

LP 26 : Mouillage

Eléments imposés : feuille lotus, critère de Zisman

Niveau : L2

Pré-requis : - Etats de la matière, interactions, cohésion (L1)

- Bilans des forces, PFD, travail (TS)
- Analyse dimensionnelle (TS)

Biblio : - Dictionnaire de physique, Taillet

- Gouttes, bulles, perles et ondes, De Gennes
- La juste argile, Daoud
- TI : J2140 V1, M1575 V1
- Physique expérimentale : optique, mécanique des fluides, ondes et thermo, Fruchart

Intro péda :

Leçon de BTS métier de la chimie dans module sur la formulation :

- étude du mouillage (prop matériau vis-a-vis d'un liquide)
- modification de la surface d'un matériau

Cours suivant un cours sur la formulation ou ils auront vu les définitions et techniques de fabrication et précédent un cours sur la rhéologie.

On va essayer de leur faire comprendre le mouillage d'un point de vue microscopique (en voyant l'influence des interactions dans les liquides par exemple) et aussi on va faire des démo pour redémontrer loi de Young-Dupre et pour déterminer tension superficielle d'ou la nécessité qu'ils sachent faire de la mécanique.

L'analyse dimensionnelle sera également utilisée pour déterminer l'unité de la tension superficielle et son interprétation physique (force linéique)

Obj : - Comprendre l'origine physique du mouillage
- Connaître les critères du mouillage

Difficultés : - il faut réussir à passer du domaine microscopique (interaction entre molécules) au domaine macroscopique (phénomène de mouillage)

TD : étude de matériau, utilisation de la loi de Young-Dupré, voir comment modifier un matériau pour augmenter/diminuer le mouillage en fonction de l'application du matériau

TP : calcul d'angle de raccordement et vérifier loi de Young Dupré par calculs angles

Intro :

Si on met des gouttes sur des supports, on voit que l'on peut observer différents comportements

Exp : poser goutte sur différentes surfaces + gouttes de différents liquide sur même surface

<https://campistrouthibaut.wixsite.com/tpegaetanhibaut/angle-de-contact-et-tension-de-surface>

https://www.youtube.com/watch?v=_kITq1OHNX4

Les liquides s'étale plus ou moins, c'est ce que l'on va appeler le mouillage.

Mouillage = étalement d'une goutte liquide sur une surface

C'est une propriété d'un matériau que l'on peut modifier (cf diapo) mais avant cela il faut le comprendre.

I) Du mouillage à la tension interfaciale

A) Description du mouillage

Comme on a vu dans l'introduction, les gouttes s'étale plus ou moins sur les surfaces. On peut alors définir un angle θ entre la surface solide et la tangente à la goutte = **angle de raccordement** (faire schéma au tableau : goutte liquide sur surface solide avec angle θ)

C'est selon cet angle que l'on va qualifier le mouillage (cf diapo) de :

- mouillage total ($\theta \rightarrow 0$ = film de liquide)
- mouillage nul (θ proche de 180° = très peu de contact entre goutte et surface)

A cet angle θ , on peut également relier le caractère hydrophile ou hydrophobe d'un matériau.

Ainsi si goutte d'eau fait angle de plus de 90° avec surface \rightarrow **hydrophobe**

Si angle $< 90^\circ \rightarrow$ **hydrophile**

Exp : Refaire le point avec les gouttes déposées sur les différentes surfaces (mouillage total/nul ; matériau hydrophile/hydrophobe) avec mesure de l'angle de raccordement avec photo et imageJ.

Tr : Comment on peut justifier cette différence de mouillage selon les supports et les liquides ?

B) Tension interfaciale et superficielle

Exp : cordelette (ou tige) entre 2 films de savon, on fait éclater l'un des 2 films \rightarrow corde tirée vers partie où il y a encore le film de savon, comment expliquer cela ?

<https://www.youtube.com/watch?v=DZOB5GVAXJg>

Regardons d'un point de vue énergétique : (faire schéma Gennes p.12 au tableau)

Dans un liquide, il y a des interactions favorables entre les molécules (par ex liaisons H dans l'eau) ; à la surface il n'y a plus que la moitié de ces interactions possibles.

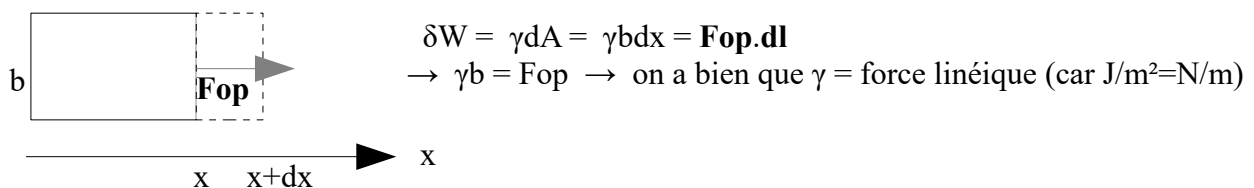
Ainsi, si on appelle U = énergie de cohésion par molécule de surface a^2 , on définit la **tension superficielle** comme le défaut d'énergie d'une molécule à la surface = $\gamma \sim U/2a^2$ (J/m²) (OdG cf diapo)

Rq : tension superficielle = pour interface entre phase condensée et gaz

tension interfaciale = pour interface entre 2 phases condensées

Ainsi, pour diminuer les pertes énergétiques, le système diminue la surface de contact, il faut fournir un travail mécanique pour augmenter surface de contact (ex : **exp** ? huile dans eau à mélanger pour que ce se mélange un peu et après se resépare).

