

Influence de la température sur l'angle de contact de gouttes déposées sur des surfaces superhydrophobes



M. Albin¹, F. Celestini², D. Paulovics², C. Raufaste²

1. Master OAM, Université Côte d'Azur, 2. INPHYNI, Université Côte d'Azur

maxime.albin@etu.unice.fr

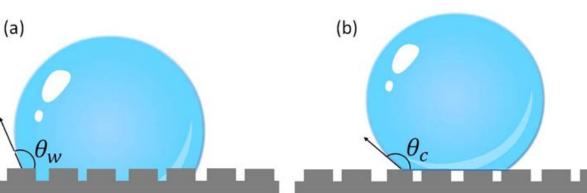
Résumé

Pendant ce stage, j'ai pu étudier l'évolution de l'interaction entre une goutte et une surface superhydrophobe. Pour cela, j'ai mesuré le volume et l'angle de contact lorsque la température varie et surtout lorsqu'elle franchit le point de rosée. Ainsi, j'ai été amené à réaliser un montage expérimental permettant la visualisation de la goutte et le refroidissement de la surface sur laquelle elle se trouve. J'ai pu alors constater deux régimes distincts : un régime d'évaporation et un régime de condensation correspondant à celui "d'une goutte isolée". Pour les basses températures, on observe une forte décroissance de l'angle de contact.

Angle de mouillage et Température de rosée

On se place dans le cadre du mouillage partiel [1], c'est à dire qu'il y a un angle de contact non nul au niveau de la ligne triple au contact substrat/goutte/air. Dans le cas de substrats texturés, la goutte est dans un des deux états suivants :

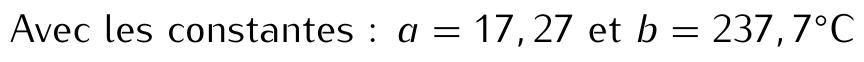
Etat Wenzel

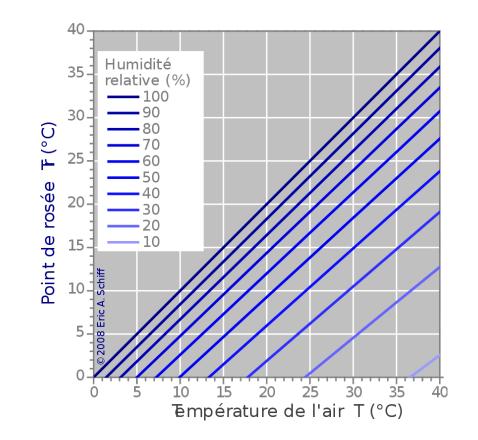


Etat Cassie-Baxter

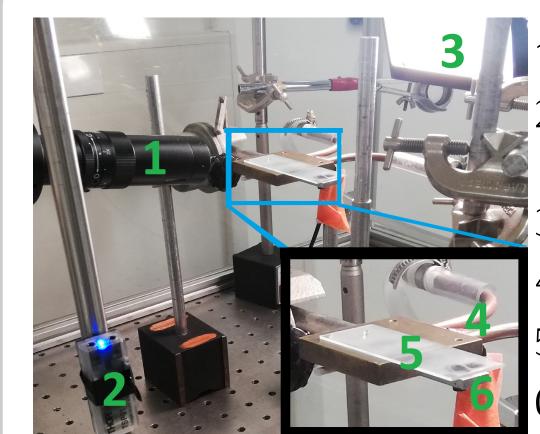
Pour une humidité (ϕ) et une température ambiante (T) données, la température de rosée est celle en dessous de laquelle on observe une condensation de fine gouttelettes sur la surface. Ainsi, on utilise la formule empirique suivante comme approximation :

$$T_r = \frac{b\alpha(T,\phi)}{a-\alpha(T,\phi)}$$
, $\alpha(T,\phi) = \frac{aT}{b+T} + ln(\phi)$



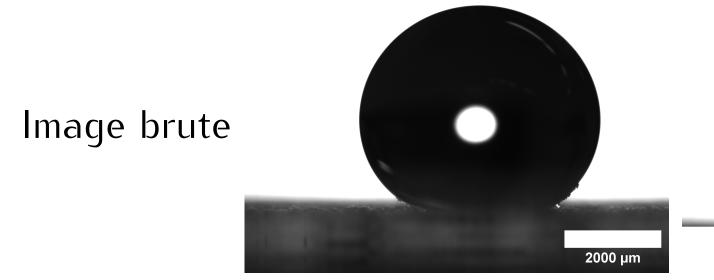


Refroidissement et visualisation d'une goutte



- 1. Caméra reliée à l'ordinateur
- 2. Sonde de température et d'humidité reliée à l'ordinateur
- 3. Eclairage en ombre chinoise
- 4. Plaque de cuivre reliée à un bain thermostaté
- 5. Substrat superhydrophobe
- 6. Sonde de température reliée au bain thermostaté

