

Modélisation de la fragmentation des interfaces complexes



ANTOINE PIEDFERT

MEGEP

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE

FRÉDÉRIC RISSO – IMFT

BENJAMIN LALANNE – LGC

PRES – RÉGION



**Université
Fédérale**

**Toulouse
Midi-Pyrénées**

Les émulsions dans de nombreux domaines

2

Industrie agro-alimentaire

- Homogénéisateur à haute pression pour la production du lait
- Mayonnaise, sodas...

Industrie pharmaceutique

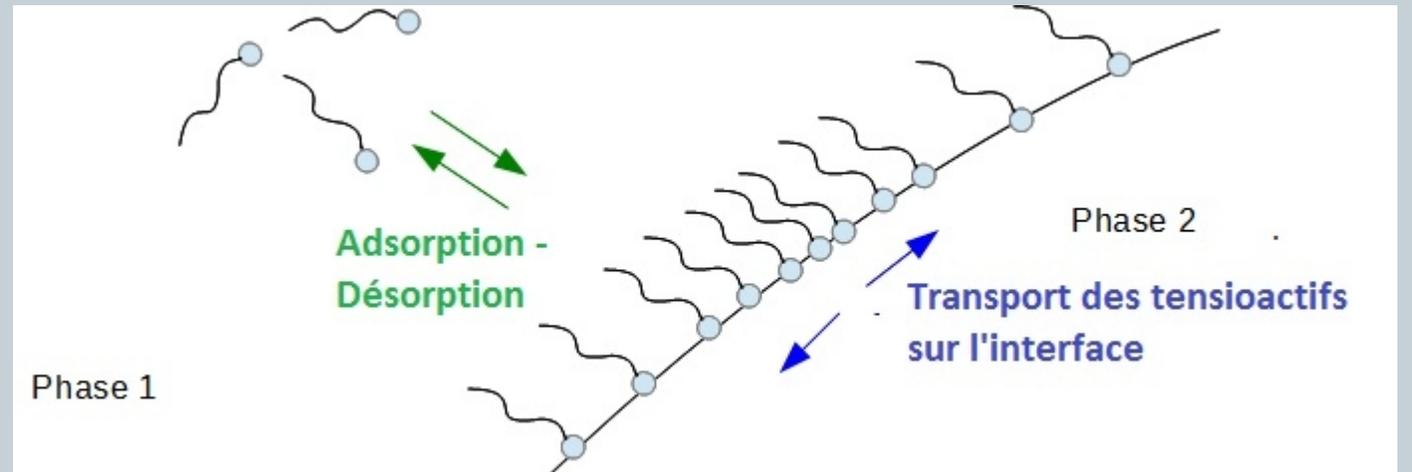
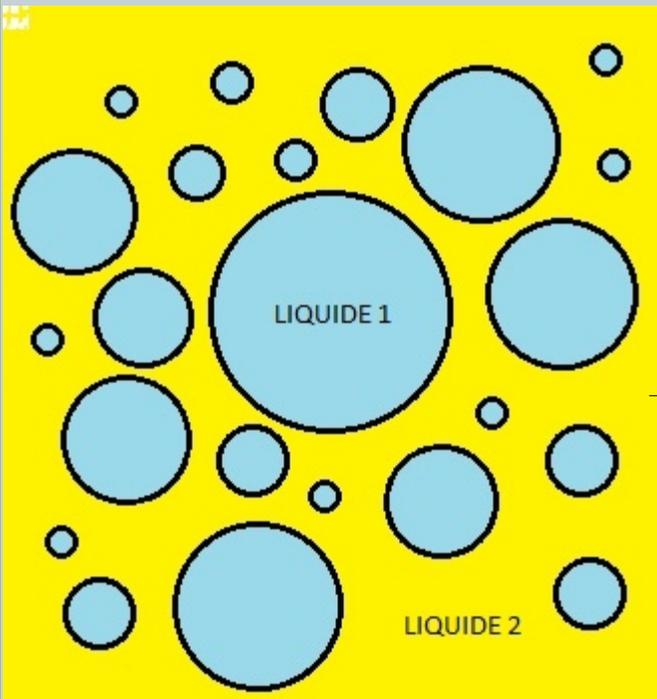
- Émulsions administrées par voie parentérale
- Encapsulation de principes actifs

