

# 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**

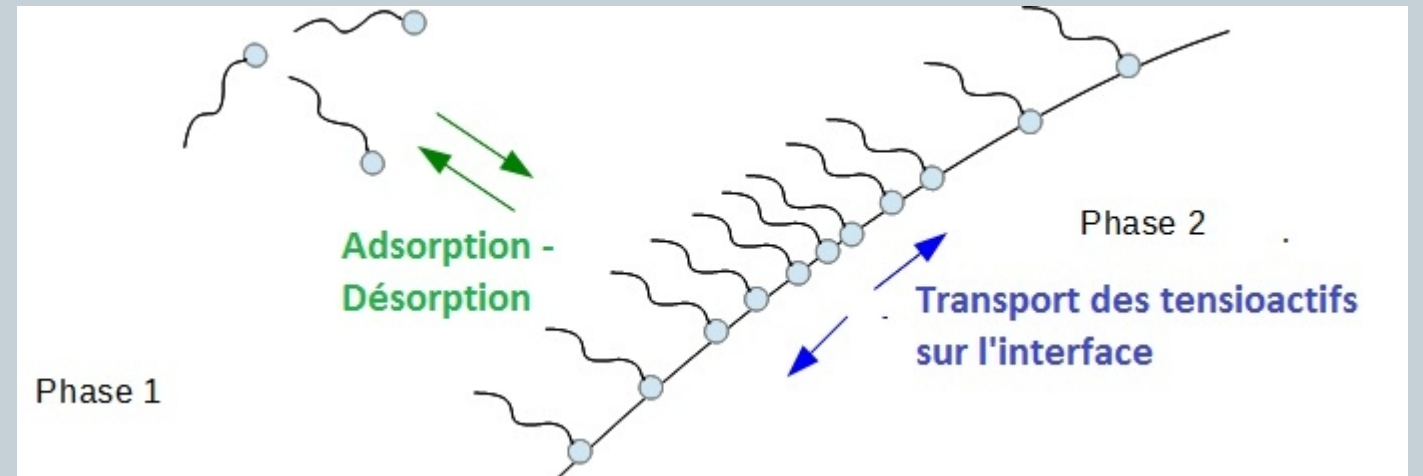
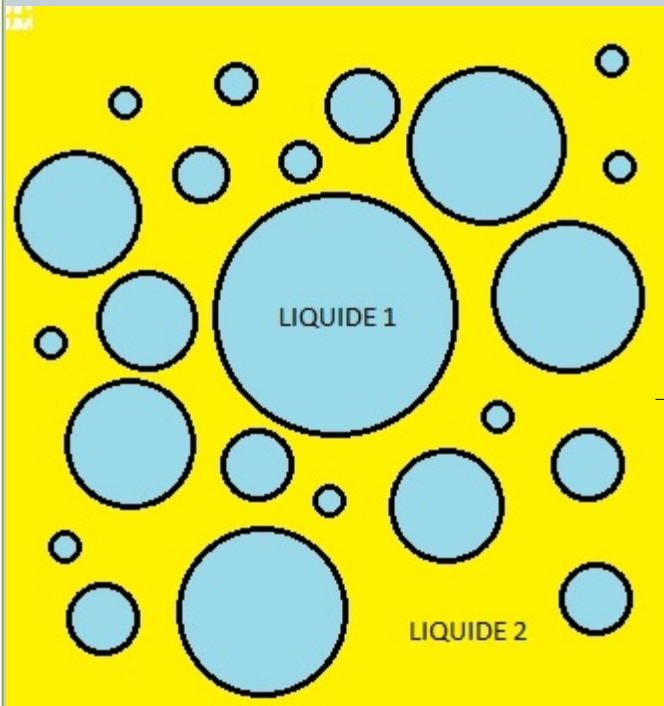
- Émulsions administrées par voie parentérale
- Encapsulation de principes actifs

