

# Hydrodynamics of Gas-Liquid Bubble Columns and Air-Lift Loop Reactors: Experiments and Numerical Simulations

A. Sokolichin<sup>1</sup>, O. Borchers<sup>1</sup> and G. Eigenberger<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Chemische Verfahrenstechnik der Universität Stuttgart, Böblinger Strasse 72, D-70199 Stuttgart - Germany  
e-mail: alexcde@icvt.uni-stuttgart.de

**Résumé — Hydrodynamique des colonnes à bulles gaz-liquide et des réacteurs à gazosiphon : expériences et simulations numériques** — Il est généralement admis que la description réaliste de l'écoulement diphasique constitue l'un des éléments clés pour améliorer la modélisation des réacteurs gaz-liquide. L'un des principaux problèmes non résolus est la modélisation de la turbulence dans la phase continue. Dans la majorité des publications sur les simulations numériques des écoulements diphasiques stationnaires, le modèle standard  $k$ - $\epsilon$  développé pour les écoulements monophasiques a été utilisé. Cependant, l'applicabilité générale de ce modèle à des écoulements diphasiques non stationnaires est souvent controversée.

Dans notre dernier exposé à ISCRE-15, nous avons abordé cette question en prenant l'exemple d'une colonne à bulles plate localement aérée. Les résultats de ce calcul à trois dimensions en fonction du temps ont montré qu'il était possible d'obtenir une solution dynamique réaliste avec le modèle de turbulence  $k$ - $\epsilon$ .

Il est cependant évident que l'applicabilité générale du modèle de turbulence 3D  $k$ - $\epsilon$  à la simulation dynamique des écoulements à bulles nécessite une validation complémentaire dans un large éventail de cas tests pour les écoulements turbulents gaz-liquide. Une série de nouveaux essais pour une colonne à bulles vide aérée symétriquement avec différents ratios géométriques est présentée dans cette contribution. Les résultats d'expériences minutieuses et de simulations d'écoulement sont comparés.

Un autre problème important non résolu est celui de la modélisation de la turbulence générée par la phase gazeuse. Dans le cas des colonnes à bulles plates aérées localement, mentionnées ci-dessus, la phase gazeuse a rempli seulement une très petite partie du réacteur, et l'influence de la turbulence créée par les bulles a pu être complètement négligée. De nouveaux résultats de simulation pour des réacteurs en gazosiphon de géométries variées sont présentés. Dans ces nouveaux essais, la phase gazeuse remplit la totalité de la section transversale de la colonne montante, de telle sorte que la turbulence générée par les bulles est du même ordre de grandeur que celle induite par le cisaillement. Négliger ces effets dans le modèle donne une très faible concordance entre les résultats des simulations et ceux des expériences. Les modifications les plus connues du modèle standard  $k$ - $\epsilon$ , qui tentent de décrire l'influence de la montée des bulles de gaz sur la turbulence dans la phase liquide, sont discutées. Malheureusement, dans certains cas, aucune d'entre elles n'améliore la concordance avec les résultats expérimentaux, de telle sorte qu'il est nécessaire de réaliser des études complémentaires dans ce domaine.

Mots-clés : colonnes à bulles, gaz-liquide, modèle à deux fluides, écoulements turbulents.

**Abstract — Hydrodynamics of Gas-Liquid Bubble Columns and Air-Lift Loop Reactors: Experiments and Numerical Simulations**

— It is generally accepted that a key to improvements in the modeling of gas-liquid reactors is a realistic description of two-phase flow. One of the main unresolved problems is the modeling of turbulence in the continuous phase. In the majority of publications on numerical simulations of stationary two-phase flows, the standard  $k$ - $\epsilon$  model developed for single-phase flows has been used. The general applicability of this model to instationary two-phase flows is however disputed. In our last contribution on the ISCRE-15, we discussed the above question with the example of a locally aerated, flat bubble column. The results showed that it is possible to obtain a realistic dynamic solution with the  $k$ - $\epsilon$  turbulence model.

It was however obvious that the general applicability of the 3D  $k$ - $\epsilon$  turbulence model to the dynamic simulation of bubbly flows needed further validation for a large spectrum of test cases of turbulent gas-liquid flows. A series of new test cases for symmetrically aerated, empty bubble column with different aspect ratios will be presented in this contribution. The comparison of detailed experiments and flow simulation results will be given.

Another important unresolved problem is the modeling of the turbulence induced by the gas phase. In the test cases of locally aerated, flat bubble columns mentioned above, the gas phase occupied only a very small part of the reactor, and the influence of the bubble-induced turbulence could be fully neglected. In this contribution some new simulation results for air-lift loop reactors of different geometries will be presented. In this new test cases, the gas phase occupies the whole cross-section of the riser, so that the bubble-induced turbulence is of the same order of magnitude as the shear-induced one. The neglect of this effect in the model leads to very poor agreement between the simulation results and experiments. The most popular modifications of the standard  $k$ - $\epsilon$  model, which try to describe the influence of the rising gas bubbles on the turbulence in liquid phase will be discussed. Unfortunately, in some test cases, none of them can lead to a better agreement with experiments, so that further investigations in this area are necessary.

*Keywords:* bubble column, gas-liquid, two-fluid model, turbulent flow.

*Final manuscript received in January 2000*