Ainsi, pour augmenter la surface de dA , le travail à fournir est proportionnel à dA et le coefficient de proportionnalité est la tension superficielle (interfaciale) (schéma au tableau)



Si on mesure la hauteur et la force exercée, on peut remonter à la tension superficielle.

Exp : Soit ici soit dans la sous-partie II) B) Loi de Young-Dupré mesure tension superficielle avec balance d'arrachement (Fruchart p. 466-471), faire bilan des forces, bien prendre température de l'eau et faire incertitudes de type A (+ ATTENTION, il y a 2 interfaces L/G donc il faut prendre 2

fois le périmètre)

<https://www.youtube.com/watch?v=0smrsJ8SUUM>

Tr : Comment relier la tension superficielle/interfaciale à l'angle de raccordement (au mouillage)

II) Critères de mouillage

A) Paramètre d'étalement

Paramètre d'étalement S = différence d'énergie entre substrat sec et mouillé par unité de surface

$S = E_{\text{substrat sec}} - E_{\text{substrat mouillé}} = \gamma_{SG} - (\gamma_{SL} + \gamma_{LG})$ (cf schéma diapo)

Si $S < 0$: énergie substrat augmente quand mouillé → mouillage non favorable → **mouillage partiel**

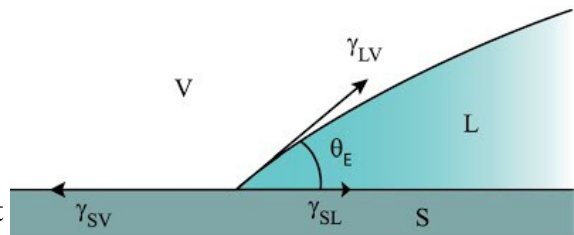
Si $S > 0$: interface L/S plus favorable que L/G → **mouillage totale**

Tr : Paramètre d'étalement permet de prévoir si le mouillage sera favorable ou non (total ou non) mais ne nous permet pas de prévoir l'angle de raccordement.

B) Loi de Young-Dupré

Faire schéma au tableau

On suppose des faibles variations dx selon la longueur et dl selon la largeur et on suppose que θ_E reste constant



On a alors :

$-dE_p = \gamma_{SG} (-dxdl) + \gamma_{SL} (dxdl) + \gamma_{LG} (\cos \theta_E dxdl) = 0$ car à l'équilibre

D'où : $\cos \theta_E = (\gamma_{SG} - \gamma_{SL})/\gamma_{LG}$ LOI de YOUNG-DUPRE

(si on a le temps : On peut relier l'angle de raccordement au paramètre d'étalement :

$\cos \theta_E = (S - \gamma_{LG})/\gamma_{LG} \rightarrow S = (\cos(\theta) - 1) \gamma_{LG}$

→ θ défini que pour $S < 0$ = mouillage partiel (max $\cos = 1 \rightarrow S = 0$)

Tr : les tensions superficielles ou interfaciales ne sont pas toujours faciles à déterminer, on peut alors faire un modèle pour prévoir si le mouillage sera partiel ou total

C) Critère de Zisman

(Juste argile p.8 et Gennes p.25-27)

Dans modèle de Zisman, on distingue solides constitués de liaisons fortes (solides covalents, ioniques, métalliques) sur lesquels les liquides s'étalent = mouillage total et les solides moléculaires et matière plastique avec liaisons plus faibles (VdW, liaisons H...) → mouillage total ou partiel.

Critère de Zisman permet de prédire si mouillage partiel ou total. Si tension superficielle L/G < tension superficielle critique (cf diapo courbe + OdG) → mouillage total

Pour liquides apolaires, tension critique indépendante du liquide (dépend que du solide) → mesure de la tension superficielle critique en mesurant θ pour différents liquides apolaires. On utilise alors série d'alcane de tension superficielle connue jusqu'à observer une diminution de la valeur de $\cos \theta$ → mouillage partiel → tension superficielle critique dépassée.

Tr : on a vu comment prédire le mouillage des matériaux mais comment le contrôler/modifier ?

III) Comment contrôler le mouillage (en fonction du temps et de l'élément imposé)

Par exemple, la carlingue d'un avion doit être le moins mouillant possible pour éviter formation de givre.

Modifications par traitements physiques :

- élimination des traces de graisse (pour rendre plus mouillant) avec solvants organiques, par abrasion (ce qui augmente aussi la rugosité de la surface donc diminue mouillage)
- augmentation de la rugosité (ex : feuille de lotus cf diapo)

Modifications par traitements chimiques : dépôt d'une fine couche à la surface du matériau → propriétés de mouillage particulières

→ traitement au plasma (= gaz ionisé par décharges électriques) : augmente mouillage

→ phosphatation (voir TI M1575 V1) : formation couche de phosphate de Fe en surface : structure poreuse → bonne adhérence des peintures

Conclusion :

cf diapo

On a vu que selon les liquides et les surfaces on observait un mouillage différents (total/partiel) et que cela dépendait des tensions de surface.

De plus le mouillage peut être quantifier avec l'angle de raccordement que l'on peut obtenir avec la loi de Young-Dupre.

Ouv : traitement de surface si non traité pendant la leçon, capillarité (si on sais répondre aux questions derrière)

Remarques :

- formulation = démarche de mélanger substances pour obtenir produit final ayant propriétés que l'on désire
- épaisseur interface = ordre de l'angstrom
- autres méthodes pour déterminer tension superficielle : méthode « goutte pendante » ; stalagmométrie