## **Industrie pétrochimique**

- Séparation eau – pétrole brut

# Émulsions et Tensioactifs

3

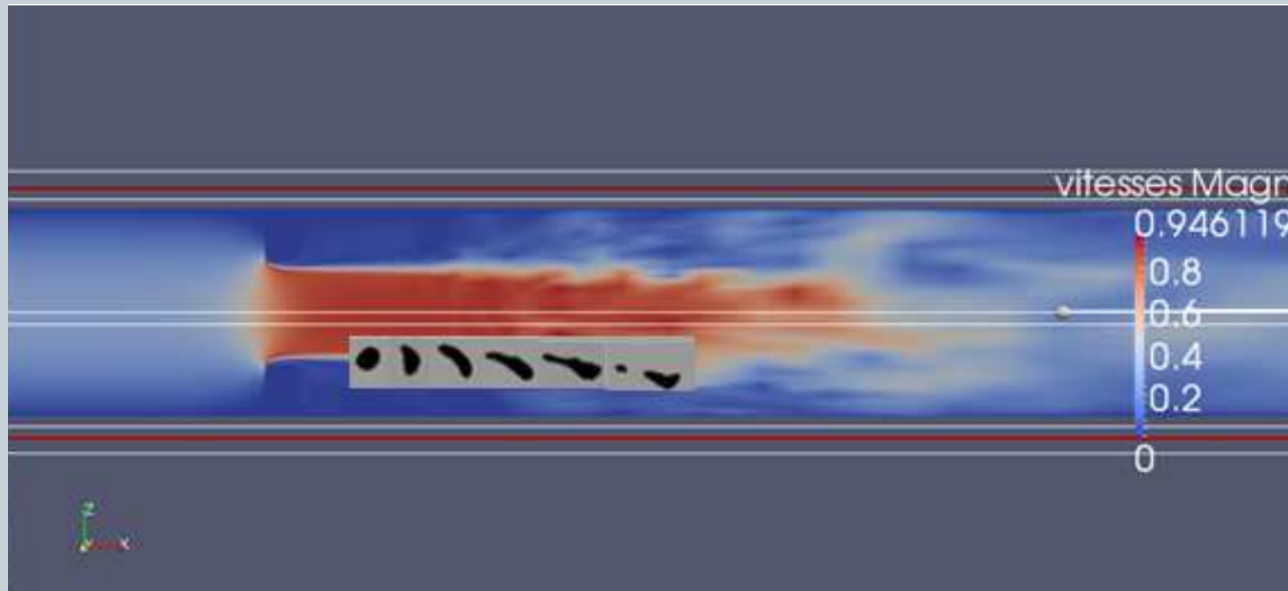


Les tensioactifs ont un effet important sur la stabilité des émulsions

# 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.**

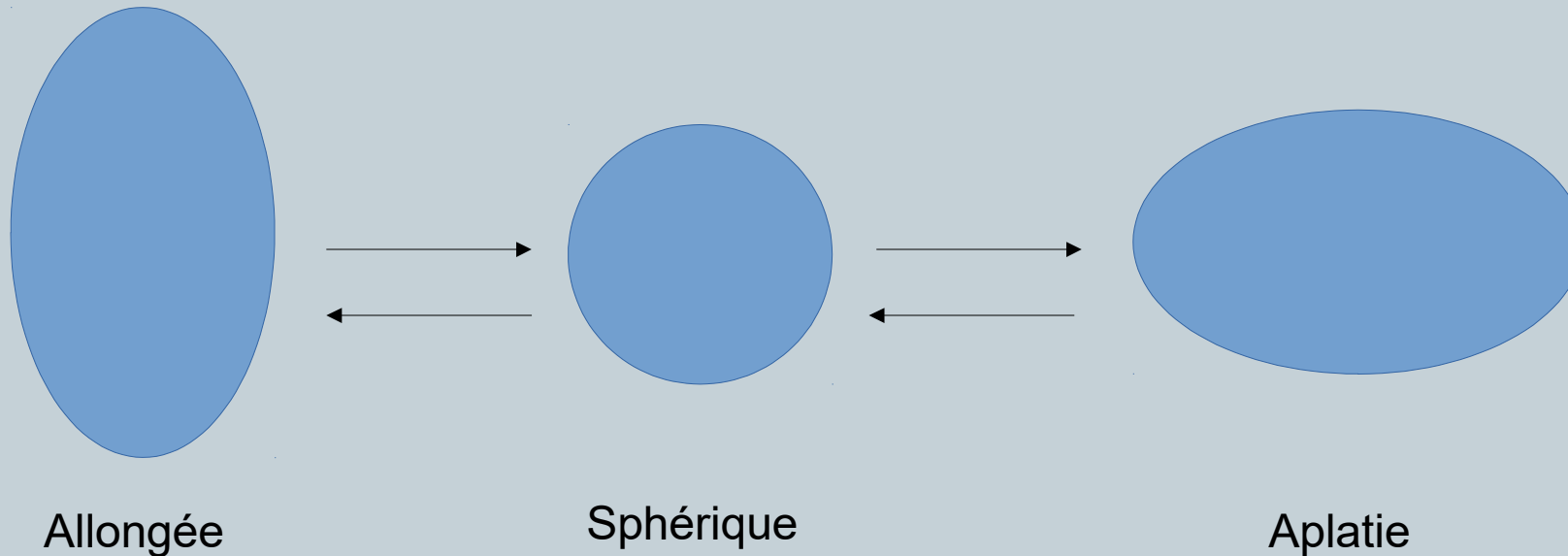
# Caractérisation d'une goutte dans le modèle de rupture