Industrie pétrochimique

- Séparation eau – pétrole brut

Émulsions et Tensioactifs

3

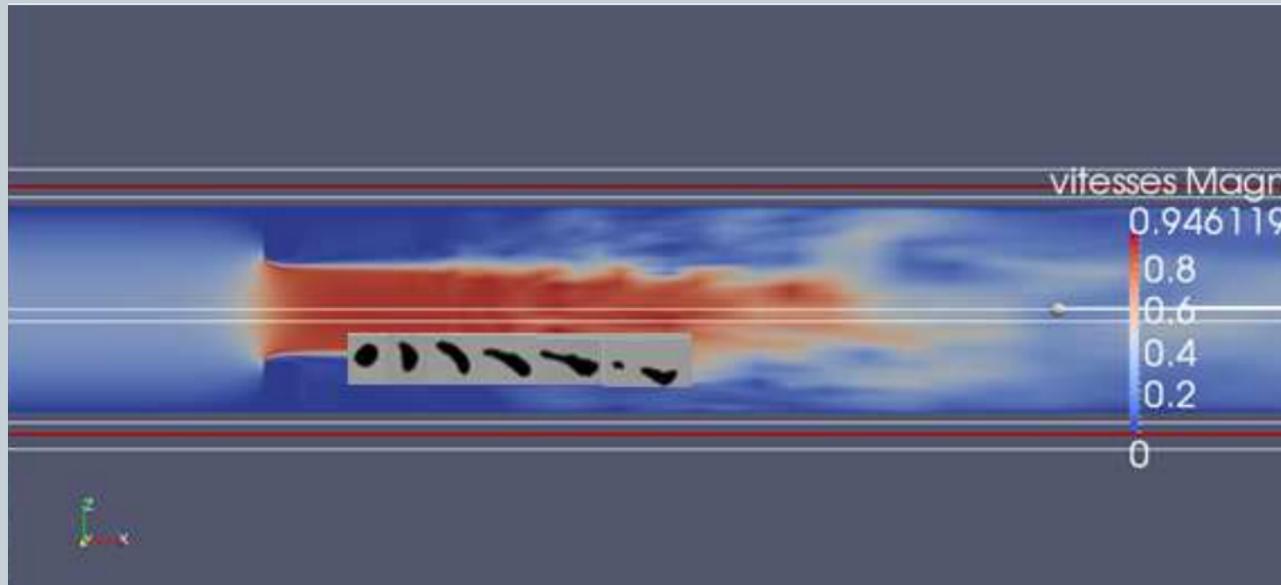


Les tensioactifs ont un effet important sur la stabilité des émulsions

Émulsions et Tensioactifs

4

Dans un écoulement turbulent, les gouttes sont déformées et peuvent se diviser. Les tensioactifs impactent drastiquement les phénomènes de rupture de gouttes.



Dans les procédés, on veut contrôler la taille des gouttes, les phénomènes de rupture et de coalescence, et la stabilité des émulsion en présence de tensioactifs.

