
The Dynamics of Steady, Partial-Depth Intrusive Gravity Currents

M. R. Flynn^{1,*}, T. Boubarne² and P. F. Linden²

¹*Department of Mathematics, Massachusetts Institute of Technology
77 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139-4307, USA*

²*Department of Mechanical and Aerospace Engineering
University of California – San Diego, La Jolla, CA USA*

[Original manuscript received 3 December 2007; accepted 16 March 2008]

ABSTRACT *Experiments of intrusive gravity currents generated by lock exchange offer insights into atmospheric and oceanic flows. However, whereas many previous investigations have considered the ‘full-depth’ lock exchange problem, in which the intermediate density fluid initially spans the entire channel depth, less is known about ‘partial-depth’ releases, which represent a more appropriate analogue to environmental flows where the inceptive, localized interfacial mixing is relatively weak and/or the upper and lower ambient layers are of significant vertical expanse. Here, we consider this circumstance using a combination of experimental, (two-dimensional) numerical and analytical techniques with a particular focus on equilibrium flow for which there is no auxiliary concentration or dilution of the active scalar, and the interface ahead of the intrusion remains approximately horizontal. In this case, the initial (steady) speed of propagation, U , can be well-predicted by adapting a shallow-water model for gravity currents that employs as its front condition the relationship of Benjamin (1968). When, in the initial state, the upper and lower halves of the density field are (stretched) mirror images of one another, the front travels at constant speed beyond 10 lock lengths, as was noted in the case of full-depth lock releases by Sutherland et al. (2004) and Sutherland and Nault (2007). However, when this symmetry is broken either by altering the relative depth of either ambient layer or by changing the intrusion density, the flow begins to decelerate after travelling as few as three lock lengths.*

RÉSUMÉ [Traduit par la rédaction] *Les expériences de courants de gravité inclusifs générés lors d'un échange à une écluse aident à comprendre les écoulements atmosphériques et océaniques. Cependant, alors que plusieurs études précédentes ont porté sur le problème de l'échange à une écluse « sur toute l'épaisseur », dans lequel le fluide de densité intermédiaire occupe initialement toute l'épaisseur du canal, on en sait moins sur les « libérations sur une épaisseur partielle », qui offrent une analogie plus appropriée avec les écoulements environnementaux dans lesquels le mélange interfacial localisé initial est relativement faible et/ou les couches ambiantes inférieure et supérieure ont une extension verticale considérable. Ici, nous étudions cet aspect de la question en nous servant d'une combinaison de techniques expérimentales numériques et analytiques (bidimensionnelles), en portant une attention particulière à un écoulement d'équilibre pour lequel il n'y a pas de concentration ou de dilution auxiliaire du scalaire actif et l'interface en avant de l'intrusion demeure approximativement horizontale. Dans ce cas, on peut prévoir adéquatement la vitesse de propagation initiale (constante), U , en adaptant un modèle d'eau peu profonde pour les courants de gravité qui emploie comme conditions à son front la relation de Benjamin (1968). Lorsque, dans l'état initial, les moitiés supérieure et inférieure du champ de densité sont symétriques (étirées) l'une par rapport à l'autre, le front se déplace à vitesse constante sur plus de 10 fois la longueur de l'écluse, comme cela a été observé par Sutherland et coll. (2004) et Sutherland et Nault (2007) dans le cas d'une libération sur toute l'épaisseur. Cependant, quand cette symétrie est rompue soit en modifiant l'épaisseur relative de l'une ou l'autre des couches ambiantes soit en changeant la densité de l'intrusion, l'écoulement commence à décélérer après n'avoir progressé que d'aussi peu que trois fois la longueur de l'écluse.*

*Corresponding author's current affiliation: Department of Mechanical Engineering, University of Alberta, Edmonton AB T6G 2G8;
e-mail: mrflynn@ualberta.ca

NOTE TO USER

For the full text of this article, [click here](#).

AVIS À L'USAGER

Pour le texte intégral de cet article, [cliquez ici](#).