

A close-up photograph of green grass blades covered in numerous clear water droplets. The droplets are of various sizes and are scattered across the blades, which are slightly out of focus in the background. The overall scene is bright and fresh, with a strong emphasis on the texture of the grass and the clarity of the water.

L' hydrophobie

Plan

Qu'est-ce qu'une surface hydrophobe, comment la caractériser et comment améliorer cette propriété ?

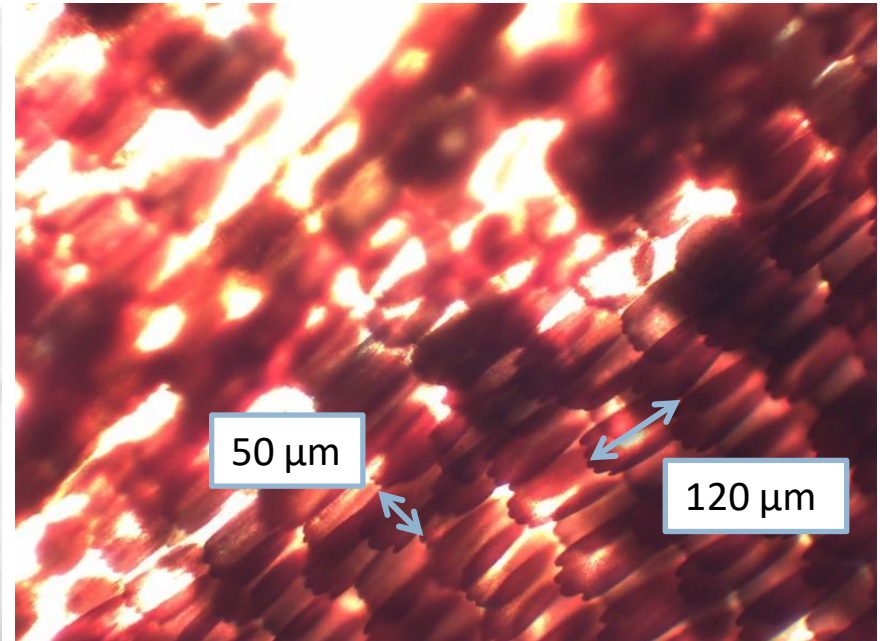
- I- Définition et caractérisation de l'hydrophobie
- II- Aspect physique : Influence de la rugosité
- III- Aspect chimique
- IV- Résultats et Interprétations

Qu'est ce qui provoque l'hydrophobie ?

Observations au microscope :



Fig 1: Aile de papillon



*Fig 2: Aile de papillon
observée au microscope
(x10)*

Qu'est ce qui provoque l'hydrophobie ?

Peu d'interactions entre surface et goutte :

- Pas de liaisons hydrogènes
- Pas d'interactions électrostatiques
- Non miscibilité avec l'eau

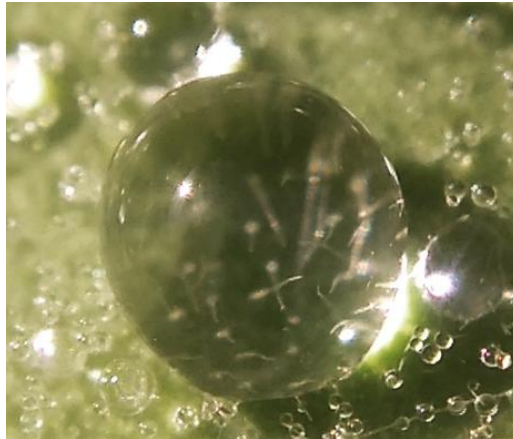
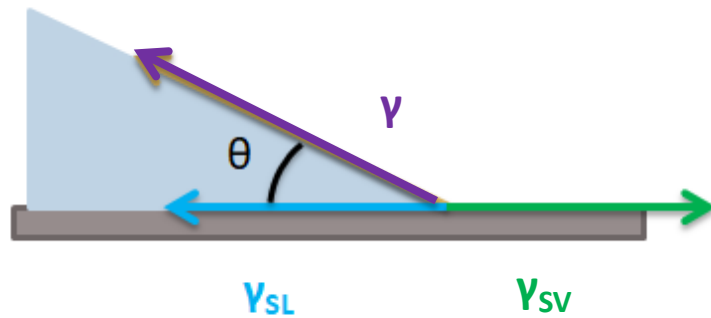


Fig 3 : Photographies d'une Alchemille

Qu'est ce qui provoque l'hydrophobie ?



γ : tension superficielle eau/air en $N.m^{-1}$

γ_{SL} : tension superficielle surface/eau en $N.m^{-1}$

γ_{SV} : tension superficielle surface/air en $N.m^{-1}$

$$\cos(\Theta) = \frac{\gamma_{SV} - \gamma_{SL}}{\gamma}$$

Relation de Young

Aspect Chimique



Fig 4: Micro-soies



Fig 5: Guerris

Aspect Physique

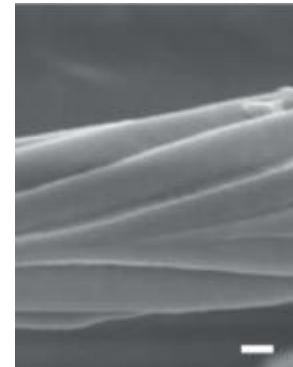


Fig 6: Cannelures sur une micro-soie

Mise en évidence de 2 modèles

CASSIE-BAXTER

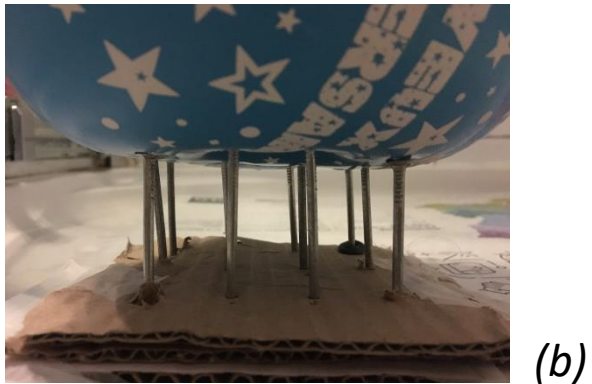
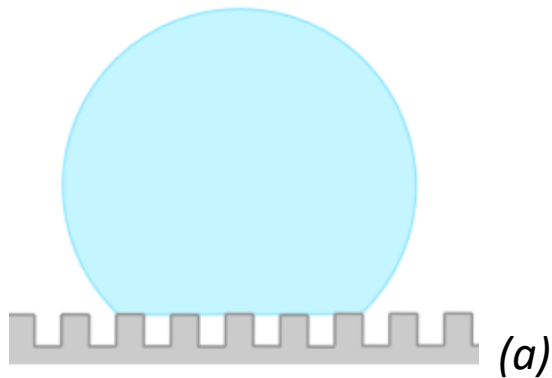