5

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

- La pulsation  $\omega_2$
- Le coefficient d'amortissement  $\beta_2$

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



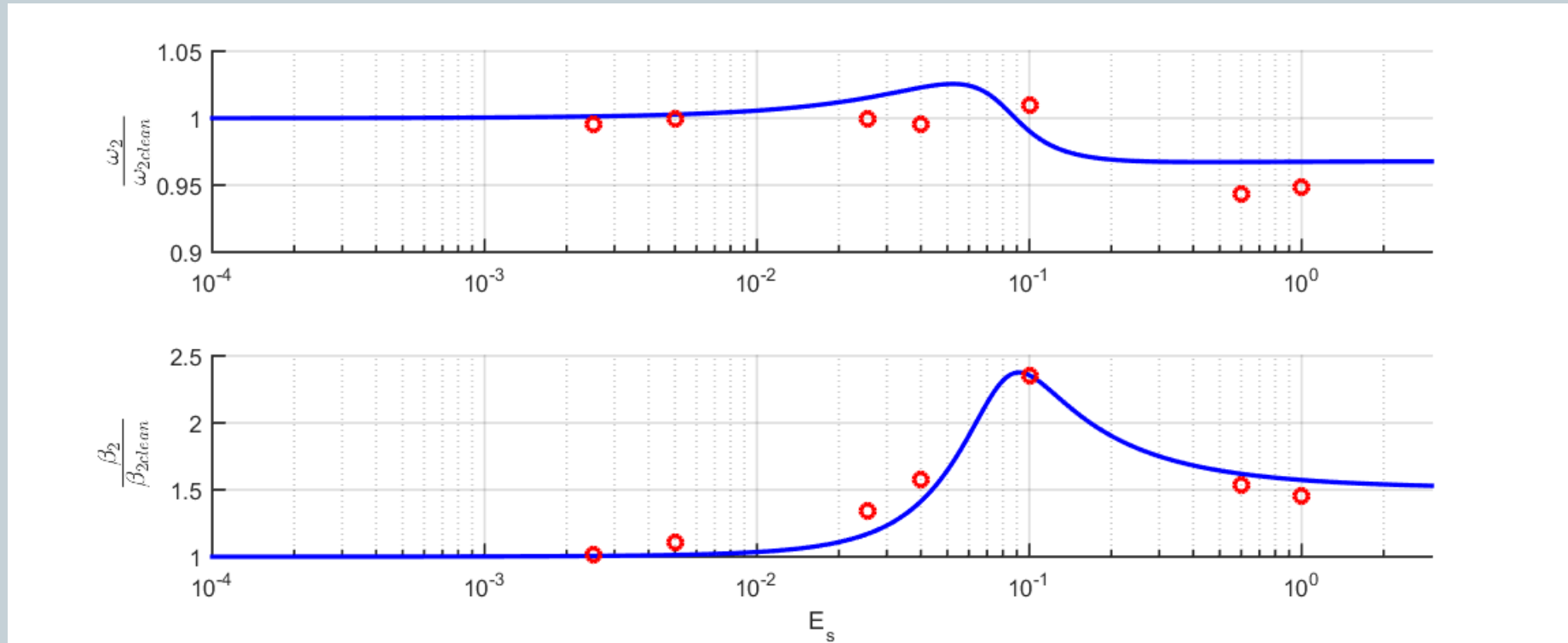
# Projet de la thèse

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  $\omega_2$  et  $\beta_2$
- Étudier le couplage entre les oscillations de forme et le mouvement d'ascension

