modélisation du transport sédimentaire dans les rivières

Dr. MEZBACHE Salheddine

Université de Mohamed Boudiaf – M'sila

Faculté de technologie

Département d'hydraulique

Email : salheddine.mezbache@univ-msila.dz

Avril 2022

4.0

Table des matières

Objectifs

L'objectif est de pouvoir prédire de manière plus détaillée les risques d'inondation générés par le débordement des cours d'eau, d'érosion et de pollution liés à ces transports sédimentaires en réduisant le coût de cette modélisation.

Chapitre I : Modélisation

I

Il y a deux types de modélisation: modélisation physique en laboratoire et modélisation numérique basée sur les différentes équations connues dans la littérature qui sont résolues par l'outil informatique suivant différentes méthodes ; cependant la première modélisation et les mesures sur le terrain sont nécessaires pour calibrer et valider la deuxième modélisation.

1. Exercice

La modélisation qui propose le coût le plus bas est :

- la modélisation physique
- la modélisation numérique

2. Types de modélisation :

Définition : Modélisation Physique :

La modélisation physique ou expérimentale en laboratoire, est un moyen pour tester les ouvrages hydrauliques et reproduire les processus hydrauliques et morphologiques, en prenant la même échelle ou une échelle différente. Cependant le dernier cas pose beaucoup d'incertitudes regardant l'effet d'échelle, malgré son avantage qui permet de faire les modélisations à l'échelle de laboratoire et d'étudier les processus physiques difficiles à observer dans les cas de terrain. Son coût est élevé et son développement reste toujours un sujet d'actualité.

Définition : Modélisation numérique :

Selon les équations hydrodynamiques et morphologiques et les schémas de résolution choisis, on distingue plusieurs modèles numériques qui servent à résoudre ces équations en se basant sur l'outil informatique très développé récemment.

3. Les écoulements en rivière :

Les écoulements en rivière :

Le phénomène d'écoulement instantané d'une particule de l'eau (fluide visqueux non compressible) à surface libre sous l'action de gravité est décrit dans le cas le plus général par : l'équation de continuité (conservation de la masse) et les équations générales de Navier-Stokes (basées sur la 2ème loi de Newton ou l'équation de conservation des moments).

$$(\partial(\rho V))/\partial t+\nabla\cdot(\rho VV)=\rho[\partial V/\partial t+(V\cdot\nabla)V]$$

L'écoulement turbulent n'est pas régulier, donc il est mieux représenté par les équations de Reynolds basées sur la notion de longueur de mélange (longueur de Prandtl) qui présente un terme associé à l'écoulement moyen et un terme additionnel associé aux fluctuations de turbulence. Ces équations donnent des résultats satisfaisants.

$$⟦(\partial u_i)/\partial x⟧_i=0$$

$$(\partial u_i)/\partial t+(\partial u^{-}{}_j u^{-}{}_i)/(\partial x_j)=g^{-}{}_i-1/\rho(\partial p^{-})/(\partial x_i)+\nu(\partial^2 u^{-}{}_i)/(\partial x_j⟦\partial x⟧_j)-(\partial(⟦u'⟧_{(i)}⟦u'⟧_j)^{-})/(\partial x_j)$$

Si on admet certaines hypothèses comme celles des composantes horizontale et verticale de la vitesse négligeables, certains termes de ces équations vont s'éliminer. En négligeant les variations verticales (intégration selon la profondeur), l'équation de continuité et le modèle 3D de Reynolds se réduisent à un modèle 2D de Reynolds :

$$(\partial z_w)/\partial t+\partial/\partial x(hU)+\partial/\partial y(hV)=0$$

$$\partial/\partial t(hU)+\partial/\partial x(\beta_1 hU^2)+\partial/\partial y(\beta_2 hUV)+gh(\partial z_w)/\partial x+\tau_{bx}/\rho=0$$

$$\partial/\partial t(hV)+\partial/\partial x(\beta_2 hUV)+\partial/\partial y(\beta_3 hV^2)+gh(\partial z_w)/\partial y+\tau_{by}/\rho=0$$

D'où βi sont les termes résiduels de Boussinesq (qui sont associés à la répartition non-uniforme de la vitesse), h est la profondeur de l'eau, zw est la cote de la surface libre.

L'intégration de ces dernières équations suivant la largeur nous donne les équations d'un écoulement unidimensionnel graduellement varié ou les équations 1D de Barré de Saint Venant (1871) :

L'équation de continuité :

$$\partial A/\partial t+\partial Q/\partial x=0$$

L'équation de conservation des moments :

$$1/A.\partial Q/\partial t+1/A.\partial/\partial x(Q^2/A)+g/A.(\partial I_1)/\partial x-g/A\,I_2-gS_0+gS_e=0$$

D'où A est surface de la section mouillée, g est l'accélération gravitationnelle, x est la variable de l'espace selon l'axe longitudinal, I1 est le terme qui représente la force pression hydrostatique, I2 est la force de pression exercée par les contractions et les expansions les parois du canal, S0 est la pente du fond de canal et Se est la pente de la surface d'eau. Le premier membre à gauche de la dernière équation représente l'accélération locale et le deuxième représente l'accélération convective ; le troisième et le quatrième terme représente la force de pression ; le cinquième terme représente la force de gravité et le sixième terme dans cette équation représente la force de frottement.

En général, dans les cours d'eau naturels, la géométrie n'est pas rigide ; elle change après chaque évènement suite aux éventuelles érosions ou sédimentations. Par conséquent, la pente du fond est relativement variable au cours du temps. Pour tenir compte de ce fait, on doit rajouter également une 3ème équation qui représente la conservation de la masse solide (équation de continuité solide ou équation d'Exner., 1925), elle est obtenue d'une façon similaire à celle de conservation de la masse liquide :

$$(\partial A_s)/\partial t+(\partial Q_s)/\partial x=0$$

Débit latéral

Dans ces équations de bilan, le terme 0 dans le second membre droit être remplacé si besoin par le terme qui représente le débit latéral.

Attention

Ce système d'équations décrivant l'écoulement hydrosédimentaire dans un cours d'eau naturel est hyperstatique, le nombre des inconnues est supérieur au nombre des équations, ce qui nécessite l'implication de conditions supplémentaires pour fermer le système.

Méthode

Dans certains cas, la réduction du nombre d'équations adoptées dans un modèle peut faciliter le calcul et diminuer le nombre de conditions limites. Par ailleurs, le modèle peut perdre de sa performance ; cependant, le choix d'un modèle général et complexe n'est pas tout le temps pratique (Benayada & Hasbaia., 2013).

Méthode

La méthode de résolution du modèle hydrosédimentaire dans un cours d'eau peut être couplée ou découplée ; la méthode couplée implique une résolution simultanée des équations de l'hydrodynamique (de Saint Venant) et de la morphologie (d'Exner., 1925) contrairement au calcul non couplé (Franzini & Soares Frazao., 2018).

4. Outil de la modélissation

Méthode

Outil de la modélisation (cf. p.) (cf. p.7)

Ressources annexes

> Outil de la modélisation

[cf. Outil de la modélisation]