Fig 7: Schéma et modélisation de l'effet CASSIE

WENZEL

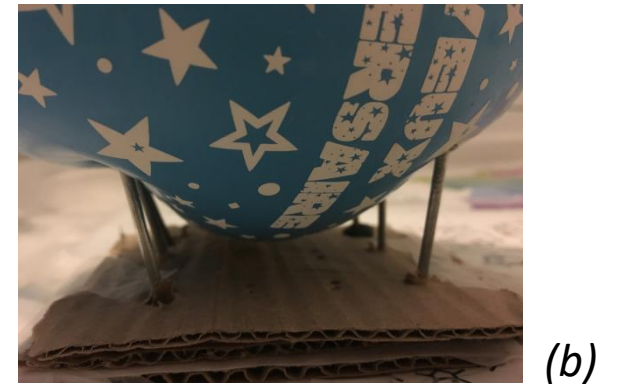
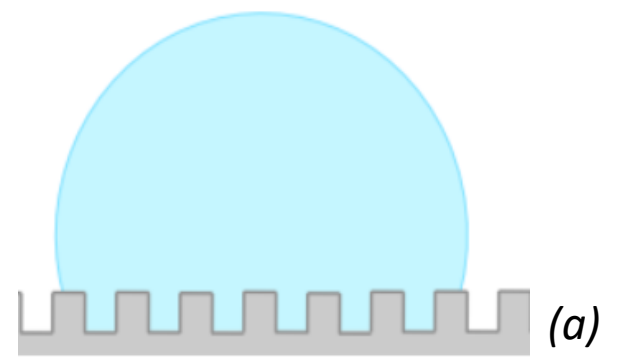
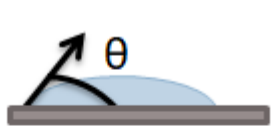


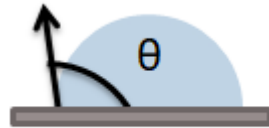
Fig 8: Schéma et modélisation de l'effet WENZEL

Comment caractériser l'hydrophobie ?

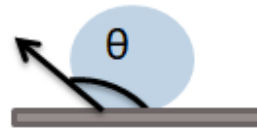
- Angles de contact :



$0^\circ < \theta < 90^\circ$
Surface
hydrophile



$90^\circ < \theta < 150^\circ$
Surface
hydrophobe



$150^\circ < \theta < 180^\circ$
Surface
superhydrophobe

Fig 9: Représentation des angles de contact caractérisants l'hydrophobie d'une surface

- Angles d'avancée et de reculée :

- Hystérésis :

$$\Delta\theta = \theta_a - \theta_r$$

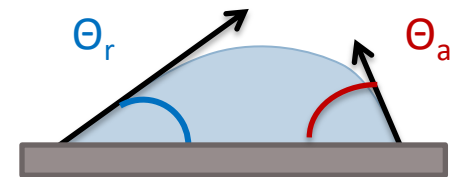
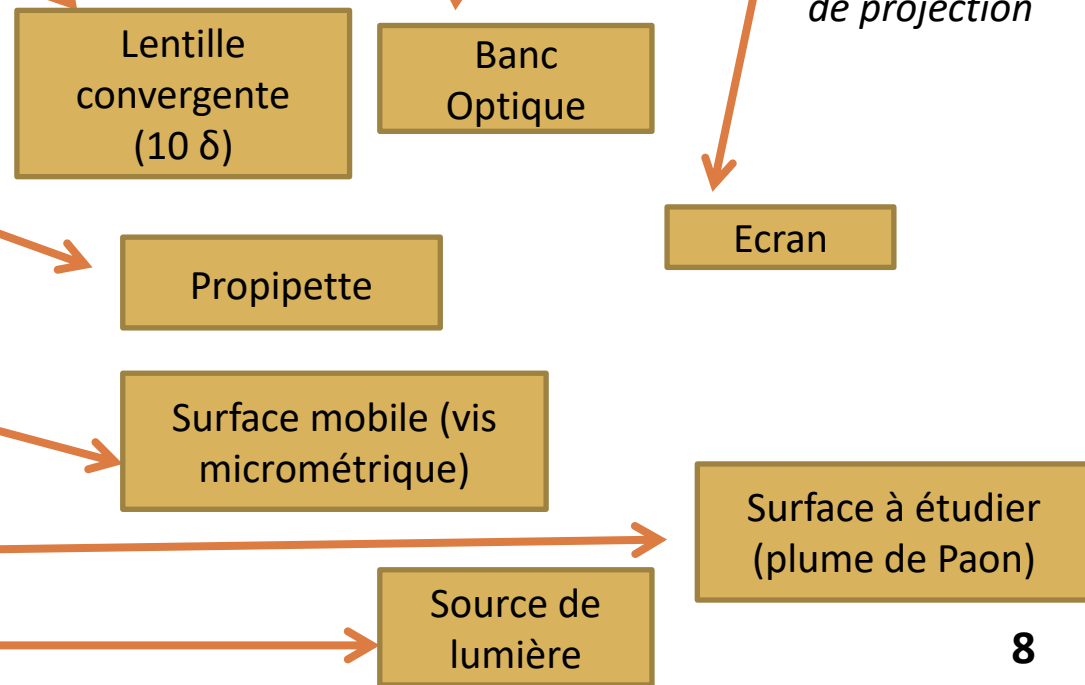
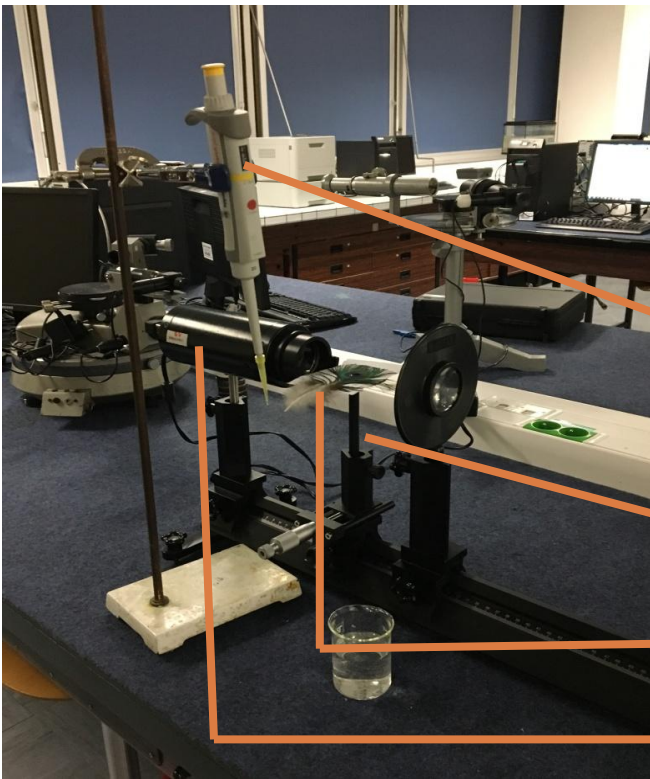