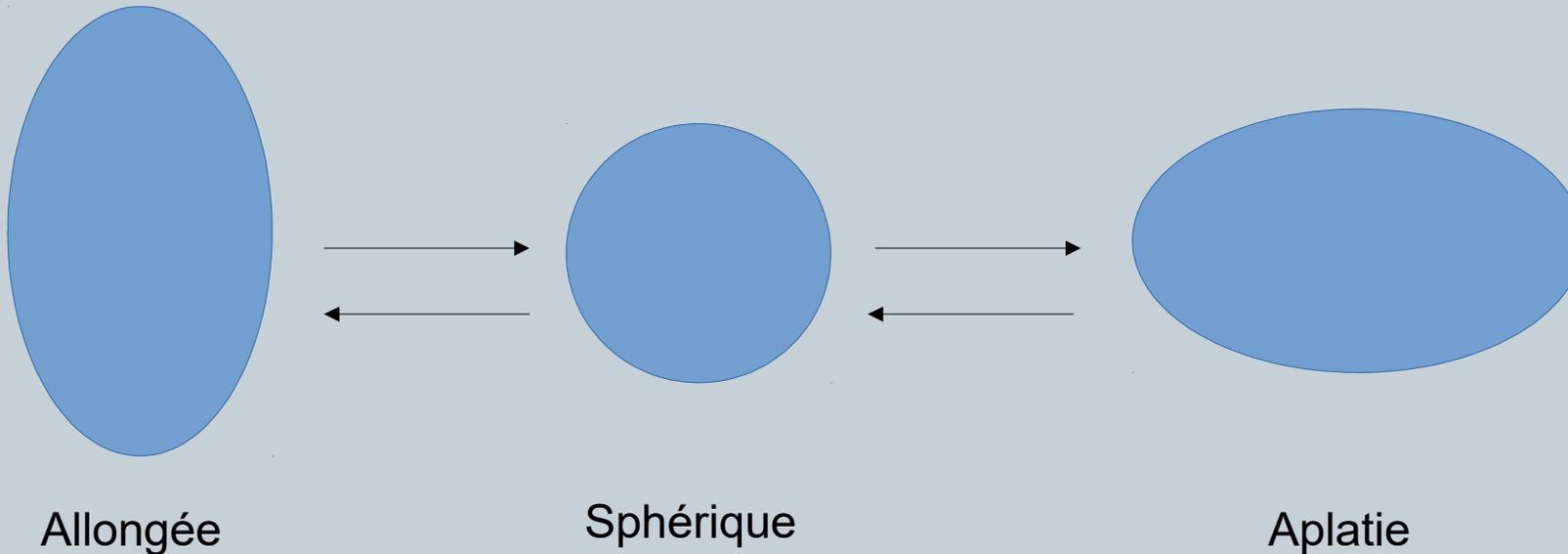
Caractérisation d'une goutte dans le modèle de rupture

5

La réponse dynamique d'une interface à la turbulence est **caractérisée par deux paramètres** :

- La pulsation ω_2
- Le coefficient d'amortissement β_2

On peut déterminer ces paramètres cruciaux en étudiant les oscillations libres d'une goutte.



