Description multi-échelle d'une instabilitée interfaciale

Fad Aboudou, Marie-Charlotte Renoult, Jorge César C Brändle de Motta, Christophe Dumouchel

▶ **To cite this version:**

Fad Aboudou, Marie-Charlotte Renoult, Jorge César C Brändle de Motta, Christophe Dumouchel. Description multi-échelle d'une instabilitée interfaciale. 24e Rencontre du Non Linéaire, Mar 2021, Paris, France. hal-03185987

HAL Id: hal-03185987
https://hal.science/hal-03185987v1

Submitted on 30 Mar 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

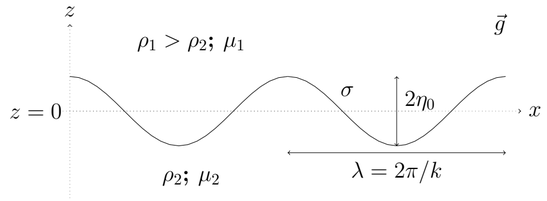
DESCRIPTION MULTI ECHELLE D'UNE INSTABILITE INTERFACIALE

Fad Aboudou, Marie-Charlotte Renoult, Jorge-César Brändle de Motta, Christophe Dumouchel

Normandie Univ, UNIROUEN, INSA Rouen, CNRS, CORIA, 76000 Rouen, France

1 Instabilité de Rayleigh Taylor (IRT)

Configuration étudiée : fluide dense positionné au dessus d'un fluide moins dense non miscible dans le champ de pesanteur



Condition d'instabilité [1] : perturbation de nombre d'onde k inférieur au nombre d'onde capillaire $k_c = \sqrt{\frac{g(\rho_1-\rho_2)}{\sigma}}$

Théorème de Π [2] : 8 paramètres physiques, 3 unités fondamentales ⇒ 5 nombres sans dimension

- $\Pi_1 = A_t = \frac{\rho_1-\rho_2}{\rho_1+\rho_2}$: nombre d'Atwood
- $\Pi_2 = Bo = \frac{k_c^2}{k^2}$: nombre de Bond
- $\Pi_3 = \eta_0 k$: amplitude initiale de la perturbation adimensionnée
- $\Pi_4 = \frac{\nu_1}{\nu_2}$ avec $\nu_i = \mu_i/\rho_i$: rapport de viscosité
- $\Pi_5 = Oh = \frac{\mu_1^2 k}{(\rho_1-\rho_2)\sigma}$: nombre d'Ohnesorge

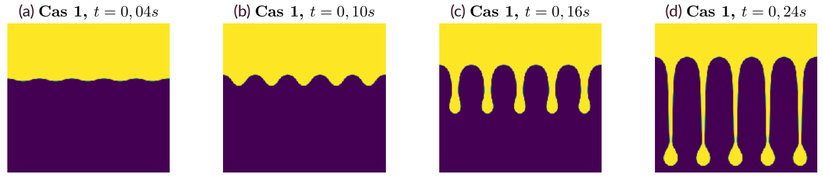
Théorie linéaire de stabilité [1] : prédiction du taux de croissance de la perturbation, α, pour un jeu de paramètres (At, Bo, Π_4, Oh) donné.

Expérience numérique avec le code ARCHER [3] : 2 cas examinés

Quantités	λ	At	Bo	Π_3	Π_4	Oh	α
Unités	m	-	-	-	-	-	$1/s$
Cas 1	$0,02$	$0,288$	$17,7$	$0,157$	$1,06$	$5,59\ \times 10^{-3}$	$27,2$
Cas 2	$0,02$	$0,997$	$1,38$	$0,157$	$0,0723$	$4,37\ \times 10^{-6}$	$28,9$

Images de l'évolution de l'interface

(a) **Cas 1,** $t = 0,04s$ (b) **Cas 1,** $t = 0,10s$ (c) **Cas 1,** $t = 0,16s$ (d) **Cas 1,** $t = 0,24s$

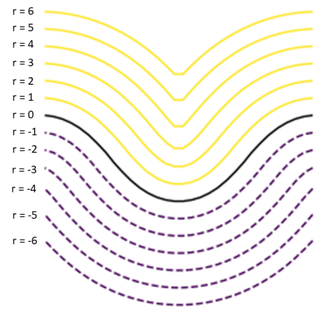


(e) **Cas 2,** $t = 0,0355s$ (f) **Cas 2,** $t = 0,0905s$ (g) **Cas 2,** $t = 0,1555s$ (h) **Cas 2,** $t = 0,2055s$

Observations sur la forme de l'interface

- **Forme sinusoïdale aux temps faibles, plus complexe aux temps longs.**
- **Forme des pointes (digitations du fluide 1) et des bulles (digitations du fluide 2) semblables dans le cas 1, distinctes dans le cas 2.**
- **Forme de champignons pour les bulles et les pointes dans le cas 1, de gouttes pendantes pour les pointes dans le cas 2.**

2 Analyse multi échelle (AME) [4]



Échelle r : distance à l'interface.