Fig 10 : Représentation des angles extrêmes

Montage



Fig 11 : Montage de projection



Démarche expérimentale

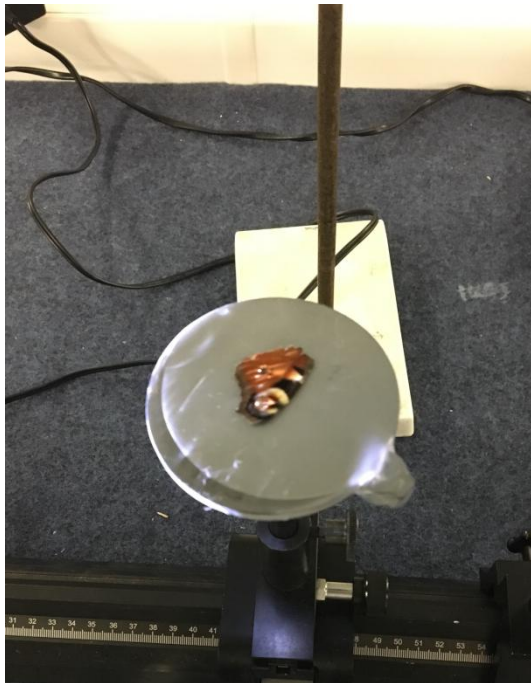


Fig 12 : Goutte d'eau posée sur une aile de papillon

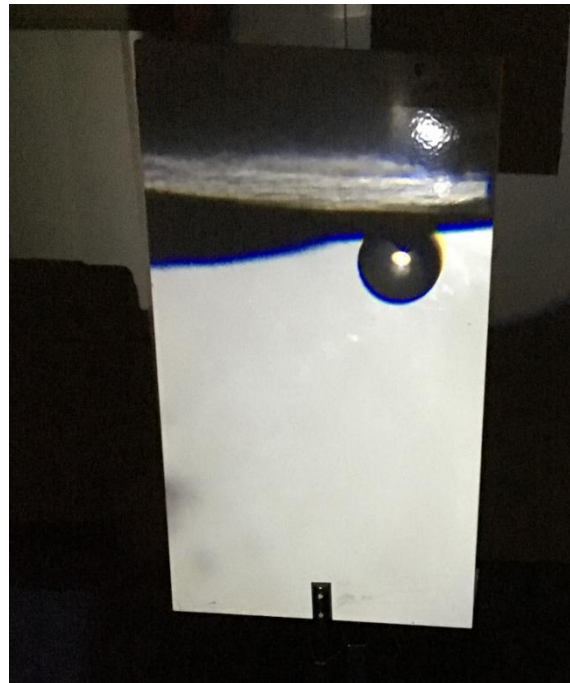
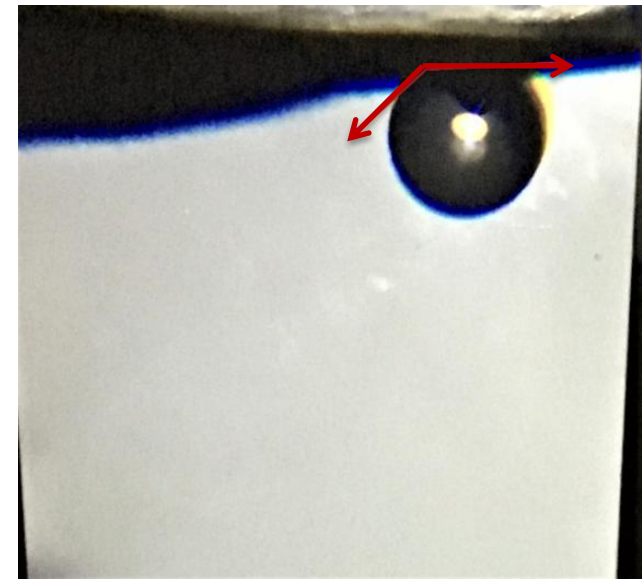


Fig 13 : Projection de la goutte d'eau



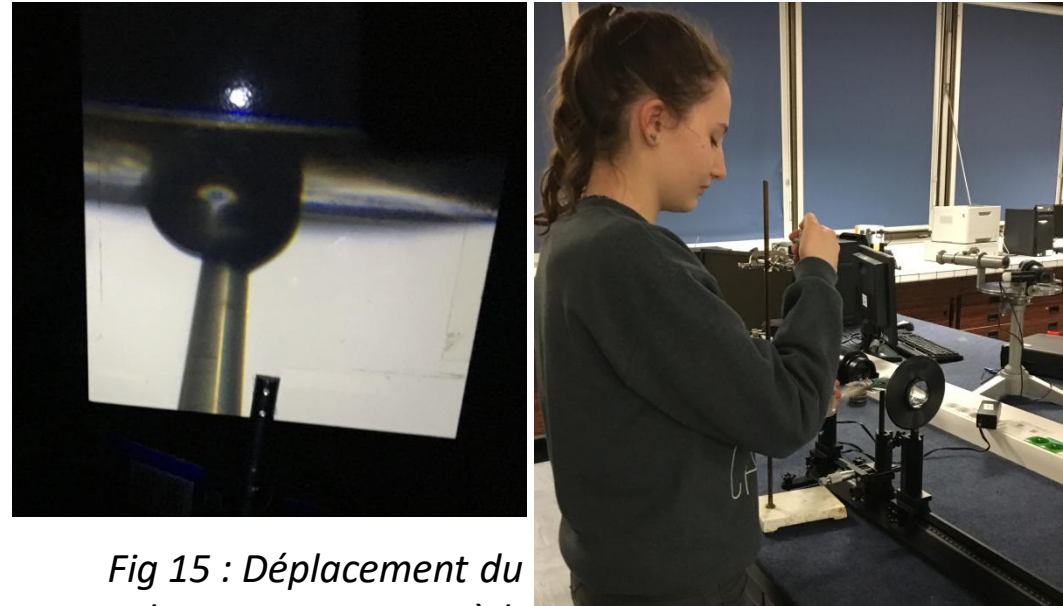
*Fig 14 : Mesure de l'angle de contact avec Mesurim
 $\theta=150^\circ$*

Mise en évidence de l'hydrophobie de la cire

Expérience 1: Mélange
de cire + 20 mL de
Térébenthine

Pour : 2g; 4g; 8g et 12g
de cire

Cire (%)	θ (°)	θ_a (°)	θ_r (°)	$\Delta\theta$ (°)
10	73	85	85	0
19	94	92	87	5
32	97	89	83	6
41	107	100	100	0



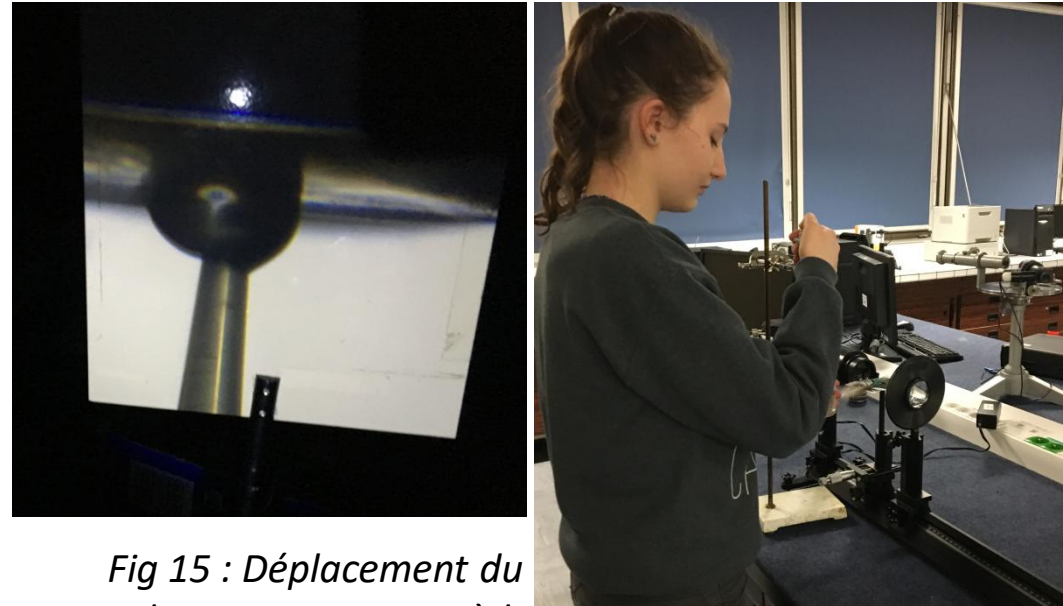
*Fig 15 : Déplacement du
substrat par rapport à la
propipette*