Analyse des images :



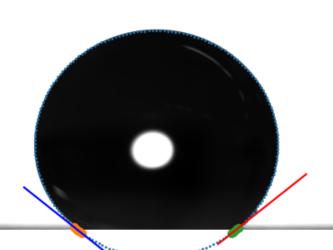
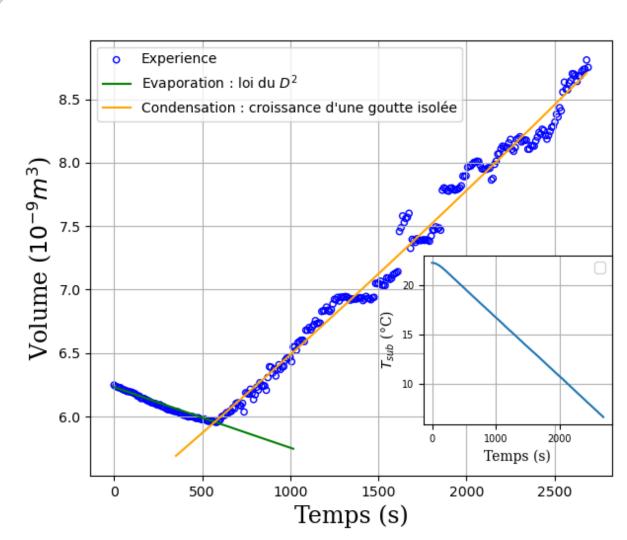


Image traitée : mesure de l'angle de contact

Evolution du volume de la goutte



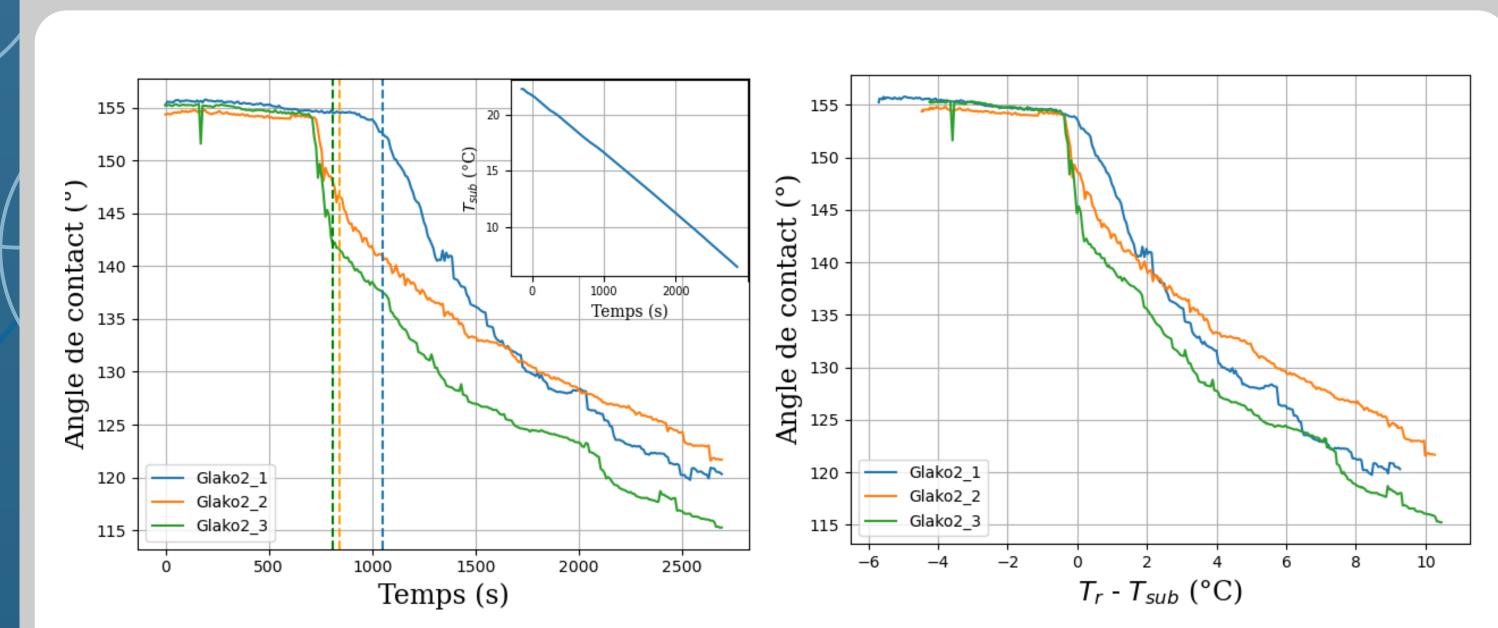
- Evaporation \rightarrow loi du D^2 [2] :
- Conservation de la masse : $\dot{m}=4\pi R^2 \rho_l \dot{R}$ Conservation de l'énergie :