# Simulations – Oscillations libres

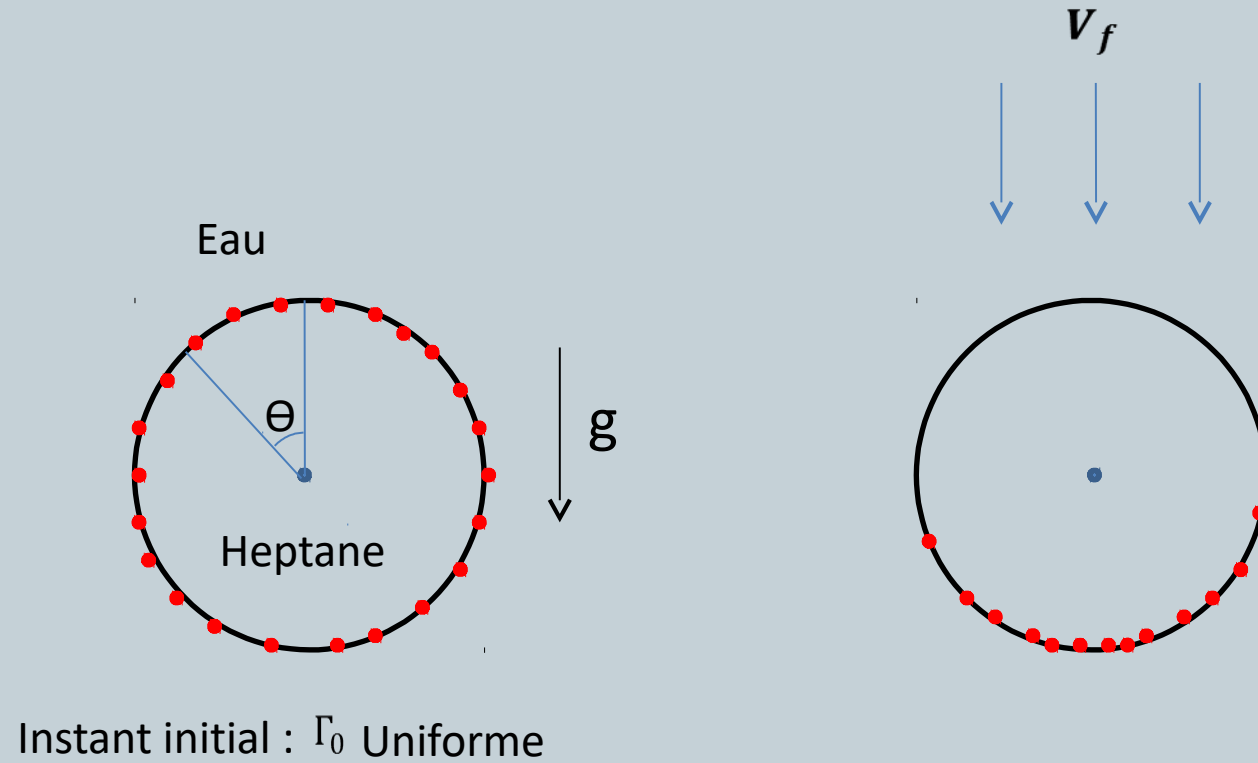
7



Le code arrive à capturer précisément les évolutions de  $\omega_2$  et  $\beta_2$  quand on augmente la quantité de tensioactifs.