Mise en évidence de l'hydrophobie de la cire

Expérience 1: Mélange
de cire + 20 mL de
Térébenthine

Pour : 2g; 4g; 8g et 12g
de cire

Cire (%)	θ (°)	θ_a (°)	θ_r (°)	$\Delta\theta$ (°)
10	73	85	85	0
19	94	92	87	5
32	97	89	83	6
41	107	100	100	0



*Fig 15 : Déplacement du
substrat par rapport à la
propipette*

➤ La cire a des propriétés
hydrophobes

Influence de la rugosité : première approche

Expérience 2: Cire texturée

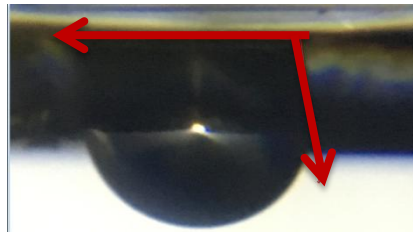
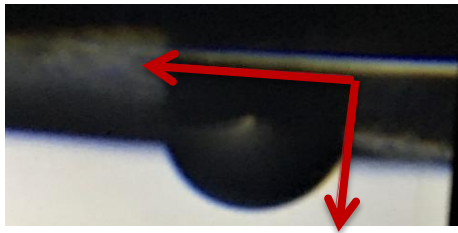


Fig 18: Stries Irrégulières
 $\theta = 119^\circ$

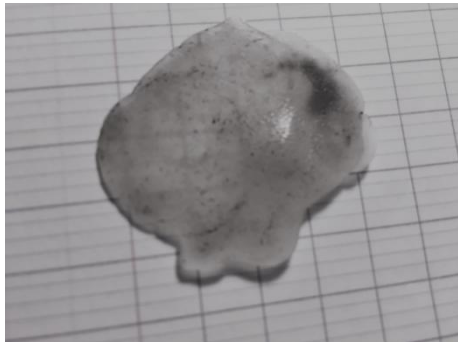
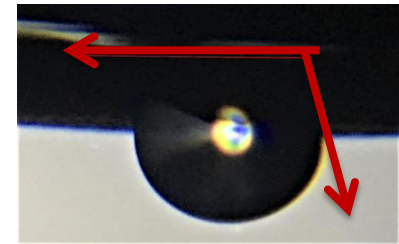


Fig 17: Cire sans modifications
 $\theta = 96^\circ$

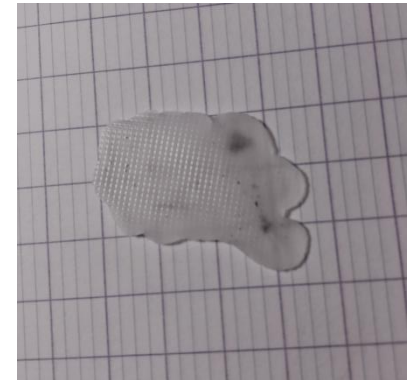


Fig 19: Impression Protège-cahier
 $\theta = 127^\circ$

Influence de la rugosité : première approche

Expérience 2: Cire texturée

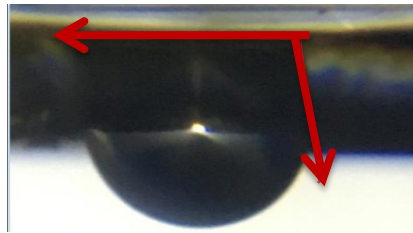
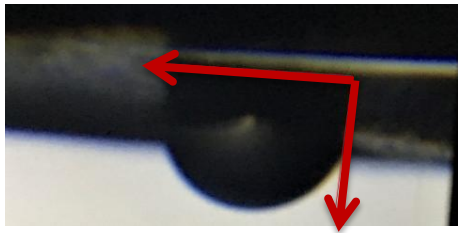


Fig 18: Stries Irrégulières
 $\theta = 119^\circ$

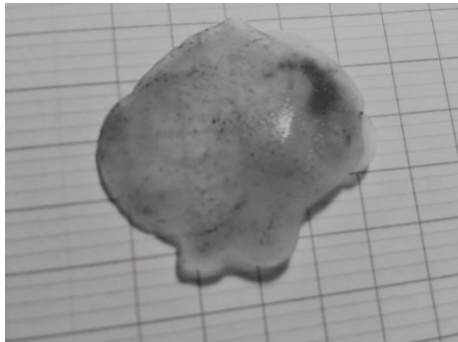
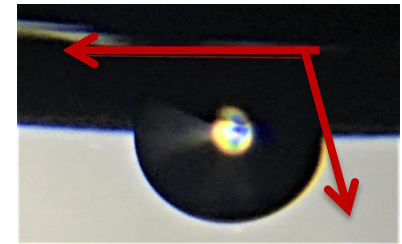


