

MÉTHODOLOGIE DE MODÉLISATION - PHYSIQUE & ÉQUATIONS

Approche de simulation

- Simulation diphasique (encre Ag/AgCl + air) en domaine microfluidique
- Méthode Phase-Field pour le suivi d'interface
- Régime laminaire incompressible

Équations gouvernantes

1. Navier-Stokes (conservation de la masse et quantité de mouvement)

$$\begin{aligned}\nabla \cdot v &= 0 \\ \rho(\partial v / \partial t + v \cdot \nabla v) &= -\nabla p + \nabla \cdot \tau + \rho g + F_{\sigma}\end{aligned}$$

2. Rhéologie : Modèle de Carreau (fluide rhéofluidifiant)

$$\eta(\gamma) = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty}) [1 + (\lambda\gamma)^2]^{((n-1)/2)}$$

3. Transport d'interface (Phase-Field)

$$\partial \phi / \partial t + v \cdot \nabla \phi = \gamma \nabla \cdot [\varepsilon \nabla \phi - \phi(1-\phi^2)n]$$

4. Tension de surface

$$F_{\sigma} = \sigma \kappa \delta(\phi) n$$

Conditions aux limites clés

- Parois : Non-glissement ($v = 0$)
- Angle de contact : $n_w \cdot \nabla \phi = -(1/\varepsilon) \cos(\theta)$
- Entrée : $v = v_o$ (0.1 m/s), $\phi = 1$ (encre)
- Sortie : $p = p_{atm}$

Données d'entrée

• Géométrie

- Diamètre puit (D_w): 800 - 1500 μm
- Diamètre seringue (D_s): 200 - 350 μm
- Décalage horizontal (Δx): 0, -75, -150 μm
- Hauteur puit (h_w): 128 μm (fixe)

• Rhéologie

- Viscosité au repos (η_0): 0.5 - 5 Pa·s
- Viscosité cisaillement infini (η_{∞}): 0.05 Pa·s
- Temps relaxation (λ): 0.15 s
- Indice pseudoplasticité (n): 0.7

• Mouillage

- Angle contact électrode or (θ_{or}): 35 - 70°
- Angle contact paroi (θ_{wall}): 35 - 90°

• Interface

- Tension de surface (σ): 40 mN/m

• Process

- Temps dispense: 40 ms
- Remplissage du well: 80% (surface buse / surface well = 0,8)

Données de sortie

- Champs spatiaux-temporels: Vitesse (u, v), Pression (p), Fraction volumique (ϕ)
- Dynamique interface: Position interface, Courbure (κ)
- Visualisation goutte encre dispensée: Interface, Géométrie, Mouillage parois
- Visualisation: Animation GIF 2D de l'écoulement