

Impact d'une goutte sans contact

Laurent Duchemin¹ & Christophe Josserand²

¹ IRPHE, CNRS & Aix-Marseille Université, 49 rue Joliot-Curie, 13013 Marseille, France

² Institut Jean Le Rond d'Alembert, CNRS & UPMC (Univ. Paris 06), UMR 7190, Case 162, 4 place Jussieu, F-75005 Paris, France.

duchemin@irphe.univ-mrs.fr

Le but de cette étude est de quantifier l'influence de l'air environnant sur l'impact d'une goutte sur une surface lisse. Nous considérons une goutte incompressible et non visqueuse, de rayon R , de densité ρ_l , de tension de surface γ et de vitesse V . Le gaz est supposé incompressible, de densité ρ_g et de viscosité dynamique η . La gravité étant négligée, les seuls nombres sans dimensions du problème sont le nombre de Weber et le nombre de Stokes :

$$We = \frac{\rho_l R V^2}{\gamma} \quad \text{et} \quad St = \frac{\eta}{\rho_l V R},$$

qui quantifient respectivement le rapport des effets d'inertie et de tension de surface, de dissipation visqueuse et d'inertie. Par ailleurs, la géométrie est supposée rester à symétrie axiale. En résolvant la dynamique de la goutte, grâce à une méthode d'intégrales de frontières, couplée à l'équation de lubrification dans le coussin d'air séparant la goutte du solide, nous mettons en évidence différents régimes d'impact.

Lorsque $We \rightarrow \infty$, il apparaît une singularité de courbure en temps fini et la goutte rentre en contact avec le solide en un point dans le plan (r, z) , c'est-à-dire sur un cercle.

Lorsque le nombre de Weber et le nombre de Stokes ont des valeurs finies, il apparaît une nappe sur le pourtour de la zone d'impact, éjectée rapidement de manière quasi horizontale, et séparée du solide par un coussin d'air d'épaisseur h_0 . La dépendance de cette épaisseur en We et St est obtenue grâce aux simulations numériques : $h_0 \sim St^{0.9-1} We^{-0.33-0.4}$. En outre, une théorie basée sur l'équilibre des termes dominants dans les équations permet d'obtenir la dépendance suivante, en bon accord avec les résultats numériques : $h_0 \sim St^{10/9} We^{-1/3}$.

Il s'avère que si l'on cherche à quantifier cette épaisseur dans un cas d'impact réaliste, on trouve une valeur de l'ordre de quelques \AA , c'est-à-dire bien en-dessous du libre parcours moyen dans l'air, dans les conditions normales de température et pression (~ 60 nm). Il est donc raisonnable de considérer que la nappe liquide, peu après son apparition, touche le solide et qu'il est pertinent d'étudier l'expansion rapide d'une nappe liquide en contact avec le solide pour comprendre l'émergence de la corolle caractéristique de l'impact.

Références

1. L. Xu, W.W. Zhang, and S.R. Nagel. Drop splashing on a dry smooth surface. *Phys. Rev. Lett.*, 94 :184505, 2005.
2. S. Mandre, M. Mani, and M. P. Brenner. Precursors to splashing of liquid droplets on a solid surface. *Phys. Rev. Lett.*, 102 :134502, 2009.
3. P.D. Hicks and R. Purvis. Air cushioning and bubble entrapment in three-dimensional droplet impacts. *J. Fluid Mech.*, 649 :135–163, 2010.
4. F.T. Smith, L. Li, and G.X. Wu. Air cushioning with a lubrication/inviscid balance. *J. Fluid Mech.*, 482 :291–318, 2003.
5. M. Mani, S. Mandre, and M.P. Brenner. Events before droplet splashing on a solid surface. *J. Fluid Mech.*, 647 :163–185, 2010.
6. L. Duchemin and C. Josserand. Curvature singularity and film-skating during drop impact. *Physics of Fluids*, 23, 091701, 2011.