Fig 17: Cire sans modifications
 $\theta = 96^\circ$

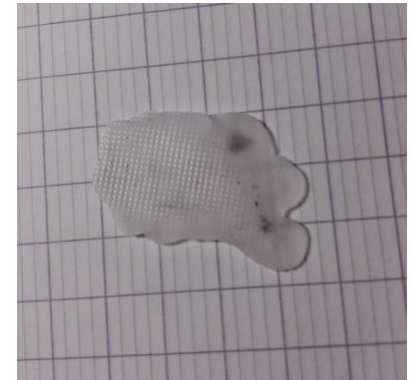


Fig 19: Impression Protège-cahier
 $\theta = 127^\circ$

➤ Plus la cire est rugueuse, plus elle est hydrophobe

Microbilles

Expérience 3 : Cire + microbilles

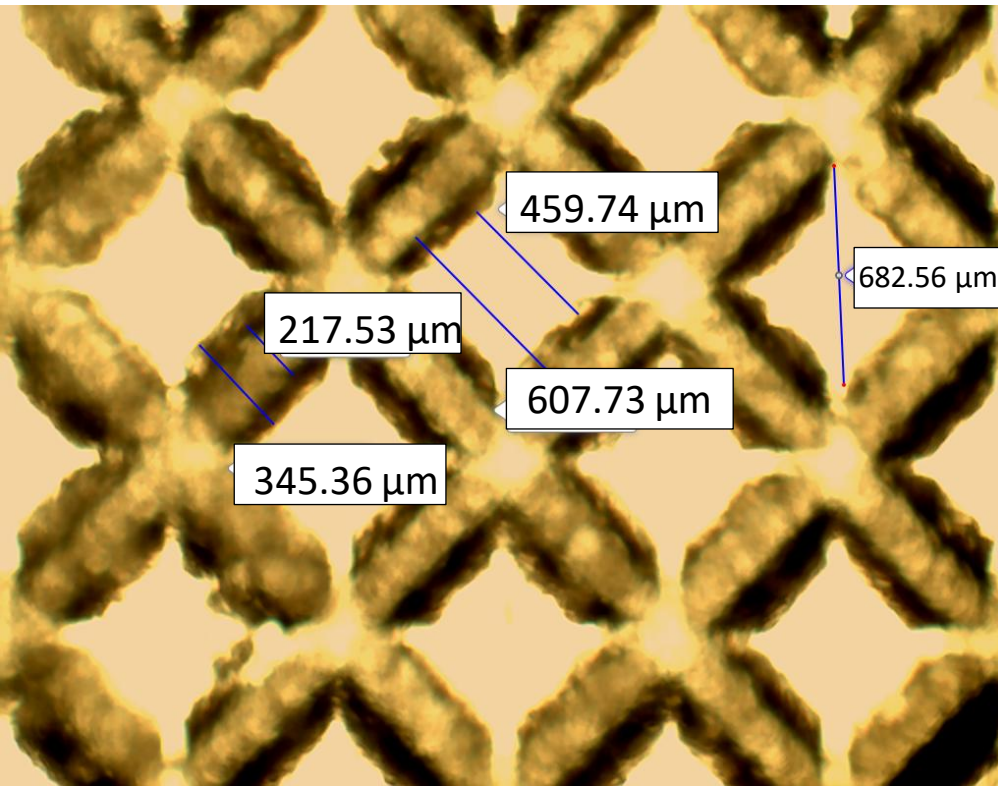


Fig 20: Observation au microscope de l'impression au protège-cahier x4

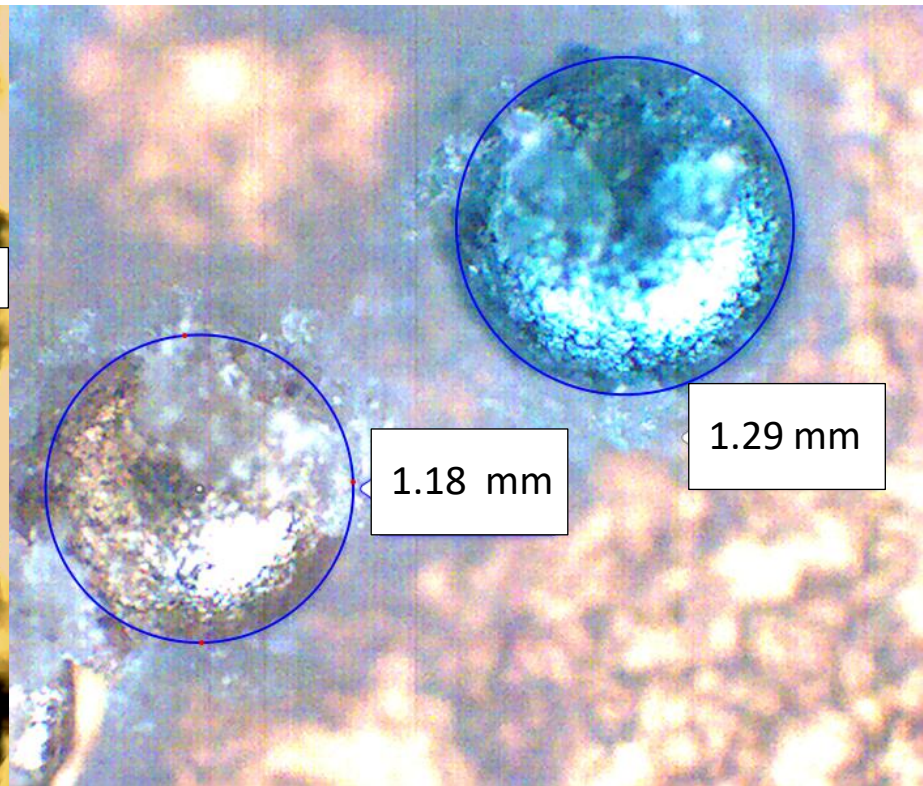


Fig 21: Observation au microscope des microbilles dans la cire x4

Comparaison microbilles/cire :

Surface	θ (°)	$\Delta\theta$ (°)
Cire + Impression	149	2
Cire + Microbilles	119	1

Fig 23: Tableau comparatif des rugosités



Fig 22: Photographie d'un mélange cire + microbilles

- Impression du protège-cahier rend plus hydrophobe que les microbilles
- Forme des plots influe sur l'hydrophobie

Influence de la rugosité sur Cassie et Wenzel

Expérience 4 : Cire texturée chauffée

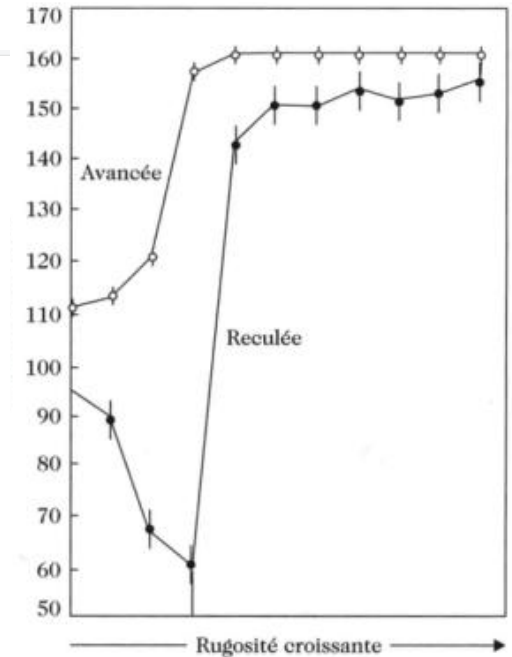
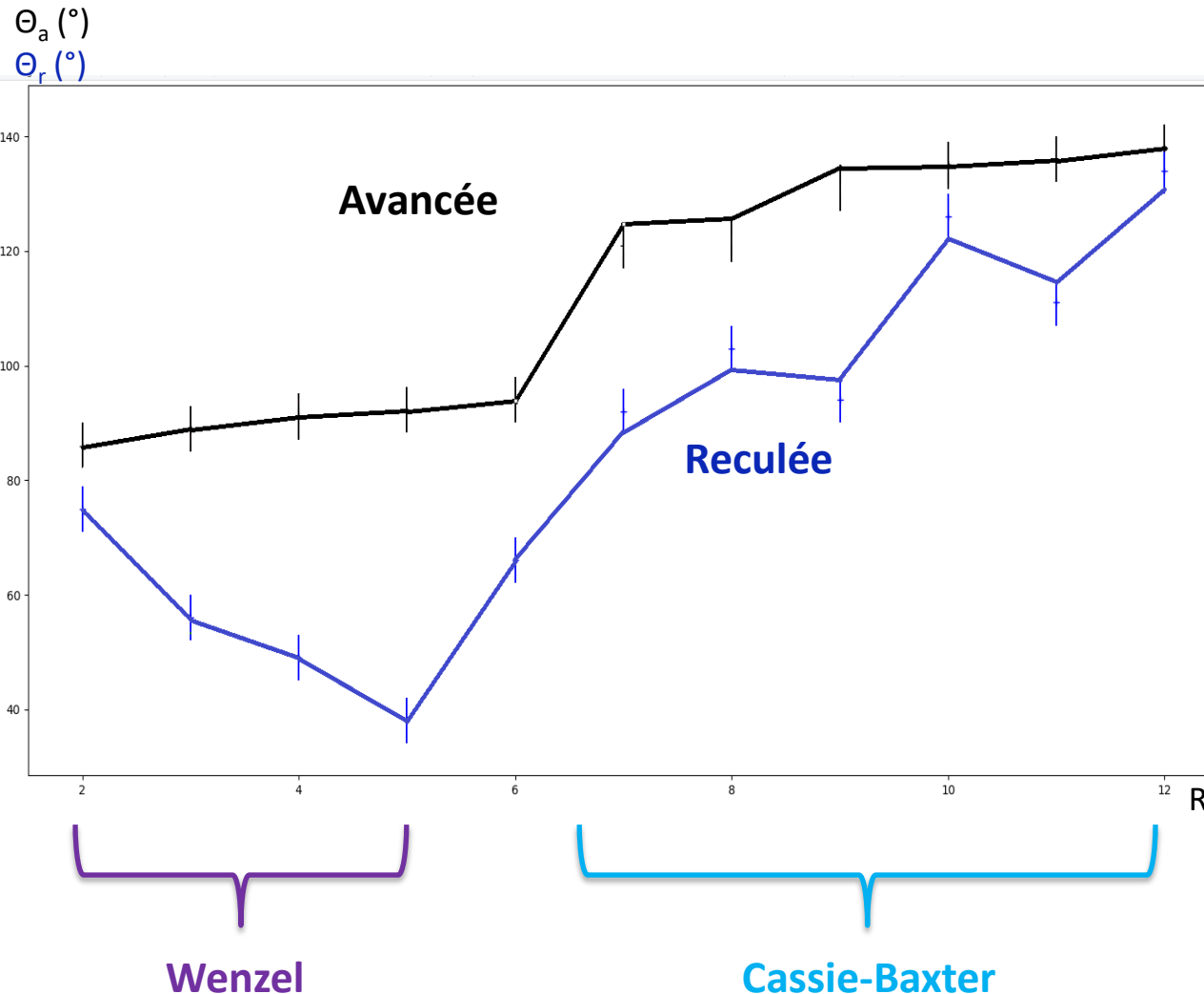


