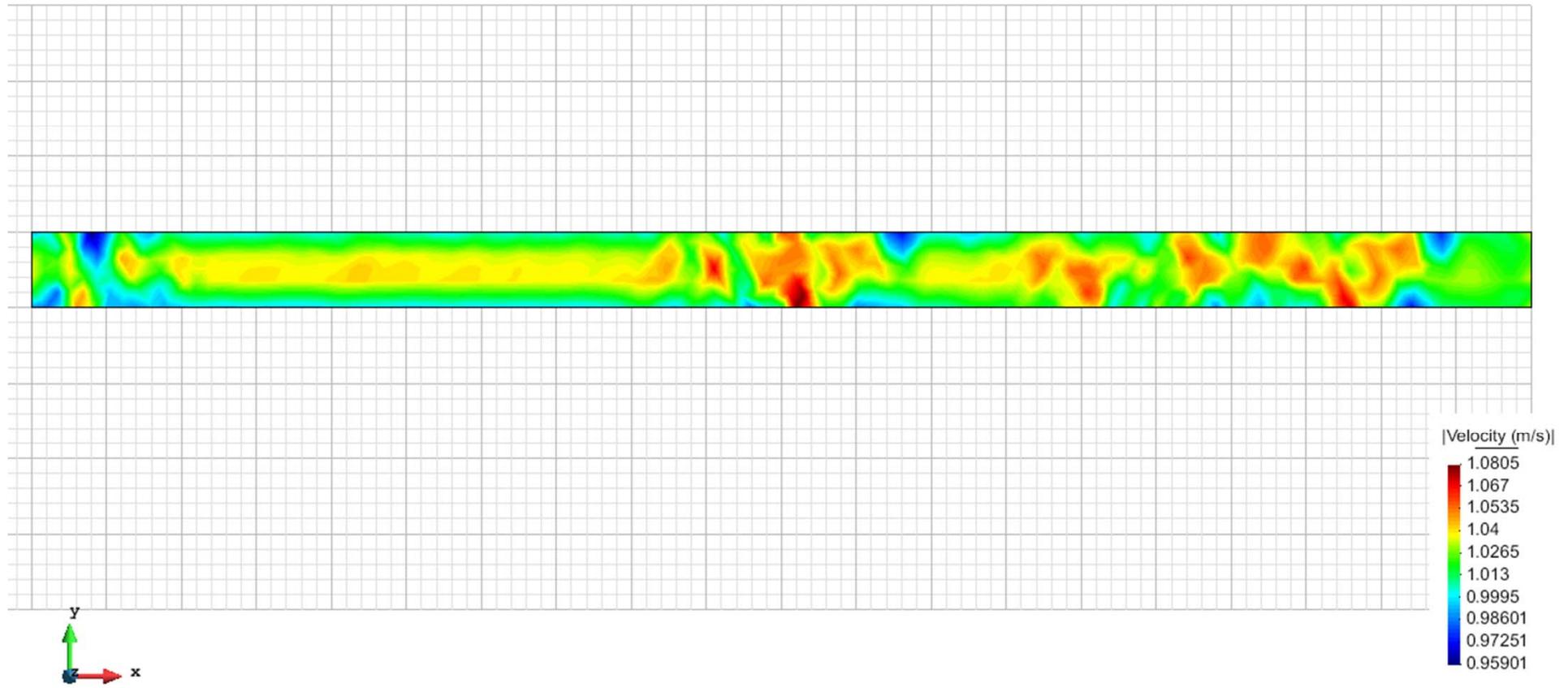
permet de visualiser le maillage

Maillage

On obtient le maillage suivant :



Post-traitement

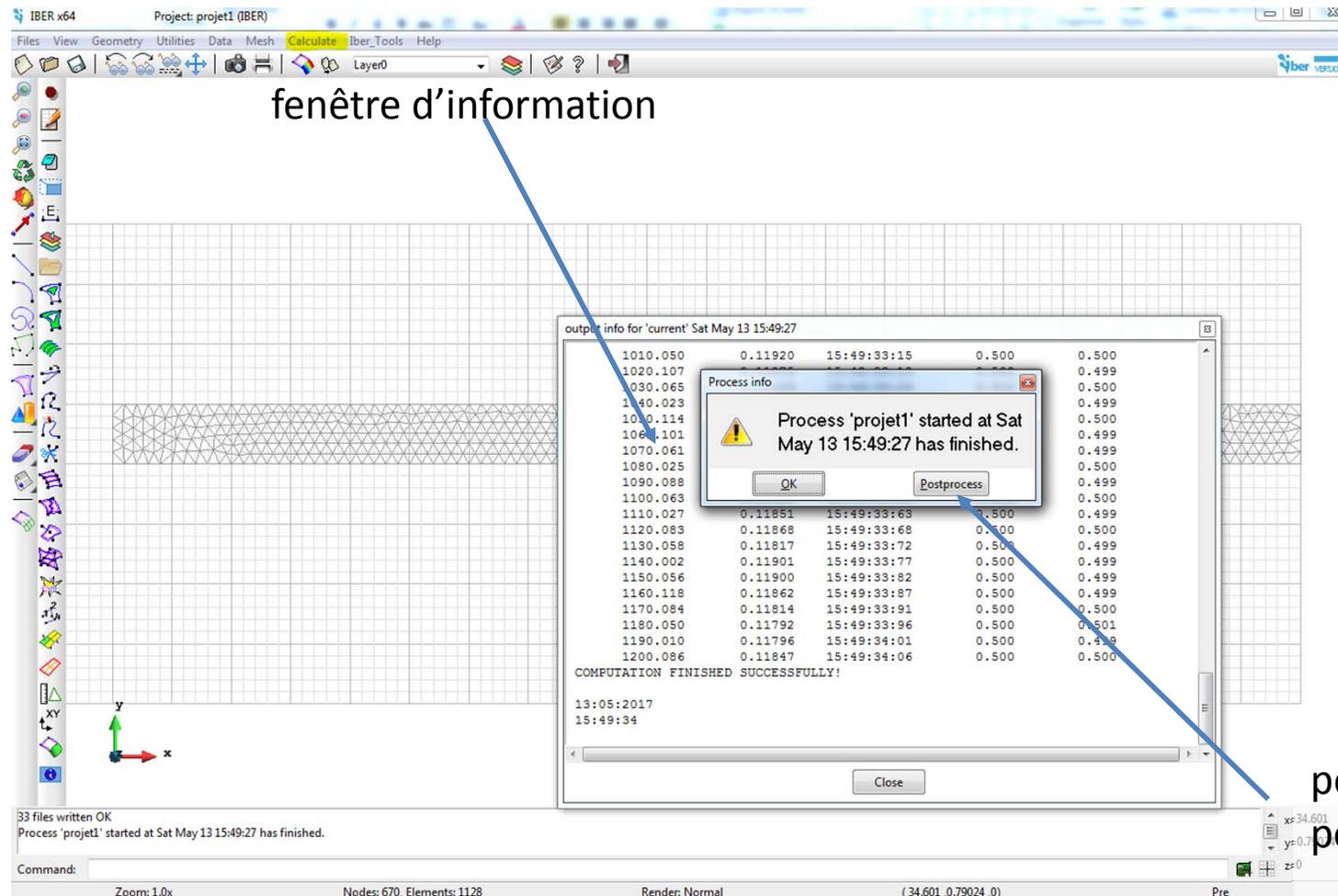


Hydraulic, step 120
Smooth Contour Fill (Mean) of Velocity (m/s), |Velocity (m/s)|.