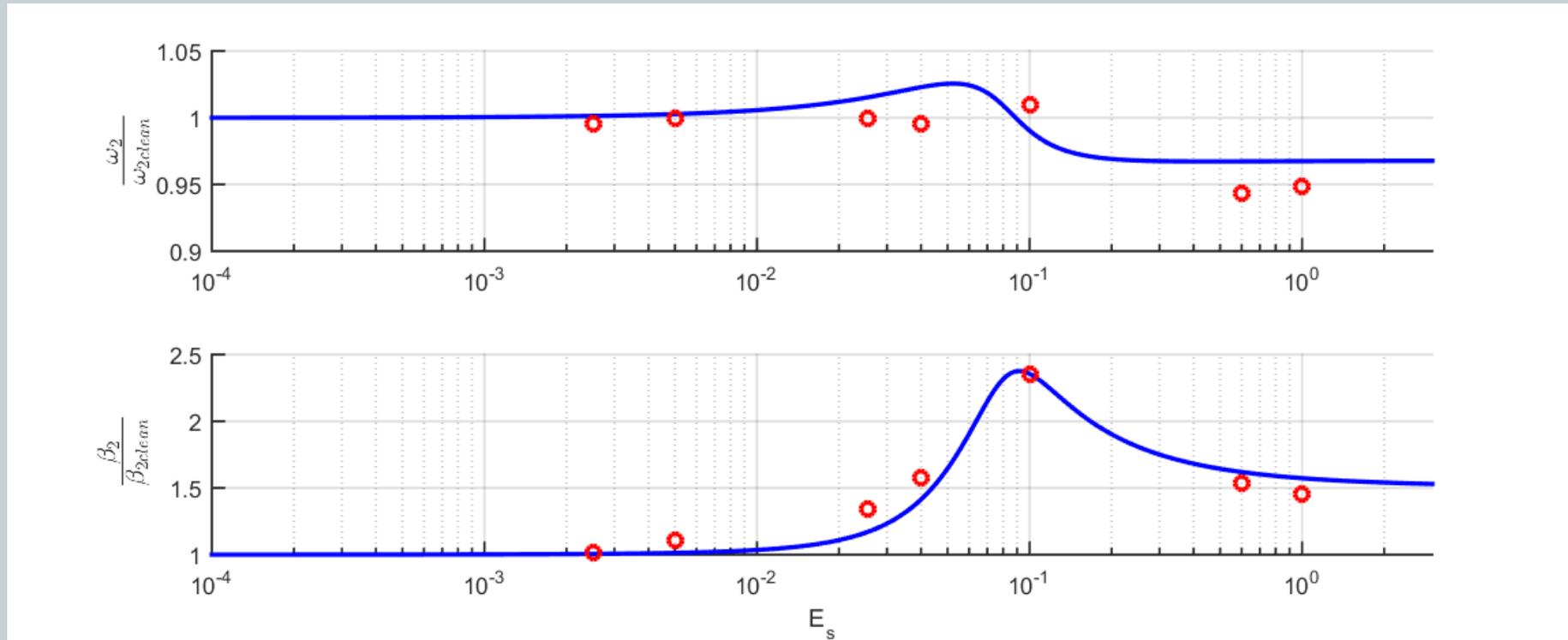
Projet de la thèse

6

- Implémenter les effets des tensioactifs dans le code DIVA
- Valider ces effets à l'aide de cas tests
- Effectuer des simulations d'oscillations de goutte en présence de tensioactifs
- Étudier numériquement les effets des tensioactifs sur ω_2 et β_2
- Étudier le couplage entre les oscillations de forme et le mouvement d'ascension