Fig 25: Représentation des angles d'avancée et de reculée en fonction de la rugosité (Théorie)

Fig 24: Représentation en Python des angles d'avancée et de reculée avec leur incertitude en fonction de la rugosité (Expérience)

Influence de la rugosité sur Cassie et Wenzel

Expérience 4 : Cire texturée chauffée

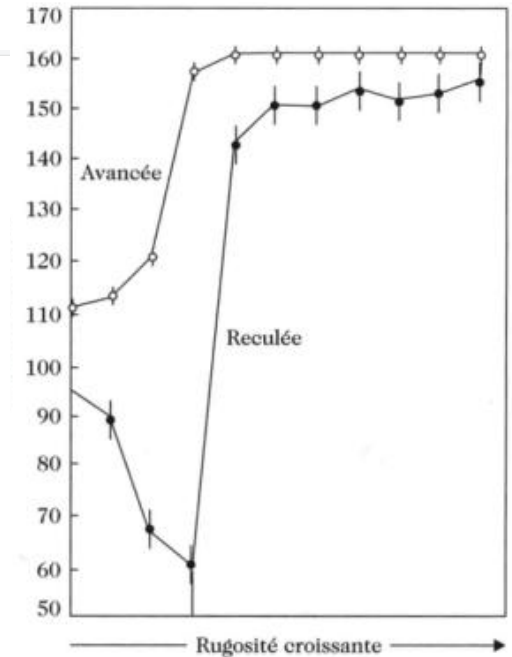
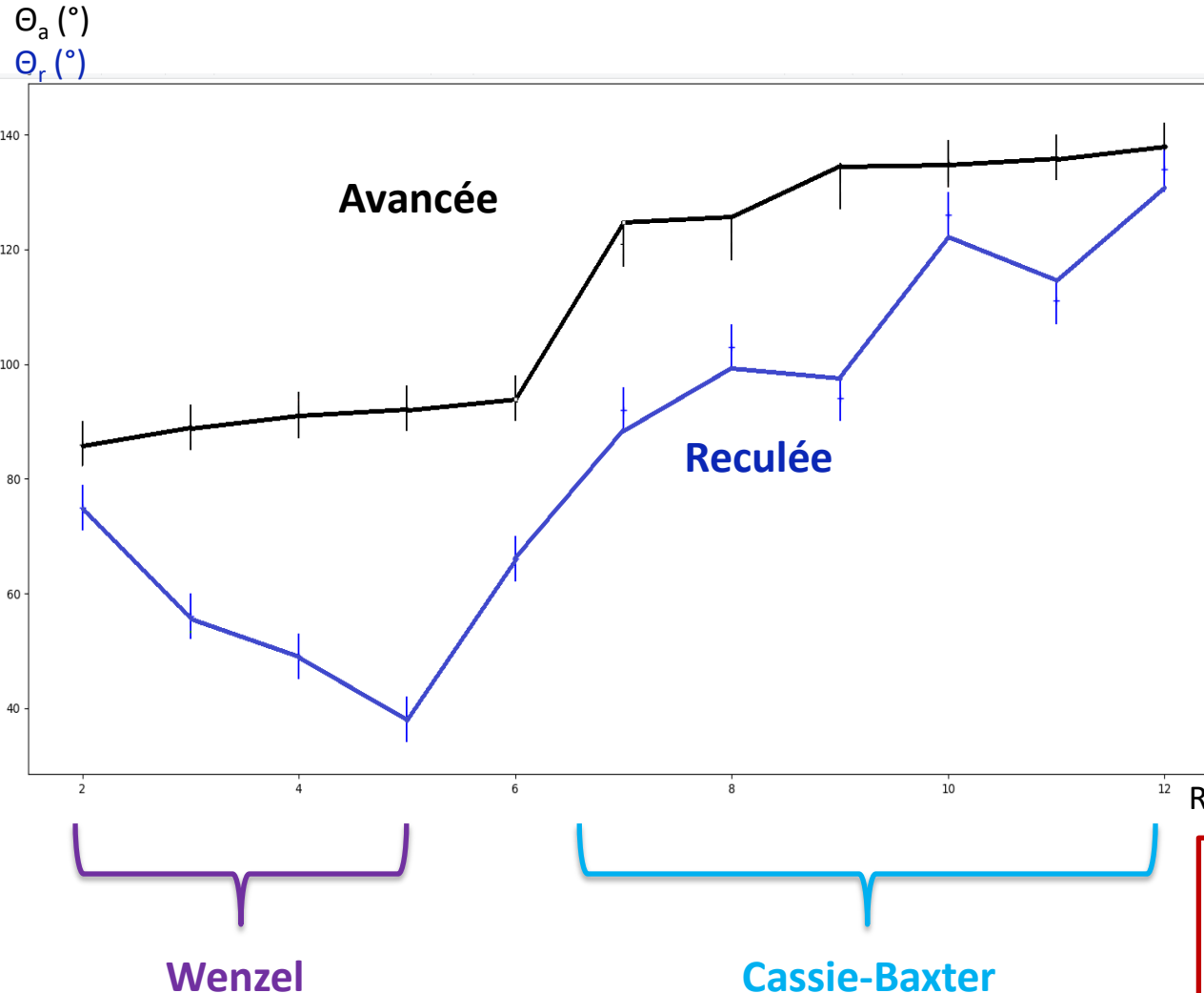


Fig 25: Représentation des angles d'avancée et de reculée en fonction de la rugosité (Théorie)

