

<b>Titre Thèse</b>	Caractérisation et fabrication de bulles en armure	
<b>(Co)-Directeur</b>	Michael Baudoin	E-mail : michael.baudoin@univ-lille.fr
<b>(Co)-Encadrant</b>	Alexis Duchesne	E-mail : alexis.duchesne@univ-lille.fr
<b>Laboratoire</b>	IEMN	Web : https://www.iemn.fr/
<b>Equipe</b>	Films	Web : http://films-lab.univ-lille1.fr/
	Contrat Doctoral Etablissement	Lille 1 <input checked="" type="checkbox"/> UVHC <input type="checkbox"/> ECL <input type="checkbox"/> ISEN <input type="checkbox"/>
<b>Financement prévu</b>	Président-Région <input type="checkbox"/>	Région – Autre <input type="checkbox"/> Préciser :
<b>Acquis</b> <input type="checkbox"/>	Président- Autre <input type="checkbox"/> Préciser	DGA – Autre <input type="checkbox"/> Préciser
	Contrat de recherche <input type="checkbox"/> Type	Autre <input checked="" type="checkbox"/> Université de Lille

### Résumé du sujet :

Lorsqu'une interface liquide/air mobile rencontre une particule, il est possible, sous certaines conditions de mouillage, de piéger la particule sur cette interface. Lorsqu'une bulle se déplace dans une suspension de particules ou dans un capillaire dont la paroi interne est recouverte de particules, on peut observer des situations où l'interface est entièrement saturée par les particules [1]. On parle alors de bulles en armure (voir Figure 1).

De telles bulles présentent une grande stabilité (les particules empêchent dissolution et déformations) et peuvent donc servir de vecteur dans le transport de substances chimiques en un endroit précis. On peut ensuite, par excitation acoustique éjecter les particules de l'interface et libérer la substance [2]. La maîtrise d'un tel objet physique permet donc de libérer des médicaments dans le corps humain et ouvre la voie vers des traitements locaux plutôt que globaux dans le cadre, par exemple de chimiothérapie.

Afin de rendre ces perspectives réalistes, il est nécessaire de proposer une méthode de fabrication de bulles en armure simple et efficace et de veiller en particulier à ce que la forme de la bulle soit adaptée au besoin. Il est également indispensable de maîtriser l'encapsulation de liquides dans des bulles en armure. Enfin, une meilleure compréhension des interactions fluide/ structure de tels objets est également essentielle.

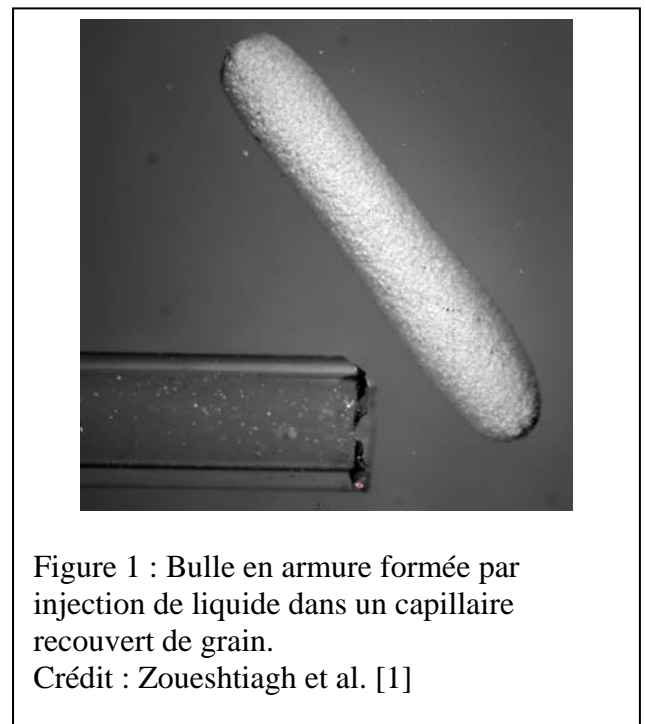


Figure 1 : Bulle en armure formée par injection de liquide dans un capillaire recouvert de grain.

Crédit : Zoueshtiagh et al. [1]

La thèse proposée portera donc sur ces trois axes :

**Axe 1 :** fabrication des bulles en armures. La laboratoire d'accueil a récemment réussi à produire simplement des gouttes elliptiques d'un diamètre de l'ordre de 500 micromètres [1].

Pour autant, suivant les applications, la forme et la taille des bulles peuvent s'avérer cruciales. Le cas particulier de l'application médicale où les capillaires sanguins ont un diamètre de l'ordre de la dizaine de micromètres en est une bonne illustration.

On cherchera donc à réduire le diamètre des bulles en armures fabriquées (ce qui aura pour effet d'accroître le rôle de la tension de surface) mais également à optimiser leurs propriétés (en étudiant par exemple l'effet de la taille des grains), et en améliorant leur stabilité (en utilisant de l'huile pour former nos bulles et les protéger d'éventuelles pollutions).

**Axe 2 :** Encapsulation de liquides dans une goutte en armure. Il est en effet possible de produire des « antibulles », c'est-à-dire des gouttes de liquide séparées d'un bain par un film d'air [3]. Le film d'air se drainant, de tels objets ont une durée de vie bien trop courte pour être utilisés. On cherchera donc à stabiliser les interfaces air-liquide grâce à des particules et ainsi fabriquer des antibulles en armure.

**Axe 3 :** Caractérisation hydrodynamique. Cet axe s'intéressera aux interactions fluide/structure entre une bulle en armure et un liquide. On s'interrogera, en particulier sur le coefficient de traînée d'une bulle en armure remontant dans un bain liquide, aux possibles déformations des bulles en armures sous l'effet de contraintes inertielles ou visqueuses. On s'intéressera ensuite à des situations plus complexes où des effets de parois peuvent avoir une influence comme par exemple la remontée d'une bulle sous un plan incliné.

La thèse se déroulera au sein de l'IEMN. L'accès à la centrale de micro fabrication de l'institut (une des plus importante de France) permettra de construire les dispositifs adaptés mais également la maîtrise de la mouillabilité et de l'état de surface des particules. Par ailleurs, l'axe 2 sur l'encapsulation bénéficiera d'une collaboration entre l'équipe et les chercheurs de l'université de Liège qui ont découvert les antibulles et qui sont toujours moteurs sur le sujet.

## Références

[1] F. Zoueshtiagh, M. Baudoin, D. Guerrin, Capillary tube wetting induced by particles: towards armoured bubbles tailoring, *Soft Matter*, 10 (47): 9403-9412 (2014)

[2] G. Prabhudesai, I. Bihi, F. Zoueshtiagh, J. Jose and M. Baudoin, Nonspherical armoured bubble vibration, *Soft Matter*, 13: 3879 (2017)

[3] S. Dorbolo, H. Caps, N. Vandewalle, Fluid instabilities in the birth and death of antibubbles, *New Journal of Physics*, 5 : 161 (2003)