

# Pluie sur une vitre au vent : de la compréhension physique fine aux possibles applications

October 14, 2025

## Abstract

**Résumé :** Le stage vise à comprendre puis modéliser les structures qui se forment, sous une pluie relativement fine, sur une vitre exposée au vent (gouttelettes statiques, mobiles, ruisselets), ainsi que leur évolution dynamique. Il comprendra à la fois des expériences et de la modélisation, pour cerner les processus physiques en jeu, la manière dont ils se combinent et, surtout, les effets collectifs à l'œuvre dans les interactions et coalescences de gouttelettes. Cette physique pourra ensuite intégrée dans un logiciel de réalité virtuelle et l'étude abordera la question de la visibilité à travers la vitre, avant / après évaporation de l'eau, avec l'idée *in fine* d'explorer des pistes d'amélioration, plus innovantes que le balayage mécanique (essuie-glaces) ou la modification du traitement de surface du verre.



## Contexte

L'écoulement de gouttelettes et ruisselets sur une vitre exposée au vent est une expérience courante par temps de pluie, que ce soit en train ou en voiture. Cette situation

met en scène de nombreuses briques d'élegant physique de la matière molle et de mécanique des fluides, qu'il s'agisse :

- de l'impact de gouttelettes sur une surface, puis de leur éventuel glissement, selon les propriétés de celle-ci [1-2]

- de la coalescence entre ces gouttelettes [3]
- de l'écoulement de films liquides entraînés par le cisaillement de l'air [4]
- de l'instabilité d'écoulement de ruisselets d'eau qui conduit à la formation de méandres [5]
- de la traîne laissée derrière ces ruisselets [6].

Si ces briques individuelles sont désormais plutôt bien comprises, l'effet global attendu en présence de ces éléments variés, en fonction des caractéristiques de la pluie, du vent, et de la surface, est encore incertain.

## Idées directrices

Pour combiner ces briques individuelles, il y a lieu de penser qu'il faut faire intervenir un raisonnement probabiliste général (proche de celui mené en physique statistique) au-delà des considérations fines de mécanique des fluides. De fait les interactions et la coalescence de ces ruisselets demeurent mal comprises.

**Partie expérimentale.** On réalisera donc des expériences de 'coin de table' et des analyses automatiques de vidéos de pluie sur des vitres pour caractériser (de manière statistique) ces effets.

**Modélisation.** En parallèle sera entamé un travail de modélisation statistique des effets collectifs à l'œuvre dans les interactions et coalescences entre gouttelettes, pour confronter à terme les propriétés statistiques issues de ces modèles et les mesures expérimentales.

Une fois ces processus et leurs interactions dûment éclairés, on pourra générer une visualisation 3D dans un logiciel de réalité virtuelle. Certes, il existe des animations plutôt réalistes imitant l'effet de la pluie [7], mais tout l'enjeu sera ici d'ancre le rendu dans une physique rigoureuse.

## Perspectives

Cela ouvrira la voie à d'intéressantes perspectives applicatives. De fait, les efforts pour limiter la dégradation de la visibilité par temps de pluie ont jusqu'à présent largement porté sur l'aspect mécanique du balayage/nettoyage de la surface (par des essuie-glaces) et sur le traitement de surface de la vitre.

**Les candidatures seront adressées à : (*n'hésitez pas à me contacter pour des questions informelles*)**

Alexandre NICOLAS  
Institut Lumière Matière (iLM)  
[alexandre.nicolas@univ-lyon1.fr](mailto:alexandre.nicolas@univ-lyon1.fr)  
<http://ilm-perso.univ-lyon1.fr/~anicolas/>

## Références

- [1] Edward B. White\* and Jason A. Schmucker, Wind- and Gravity-Forced Drop Depinning, *Physical Review Fluids* (2021)  
<https://arxiv.org/pdf/2009.04059>
- [2] Alireza Hooshanginejad, Sungyon Lee, Dynamics of a partially wetting droplet under wind and gravity, *Physical Review Fluids* (2022)  
<https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.7.033601>
- [3] Aarts, D. G., Lekkerkerker, H. N., Guo, H., Wegdam, G. H., & Bonn, D. (2005). Hydrodynamics of droplet coalescence. *Physical Review Letters*, **95**(16), 164503.
- [4] Ady Kevin Njifenju, Gouttes et films liquides en aérodynamique automobile, Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie - Paris VI (2010)
- [5] Le Grand-Piteira, N., Daerr, A., & Limat, L. (2006). Meandering rivulets on a plane: a simple balance between inertia and capillarity. *Physical Review Letters*, **96**(25), 254503. Accessible ici :  
[https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.96.254503?casa\\_token=MjkW5CXr9bAAAAAA:VrXR-mh9GC3KXc2boKQw](https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.96.254503?casa_token=MjkW5CXr9bAAAAAA:VrXR-mh9GC3KXc2boKQw)
- Daerr, A., Eggers, J., Limat, L., & Valade, N. (2011). General mechanism for the meandering instability of rivulets of Newtonian fluids. *Physical Review Letters*, **106**(18), 184501.
- [6] D. Quéré and E. Archer, The Trail of the Drops, *EPL* (1993)
- [7] Katerina Koblik, Simulation of rain on a windshield: Creating a real-time effect using GPGPU computing, Master's thesis, UMEÅ UNIVERSITY (2021)  
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1571363/FULLTEXT01.pdf>