Simulations – Oscillations libres

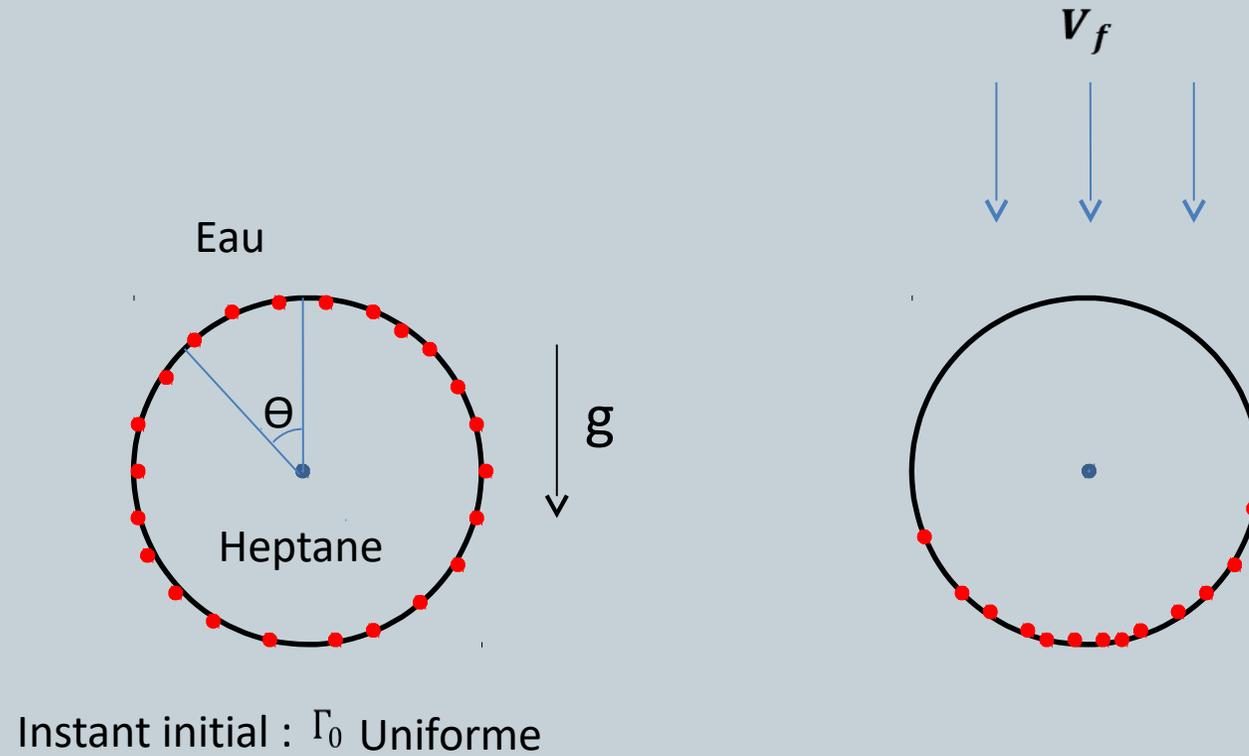
7



Le code arrive à capturer précisément les évolutions de ω_2 et β_2 quand on augmente la quantité de tensioactifs.