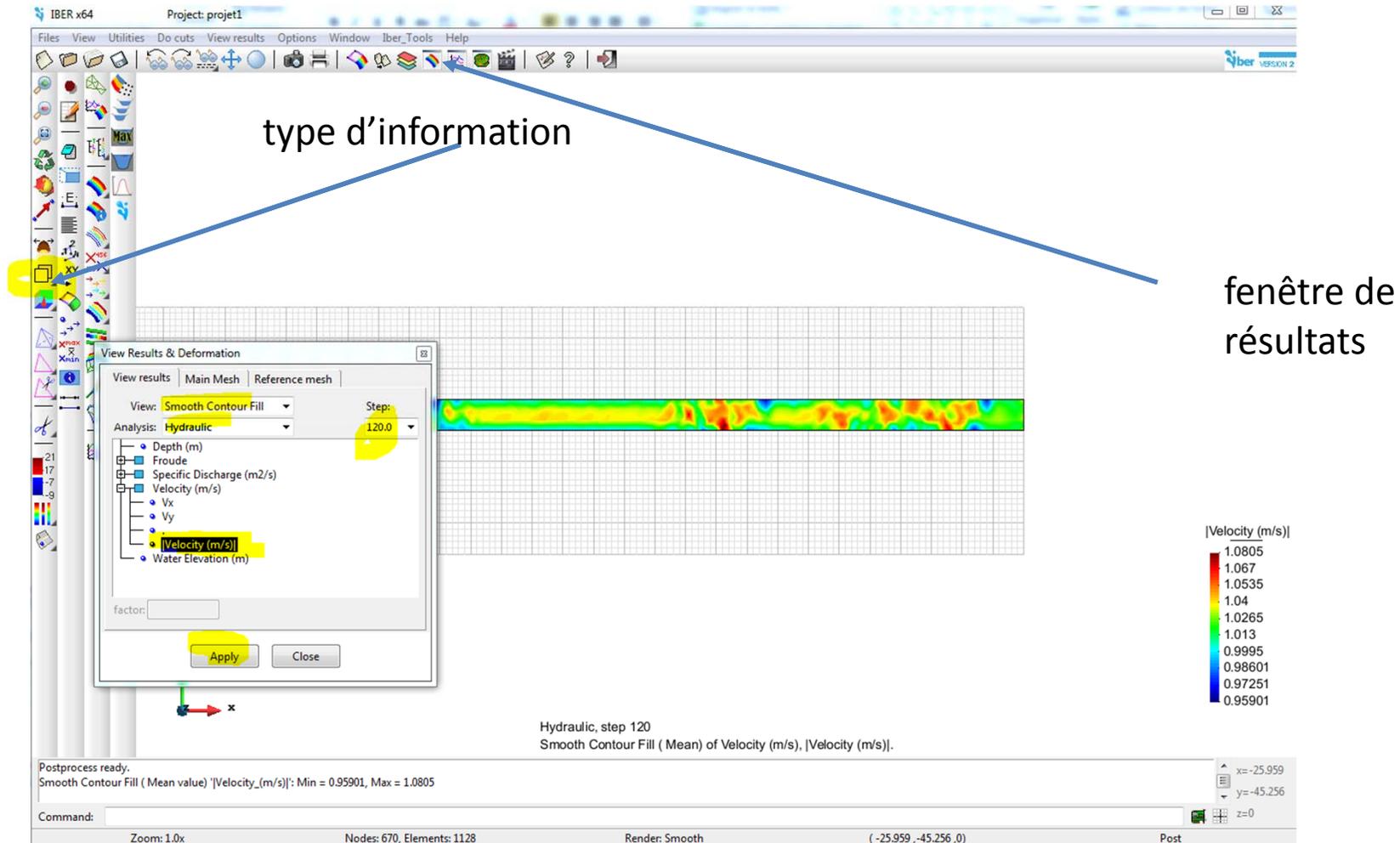
Calcul

Dans le menu Calculate, on choisit «Calculate». Si le calcul est long, on peut regarder ce qui se passe en cliquant sur Calculate > View process info... Une fois le calcul fini, une fenêtre s'affiche et on choisit «Postprocess».



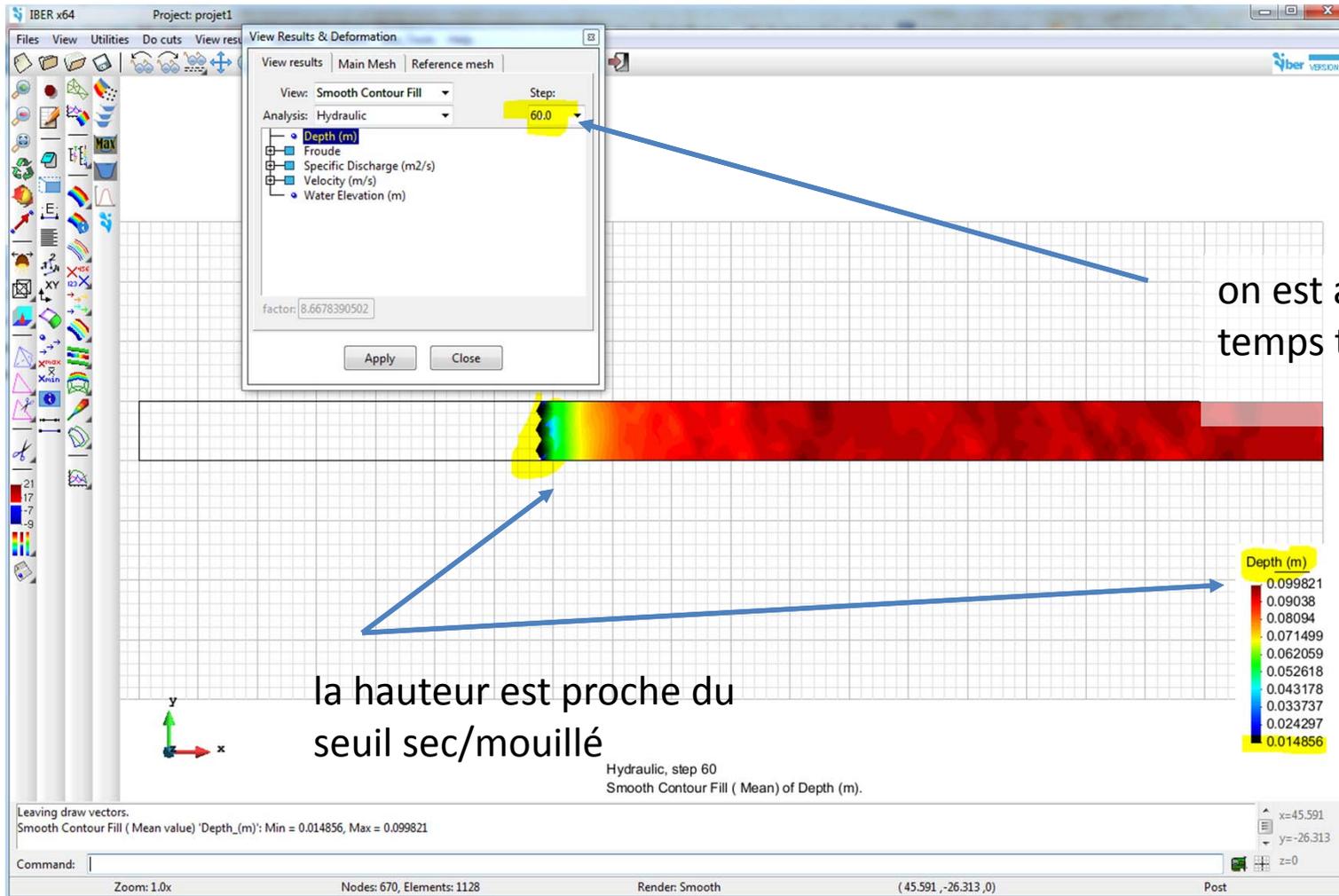
Post-traitement

Pour afficher les résultats, on clique sur l'icône «Results window» et on choisit le type de représentation que l'on veut. Par exemple, une carte des vitesses au temps 120 s. Il faut parfois jouer avec l'icône «Display style» pour afficher les cartes.



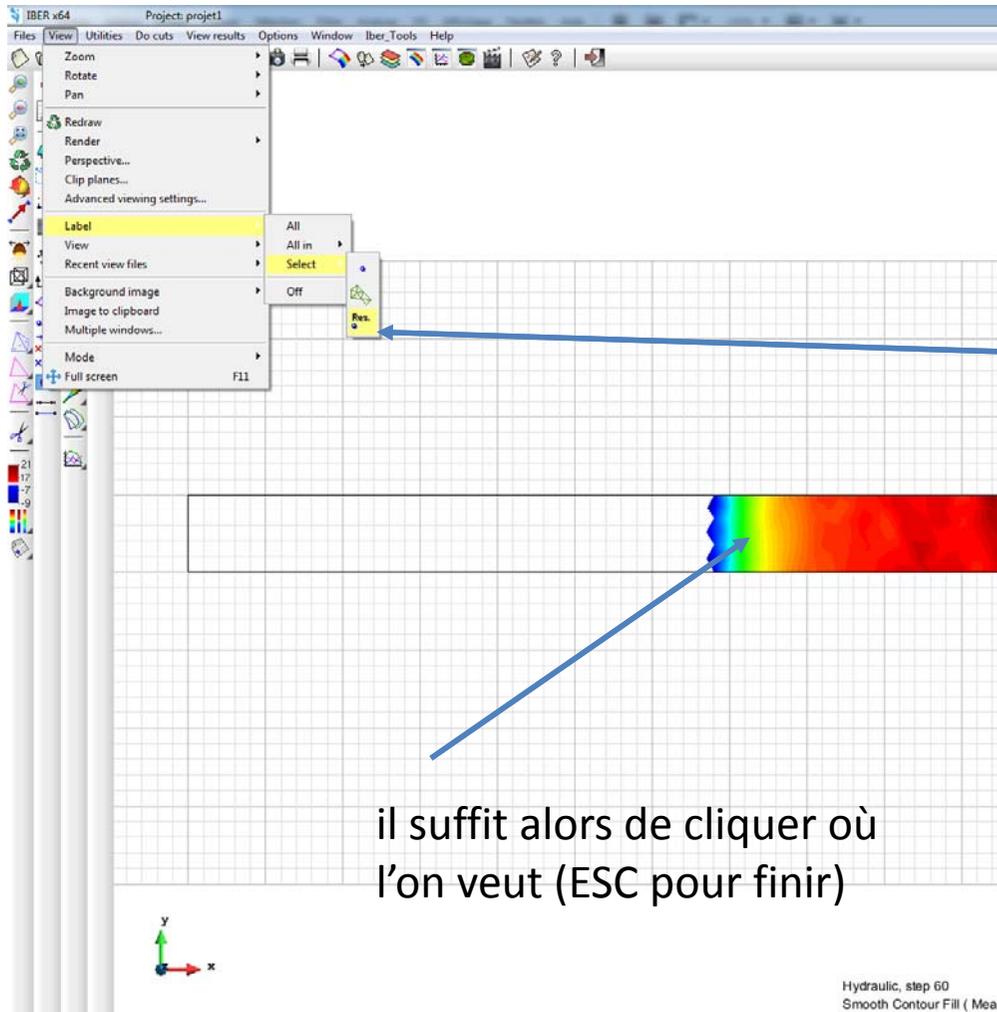
Post-traitement

On peut afficher les temps à différents pas de temps



Post-traitement

On peut chercher des valeurs particulières en allant sur View > Label > Select > Res



