

**BORDEREAU DE THESE ELECTRONIQUE (THESE DE DOCTORAT)**

*FORM FOR ELECTRONIC THESIS (DOCTORAL THESIS)*

**A déposer 4 semaines avant soutenance au Bureau d'accueil des doctorants -**

*To be submitted three weeks before the defense to the doctoral information and registration office*

15 rue de l'École de médecine - 75006 Paris, Escalier G - 2<sup>ème</sup> étage

- **Visibilité des informations demandées** - *Visibility of requested information:*

Les informations demandées sur ce bordereau sont destinées, à l'exception de l'adresse du doctorant, au référencement de la thèse dans le catalogue collectif du Sudoc qui constitue officiellement le répertoire national des thèses françaises : <http://www.sudoc.abes.fr>.

Les informations contenues dans le catalogue Sudoc sont désormais en grande partie accessibles sur le web (notamment via le moteur de recherche des thèses de doctorat françaises : <http://www.theses.fr>). Cette visibilité est liée à la politique d'exposition des données menée par les bibliothèques : les moteurs de recherche peuvent désormais, grâce à l'identifiant pérenne attribué à chaque notice de document, plus systématiquement indexer, donc afficher, des informations qui n'étaient auparavant visibles que par une recherche effectuée dans un catalogue.

*Except for the Doctor's address, all information requested on this document is required to reference the thesis in the Sudoc catalog, which is the official French national catalogue for all doctoral theses produced in France: <http://www.sudoc.abes.fr>. Information listed in the Sudoc catalog is now largely available on the web (especially via the search engine for French doctoral theses: <http://www.theses.fr>). This visibility is linked to the data display policy developed by French university libraries: thanks to a permanent identification number assigned to each manuscript, search engines can now more systematically index, and therefore display, information. Before, manuscripts were only available in a specific catalog.*

- **Droit d'accès et de rectification** - *Right to access and Right to rectification*

Le Sudoc contient des informations relatives aux personnes physiques qui constituent un fichier d'informations nominatives soumises à un traitement informatisé.

La notice décrivant le doctorant est créée à des fins d'indexation afin de permettre aux lecteurs de retrouver les ouvrages ou articles de celui-ci en effectuant des recherches par nom d'auteur. Elle permet également aux professionnels des bibliothèques de signaler correctement les œuvres en les attribuant au bon auteur. Ce type de notice est dite d'autorité : elle a pour objectif de décrire de manière univoque le nom d'auteur dans le catalogue.

*The Sudoc contains data concerning individuals. Data are retained in digital form under the name of the concerned person. A notice describing the doctor is created for indexing purposes in order to allow readers to find the works and articles when searching by authors' names. It also allows university library professionals to properly index publications by assigning them to the correct author. This type of notice is called an authority record. It aims to unambiguously describe the author's name in the catalog.*

Le Sudoc a fait l'objet d'une déclaration à la CNIL en 2000. Chaque doctorant dispose donc d'un droit d'accès et de rectification prévu par la loi n° 78- 17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés concernant ses données personnelles.

*The Sudoc was subject to a declaration to the CNIL in 2000. Each doctoral student has thus a right to access and rectification (law No. 78- 17 of 6 January 1978 relating to data, files and freedoms concerning personal data).*

Ce droit d'accès et de rectification concerne les informations contenues aux pages 3 et 4 de ce formulaire et peut s'exercer auprès de l'Agence bibliographique de l'Enseignement supérieur :

- par courrier – *by regular mail*:  
Agence bibliographique de l'enseignement supérieur  
227 avenue du Professeur Jean-Louis Viala  
CS 84308  
34193 Montpellier cedex 5

Ou – *or on line*

- par le guichet d'assistance de l'ABES – *Assistance desk*: <https://stp.abes.fr/node/3?origine=thesesFr>,  
domaine « demande de rectification des données personnelles ». – *Domain: request for rectification of personal data*

- **Dépôt et diffusion de la thèse** : *Deposit and distribution of the thesis*

Le dépôt de la thèse est une obligation réglementaire tandis que la diffusion du texte intégral de la thèse n'est pas systématique.

*The deposit of the thesis is a regulatory requirement while the distribution of the full text of the thesis is not systematic.*

Les modalités de dépôt, de signalement, de reproduction, de diffusion et de conservation des thèses ou des travaux présentés en soutenance en vue du doctorat sont régies par l'arrêté du 25 mai 2016.

