

> zone interne (avant le choc) en plusieurs parties distinctes (l'impact du jet d'eau, la zone de développement de la couche limite et la région où la couche limite a envahi toute l'épaisseur du liquide). Les équations décrivent alors très bien la hauteur du film d'eau en fonction de la distance au jet d'eau.

Sur le fleuve Qiantang, le mascaret se déplace à 40 kilomètres par heure

Cette théorie reste toutefois incomplète dans la mesure où elle ne décrit que ce qui se passe à l'intérieur du ressaut et ne donne pas d'informations sur ce qui se passe à l'extérieur. Pour déterminer le rayon, on doit associer un choc «à la Bélanger» au modèle et connaître la hauteur de liquide juste après le ressaut. Mais comme il est plus difficile de mesurer cette hauteur que le diamètre du ressaut directement, le modèle n'a que peu d'intérêt prédictif.

VERS UN MODÈLE COMPLET

En 1993, Tomas Bohr, de l'université technique du Danemark, près de Copenhague, fils et petit-fils de Prix Nobel de physique, et ses collègues ont enfin pris en compte la zone extérieure.

En modélisant les zones interne et externe avec une seule équation (dite «équation de lubrification») et en raccordant ces deux zones à l'aide d'une condition «à la Bélanger», ils ont décrit le problème complet. Grâce à une résolution numérique de ces équations, ils ont obtenu la première loi théorique prédisant le rayon du ressaut en fonction des paramètres du système (débit, viscosité et densité du liquide...).

Il a donc fallu pas moins de cinq siècles pour développer le premier modèle assez satisfaisant du ressaut circulaire. Cela paraît énorme si l'on considère qu'on n'a alors «résolu» que le cas simple d'un jet liquide tombant verticalement sur une plaque, autour de laquelle le liquide est libre de s'écouler. On ne peut ainsi pas rendre compte d'un jet incliné ou atteignant une plaque présentant des bords comme dans un évier. En réalité, on n'en est là qu'au début de la compréhension du phénomène et on a à peine effleuré la complexité du problème...

En particulier, on s'aperçoit que l'on ne comprend pas physiquement pourquoi le choc se produit. Le modèle hydrodynamique de Tomas Bohr prédit la position du ressaut en utilisant les hypothèses caractérisant les zones interne et externe et montre qu'à un certain rayon (là où l'on observe le ressaut), les solutions mathématiques de ces deux zones ne sont plus réalistes. Autrement dit, il prédit la nécessité d'une transition entre la zone interne et la zone externe, mais il n'explique rien sur la nature de cette transition. Une pente douce entre les deux zones aurait ainsi été tout autant compatible avec le modèle. Cette limite descriptive et non explicative du modèle était déjà présente dans l'approche ondulatoire évoquée au début de l'article avec les ondes gravitaires qui remontaient le courant: dans ce cas, on suppose un changement de régime de

PLUS SUR LES MASCARETS



A. Colas, *Mascaret, prodige de la marée*, YEP, 2017.

Le mascaret est un ressaut hydraulique qui se forme dans les cours d'eau comme ici sur la Dordogne, près de Saint-Pardon. Les surfeurs profitent de cette vague qui remonte vers l'amont.