 $\dot{m}L_{v} = 4\pi R^{2} \frac{\lambda \Delta T}{R}$ $\lambda dR^{2} = 2\lambda \Delta T$

 $\Rightarrow \frac{dR^2}{dt} = \frac{2\lambda\Delta T}{\rho_l L_v}$

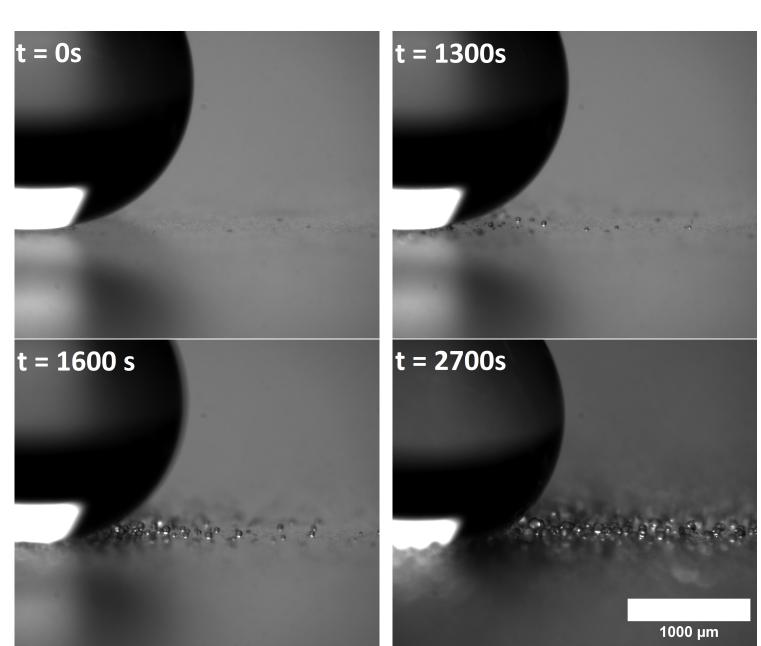
• Condensation : augmentation du volume linéaire avec le temps sous la température de rosée (hypothèse de la goutte isolée) [3].

Variation de l'angle de mouillage



On observe une diminution de l'angle de mouillage au cours du temps. Une brutale variation est observée lorsque la température passe sous le point de rosée.

Figure de souffle locale



On peut observer sur ces images l'apparition et la croissance de gouttelettes préférentiellement proche de la goutte. Ce phénomène s'apparente à une figure de souffle mais causé par une augmentation locale de l'humidité. En d'autre terme, proche de la ligne triple, la condensation apparaît plus rapidement car on se trouve plus vite sous le point de rosée.

Les résultats expérimentaux obtenus pour les variations du volume et de l'angle de mouillage démontre clairement l'importance du passage sous le point de rosée. La forte variation de l'angle de contact aux plus basses températures pourrait s'expliquer par l'apparition de gouttelettes dans l'état de Wenzel qui vont ensuite coalescer avec la goutte et former un état intermédiaire entre Cassie-Baxter et Wenzel.

En perspective, il serait intéréssant d'améliorer le dispositif expérimental pour vérifier cette hypothèse. Nous envisageons également une simulation qui nous permettrait de reproduire et comprendre les résultats expérimentaux.

References

- [1] F. Brochard-Wyart et D. Quéré P.-G. de Gennes. *Gouttes, bulles, perles et ondes*. Belin, 2002.
- [2] R. Alis. "Simulation numérique directe de gouttes et de groupes de gouttes qui s'évaporent dans un écoulement". Ph.D. thesis. Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace, 2018.
- [3] D. Fritter et C. M. Knobler. "Experiments and simulation of the growth of droplets on a surface (breath figures)". In: *Phys. Rev. A* 43 (1991), pp. 2858–2869.

