

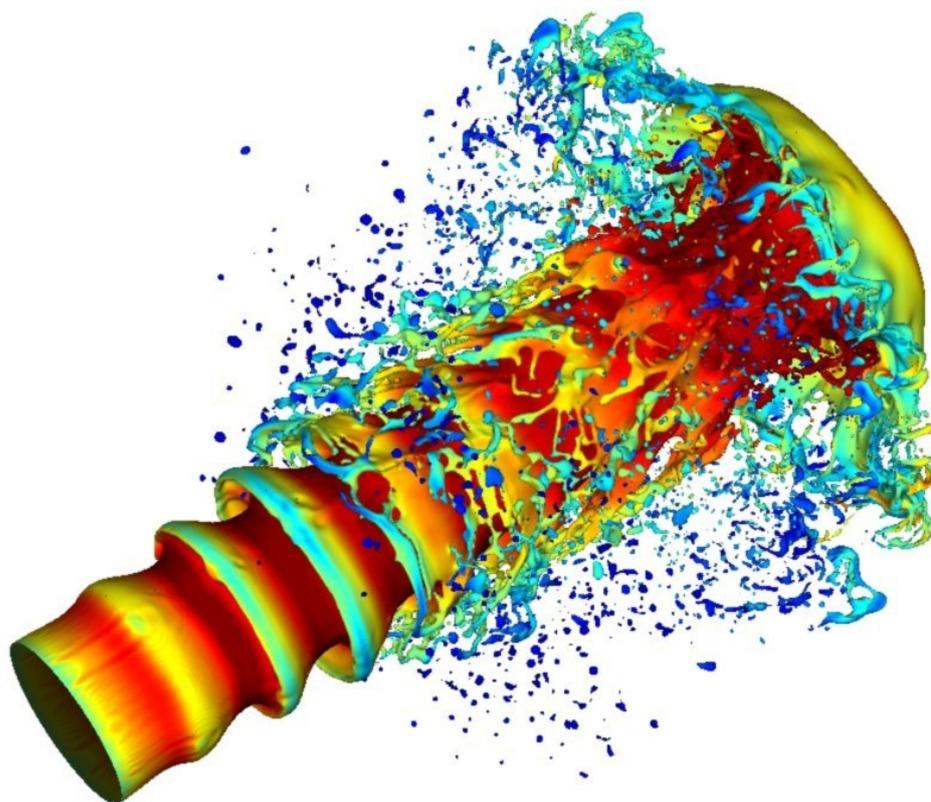
Institut Jean Le Rond D'Alembert
Rapport de stage



Maître de stage : Stéphane Zaleski

L'atomisation dans les jets d'injecteurs Diesel

Alexandre GORDIEN



Paris, le 16 septembre 2009

Remerciements

Je remercie Monsieur Stéphane Zaleski, Directeur de l'Institut Jean Le Rond d'Alembert et maître de stage.

Je remercie Anne, Franciszka, Gilles, Pascal, Sébastien et Tarik de leur accueil et leurs nombreux conseils.

Je remercie le délégué régional adjoint CNRS Paris B qui a accepté de signer la convention de stage.

Je remercie également Monsieur le Directeur du Lycée Teilhard de Chardin, Pierre PELLÉ, pour la confiance qu'il a bien voulu m'accorder en me délivrant des conventions de stage chaque fois que cela s'est avéré nécessaire.

Table des matières

1	Les outils	6
1.1	Matériel	6
1.2	Linux	6
1.2.1	Qu'est-ce que Linux?	6
1.2.2	Avantages de Linux	7
1.2.3	Pourquoi Linux?	7
1.3	Gerris	8
1.4	The Gimp	8
2	Conception	10
3	Conclusion	17

Table des figures

2.1	Jet 3D monochrome	10
2.2	Jet 2D coloration suivant la direction	11
2.3	Jet 3D coloration suivant la direction	11
2.4	Jet 2D coloration suivant la vitesse	12
2.5	Jet 3D coloration suivant la vitesse	12
2.6	Jet 3D coloration suivant la vitesse avec anti-aliasing et flou Gaussien	13
2.7	Jet 3D blanc	14
2.8	Aspect liquide	15
2.9	Rendu final	16

Introduction

L'Institut Jean le Rond d'Alembert de l' Université Pierre et Marie Curie constitue le laboratoire de recherche en mécanique, acoustique et énergétique le plus important d'Ile-de-France par sa taille et le large éventail de ses thématiques. C'est une Unité Mixte de Recherche CNRS (UMR7190) également soutenue par le Ministère de la Culture. Il rassemble près de deux cents personnes, dont une centaine de permanents, environ soixante doctorants et une vingtaine de personnels temporaires, post-docs ou autres.