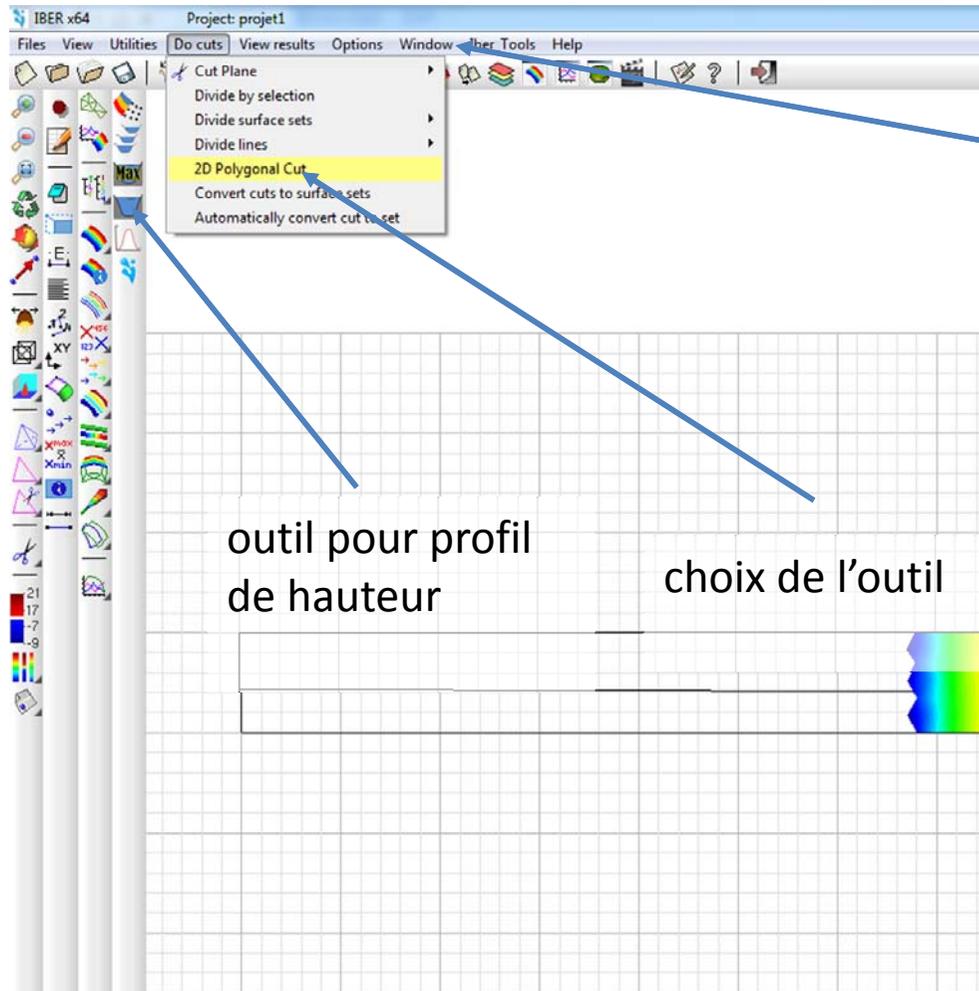
choix de l'outil
«data point»

Pour effacer les points, aller
dans View > Label > Off

il suffit alors de cliquer où
l'on veut (ESC pour finir)

Post-traitement

On peut tracer des profils de hauteur. On va dans Do cuts > 2D Polygonal Cut, puis on sélectionne les points, on finit avec «ESC». On clique ensuite sur l'icône «draw instantaneous water profile»



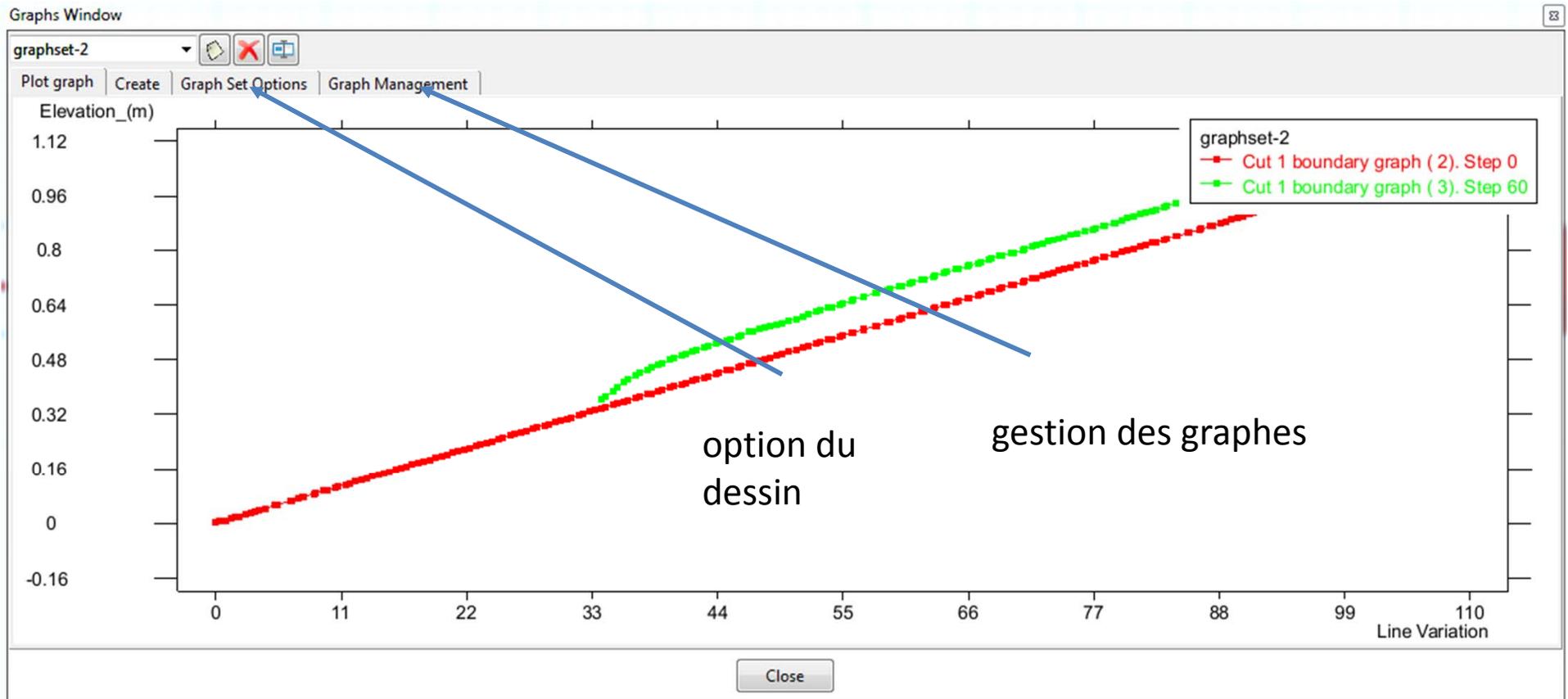
ouvrir l'outil «View graphs»

outil pour profil de hauteur

choix de l'outil

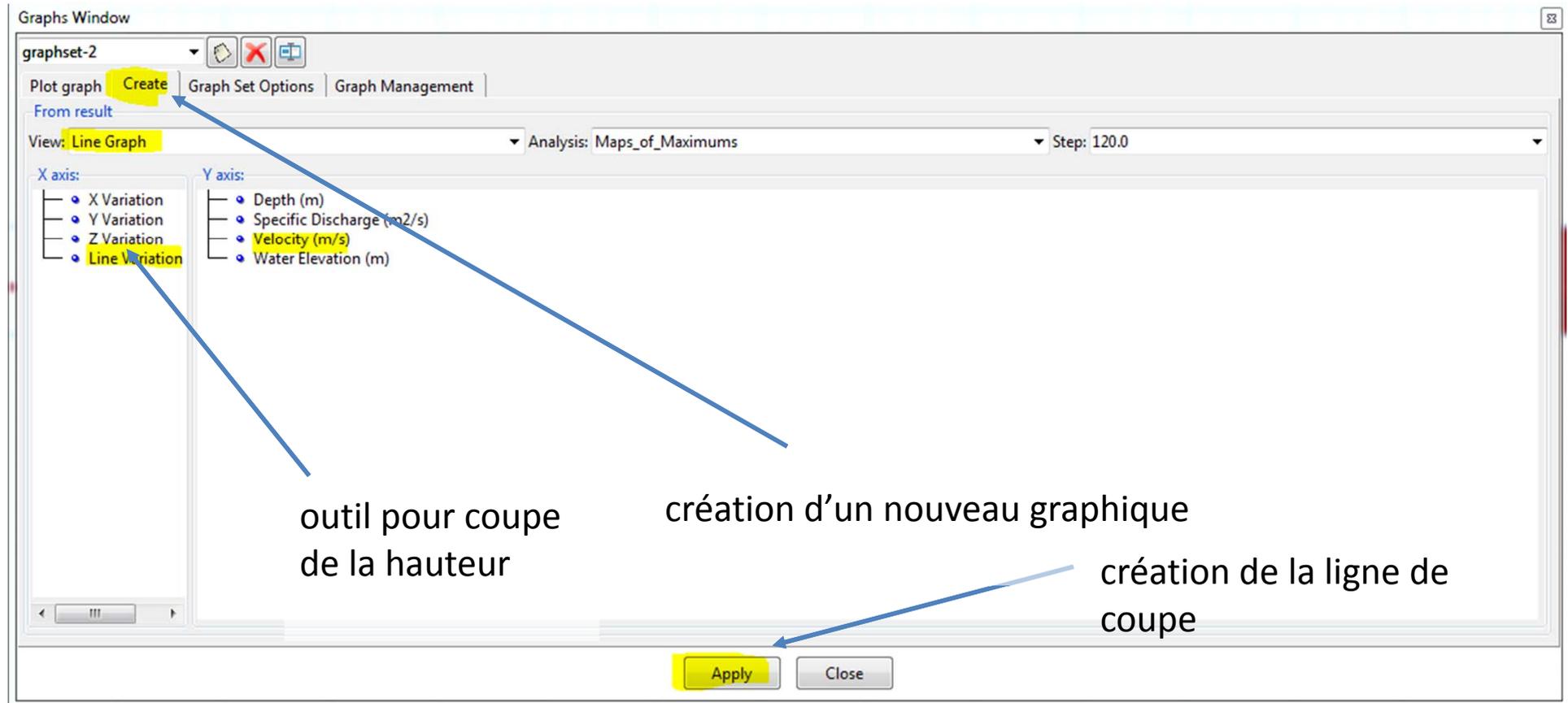
Post-traitement

On obtient un profil de la hauteur d'eau et du canal :



