**Summary**

**Keywords**: bubble dynamics, break-up, deformation of the bubble, rotating flow, lift and drag coefficients, soluble surfactants.

This research study focuses on bubbles released inside a horizontal high-speed solid-body rotating flow. This flow situation is interesting because it can help us to understand how bubbles behave when they meet flow regions with locally high vorticity. These high vorticity regions can be found in a variety of flow situations.

In order to extract information about bubble dynamics in solid-body rotating flow, we have used an experimental apparatus containing a cylindrical Plexiglas tank of diameter 11~cm and length 10~cm which is rotated around its horizontal axis z. The bubble can be injected into the cell at the rest. For this experiment, the range of rotational velocity investigated is [600-900] rpm, i.e. from  63 rads-1 to 94 rad s-1. Two high-speed cameras were used to determine the physical features of the bubble motion inside the tank.

When the rotational velocity of the tank increases, the bubble moves close to the axis of the cell, and stretches along the horizontal axis. We first study this stretching of the bubble as a function of bubble size and of the rotation rate of the cell. We show that the bubble aspect ratio can be predicted as a function of the bubble Weber number by the model of Rosenthal (*J. Fluid Mech.*, vol. 12, 1962, 358–366) provided an appropriate correction due to the impact of buoyancy is included. This correction accounts for the larger pressure difference between periphery and axis of the bubble, when the bubble is displaced away from the axis because of buoyancy. Then we discovered that the bubble can experience the large aspect ratio up to 2 and breaks up at certain rotational speeds for large bubble sizes. We show this break-up occurs through a resonance mechanism when the rotational velocity of the tank becomes of the order of the eigenfrequency of the bubble.

We next deduce the drag and lift coefficients from the mean bubble position. For large bubbles straddling the axis of rotation we show that the drag coefficient CD is solely dependent on the Rossby number Ro, with CD ~ 1.5/Ro. In the same limit of large bubbles, we have proposed an estimate of the lift coefficient for the low Rossby number Ro. Indeed, we show that the lift coefficient CL is controlled by the shear Reynolds number Reshear = Re/Ro at the scale of the bubble.

Eventually, in order to change surface tension of the bulk liquid and explore the effects of surfactants on the bubble we have used a chemical compounds called TetradecylTrimethylAmmoniumBromide (TTAB) in the liquid. We have studied two alternative surfactant solutions: one that is lower than the CMC (0.33 CMC) and one that is higher than the CMC (2 CMC), in which the bubble interface is expected to be entirely saturated by surfactants. We have carried out the same deformation and force analysis that were carried out with demineralised water with the surfactant solutions. The results reveal that as expected the deformation of the bubble is larger in both surfactant solutions than in water, and is still modelled by the model of Rosenthal (*J. Fluid Mech.*, vol. 12, 1962, 358–366) in the case of the 2CMC solution. In the case of the 0.33CMC solution, the bubble behaves as if it was seeing an effective surface tension equal to that in the CMC solution. Regarding break-up, we observe that as for water, break-up occurs when the tank frequency is of the order of the bubble eigenfrequency. Furthermore, as compared to demineralised water as well as a fully saturated interface (2 CMC), the lift and drag coefficients for the 0.33 CMC solution are significantly lower than the fully saturated interface. We attribute this effect to a marked change in the shape of the bubble when the concentration is lower than the CMC.

**Résumé**

**Mots clés**: dynamique de la bulle, brisure, déformation de la bulle, écoulement en rotation, coefficients de portance et de traînée, tensioactifs solubles

Cette étude de recherche se concentre sur le comportement d’une bulle placée dans un écoulement de rotation solide. Cette situation est intéressante car elle peut nous aider à comprendre comment les bulles se comportent lorsqu'elles rencontrent des régions d'écoulement avec une vorticité localement élevée. Ces régions de tourbillon élevé peuvent être trouvées dans une large gamme de situations d'écoulement.

Afin d'extraire des informations sur la dynamique des bulles dans un écoulement de rotation solide, nous avons utilisé un dispositif expérimental constitué d’une cuve cylindrique en plexiglas tournant autour de son axe horizontal. Pour cette expérience, la plage de vitesse de rotation étudiée est [600-900] rpm, c'est-à-dire de 63 rad s-1 à 94 rad s-1. Deux caméras ont été utilisées pour déterminer la forme, et le mouvement de la bulle à l'intérieur du réservoir.

Lorsque la vitesse de rotation du réservoir augmente, la bulle se rapproche de l'axe de la cellule et s'étire le long de l'axe horizontal. Nous étudions d'abord cet étirement de la bulle en fonction de la taille de la bulle et de la vitesse de rotation de la cellule. Nous montrons que le rapport d'aspect de la bulle peut être prédit en fonction du nombre de Weber de la bulle par le modèle de Rosenthal (*J. Fluid Mech.*, vol. 12, 1962, 358–366), pourvu qu’une correction due au décentrage de la bulle soit prise en compte. Cette correction tient compte de la plus grande différence de pression entre la périphérie et l'axe de la bulle, lorsque la bulle s’écarte de l'axe en raison de sa flottabilité. Ensuite, nous avons observé que la bulle peut s’étirer jusqu’à des rapports d'aspect de deux, et même se briser à certaines vitesses de rotation pour les grandes tailles de bulles. Nous montrons que cette rupture se produit par un mécanisme de résonance lorsque la fréquence de rotation du réservoir devient de l'ordre de la fréquence propre de la bulle.

Nous déduisons ensuite les coefficients de traînée et de portance à partir de la position moyenne de la bulle. Pour les grosses bulles chevauchant l'axe de rotation, nous montrons que le coefficient de traînée CD dépend uniquement du nombre de Rossby Ro, avec CD ~ 1.5/Ro. Dans la même limite, nous avons proposé une estimation du coefficient de portance pour le faible nombre de Rossby Ro. En effet, nous montrons que le coefficient de portance CL est contrôlé par le nombre de Reynolds de cisaillement Reshear = Re/Ro à l'échelle de la bulle.

Finalement, afin de modifier la tension superficielle du liquide et d'explorer les effets des tensioactifs sur la bulle, nous avons introduit un composé chimique tensioactif dans le liquide (TTAB). Nous avons examiné deux solutions de tensioactifs alternatives : une de concentration inférieure à la concentration micellaire critique CMC (0.33 CMC) et une supérieure à la CMC (2 CMC), dans laquelle l'interface de la bulle est a priori saturée de tensioactifs. Nous avons effectué la même analyse de déformation et de force qui a été effectuée avec de l'eau déminéralisée avec les solutions de tensioactifs. Les résultats montrent que comme attendu la déformation de la bulle est plus importante dans les deux solutions de tensioactifs que dans l'eau, et peut toujours être modélisée par le modèle de Rosenthal (*J. Fluid Mech.*, vol. 12, 1962, 358–366) dans le cas de la solution 2 CMC. Cependant, dans le cas de la solution 0.33 CMC la bulle se comporte comme si elle voyait une tension superficielle effective égale à celle de la solution à la CMC. Concernant la brisure, nous observons que comme pour l'eau la brisure se produit lorsque la fréquence de rotation du réservoir est de l'ordre de la fréquence propre de la bulle. De plus, par rapport à l'eau déminéralisée ainsi qu'à une interface entièrement saturée (2 CMC), les coefficients de portance et de traînée pour la solution à 0.33 CMC sont nettement inférieurs à ceux des cas où l'interface est entièrement saturée. Nous observons que cet effet semble causé par un changement de forme de la bulle très marqué lorsque la concentration est inférieure à la CMC.