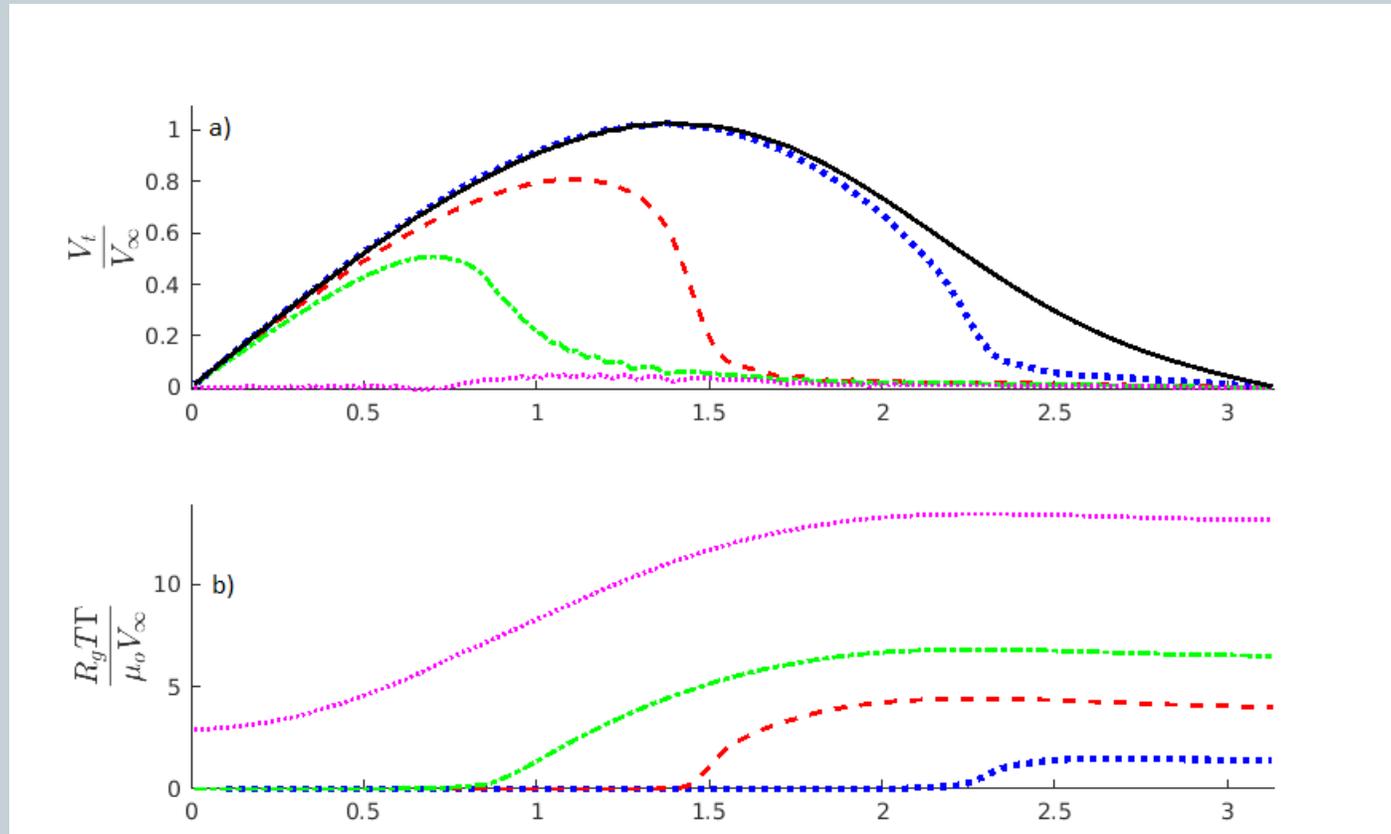
Simulations – Ascension

8



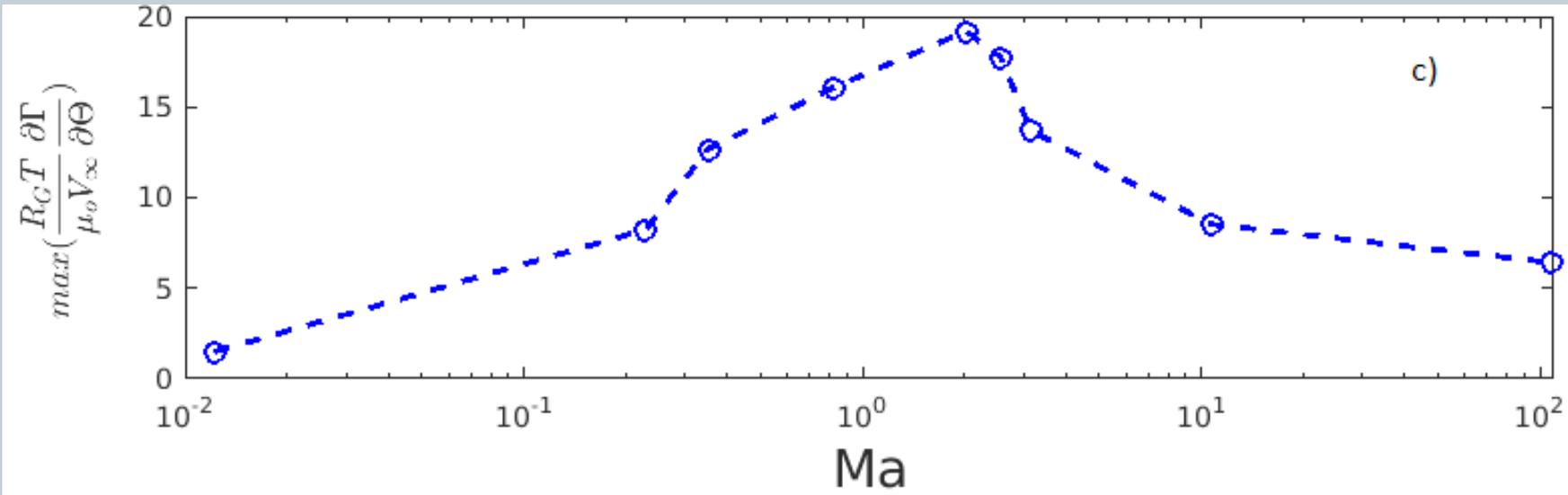
Simulations – Ascension

9



Simulations – Ascension

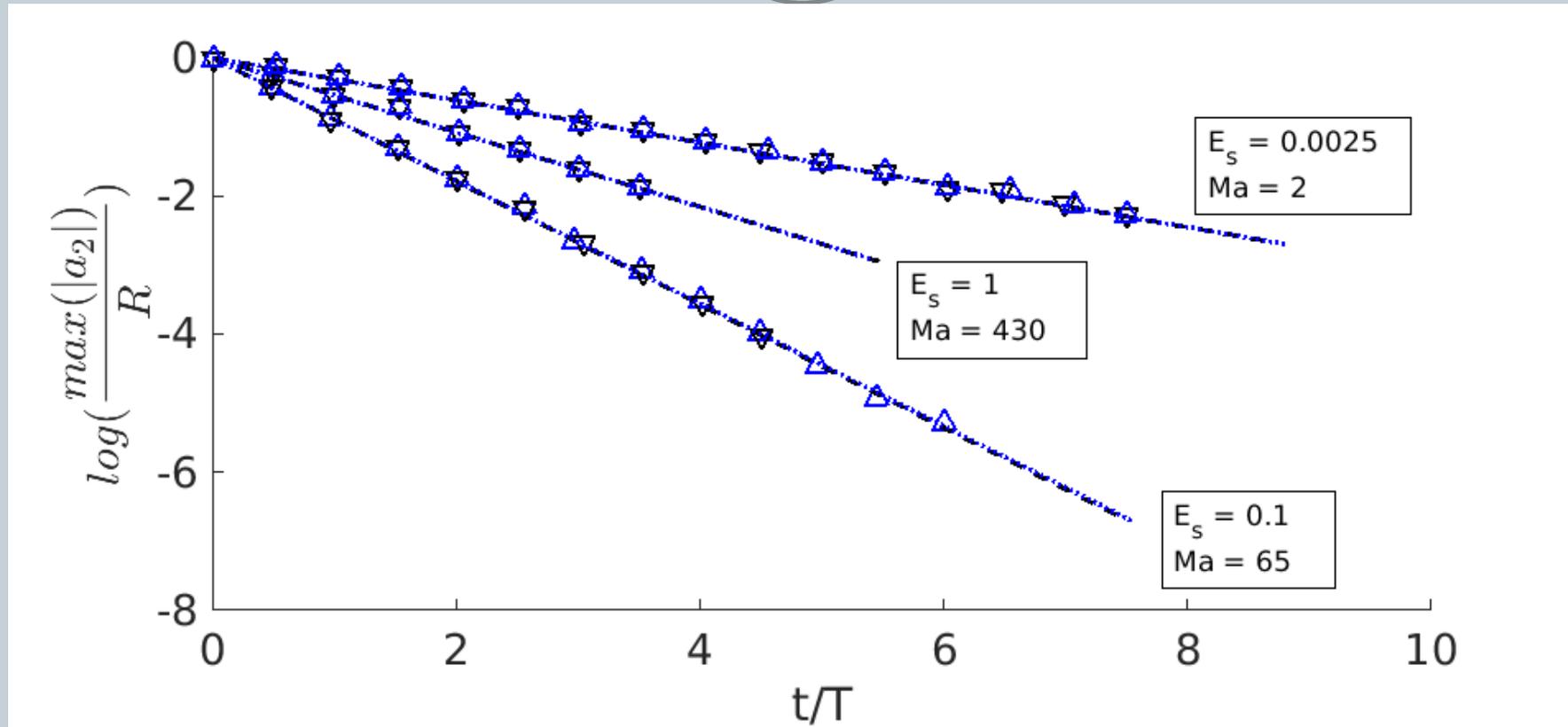
10



Augmenter la quantité de tensioactifs n'augmente pas toujours l'intensité de l'effet Marangoni

Simulations – Ascension d'une goutte oscillante

11



L'ascension n'a aucun effet sur la pulsation et le coefficient d'amortissement, quelle que soit la quantité de tensioactifs à l'interface.