Post-traitement

On peut tracer d'autres profils dans l'onglet «Create» de la fenêtre



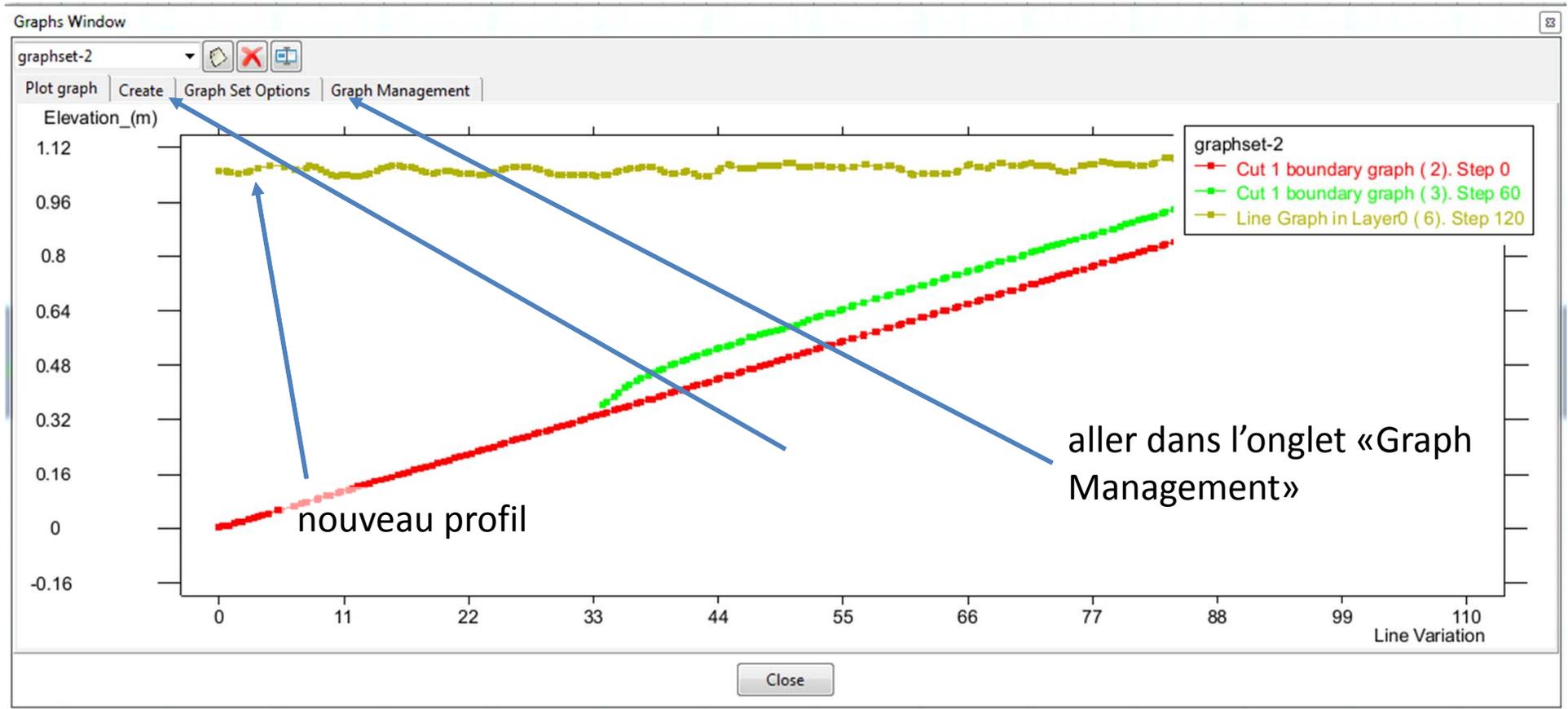
outil pour coupe
de la hauteur

création d'un nouveau graphique

création de la ligne de
coupe

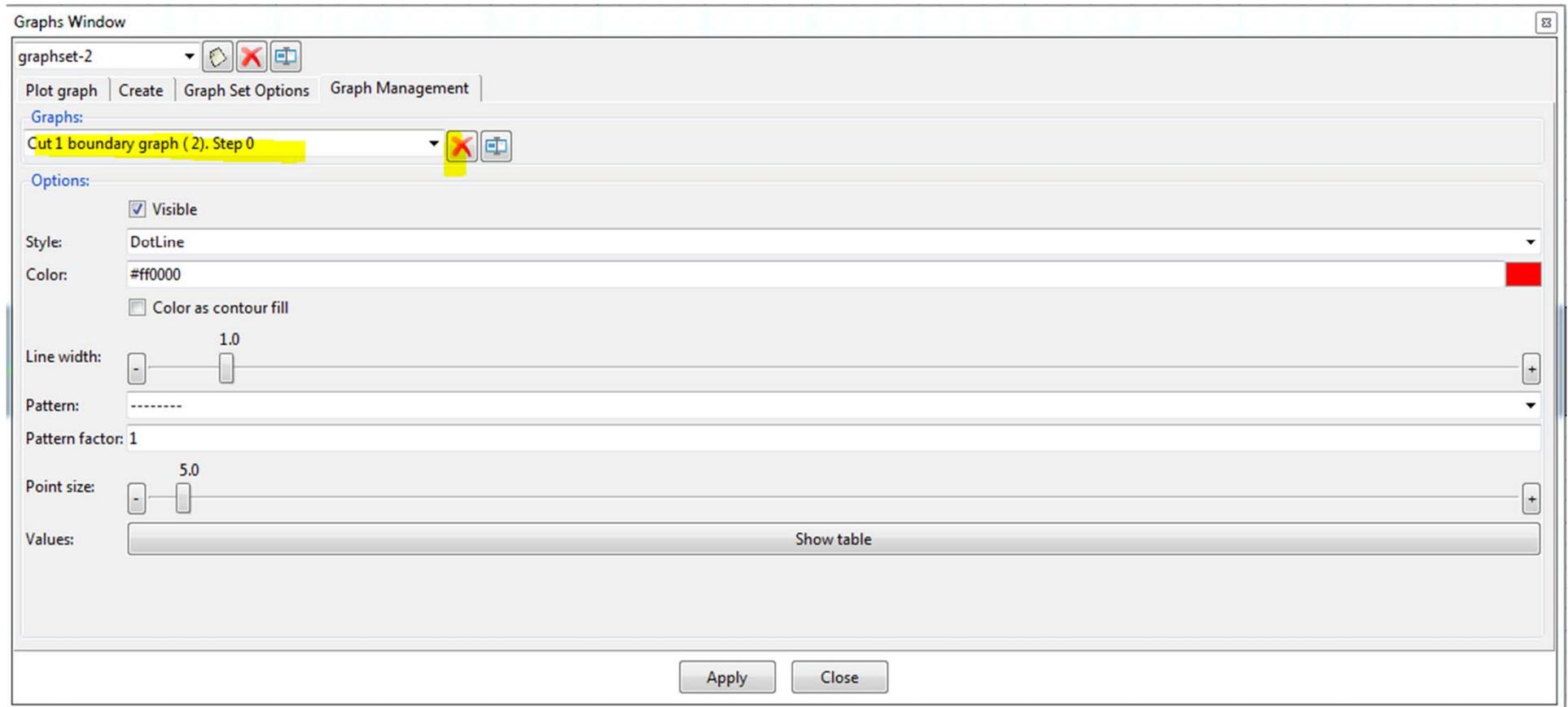
Post-traitement

Le problème est que le précédent graphique est toujours visible. On le supprime en allant dans l'onglet «Graph Management»



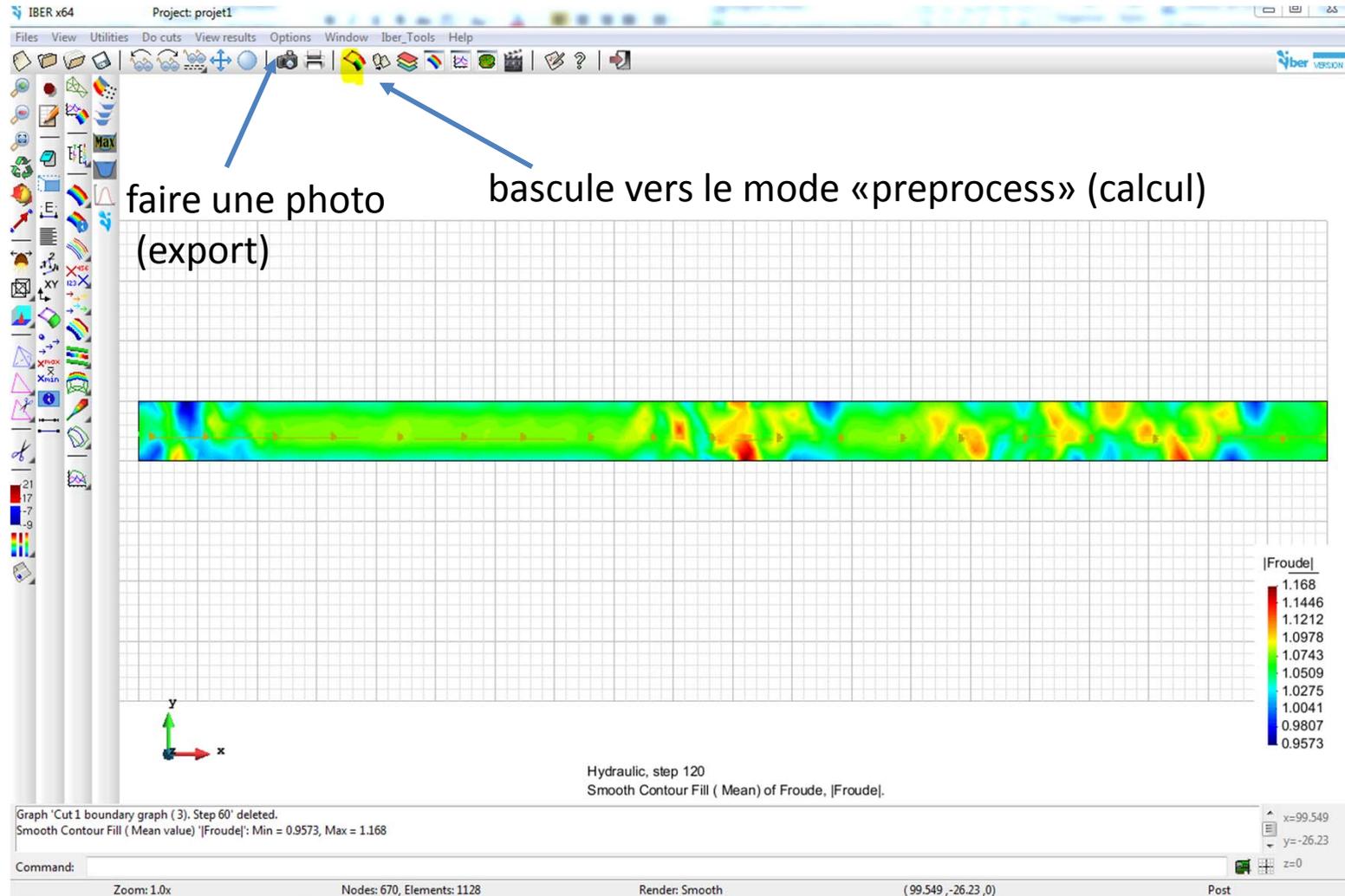
Post-traitement

On choisit le graphique à supprimer et on exécute la suppression avec l'icône à droite du menu déroulant.