- A faible rugosité, Wenzel est mis en évidence
- A forte rugosité, Cassie est mis en évidence

Fig 24: Représentation en Python des angles d'avancée et de reculée avec leur incertitude en fonction de la rugosité (Expérience)

Aspect Chimique



Fig 26: Augmentation de l'hydrophilie de plaques de Zinc et de Cuivre à l'aide d'un traitement par Nitrate d'Argent



Fig 27: Augmentation de l'hydrophobie du sable à l'aide d'acide stéarique

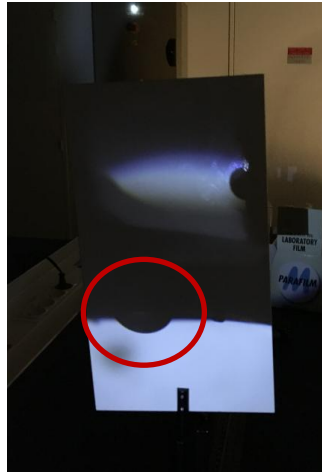
	Zinc	Cuivre	Sable
Avant traitement	$\Theta = 64^\circ$	$\Theta = 74^\circ$	Mouillage total
Après traitement	$\Theta = 21^\circ$	$\Theta = 62^\circ$	$\Theta = 75^\circ$

Combinaison Physique et Chimique

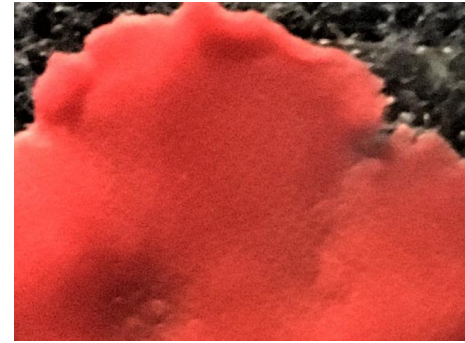
Expérience 5: Pâte à modeler



Fig 28: Lisse



*Fig 29:
Imperméabilisée
+ lisse
 $\theta = 67^\circ$*



*Fig 30: Imperméabilisée + impression
 $\theta = 95^\circ$*

Combinaison Physique et Chimique

Expérience 5: Pâte à modeler

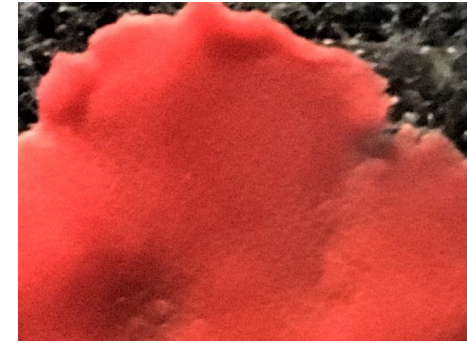
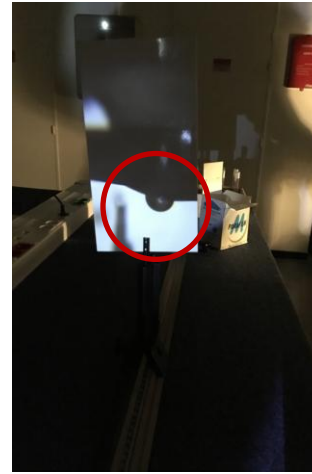
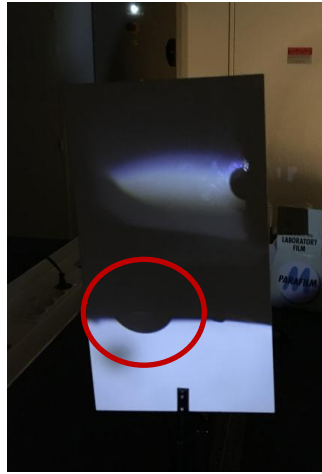


Fig 30: Imperméabilisée + impression
 $\theta = 95^\circ$



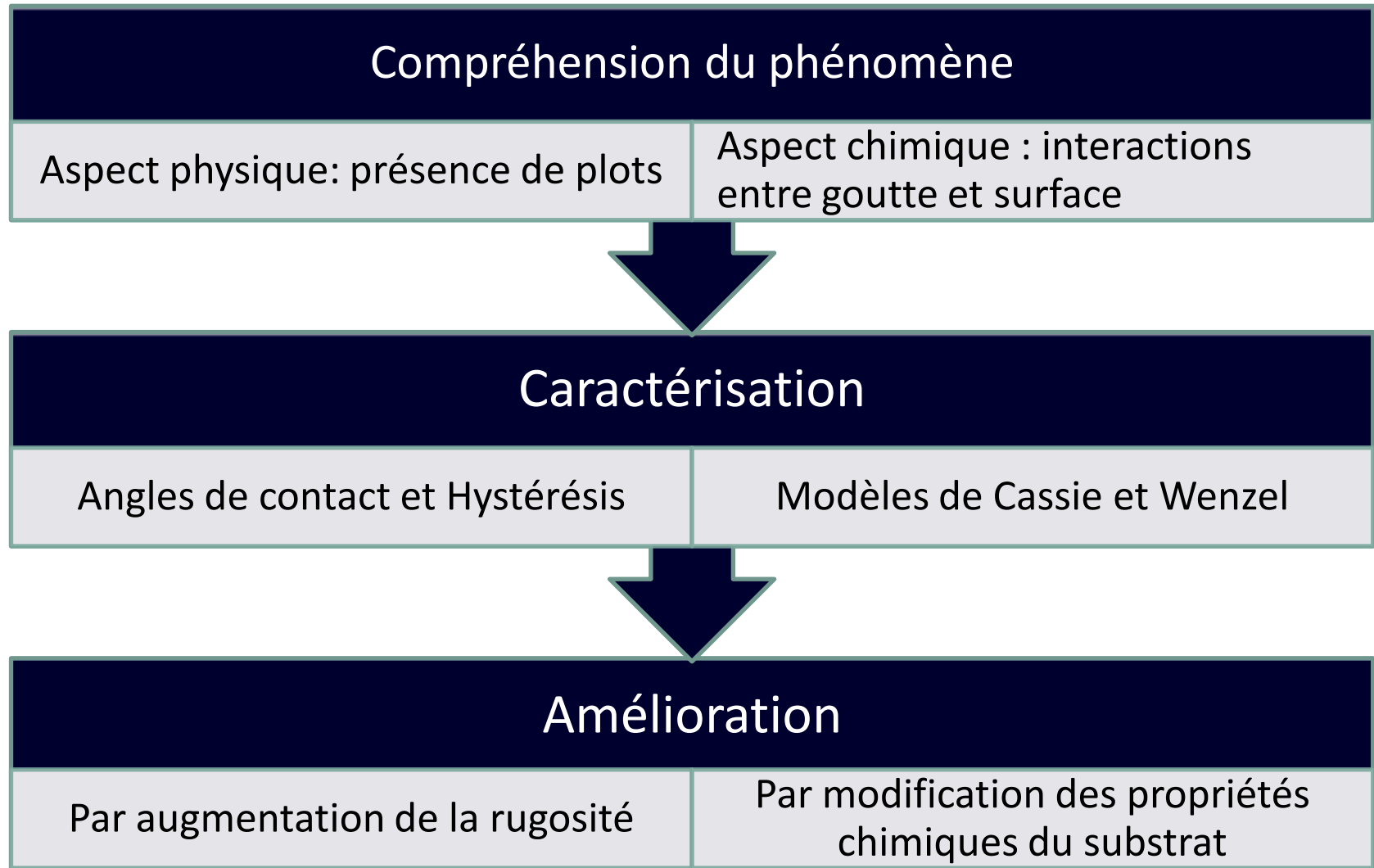
Fig 28: Lisse

Fig 29:
Imperméabilisée
+ lisse
 $\theta = 67^\circ$

- Traitement chimique (sable) : Augmentation de 75°
- Traitement physique (cire imprimée) : Augmentation de 31°
- Traitement physique et chimique : Augmentation de 95°

Conclusion

Qu'est-ce qu'une surface hydrophobe, comment la caractériser et comment améliorer cette propriété ?