Voir : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032587086>

*Deposit, documentation, reproduction, distribution and preservation of a thesis or works defended to obtain the doctorate degree, are governed by the decree of 7 August 2006.*

En tant qu'œuvre de l'esprit, la thèse est également régie par le droit d'auteur. Voir le code de la propriété intellectuelle. : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGITEXT000006069414>

*As intellectual works, theses are also covered by copyrights. See the code of intellectual property*

Par défaut, les autorisations de diffusion sont renseignées par le doctorant dans ce bordereau lors de la procédure de dépôt. Certains établissements veillent également à ce qu'un contrat de diffusion soit signé entre les deux parties, afin de préciser les modalités d'exploitation et de diffusion du texte intégral de la thèse. Si le doctorant peut publier sa thèse chez un éditeur commercial, celui-ci ne pourra proposer de contrat d'exclusivité dans la mesure où il existe déjà un contrat de diffusion avec l'établissement de soutenance.

*By default, distribution authorizations are given by the doctoral candidate when filing the present form. Some institutions also request that a distribution contract is signed between the two parties, to clarify the conditions for exploitation and distribution of the full text of the thesis. Doctoral candidates may publish their theses with a commercial publisher, however they are not allowed to offer exclusivity to the extent that there is already a distribution contract with the university where the defense took place.*

**A REMPLIR PAR LE DOCTORANT**  
TO BE FILLED BY THE DOCTORAL CANDIDATE

**ECOLE DOCTORALE** - *Doctoral school* ED 391 SMAER

**NOM DE L'UNITE DE RECHERCHE DU DOCTORANT** - *Name of research unit:*

**d'Alembert UMR 7190**

**ADRESSE DU LABORATOIRE DE RATTACHEMENT DU DOCTORANT** - *Address of research unit:* **Campus Pierre et Marie Curie, 4 place Jussieu, Paris**

**ETABLISSEMENT DE COTUTELLE** - *Co-supervision university:*  
(seulement dans le cas d'une cotutelle **internationale** - *only in case of international co-supervision agreement*)

**VILLE** - *Town:*

**PAYS** - *Country:*

**AUTEUR** - *Author*

**MONSIEUR** - *Mr* **MR.**

**MADAME** - *Ms*

**NOM DE NAISSANCE** - *Birth name*

**PRÉNOM(S)** - *First name* **SAGAR**

**NOM D'USAGE** - *Family name* **PAL**

**NOM FIGURANT SUR LA PUBLICATION, SI DIFFÉRENT DES DEUX PRÉCÉDENTS** - *Name on the publication, if different from the previous two*

**DATE DE NAISSANCE (JJMMAAAA)** - *DATE OF BIRTH (DDMMYYYY)* **22/04/1993**

**NATIONALITÉ** - *Nationality* **INDIENNE**

**ADRESSE** - *Address*

**N° ET RUE** - *No. and street* 21 BOULEVARD JOURDAN

**CODE POSTAL** - *Zip code* 75014

**PAYS** - *Country* FRANCE

**VILLE** - *City* PARIS

**EMAIL** - **SAGAR2204PAL@GMAIL.COM**

**TÉLÉPHONE** - *Phone number* **0656708021**

**DATE DE SOUTENANCE** - *Date of defense* : **ANNÉE** - *Year* **(AAAA)(YYYY) 2020** **MOIS** - *Month* **(MM)**  
**(MM) 09** **JOUR** - *Day* **(JJ)(DD) 29**

**DIRECTEUR DE THÈSE** - *Supervisor* :

**NOM, PRÉNOM** - *Last and first names* **ZALESKI STEPHANE**

**CO-DIRECTEUR DE THÈSE** - *Co-supervisor:*

**NOM, PRÉNOM** - *Last and first names* **FUSTER DANIEL**

**!!! AUCUN TEXTE MANUSCRIT N'EST ADMIS: DACTYLOGRAPHIER OU COPIER-COLLER VOTRE TEXTE**

HANDWRITTEN TEXT IS NOT ALLOWED: TYPE OR COPY-AND-PASTE YOUR TEXT

Chaque cadre doit contenir un résumé de **1400 caractères** maximum, espaces compris. En cas de dépassement, la coupure sera automatique.

Each box must contain a summary of maximum **1400 characters**, spaces included. Exceeding text will be cut automatically.