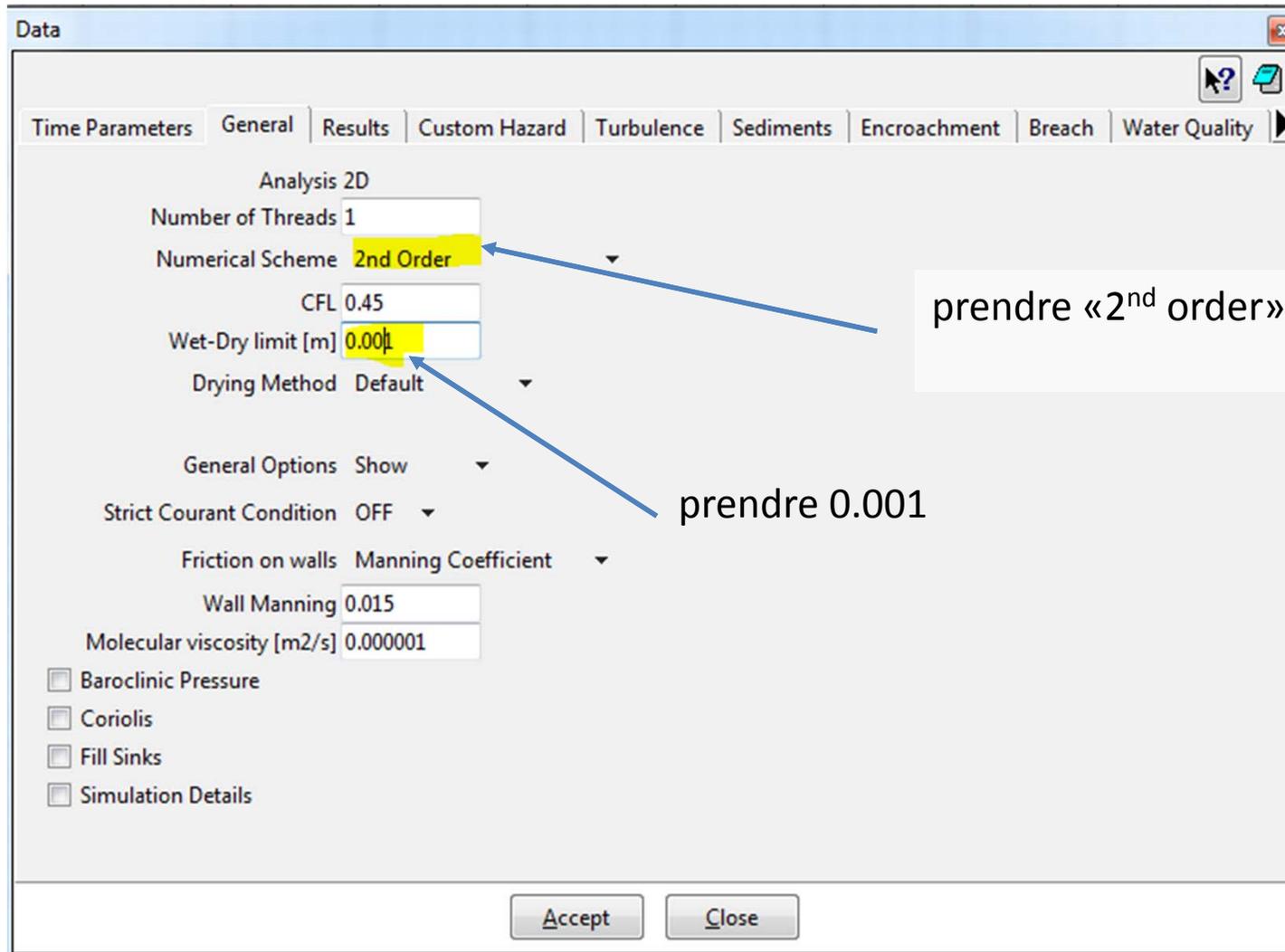
Post-traitement

On va affiner les calculs en revenant à l'étape du calcul. Pour cela, on va cliquer sur l'icône «Toggle between pre and postprocess». On peut prendre une photo avant cela pour faire la comparaison (cliquer sur l'icône «Take a snaphot»).



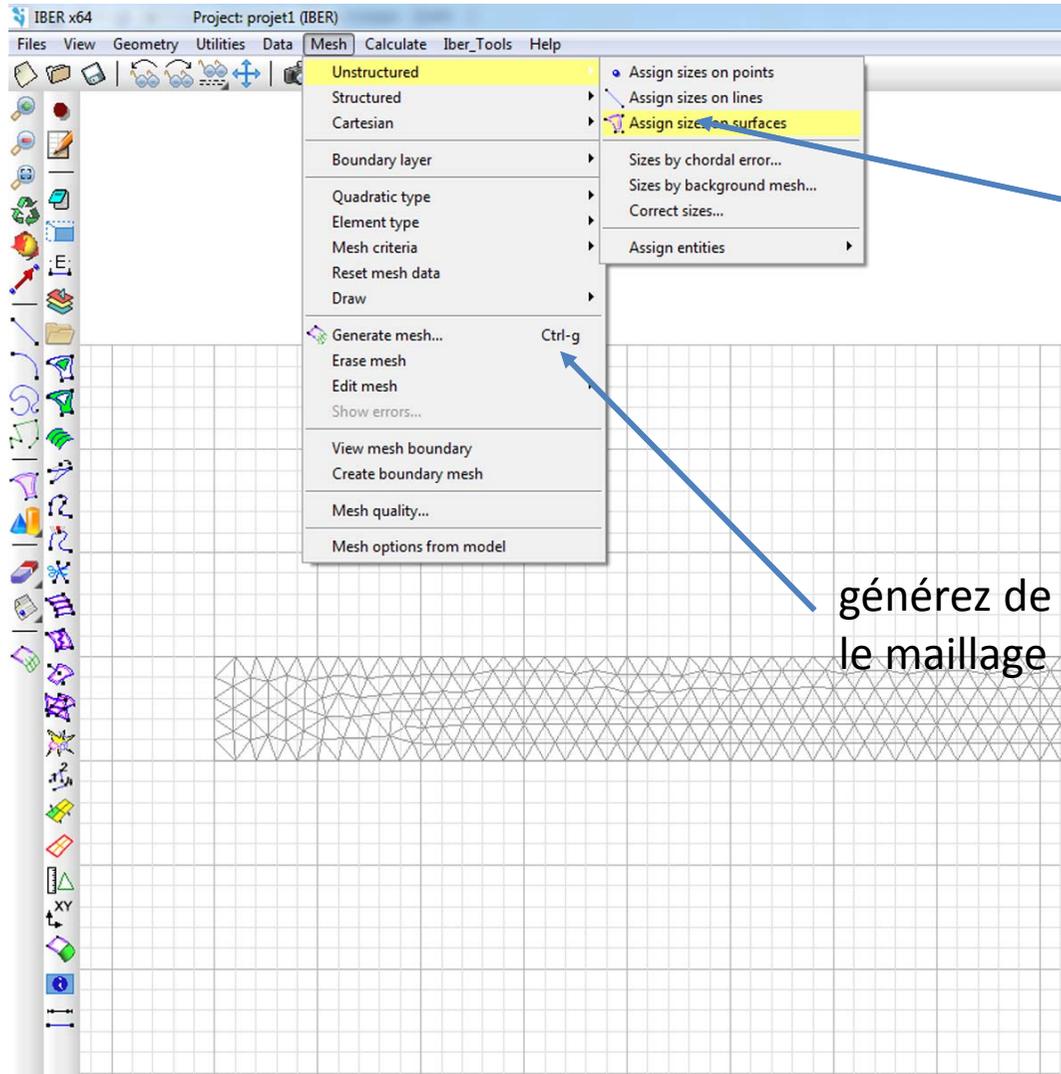
Calcul affiné

Dans le menu Data > Problem Data, modifiez les paramètres comme suit :



