

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)

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = 0$$

$$\rho (\partial \mathbf{v} / \partial t + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{g} + \mathbf{F}_\sigma$$

2. Rhéologie : Modèle de Carreau (fluide rhéofluidifiant)

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

3. Transport d'interface (Phase-Field)

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

4. Tension de surface

$$\mathbf{F}_\sigma = \sigma \kappa \delta(\phi) \mathbf{n}$$

Conditions aux limites clés

- Parois : Non-glissement ($\mathbf{v} = 0$)
- Angle de contact : $\mathbf{n}_w \cdot \nabla \phi = -(1/\varepsilon) \cos(\theta)$
- Entrée : $\mathbf{v} = \mathbf{v}_0$ (0.1 m/s), $\phi = 1$ (encre)
- Sortie : $p = p_{\text{atm}}$

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 dispens e: Interface, Géométrie, Mouillage parois
- Visualisation: Animation GIF 2D de l'écoulement