

Acoustique de l'impact de gouttes : entre rhéologie du fluide et physicochimie de surfaces solides

Encadrants : Lazhar BENYAHIA (IMMM), Jean-Michel GENEVAUX (LAUM), Olivier ROBIN (CRASH), Laurent SIMON (LAUM)

L'impact de gouttes de liquides sur des surfaces, liquides ou solides, est un phénomène omniprésent dans de nombreuses manifestations naturelles et est à la base de multiples applications (impression, pulvérisation, agriculture, revêtements de surface, transmission de virus...)[1, 2]. Étant donné la multiplicité et l'importance des applications et la complexité de la physique liée à l'impact de gouttes, il s'avère opportun d'en approfondir la compréhension. En effet, la dynamique d'impact combine interface, hydrodynamique [2] et acoustique. La physique de l'impact des gouttes et de la mouillabilité des surfaces [3, 4] nécessite une connaissance fine des interactions solides-liquides, en plus de la prise en compte de la rhéologie du fluide impactant [5, 6].

L'hydrodynamique est sans doute la partie la plus étudiée dans le cas d'impact de gouttes sur des surfaces solides [7]. Lors de leur impact, les gouttes peuvent se déposer, s'étaler, rebondir et éclabousser (Fig. 1), en ne considérant que le cas de l'eau, un fluide purement newtonien. Dans le cas de fluides complexes où la rhéologie joue un rôle très important sur les écoulements, les phénomènes découlant de l'impact changent de manière spectaculaire comme il a été reporté dans certaines études pour des fluides viscoélastiques [8, 9]. En revanche, les phénomènes acoustiques liés à la dynamique d'impact de goutte sur une surface solide n'ont été que très peu étudiés dans la littérature[10].

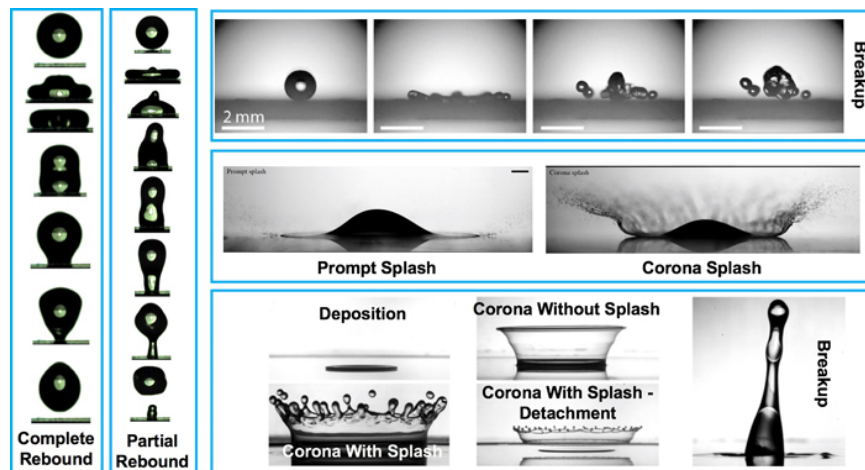


Fig. 1 : Observations expérimentales de six phénomènes physiques possibles lors de l'impact de gouttelettes [3].

Ce travail de thèse permettra d'étudier et de comprendre les effets liés à l'interface et à la rhéologie complexe du fluide sur l'acoustique de goutte(s) impactant une surface solide, possiblement traitée, tant du point de vue théorique qu'expérimental. Il fera l'objet d'une collaboration entre le LAUM, l'IMMM (Le Mans, France) et le CRASH (Sherbrooke, Canada). La collaboration LAUM-IMMM, dans le cadre de la thèse de Gautier Gillot [11-14], a montré la pertinence d'une approche multiphysique originale pour appréhender et comprendre le lien entre l'acoustique et la physicochimie d'une goutte liquide impactant une surface liquide. De son côté, le CRASH développe, entre autres, des techniques d'imagerie haute

vitesse dans les domaines visible et infrarouge, ainsi que d'imagerie acoustique 3D avec des algorithmes récents, ce qui constituera une réelle plus-value pour le projet, en plus de sa dimension internationale.