Calcul affiné

On va aussi remailler avec une maille plus fine de 50 cm

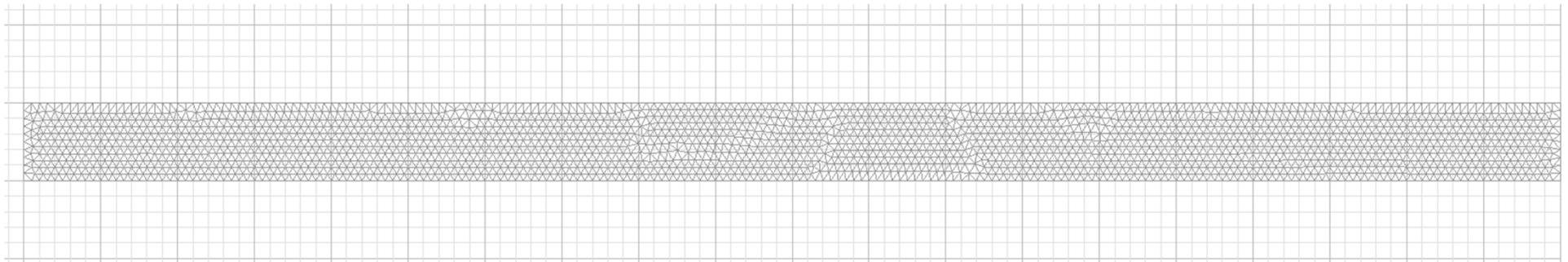


prendre une maille
de 50 cm

générez de nouveau
le maillage

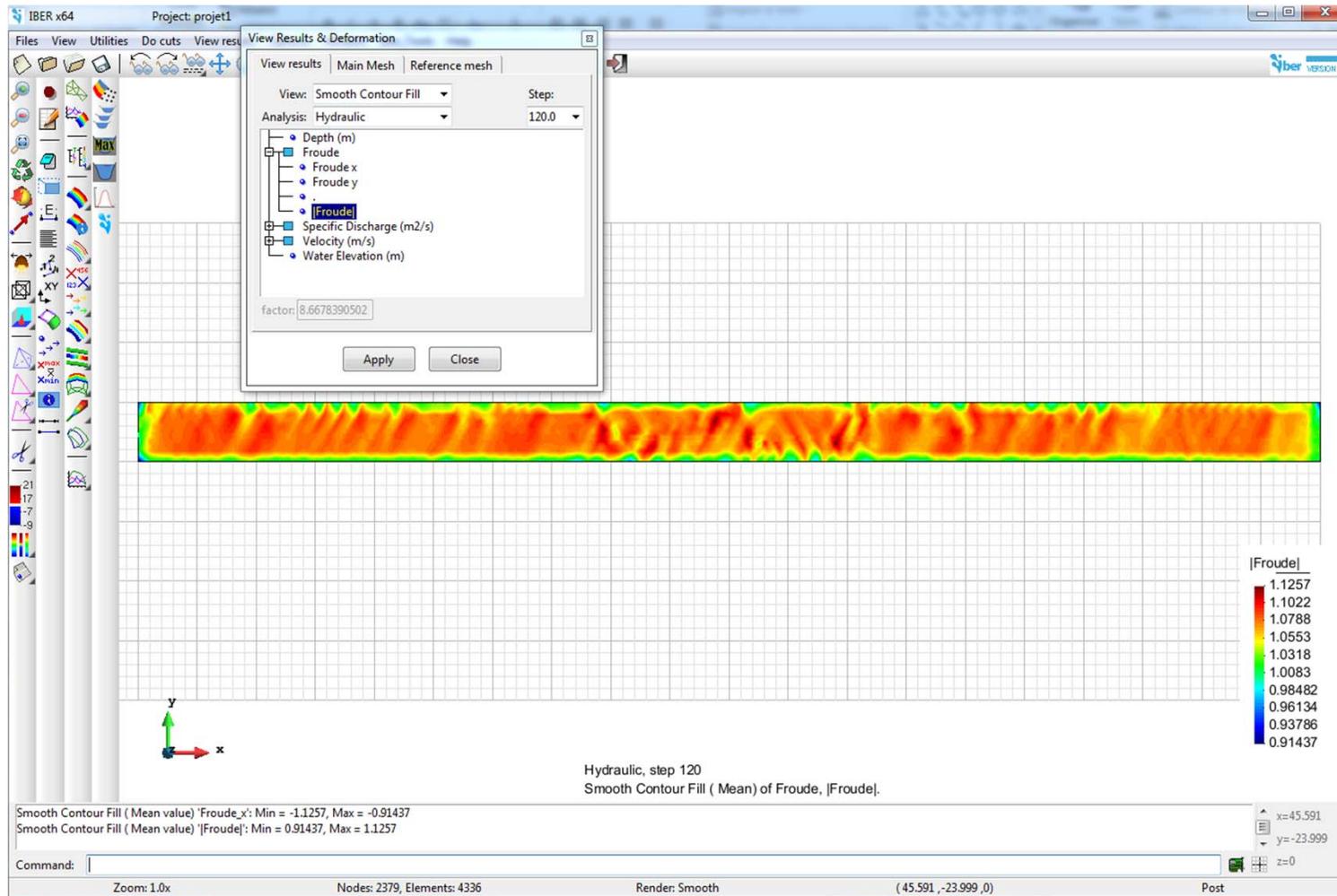
Calcul affiné

On obtient un nouveau maillage :



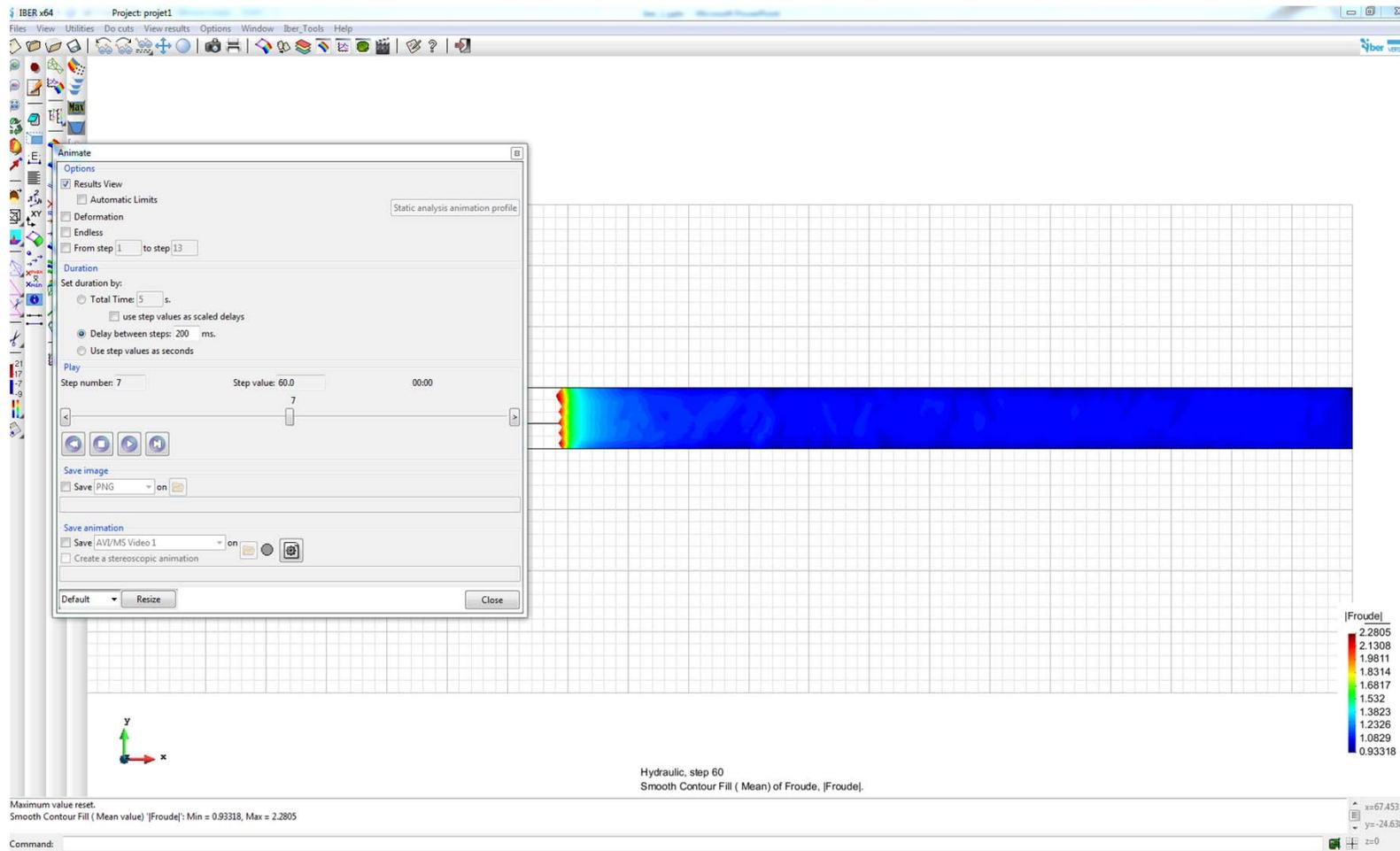
Post-traitement

On note les changements dans l'allure et les valeurs calculées. On peut faire une photo pour comparer avec le cas précédent.



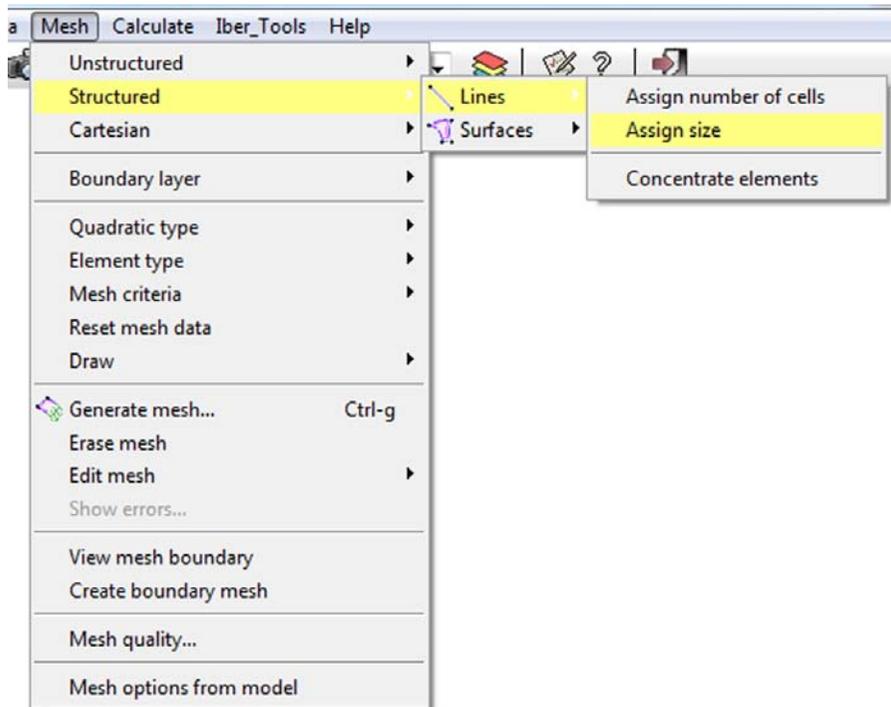
Post-traitement

En allant dans Windows > Animate, on peut voir défiler les simulations aux temps sélectionnés.



