

## DIPLÔME NATIONAL DE DOCTORAT

(Arrêté du 25 mai 2016)

Date de la soutenance : **27 mai 2025**

Nom de famille et prénom de l'auteur. e : **Monsieur Narendra DEV**

Titre de la thèse : **Entraînement d'air par jets plongeants et trains de gouttes**

### Résumé



L'entraînement d'air par un jet liquide sous forme de bulles est un phénomène bien connu. Ce processus omniprésent et complexe facilite le transfert d'oxygène et d'autres gaz lorsqu'une vague déferlante plonge dans l'océan, ce qui est essentiel au maintien de la vie aquatique. Dans l'industrie, l'entraînement d'air est essentiel pour des applications telles que la fermentation et la dégradation des polluants organiques. À l'échelle du laboratoire, nous abordons le phénomène d'entraînement d'air en étudiant comment un jet d'eau pénètre dans un réservoir d'eau de hauteur constante. L'impact entraîne l'air dans le liquide en générant un jet conique de bulles. La profondeur du nuage de bulles est un paramètre clé, car elle contrôle le volume du nuage et donc l'efficacité du mélange gazeux, par exemple dans les applications de génie des procédés. Dans notre étude, nous analysons d'abord le nuage de bulles formé par un jet plongeant isolé. Nous montrons qu'en augmentant le diamètre du jet ou la hauteur de chute, la profondeur du nuage diminue pour une même quantité de mouvement du jet à l'impact. En mesurant le taux de vide dans le nuage à l'aide de sondes optiques à détection de phase, nous montrons que la diminution de la profondeur est liée à l'augmentation du taux de vide dans le nuage. En utilisant un bilan de quantité de mouvement prenant en compte l'inertie et la flottabilité du nuage lui-même, nous prédisons avec précision la profondeur du nuage de bulles. Nous avons ensuite étudié ce qui se passe

lorsque deux ou trois jets tombent à proximité les uns des autres, une situation qui peut représenter ce qui se passe au sein d'un jet de grande taille fragmenté. Nous avons observé que ces nuages de bulles individuels fusionnent en un unique nuage de bulles, avec une légère augmentation de la profondeur du nuage. Pour étudier ce phénomène à plus grande échelle, nous avons disposé plusieurs jets selon un motif hexagonal. Ces jets créent sous la surface une structure inversée en forme de dôme. Nous expliquons cette structure ainsi que la formation des bulles. Nos observations ont révélé que l'ajout de jets ne piège pas nécessairement plus d'air, mais que la quantité d'air entraînée est directement proportionnelle au diamètre de la configuration multi-jets. Des visualisations par caméra rapide ont montré que les bulles coalescent en interagissant dans le nuage. En utilisant un bilan de quantité de mouvement, nous prédisons la taille de ces nuages et l'augmentation de la profondeur du nuage avec le nombre de jets. Enfin, nous avons étudié l'impact d'un train de gouttelettes tombant sur un réservoir d'eau. Dans ce cas, un taux de vide très élevé de l'ordre de 70% a été observé sous l'impact. La création de cette région très aérée est due à la formation répétitive et à l'effondrement de la cavité d'air entraînée par chaque goutte. En ajustant notre modèle mathématique précédent pour prendre en compte la fréquence d'impact des gouttelettes sur la surface, nous avons constaté que nous pouvions également prédire avec précision la profondeur de ces nuages de bulles.

**Mots-clés :**

Jets  
plongeants, Profondeur du  
nuage de bulles, Fraction  
de vide