

Dynamique de flottants en présence d'écoulements tridimensionnels

Auteur : DELHAISE Anthony

Encadrant : LOPEZ Diego

Voie d'approfondissement : Environnement, Spécialité Cours d'Eau, Littoral et Voies Navigables

Organisme d'accueil : Laboratoire de Mécaniques des Fluides et d'Acoustique, INSA, La Doua

Le bois flottant à la surface des cours d'eau constitue un facteur de risque important en milieu urbain, pouvant d'une part endommager certaines structures telles que les digues ou les piles de pont, et d'autre part former des embâcles et ainsi augmenter significativement le risque d'inondations en cas de fortes pluies ou de crues importantes. De nombreuses recherches ont déjà été effectuées dans l'étude de la dynamique de flottaison de bois mort au sein des cours d'eau. Celles-ci explicitent certains comportements concernant la flottaison du bois mort, ce qui permet d'estimer des zones plus ou moins enclines à être victimes de la formation d'embâcles. Il existe deux phénomènes qui tendent à faire augmenter le nombre et l'ampleur des inondations urbaines causées (ou aggravées) par la présence de bois flottant. Tout d'abord, la végétalisation progressive des rives et des versants en amont des villes au cours des 60 dernières années a augmenté la quantité de bois mort disponible, ce qui aggrave les cas de fortes crues qui sont susceptibles d'emporter une grande quantité de bois en direction des zones urbaines. D'autre part, du fait du changement climatique, une augmentation du nombre et de l'intensité de ces crues est attendue dans les prochaines décennies.

De ce fait, modéliser le transport du bois flottant devient un enjeu majeur pour les problématiques de dégradation d'ouvrages hydrauliques, ainsi que pour prévenir la formation d'embâcles dues au piégeage du bois dans certaines zones de cours d'eau. De nombreuses études portant sur la modélisation du transport du bois dans des écoulements 2D ont déjà été réalisées.

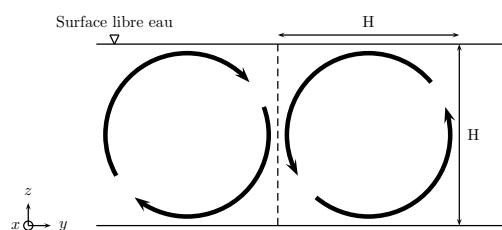


FIGURE 1: Deux cellules de courants secondaires

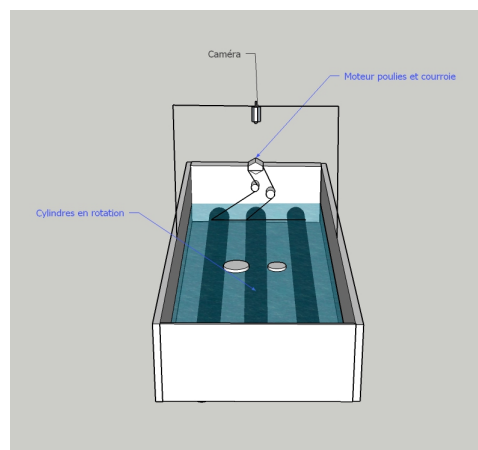
Toutefois, des études de terrain vélocimétriques sur des tronçons de véritables rivières, telles que la Seine, ont mis en évidence la présence de cellules de courants secondaires, de diamètre égal à la profondeur d'eau (notée H sur la figure 1), au sein de la colonne d'eau verticale. Ces cellules vont avoir un impact sur l'écoulement généré en surface. Dès lors, une étude des dynamiques de flottaison du bois sur des écoulements plus complexes, présentant de telles structures de cellules, est réalisée.

Ainsi, la question est de savoir dans quelle mesure ces cellules de courant secondaires ont un impact sur la distribution latérale du bois flottant dans les cours d'eau ? Plus précisément, dans le cas d'étude de ce rapport, dans quelle mesure de telles cellules vont modifier la distribution latérale de flottants placés aléatoirement dans une section droite d'un canal ?

Le principe de la démarche

En premier lieu, une contextualisation de l'étude de la distribution latérale des bois flottants est réalisée. L'établissement d'une équation de Navier-Stokes, servant de base à l'étude des particules d'eau au sein d'un écoulement, est explicité. Ensuite, un état de l'art à la fois des études menées dans la modélisation du transport des bois flottants dans les cours d'eau, mais également sur le phénomène de cellules de courants secondaires présentes au sein de la colonne d'eau verticale, est effectué. Cela permet ainsi de déterminer l'intérêt de l'étude de ce rapport portant sur la distribution latérale des flottants dans des écoulements 3D (vitesses des écoulements ayant également une composante verticale).

En second lieu, le dispositif expérimental utilisé pour réaliser les expériences est schématisé ci-contre. Ce dispositif a pour but de créer des cellules de courants secondaires au sein d'un canal droit, afin d'étudier et d'estimer leurs impacts dans l'écoulement en surface. Le fonctionnement théorique de ce dispositif expérimental est expliqué, ainsi que les raisons motivant le choix d'une telle configuration initiale du montage. Les différentes configurations dans lesquelles sont menées les expériences sont explicitées, et les résultats de ces expériences sont détaillés.



En dernier lieu, une étude théorique et numérique grâce au logiciel Matlab R2018 sur les trajectoires de flottants de diverses géométries est détaillée. Le modèle des cellules de Langmuir est utilisé. Ensuite, les trajectoires théoriques obtenues numériquement sont comparées aux trajectoires observées expérimentalement. Enfin, une dernière étude comparative entre des trajectoires obtenues par une interpolation numérique linéaire sur l'écoulement créé par le montage expérimental, et celles observées expérimentalement, est également réalisée.

Les principaux résultats des tests de PIV ont révélé des structures apparaissant dans l'écoulement créé, quelque soit la configuration de manipulation considérée : la formation de cellules de recirculation en surface, localisées dans la zone théorique de convergence (zone de downwelling). Le nombre de cellules observées dépend de la distance entre les deux limites longitudinales de l'écoulement, distance correspondant à l'espacement entre les deux planches utilisées pour délimiter la zone de l'étude. Par ailleurs, le diamètre des cellules en surface est sensiblement égal à L_{cyl} (distance entre les milieux des deux cylindres créant cette cellule de recirculation). De plus, les résultats expérimentaux ne sont pas en accord avec la théorie du modèle des cellules de Langmuir. Cela est sûrement due à un souci d'échelle entre les disques flottants et l'écoulement, les objets étant de dimension trop importante pour considérer l'écoulement uniforme autour d'eux d'une part, et aussi au tourbillon en surface créé par l'écoulement expérimental d'autre part.