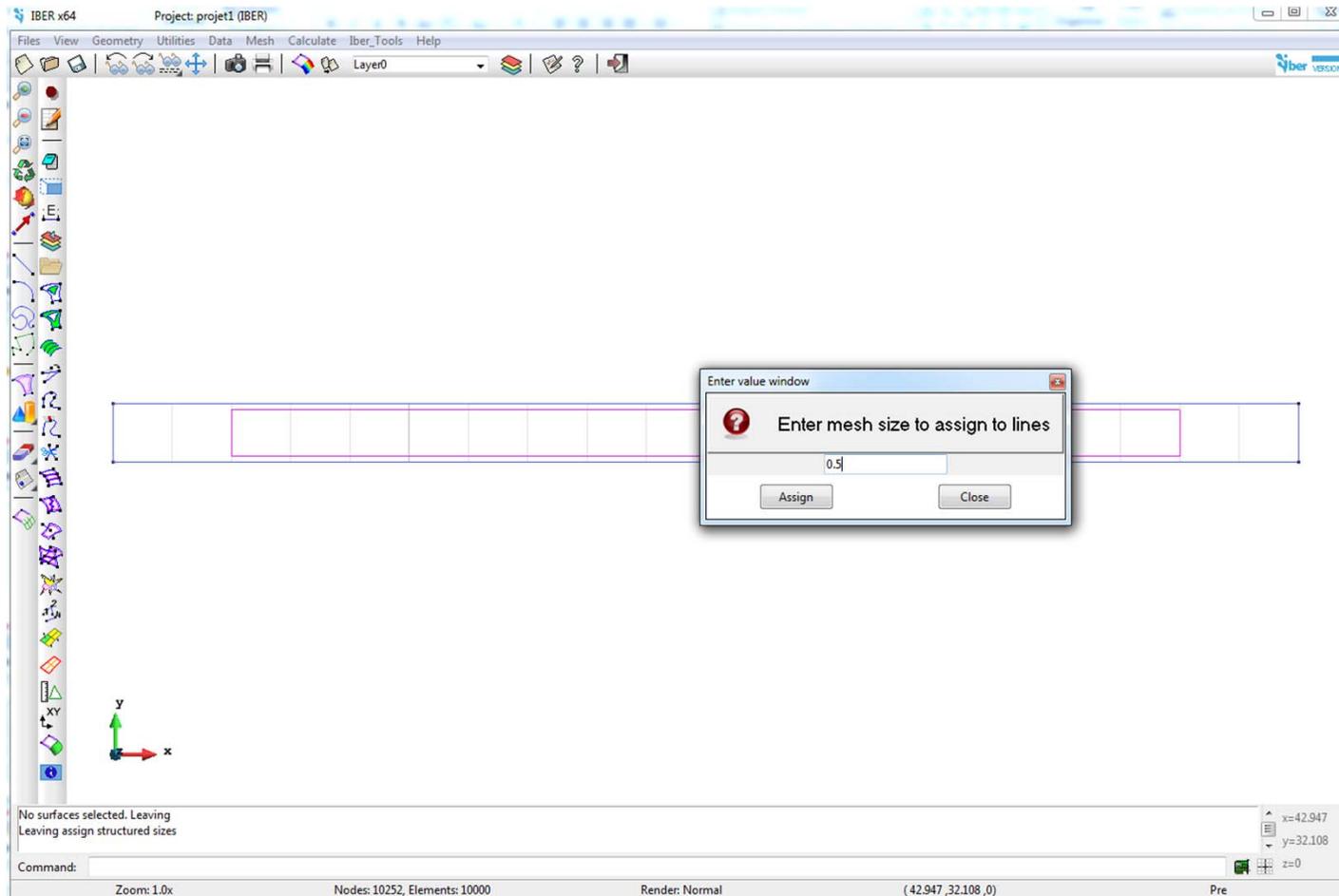
Calcul affiné

On va mailler le domaine avec une grille structurée composée de quadrangles de taille 50 × 10 cm. On bascule en mode prétraitement, puis on va dans Structured> Lines> Assign size



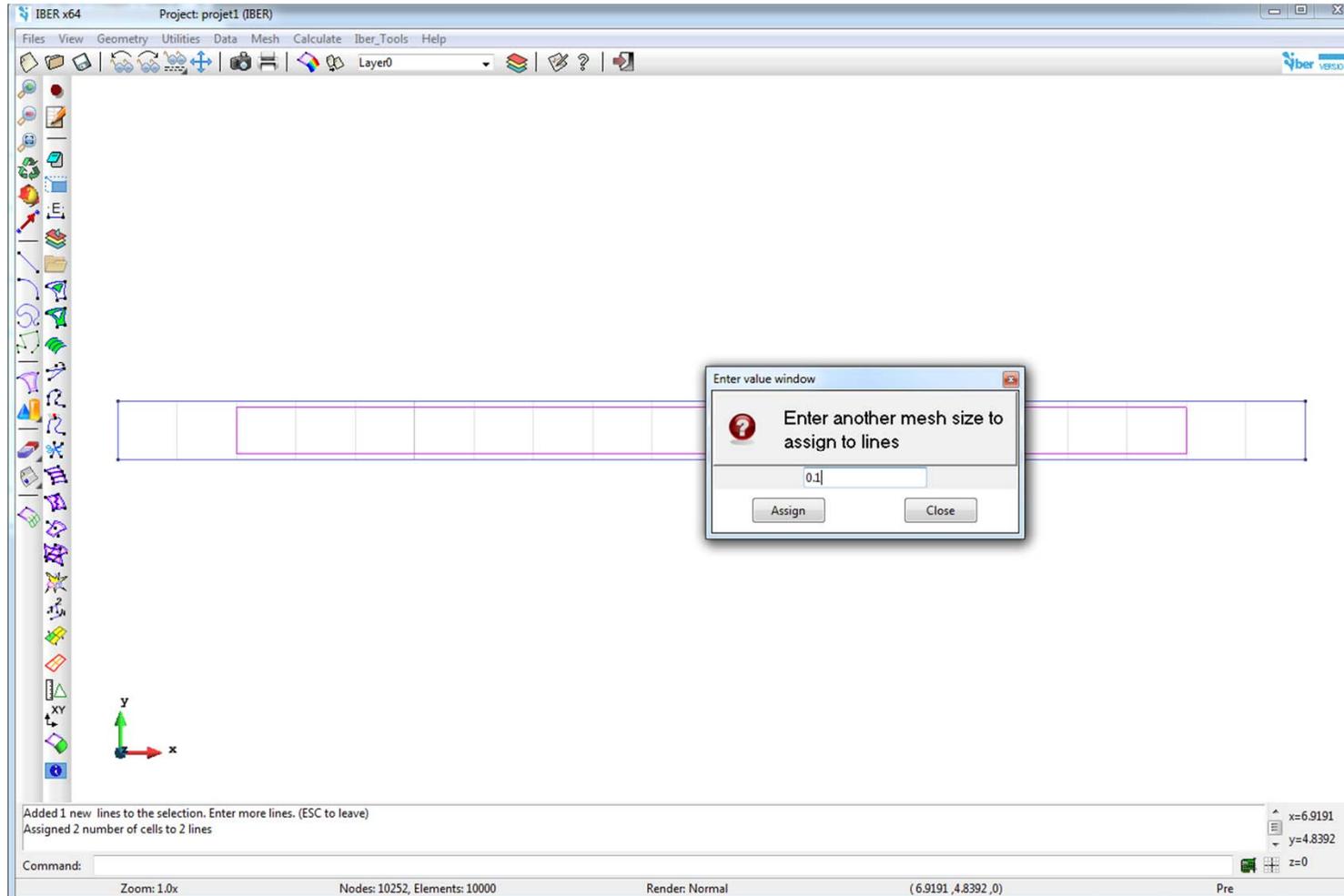
Calcul affiné

Une fenêtre s'affiche, on tape 0.5 (m), puis on sélectionne les deux lignes horizontales (les mailles alignées le long de l'axe x auront pour longueur 50 cm).



