

Transports des sédiments

Thème 3

Modélisation

Rapport général

par G. Nicollet

Cinq communications vont être présentées au cours de cette demi-journée qui, à ma connaissance, recouvrent l'ensemble des efforts réalisés en France actuellement dans ce domaine.

Le premier trait à souligner est que toutes ces études sont orientées vers la modélisation mathématique. En effet les modèles physiques, irremplaçables pour la mise au point locale d'ouvrages (évacuateurs de crues par exemple) sont actuellement très rarement employés pour l'étude du devenir d'un « long » bief de rivière en raison de leur lourdeur d'exploitation et de leur coût. Encore faut-il préciser que l'expression de « long bief » ne désigne que quelques dizaines de largeurs de lit, au-delà le modèle est pratiquement irréalisable. Cela explique la quasi disparition des grands modèles physiques sédimentologiques et les efforts déployés pour la mise au point de codes de calcul capables de modéliser les phénomènes sédimentaires sur de grandes longueurs. Quel hydraulicien n'a rêvé d'un modèle mathématique sédimentologique de la Loire étalonné sur les évolutions de lit du dernier demi-siècle et capable de prédire le devenir du fleuve dans diverses hypothèses d'aménagement et d'extraction de granulats ?

Le principe des codes de calcul est clair. On écrit la conservation de la masse et de la quantité de mouvement, d'une part pour la phase liquide (ce sont les classiques équations de Saint-Venant) et d'autre part pour la phase solide. A ce système il convient d'ajouter une équation dynamique du solide reliant la charge sédimentaire aux caractéristiques de l'écoulement fluide (c'est l'une des multiples relations plus ou moins empiriques appelées « loi de débit solide », telles MEYER-PETER, ENGELUND-NAUS, EINSTEIN ou autre). En toute rigueur il convient d'ajouter une

cinquième relation donnant la rugosité du lit en fonction des caractéristiques du transport solide. C'est sur ces bases qu'ont été bâtis de nombreux modèles filaires.

Dans le cas d'un matériau de fond de granulométrie uniforme les expériences sont nombreuses et elles sont excellemment présentées dans l'ouvrage désormais classique de MM. CUNGE, NOLLY et VERWEY. C'est à cette famille qu'appartient le code EROS du Laboratoire de Chatou.

Par contre, quand on veut traiter le cas d'une granulométrie étendue, les affaires se compliquent singulièrement et les modèles opérationnels ne sont plus très nombreux de par le monde. Parmi les pionniers on peut citer le code anglais de MM. BETTESS et WHITE et surtout le travail remarquable de l'Université d'IOWA sous la direction du Professeur KENNEDY. Dans ce cadre entrent les modèles développés à Grenoble par l'IMG et Sogreah avec le code CARICHAR.

La présente session rassemble cinq communications, le papier sur les échanges « charriage-suspension » n'ayant pu être réalisé comme prévu.

Parmi ces communications, l'une (ALLARD et CHEE) est consacrée à la physique des phénomènes du charriage, dans le but d'obtenir des données les plus pures possibles pour le calage des futurs modèles. Trois communications ensuite décrivent des tentatives de modélisation : celles de MM. TANGUY, DHATT, FRENETTE et MONADIER présentent un code bidimensionnel, tandis que les deux suivantes (RAHUEL et CHOLLET, RAHUEL et BELLEUDY) montrent les possibilités du code filaire CARICHAR développé à Grenoble par le LHF et l'Université. Enfin la communication de MM. ROUAS et MONADIER fait état de l'effort des Pouvoirs publics dans l'élaboration d'un code français de calcul filaire des évolutions du lit des rivières de plaine.

Communication de MM. ALLARD et CHEE, du LNH

Le travail entrepris sur un canal expérimental long de 50 m et équipé de dispositifs de pilotage et de mesure parmi les plus performants, permet de disposer de données exemptes de phénomènes parasites, en particulier des valeurs de la rugosité du lit en fonction des formes du lit et de l'étendue granulométrique. Il serait intéressant que les auteurs précisent un peu plus l'influence relative de la rugosité de peau (celle qui est due à la dimension des grains) vis-à-vis de la rugosité de formes (celle due aux ondulations du lit telles que dunes et rides). Cette étude de fond, extrêmement intéressante, montre l'énormité du travail qui reste à accomplir pour quantifier les phénomènes de base afin de les modéliser correctement.

