
Revue sur la prédiction des formes des poches de gaz en écoulement vertical intermittent

Alexandre Boucher*^{†1}, Roel Belt², and Alain LinÉ³

¹Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés (LISBP) – Institut National des Sciences Appliquées - Toulouse – France

²TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – TOTAL – France

³Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et des Procédés (LISBP) – Institut National des Sciences Appliquées (INSA) – France

Résumé

L'écoulement vertical intermittent à poches de gaz et bouchons de liquide est présent dans nombre de procédés industriels, tels que la récupération et le transport d'hydrocarbure dans des pipelines, le décolmatage des membranes, le système de refroidissement d'urgence d'une centrale nucléaire, et dans de nombreux réacteurs chimiques où le mélange et le transfert de matière ont besoin d'être promus. Son caractère d'écoulement industriel encouragea le développement de méthodes simplifiées reposant sur des lois de fermeture souvent empiriques. Néanmoins, très peu d'auteurs se sont intéressés à la forme particulière des poches de gaz (ou bulles de Taylor). Il est cependant établi que la vitesse de la poche dépend essentiellement du champs 3D des vitesses autour du nez et donc de sa forme. Des méthodes semi-analytiques (les équations sont déterminées analytiquement, mais résolues numériquement) permettent de caractériser ces formes, nous nous proposons donc de fournir une revue de ces différentes méthodes et de les comparer entre elles.

Dumitrescu [4] a été l'un des premiers à déterminer analytiquement la forme et la vitesse terminale d'une bulle d'air infiniment longue confinée dans un tube rempli d'un liquide au repos. Il utilisa la théorie des écoulements potentiels pour calculer la fonction de courant ψ , en plus de l'équation de Bernoulli appliquée sur la surface de la bulle. Il conclut avec une précision remarquable que l'écoulement (pour des effets interfaciaux négligeables) se faisait à nombre de Froude constant égal à 0,351. Sa méthode de résolution fut reprise par nombre d'auteurs ([3], [6], [2], [1], et [5]) pour des problèmes de complexité croissante, considérant par exemple l'entraînement dû à l'écoulement liquide dans le tube ([6], [2], [1], et [5]), des profils turbulents de vitesse à l'infini ([2] et [1]), et les effets de tension de surface ([6], [1], et [5]). Globalement, deux méthodes de résolution différentes sont utilisées. La première commune aux travaux [1], [3], [4], et [6] consiste à développer les équations en séries de Taylor et de résoudre l'équation polynomiale ainsi obtenue. Cette méthode est nommée the Power Series Resolution (PSR). La deuxième aussi appelée the Total Derivative Method (TDM) et utilisée par [2] et [5], et consiste à déterminer les dérivées successives de l'équation de Bernoulli puis de les égaliser à zéro, donnant le système à résoudre. Les vitesses de poche obtenues avec ces méthodes vérifient les résultats expérimentaux présents dans la littérature pour des valeurs de tension de surface modérées.

*Intervenant

[†]Auteur correspondant: alexandre.boucher@insa-toulouse.fr

References

- K. H. Bendiksen, 'On the motion of long bubbles in vertical tubes', *IJMF* vol. 11, no. 6, (1985) 797–812.
- R. Collins, F. F. D. Moraes, J. F. Davidson, and D. Harrison, 'The motion of a large gas bubble rising through liquid flowing in a tube', *JMF*, vol. 89, no. 3, pp. 497–514, Dec. 1978.
- R. M. Davies and G. I. Taylor, 'The mechanics of large bubbles rising through extended liquids and through liquids in tubes', *Proc. R. Soc. Lond. A*, vol. 200, no. 1062, pp. 375–390, Feb. 1950.
- D. T. Dumitrescu, 'Strömung an einer Luftblase im senkrechten Rohr', *ZAMM - JAMM / Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, vol. 23, no. 3, pp. 139–149, Jan. 1943.
- H. V. Nickens and D. W. Yannitell, 'The effects of surface tension and viscosity on the rise velocity of a large gas bubble in a closed, vertical liquid-filled tube', *IJMF*, vol. 13, no. 1, pp. 57–69, Jan. 1987.
- K. W. Tung and J.-Y. Parlange, 'Note on the motion of long bubbles in closed tubes-influence of surface tension', *Acta Mechanica*, vol. 24, no. 3, pp. 313–317, Sep. 1976.

Mots-Clés: Bulle de Taylor, théorie potentielle, vitesse d'ascension, tension de surface.