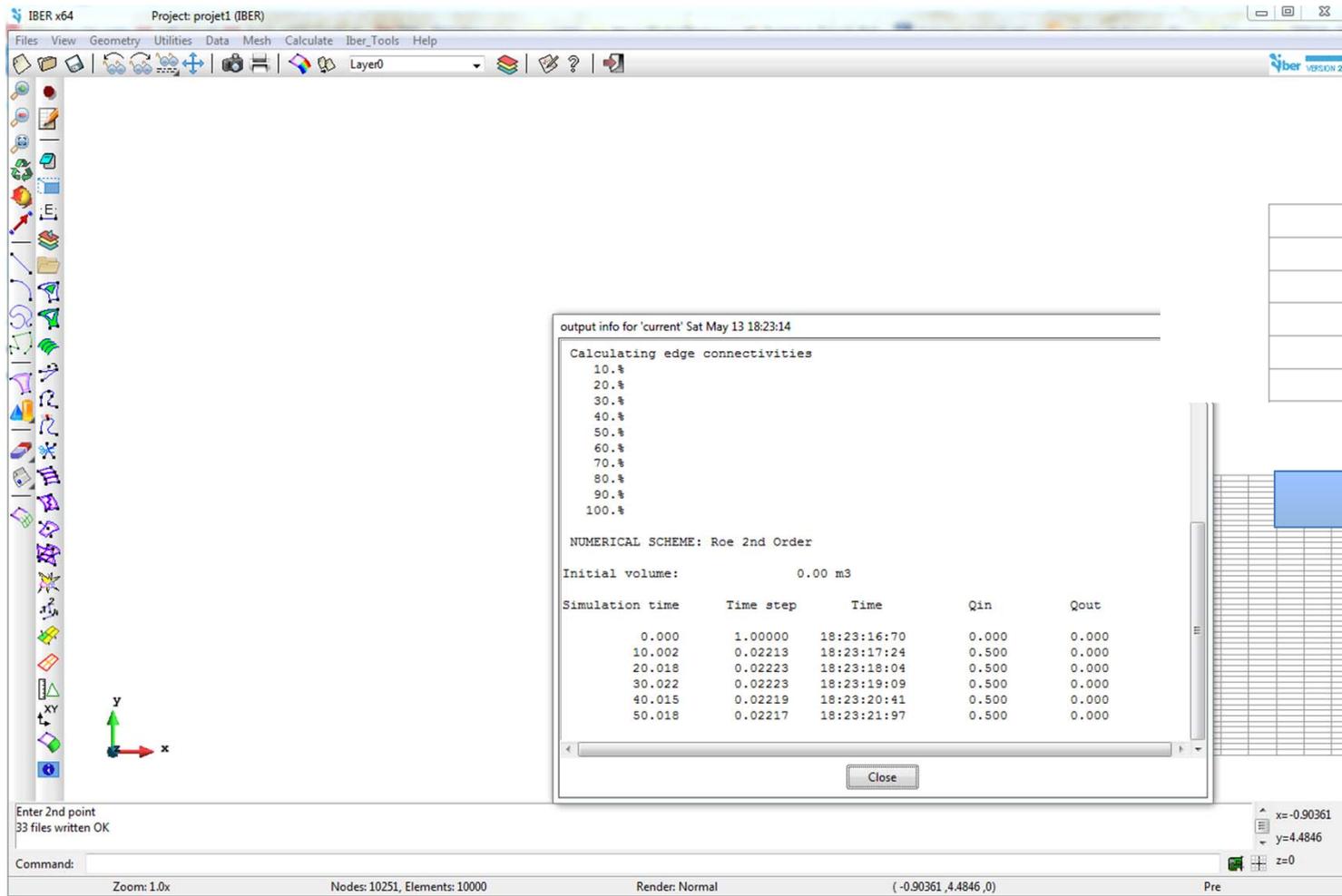
Calcul affiné

On arrête la sélection en appuyant sur «ESC», alors une nouvelle fenêtre s'affiche. On inscrit 0.1 (m). On sélectionne les deux arêtes verticales et on tape sur «ESC», puis «Close». On finit cette étape en remaillant Mesh > Generate mesh.



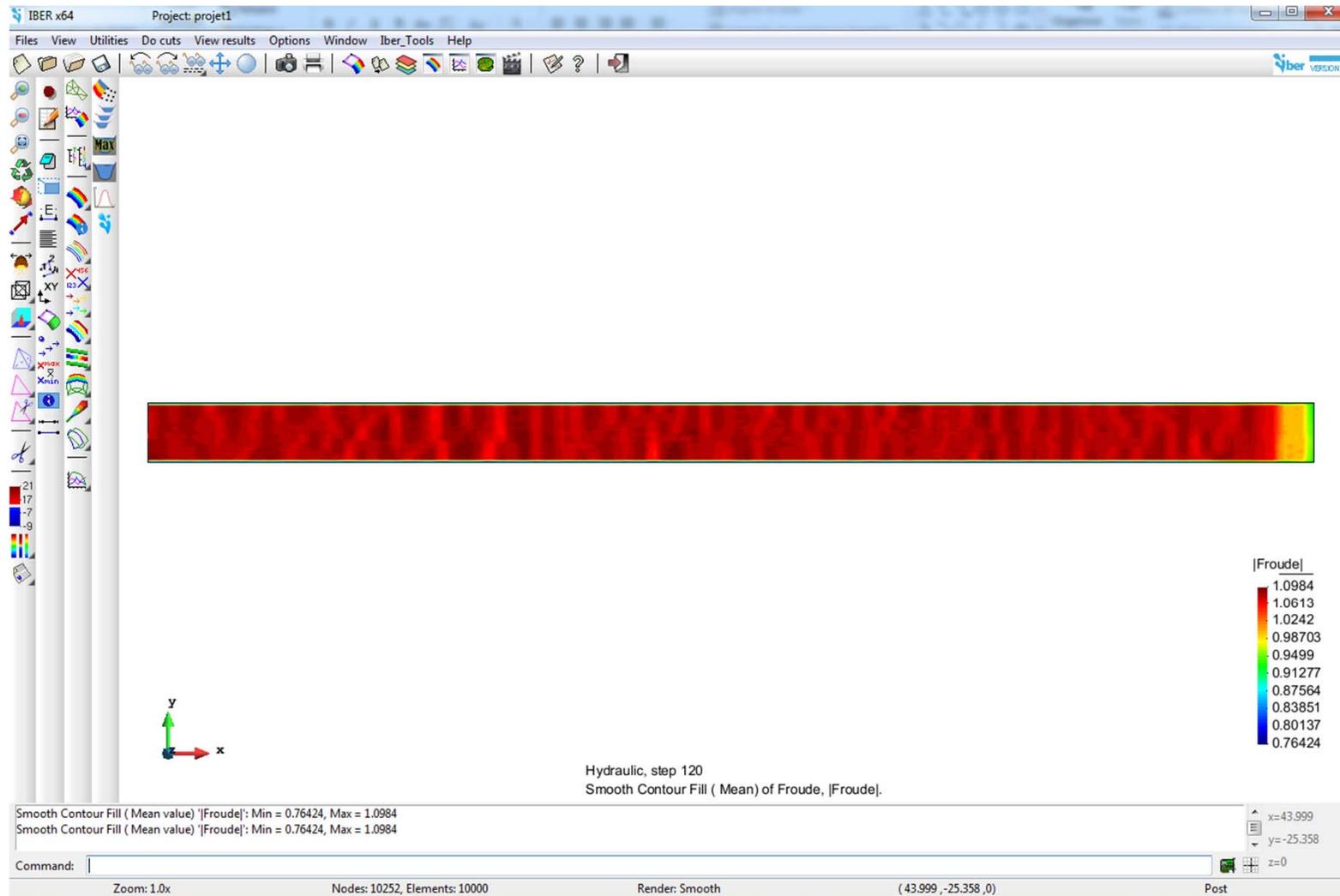
Calcul affiné

Si on agrandit le maillage, on vérifie qu'on a bien la forme désirée. On peut alors relancer le calcul : Calculate > Calculate. Cela prend un peu plus de temps !



Post-traitement

On revient en post-traitement et on trace la carte du nombre de Froude.

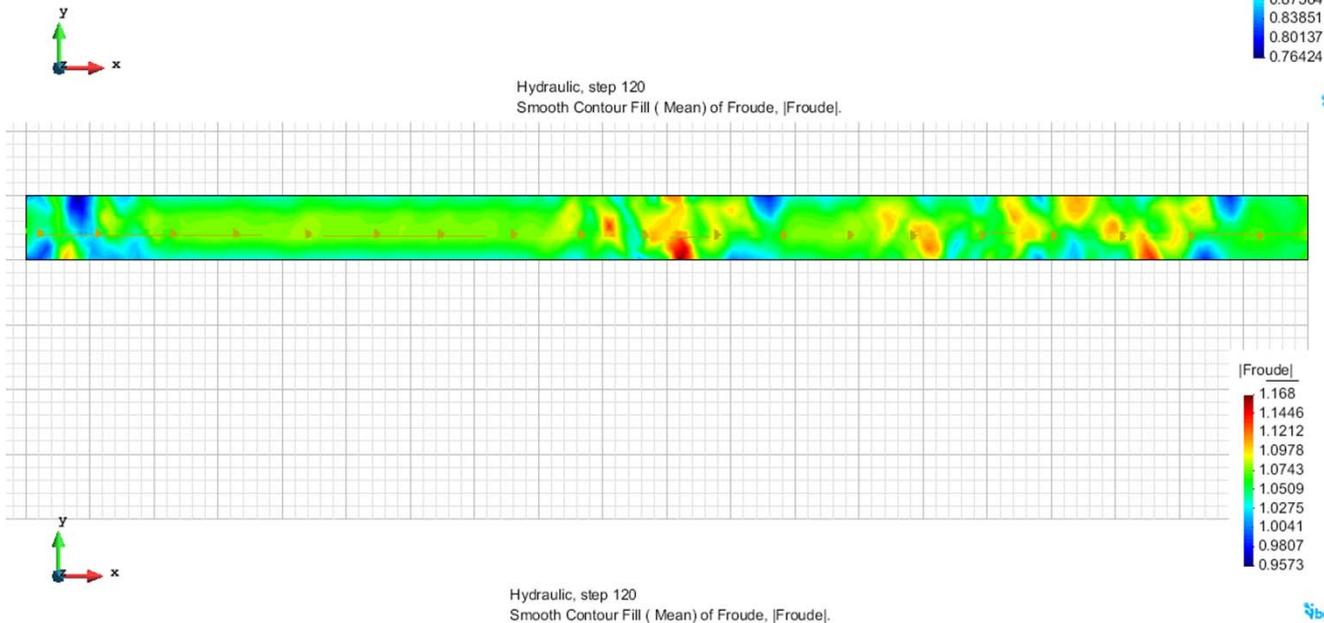
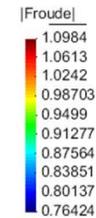


Post-traitement

En comparant les cartes de Froude, on note l'effet de la taille de la maille et du type de solveur sur les résultats.



maillage fin, solveur
Roe ordre 2



maillage grossier,
solveur Roe ordre 1