# Simulations – Ascension

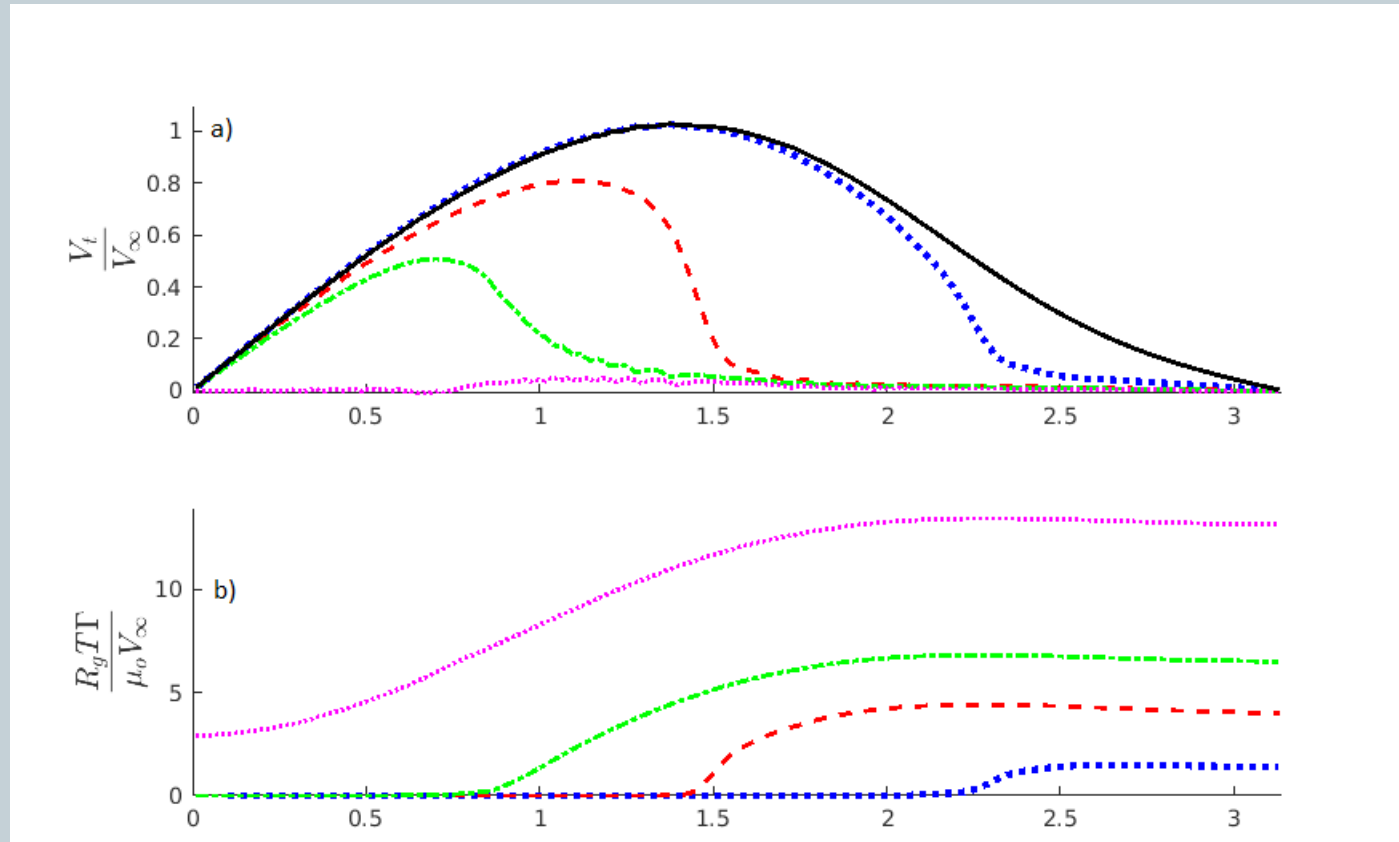
8





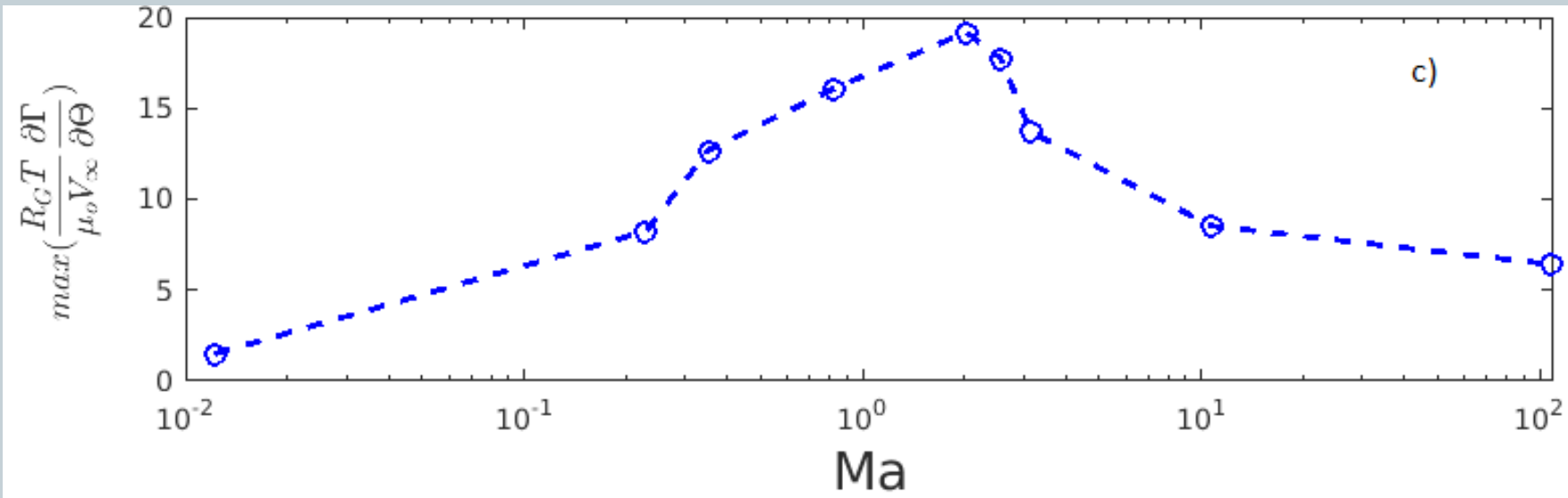
# Simulations – Ascension

9



