

Stage de Master 2

Apprentissage de représentation de formes 3D appliqué à la physique du spray

Encadrement :

Simon Bernard¹, Laurent Heutte¹, Jorge César Brändle de Motta²

¹ LITIS, Université de Rouen Normandie, Saint Etienne du Rouvray

² CORIA, Université de Rouen Normandie, Saint Etienne du Rouvray

Lieu du stage : LITIS, Université de Rouen Normandie, Campus du Madrillet, Saint Etienne du Rouvray, France

Durée du stage : 6 mois

Mots clés : Apprentissage profond – Apprentissage de géométrie 3D – Classification déséquilibrée – Physique du spray



Figure 1: Séquence de volume d'une goutte, jusqu'à la rupture

Contexte :

Ce stage se déroule dans le cadre d'une collaboration entre le laboratoire LITIS, le laboratoire d'informatique et des sciences de l'information de Rouen, et le CORIA, le laboratoire de thermochimie de Rouen, spécialisé dans l'étude de flux réactifs et non-réactifs.

Cette collaboration vise à concevoir des outils de simulation numérique basés sur l'apprentissage automatique plutôt que sur le calcul numérique comme cela est traditionnellement le cas dans ces domaines de la physique. La simulation par calcul numérique est généralement très coûteuse en ressources de calcul car elle repose sur des modèles mathématiques complexes. L'idée générale des travaux en cours menés conjointement par le LITIS et le CORIA est de substituer l'apprentissage automatique au calcul numérique pour produire ces simulations à moindre coût.

Ce stage poursuit cet objectif pour des applications de simulation d'atomisation. L'atomisation, ou pulvérisation, est la transformation d'un liquide en spray de fines particules, ou gouttelettes. On rencontre ce processus dans de nombreuses applications comme l'injection de carburant, l'irrigation par aspersion, le séchage par pulvérisation ou l'extinction des incendies. Une des enjeux importants de ces applications est de pouvoir prédire la taille des gouttes qui se forment en fin de processus. Par exemple, c'est l'un des principaux facteurs des émissions finales des moteurs automobiles.

Sujet :

Le but de ce stage est d'utiliser des méthodes d'apprentissage machine (Machine Learning) et en particulier des méthodes d'apprentissage profond, pour prédire la probabilité de rupture d'une goutte au cours du processus d'atomisation. Cette probabilité tient une place importante dans la simulation des processus d'atomisation car elle permet in fine de déterminer la distribution des tailles des gouttelettes finales.

Le candidat retenu mettra en œuvre les méthodes d'apprentissage automatique à partir de données obtenues grâce à une méthodologie de simulation numérique. Ces données représentent des volumes 3D de gouttes, qui se déforment

tout au long de la pulvérisation, comme illustré en figure 1. Ces données présentent deux défis principaux du point de vue de l'apprentissage automatique:

- il s'agit de séquences de volumes de 64x64x64 voxels, eux-même décrits par 6 descripteurs numériques. Il s'agit donc de données complexes, avec des contraintes spatiales et temporelles, et décrites en très grande dimension au regard du nombre de données disponibles.
- cette base de données est constituée d'une large majorité de gouttes qui ne se rompt pas à l'issue de la séquences. C'est donc un problème de classification à deux classes, avec des classes très déséquilibrées.

Ce stage vise à affronter ces défis à l'aide de méthodes d'apprentissage modernes, pour : i) proposer des méthodes de ré-équilibrage des classes et/ou d'augmentation de données, ii) proposer une méthode d'apprentissage de représentation sur le volume initial (i.e. en début de séquence) et iii) prendre en compte la séquence pour fiabiliser la prédiction.

Profil du candidat :

- Étudiant en Master 2 ou dernière année d'école d'ingénieurs, dans une spécialité de l'informatique ou des mathématiques appliquées
- Compétences requises en apprentissage automatique et en programmation (Python de préférence)
- Intérêt personnel pour la physique

Pour candidater :

Envoyer un CV, une lettre de motivation et des résultats académiques récents à : simon.bernard@univ-rouen.fr, laurent.heutte@univ-rouen.fr et jorge.brandle@coria.fr.

Références bibliographiques :

- [1] J. Solsvik, S. Tangen, and H. A. Jakobsen, "On the constitutive equations for fluid particle breakage," *Rev. Chem. Eng.*, vol. 29, no. 5, 2013.
- [2] T. Chen, V. Chéron, G. Zhaoli, J. C. Brändle de Motta, T. Ménard, and L.-P. Wang, "Simulation of Immiscible Two-Phase Flows Based on a Kinetic Diffuse Interface Approach," in *10 th International Conference on Multiphase Flow, Brazil, 2019*, p. 10. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02315240>
- [3] V. Chéron, J. C. Brändle de Motta, G. Vaudor, T. Ménard, and A. Berlemont, "From droplets to particles: Transformation criteria," in *29th European Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Paris, 2019*, p. 8 [Online]. Available: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02315145>