**DISCIPLINE DE LA THÈSE** - Discipline of thesis

**Mecanique**

**TITRE DE LA THÈSE** (tel qu'il figure sur la page de titre) - Title of thesis (as indicated on the title page):

Transcrire en toutes lettres les symboles spéciaux - Transcribe special symbols in full letters

**Investigation of complex liquid-gas interfacial flows : A numerical study using advanced Volume-of-Fluid methods**

**TITRE DE LA THÈSE TRADUIT-** Title translated (anglais ou français selon la langue de la page de titre) :  
(English or French depending on the title page)

Transcrire en toutes lettres les symboles spéciaux - Transcribe special symbols in full letters

**Etude des écoulements complexes avec interface liquide-gaz: sur une méthode numérique incorporant des schémas avancés de type Volume de Fluide.**

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE EN FRANÇAIS - THESIS SUMMARY IN FRENCH

La dynamique des fluides à l'interface liquide-gaz joue un rôle critique dans plusieurs phénomènes naturels ainsi que dans une myriade d'applications industrielles. On peut trouver, au sein de systèmes dominés par la tension de surface tels que les gouttes ou les bulles, les mécanismes fondamentaux régissant entre autre les transferts de chaleur et de masse à l'interface océan-atmosphère, les propriétés de mélange dans le contexte des processus métallurgiques, les modes conventionnels de transfert de chaleur, ou encore la transmission d'agents pathogènes. L'une des caractéristiques les plus fascinantes de ces écoulements multiphasiques est le processus d'atomisation, au cours duquel un volume de liquide se scinde en fragments de plus en plus petits. Ce processus intervient via une série de changements topologiques de complexité variable, aboutissant à l'apparition de gouttes de différentes tailles. Ce mécanisme est systématiquement présent dans une large gamme d'applications, allant des procédés de combustion à l'irrigation agricole. Ce manuscrit présente des études numériques réalisées à l'aide de reconstruction géométrique avancée basée sur les méthodes de « Volume-of-Fluid ». Deux aspects différents des flux aux interfaces liquide-gaz avec fort contraste de densité sont abordés. La première partie cherche à comprendre, et éventuellement à supprimer, certains types d'instabilités qui affectent les modèles numériques standards en raison de la croissance en cascade des erreurs de discrétisation, qui sont endémiques à toute résolution numérique faible ou modérée. Enfin, la deuxième partie de l'étude est consacrée à une description statistique des tailles de gouttes, lorsque ces dernières sont produites dans de grands ensembles statistiques de simulations numériques directes de la rupture capillaire des ligaments liquides perturbés par des corrugations aléatoires.

## RÉSUMÉ DE LA THÈSE EN ANGLAIS - THESIS SUMMARY IN ENGLISH

The dynamics of liquid-gas interfacial flows play a critical role in several processes in nature, as well as in myriad industrial applications. Key elements of surface tension dominated flows such as droplets and bubbles constitute the fundamental mechanisms governing the exchange of heat and mass at the ocean-atmosphere interface, mixing/separation in the context of metallurgical processes, conventional modes of heat transfer and ever so importantly, the transmission of pathogens. One of the most fascinating features of multiphase flows is the process of atomization, in which a liquid volume breaks into smaller fragments via a series of topological changes of varying complexity, ultimately resulting in the emergence of drops of various sizes. Such processes are ubiquitous in a diverse range of applications spanning from combustion related processes to agricultural irrigation. The present body of work is composed of numerical investigations pertaining to two different aspects of liquid-gas interfacial flows involving marked density contrasts, carried out with the aid of advanced geometrical reconstruction based Volume-of-Fluid methods. The first aspect involves understanding and eventually suppressing certain types of instabilities that plague standard numerical models due to the cascading growth of discretization errors that are rampant at low to moderate numerical resolution. Finally, the second aspect of the investigation deals with a statistical description of drop sizes, where the drops are generated by carrying out large ensembles of well resolved direct numerical simulations of the capillary-induced breakup of randomly corrugated ligaments.