# Simulations – Ascension

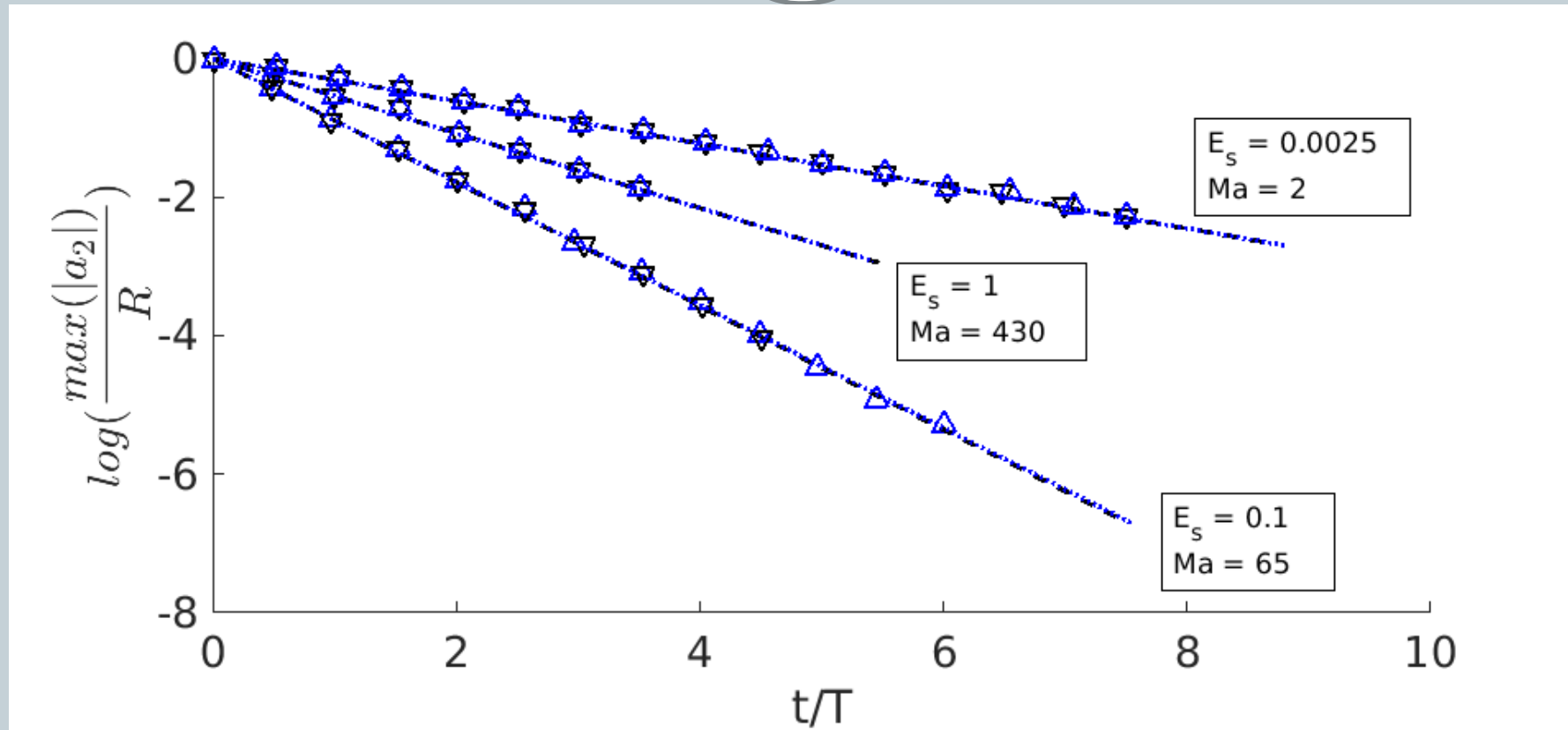
10



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.