Résumé des résultats

12

- Implémentation réussie des effets des tensioactifs insolubles dans le code DIVA, puis validation
- Explication de l'évolution de l'effet Marangoni lorsqu'on ajoute des tensioactifs sur une goutte
- Absence d'effet de l'ascension sur les oscillations de formes
- Simulations permettant de reproduire des résultats expérimentaux sur des gouttes de pétrole

Difficultés

13

- Caractère interdisciplinaire : à la croisée de plusieurs disciplines et compétences : génie des procédés, mécanique des fluides diphasique, physico-chimie, mathématiques appliquées.
- Combinaison de mathématiques et de phénomènes physiques complexes
- Liées au numérique : gestion de données lourdes, temps de calcul...

Perspectives : a) pour le doctorant

b) pour le projet

14

a) Pour le doctorant :

- Implémentation d'un effet supplémentaire dans le code
- Rédaction d'un article pour mettre en valeur ces résultats originaux
- Soutenance en décembre
- Recherche de post-doc, futur dans la recherche académique

b) Pour le projet

-Implémentation de phénomènes physiques plus complexes dans les émulsions

exemple : modéliser la présence de membranes dans les émulsions biologiques, comprendre leur fragmentation.

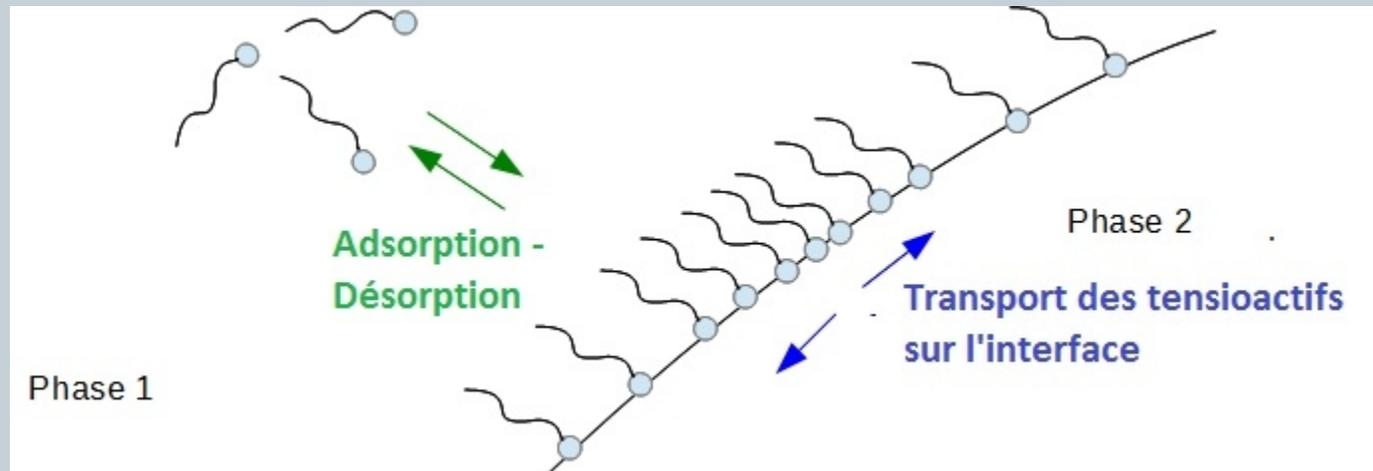
Retour d'expérience des deux encadrants

15

- Complémentarité des compétences dans ce type de projet :
→ renforcement travail commun LGC/IMFT
- Développement d'outils mutualisés :
DIVA = code multi-physique (IMFT)
→ Apport de la physico-chimie (LGC) pour modéliser des écoulements complexes dans les procédés industriels
- Ouverture de perspectives pour répondre à des besoins stratégiques en recherche dans le domaine des émulsions

Annexe - Phénomènes implémentés

16



- Une équation d'**advection des tensioactifs** sur l'interface déformable
- Une **équation d'état** liant la concentration en tensioactifs à la tension de surface locale
- Un saut de contraintes tangentielle, ou **effet Marangoni**