Perspectives

- Des micro-robots
- Vieillessement



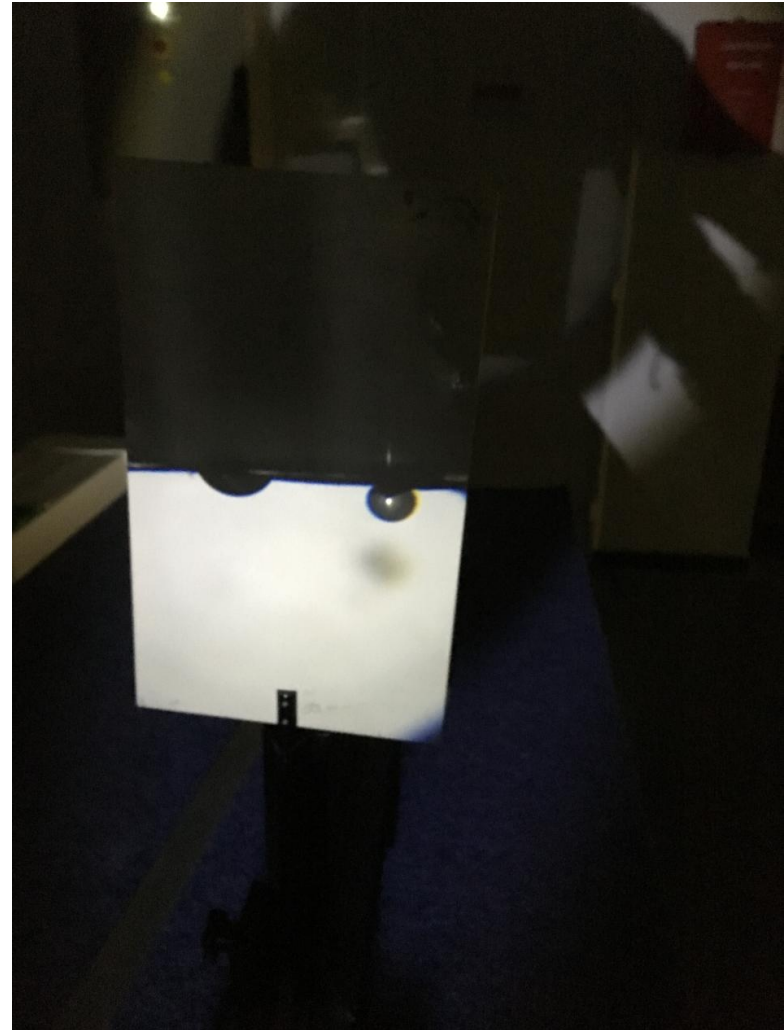
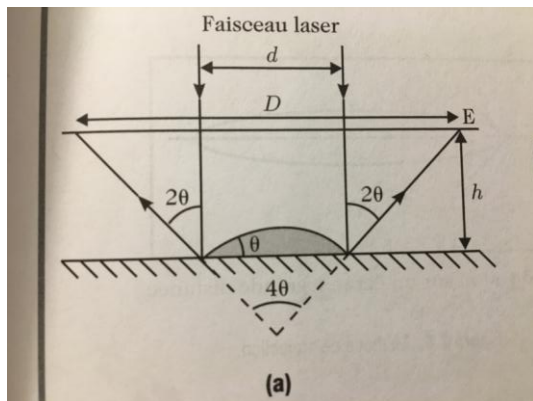
Fig 31 : Micro-robot à l'image du guerrier

Annexe 1 : Bibliographie

- Figures 7(a), 8(a), 4, 6, 25 : R. Thévenin, thèse de doctorat de l'école polytechnique université Paris-Saclay, spécialité : physique, Superhydrophobie active
- Figure 5: Wikipédia, Le Guerris

Annexe 2 : Tentatives

- Mise en évidence des 2 états avec la façon dont la goutte est posée
- Passage d'un état à l'autre par évaporation
- Mesure des angles extrêmes
- Premier montage par réflectométrie :



Annexe 3 : Incertitudes

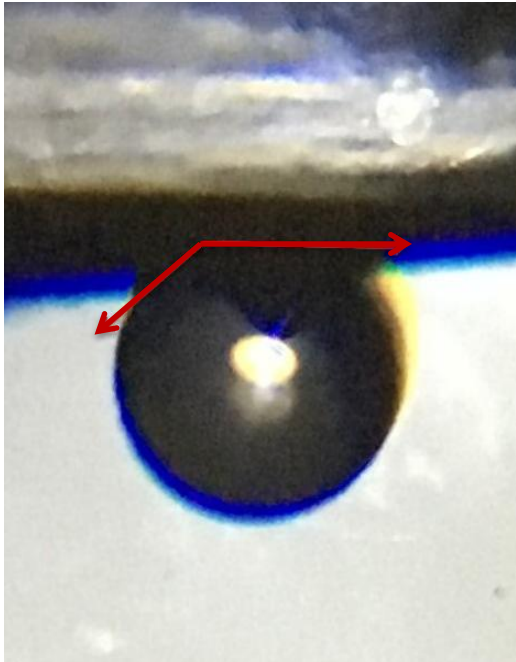


Fig 31: Mesure de l'angle de contact sur l'aile de papillon
 $\theta = 148,3^\circ$

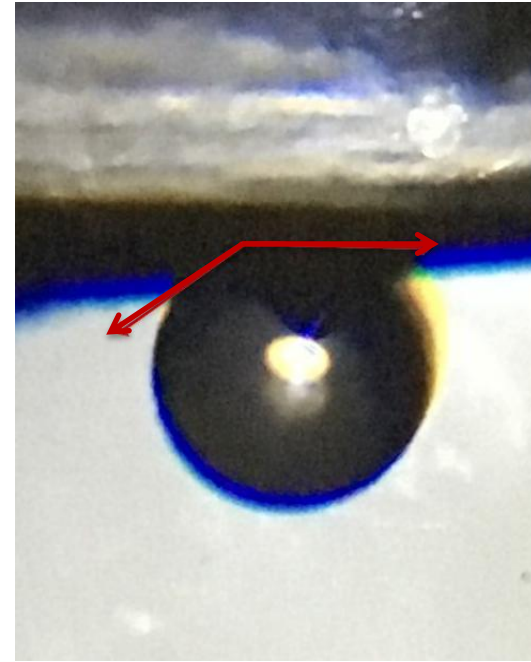


Fig 32: Mesure de l'angle de contact sur l'aile de papillon
 $\theta = 152,8^\circ$

- Angles de contact : incertitude de 4° (Mesurim)
- Angles de contact varient beaucoup en état Wenzel