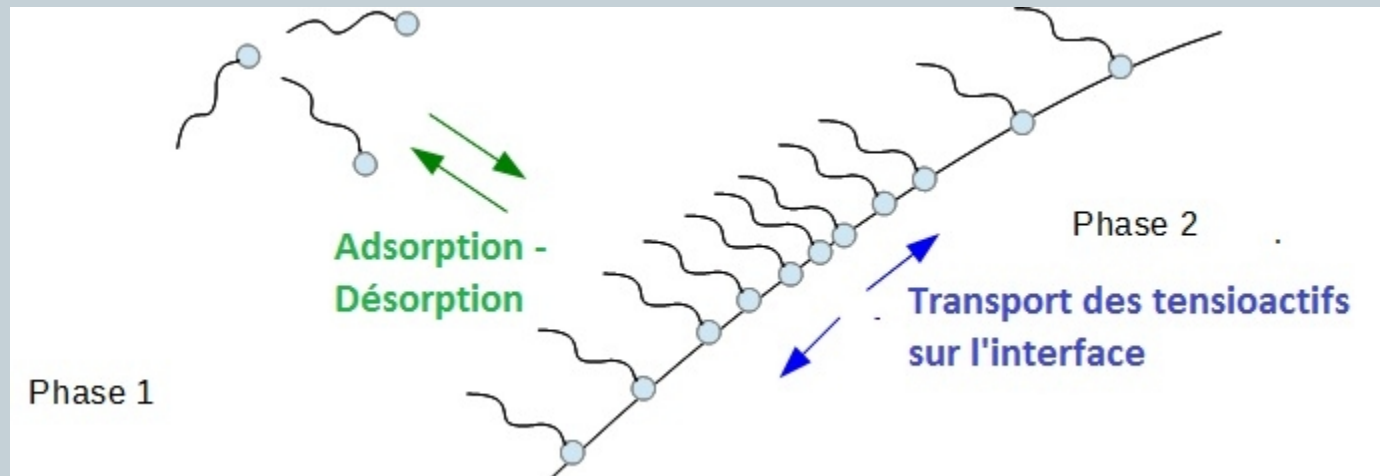
# Retour d'expérience des deux encadrants

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**