## PROPOSITION DE MOTS-CLÉS (en français) PROPOSED KEYWORDS (IN FRENCH):

<b>1 simulations numériques directes</b>	<b>5 description statistique des tailles de gouttes</b>
<b>2 Volume de Fluide</b>	<b>6</b>
<b>3 fort contraste de densité</b>	<b>7</b>
<b>4 schémas numériques consistants en masse et quantité de mouvement</b>	<b>8</b>

**PROPOSITION DE MOTS-CLÉS (en anglais) :** [PROPOSED KEYWORDS](#) (IN ENGLISH):

- 1 direct numerical simulations**
- 2 Volume-of-Fluid**
- 3 large density contrasts**

## AUTORISATION ET CHOIX DE DIFFUSION

AUTHORIZATION FOR DISTRIBUTION

**Préciser obligatoirement :** *Must be specified;*

☒ **J'autorise l'établissement à diffuser ma thèse complète directement sur internet -**

I authorize the university to distribute my complete thesis directly on Internet

**Attention :** ma thèse doit être respectueuse des droits d'auteur (cf. article 7 de la Charte de dépôt)

**Warning:** My thesis shall be respectful of copyright (see Section 7 of the Charter of Deposit)

☐ **J'autorise l'établissement à diffuser ma thèse complète sur internet après une période d'embargo :**

I authorize the university to distribute my complete thesis directly on Internet after an embargo period

☐ **6 mois** (6 months) ☐ **1 an** (1 year) ☐ **2 ans** (2 years)

☐ **Je n'autorise pas l'établissement à diffuser ma thèse complète sur internet, je joins une version expurgée. Attention :** je dois aussi joindre une version complète de la thèse pour son archivage au CINES et sa diffusion sur l'intranet de Sorbonne Université. Si je coche cette case, la communauté scientifique n'aura jamais accès sur internet à la version intégrale de mon travail, mais une version complète sera obligatoirement accessible sur l'intranet de Sorbonne Université, conformément à la loi.

**I do not authorize the university to distribute my thesis in its entirety on the Internet; I have attached an edited or partial version. Warning:** I shall also attach a full version of the thesis for archiving at the CINES and for distribution on the intranet of Sorbonne Université. If I check this box, the scientific Community shall never have access to the full version of my work on the Internet, but a full version shall be available on the intranet of Sorbonne Université, according to law.

☐ **NON, Je n'autorise pas la diffusion du texte intégral de ma thèse sur internet. Ma thèse sera uniquement accessible sur l'intranet de Sorbonne Université, conformément à la loi.**

**Attention :** je dois aussi joindre une version complète de la thèse pour son archivage au CINES

**NO, I do not authorize the distribution of the full text of my thesis on the Internet. My thesis shall be accessible only on the Intranet of Sorbonne Université, according to law.**

**Warning:** I have also attached a full version of the thesis for archiving at the CINES

**DATE ET SIGNATURE DE L'AUTEUR**

**Date and signature of author**

**À REMPLIR PAR LE SERVICE DE DOCTORAT**  
*TO BE FILLED OUT BY THE DOCTORAL SERVICE*

**ÉTABLISSEMENT** UNIVERSITE SORBONNE UNIVERSITE

**CONFIDENTIALITÉ PRONONCÉE PAR LE PRÉSIDENT DE L'ÉTABLISSEMENT**

*Le président de l'établissement peut prononcer la confidentialité de tout ou partie des informations contenues dans la thèse.*

**CONFIDENTIALITY GRANTED BY THE PRESIDENT OF THE ESTABLISHMENT**

*The president of the establishment can grant confidentiality to all or part of the information contained in the thesis.*

☐

**NON**

☐

**OUI : thèse confidentielle** *Yes : thesis confidentiality* **JUSQU'EN (préciser obligatoirement)**  
**Including (specification required)**

**CORRECTIONS : une possibilité uniquement**

**CORRECTIONS:** *only possible once*

☐

**Pas de corrections demandées par le jury** *No corrections requested by the jury*

☐

**Thèse corrigée dans le délai de 3 mois après la soutenance** *Thesis to be corrected within three months following the defence*

**APRÈS VÉRIFICATION, DATE et CACHET DU SERVICE DE DOCTORAT**

*After verification, to be dated and stamped by the Doctoral Service*

Sorbonne Université  
Bureau d'accueil, inscription des doctorants  
Esc G, 2<sup>ème</sup> étage  
15 rue de l'École de médecine  
75270 PARIS CEDEX 06

Tél. pour les doctorants de A à EL : 01 44 27 28 07  
Tél. pour les doctorants de EM à MON : 01 44 27 28 05  
Tél. pour les doctorants de MOO à Z : 01 44 27 28 02  
E-mail : [scolarite.doctorat@sorbonne-universite.fr](mailto:scolarite.doctorat@sorbonne-universite.fr)