Dans un premier temps, le substrat sera constitué d'une plaque modèle pour laquelle les champs vibratoires et acoustiques peuvent être décrits analytiquement [15]. L'état de surface de substrat et la rhéologie du fluide seront modulés pour comprendre leur impact sur les phénomènes acoustiques générés. Le dispositif expérimental sera dupliqué au Mans et à Sherbrooke, pour mettre en synergie les compétences complémentaires des différents partenaires. A termes, l'approche sera étendue à des configurations plus complexes, proches d'applications potentielles, comme la réduction de bruit sur des toitures, le monitoring de l'état de surface par mesures acoustiques, etc.

Références

- [1] Q. Liu, J.H.Y. Lo, Y. Li, Y. Liu, J. Zhao, L. Xu, The role of drop shape in impact and splash, *Nat Commun* 12(1) (2021) 3068.
- [2] M. Rein, Phenomena of liquid drop impact on solid and liquid surfaces, *Fluid Dynamics Research* 12(2) (1993) 61.
- [3] A. Mohammad Karim, Physics of droplet impact on various substrates and its current advancements in interfacial science: A review, *Journal of Applied Physics* 133(3) (2023).
- [4] P. Hao, C. Lv, F. Niu, Y. Yu, Water droplet impact on superhydrophobic surfaces with microstructures and hierarchical roughness, *Science China Physics, Mechanics & Astronomy* 57(7) (2014) 1376-1381.
- [5] M. Yamaguchi, S. Tamura, T. Sakata, Effect of Superhydrophobic/Hydrophilic Surfaces on Dynamic Radius of Water Droplet Impact, *Sensors and Materials* 30(6) (2018) 1307-1318.
- [6] L.-H. Luu, Y. Forterre, Drop impact of yield-stress fluids, *Journal of Fluid Mechanics* 632 (2009) 301-327.
- [7] B. Li, L. Chen, S. Joo, Impact dynamics of Newtonian and viscoelastic droplets on heated surfaces at low Weber number, *Case Studies in Thermal Engineering* 26 (2021).
- [8] C. Josserand, S.T. Thoroddsen, Drop Impact on a Solid Surface, *Annual Review of Fluid Mechanics* 48(1) (2016) 365-391.
- [9] C.A. Charles, A. Louhichi, L. Ramos, C. Ligoure, Viscoelasticity and elastocapillarity effects in the impact of drops on a repellent surface, *Soft Matter* 17(23) (2021) 5829-5837.
- [10] S.T. Beacham, C.F. Tilger, M.A. Oehlschlaeger, Sound generation by water drop impact on surfaces, *Experimental Thermal and Fluid Science* 117 (2020).
- [11] G. Gillot, C. Derec, J.M. Génévaux, L. Simon, L. Benyahia, A new insight on a mechanism of airborne and underwater sound of a drop impacting a liquid surface, *Physics of Fluids* 32(6) (2020) 10.
- [12] G. Gillot, J.M. Génévaux, L. Simon, L. Benyahia, Fast dynamics of surfactant probed by the acoustics of a drop impact, *Physics of Fluids* 34(7) (2022).
- [13] G. Gillot, L. Simon, J.-M. Génévaux, L. Benyahia, Acoustic signatures and bubble entrainment mechanisms of a drop impacting a water surface with surfactant, *Physics of Fluids* 33(7) (2021) 077114.
- [14] G. Gillot, L. Simon, J.M. Génévaux, L. Benyahia, Automatic classification of hydrodynamic phenomena using their acoustic signature: The example of bubble entrainment during a drop impact, *Applied Acoustics* 196 (2022).
- [15] O. Robin, J.D. Chazot, R. Boulandet, M. Michau, A. Berry, N. Atalla, A Plane and Thin Panel with Representative Simply Supported Boundary Conditions for Laboratory Vibroacoustic Tests, *Acta Acustica United with Acustica* 102(1) (2016) 170-182.