Communication de MM. TANGUY, DHATT, FRENETTE et MONADIER

Il s'agit ici de la présentation d'un code bidimensionnel aux éléments finis avec un sédiment de granulométrie uniforme. Un exemple est donné sur un cas schématisé d'un canal avec un épi perpendiculaire à la berge obstruant le tiers de la largeur. Les résultats semblent qualitativement corrects (dans la mesure où il est assez difficile de comparer résultats expérimentaux et résultats de calculs qui sont présentés de façons différentes).

L'écoulement à l'extrémité d'un épi étant fortement tridimensionnel il serait intéressant que les auteurs expliquent comment ils sont venus à bout de cette singularité avec leur schématisation bidimensionnelle. Ce type de modèle apparaît bien adapté à la représentation de phénomènes relativement locaux, soit en milieu fluvial, soit en milieu maritime ; mais qu'en est-il de l'utilisation pour représenter de longs biefs de rivières ? On aimerait savoir si les auteurs ont une expérience en ce domaine, et si l'emploi de mailles relativement allongées n'entraîne pas de difficultés.

Communication de MM. RAHUEL et CHOLLET, de Grenoble

Cette communication est consacrée à la présentation du code filaire CARICHAR qui résout de façon couplée les équations des phases liquide et solide. Le principe de la résolution numérique est donné dans ce papier qui se termine par l'évocation rapide d'un cas de calcul d'un bief de caractéristiques voisines de celles du Rhône, avec un découpage de la granulométrie en trois classes.

Communication de MM. RAHUEL et BELLEUDY, du LHF
Cette communication prolonge la précédente et la développe

en précisant la modélisation des diverses classes de la granulométrie et le phénomène du pavage.

Comme dans les autres modèles de cette famille on s'appuie sur le concept de « couche mélangée » qui est, entre deux instants t et $(t + \Delta t)$, la zone du lit dans laquelle s'effectuent les échanges de matériaux entre lit et écoulement. Cette « couche mélangée » est donc le volume de contrôle au sein duquel la composition granulométrique du fond va se modifier entre les deux instants considérés. La couche pavée est un état asymptotique de la couche mélangée.

Diverses formules empiriques sont utilisées pour définir l'épaisseur de cette couche mélangée qui est dans les cas courants prise égale à l'amplitude des dunes et de plus un facteur multiplicatif de réglage est introduit. Le modèle est assez lourd dès qu'on découpe la granulométrie assez finement en plusieurs tranches. Et ce qui semble particulièrement délicat, c'est que les résultats sont assez sensibles à la décomposition de la granulométrie, en particulier au nombre de tranches considérées.

Ce modèle représente un remarquable effort de modélisation, mais demande à être validé par des cas concrets maintenant que les premiers essais semblent donner des résultats qui ne heurtent pas le bon sens du physicien.

Communication de MM. ROUAS et MONADIER

Ce papier présente le projet du Service central technique des Ports maritimes et Voies navigables pour fédérer les efforts français dans la mise au point d'un code filaire capable de modéliser le devenir du lit des rivières de plaine.

Les points saillants du programme d'étude sont clairement mis en lumière, en particulier la rugosité du lit, avec les essais du Laboratoire de Chatou. Le choix de formules de transport solide et l'éventualité de définition d'une loi de chargement, l'influence de l'étendue granulométrique et les phénomènes de pavage tels que décrits dans la communication précédente du LHF, le problème numérique du traitement des équations soit avec une résolution séparée des phases liquide et solide (comme dans le code EROS du LNH), soit une résolution globale. L'énumération de tous ces thèmes d'étude montre que le travail ne fait que commencer.

Cette dernière remarque pourrait d'ailleurs servir également de conclusion à ce bref rapport général. La complexité des phénomènes à représenter est telle que les chercheurs peuvent avoir de belles perspectives d'avenir pour rendre les résultats de ces outils plus proches de la réalité. Nous espérons enfin que les confrontations lors du prochain séminaire de l'AIRH sur le pavage permettront de faire progresser nos chercheurs.