Convention : A l'interface, $r = 0$; dans le fluide 1, $r > 0$; dans le fluide 2, $r < 0$

Distribution d'échelle $e_2(r)$: longueur de l'iso-contour situé à l'échelle r

Échelles caractéristiques : échelles pour lesquelles on note un changement de comportement ⇒ fort gradient de distribution d'échelles

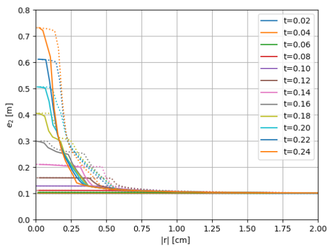
Échelles r^+ et r^- : échelles maximisant $\frac{de_2(r)}{dr}$

Observables : évolutions temporelles des distributions d'échelles $(e_2(r,t); e_2(0,t) - e_2(0,0))$ et des échelles caractéristiques $(r^-(t); r^+(t))$.

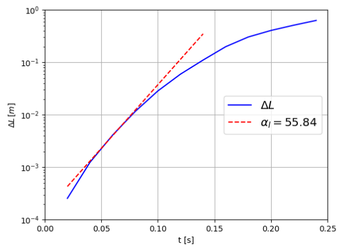
3 Objectif

Appliquer l'AME à l'IRT pour tester son intérêt à décrire l'évolution temporelle d'une instabilité interfaciale.

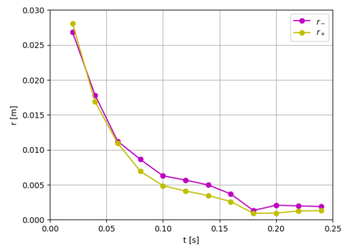
4 Résultats



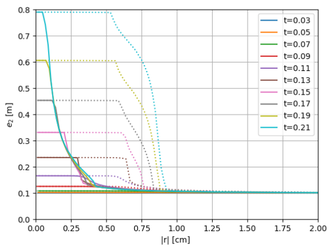
(a) **Cas 1,** $e_2(r,t)$



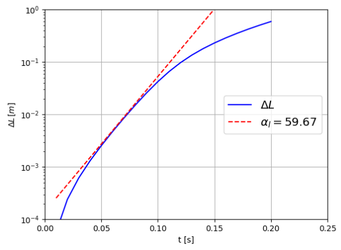
(b) **Cas 1,** $\Delta L = e_2(0,t) - e_2(0,0)$



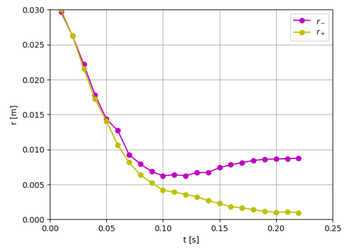
(c) **Cas 1,** $r^+(t); r^-(t)$



(d) **Cas 2,** $e_2(r,t)$



(e) **Cas 2,** $\Delta L = e_2(0,t) - e_2(0,0)$



(f) **Cas 2,** $r^+(t); r^-(t)$

5 Conclusions

- **Mesure du taux de croissance de l'instabilité par la mesure de l'évolution de l'interface.**
  Résultat retrouvé : $\alpha_l = 2\alpha$ dans le régime linéaire [5].
- **Mesure des premiers effets non linéaires par la mesure de l'asymétrie de la distribution d'échelles entre les deux fluides.**

6 Références

[1] S. Chandrasekhar.
Hydrodynamic and hydromagnetic stability.
Oxford University Press, 1961.

[2] E. Buckingham.
On physically similar systems; illustrations of the use of dimensional equations.
Phys. Rev., 4, 1914.

[3] La Team ARCHER.
https://hal.archives-ouvertes.fr/archer.

[4] C. Dumouchel.
Liquid atomization and spray: A multi-scale description.
Keynote Lecture – Fluids Engineering Summer Conference, 2017.

[5] M.-C. Renoult, P. Carles, S. Ferjani, and C. Rosenblatt.
2d rayleigh-taylor instability : Interfacial arclength vs. deformation amplitude.
Europhysics Letters, 101, 2013.