L'Institut est en pointe de la recherche internationale sur des thématiques fondamentales et appliquées : aérodynamique, mécanique des structures et des matériaux, hydrodynamique, ondes non-linéaires, acoustique, turbulence, mécanique de la rupture, biomécanique fluide et solide, milieux granulaires, turbomachines, optimisation de structures, combustion, instabilités, écoulements multiphasiques. Il combine études théoriques, numériques et expérimentales, ainsi que sciences de la nature et sciences de l'Homme. Ses interactions avec les grands organismes et les grandes entreprises à caractère industriel sont foisonnantes comme en témoigne la dizaine de thèses CIFRE en cours. Outre les partenariats avec les entreprises, l'Institut est engagé dans une recherche motivée par le service qu'elle rend à d'autres sphères sociales comme par exemple l'étude de la production musicale ou des nuisances sonores. L'Institut est structuré en cinq équipes :

- Fluides Complexes et Instabilités Hydrodynamiques (FCIH)
- Fluides Réactifs et Turbulence (FRT)
- Lutherie - Acoustique - Musique (LAM)
- Mécanique et Ingénierie des Solides Et des Structures (MISES)
- Modélisation, Propagation et Imagerie Acoustique (MPIA)

L'équipe FCIH étudie l'atomisation dans les jets d'injecteurs Diesel. L'atomisation est la pulvérisation en fines gouttelettes ou en particules extrêmement petites. L'objectif final de ces quinze jours de stage était la production d'une image présentant l'ensemble du travail de l'équipe.

Chapitre 1

Les outils

1.1 Matériel

J'ai pu disposer durant ce stage d'une machine puissante dotée de quatre processeurs, 16 Go (gigaoctets) de RAM et trois disques durs de 320 Go chacun. Cette configuration est un minimum pour utiliser des logiciels faisant énormément de calculs comme Gerris (cf section 1.3).

1.2 Linux

1.2.1 Qu'est-ce que Linux ?



Linux est un système d'exploitation de type UNIX, multi-tâches et multi-utilisateurs, compatible avec un très grand nombre de processeurs, ouvert sur les réseaux et les autres systèmes d'exploitation.

La principale singularité de Linux est d'être un logiciel libre, développé de façon collaborative et pour une grande part bénévole par des milliers de programmeurs répartis dans le monde.

Ce modèle de développement joue un grand rôle dans la qualité du résultat obtenu, qui est considéré par des analystes indépendants comme très supérieurs à des systèmes commerciaux similaires, par exemple Windows.

1.2.2 Avantages de Linux

Linux est un système :

- **Puissant.** Il permet de faire faire beaucoup de choses à sa machine.
- **Efficace.** Contrairement à des systèmes beaucoup plus répandus, il n'utilise pour ses besoins propres que très peu de ressources. Les logiciels que vous utilisez pour votre travail disposent donc de beaucoup plus de puissance pour fonctionner.
- **Fiable.** Une machine sous Linux peut fonctionner 24h/24 sans aucun problème à la condition d'avoir le matériel adapté, en particulier au niveau thermique.
- **Robuste.** Une erreur d'un utilisateur ou un "plantage" éventuel d'une application n'affecte pas le reste du système. D'autre part, il est exceptionnel de devoir l'arrêter : la quasi-totalité des opérations de configuration, mise au point, etc, ne nécessite pas l'arrêt du système.
- **Gratuit.** Linux est gratuit s'il est téléchargé via Internet (hors coût télécommunications) ou s'il est recopié depuis un CD-ROM prêté par un ami. Contrairement aux logiciels commerciaux, c'est légal et même recommandé.
- Enfin, Linux est conforme à la norme POSIX et aux standards du marché, en particulier de l'Internet. Cela signifie qu'un logiciel conçu pour un autre système de la même famille (Solaris de SUN, Digital Unix, AIX d'IBM, SCO Unix...) peut être rapidement porté sous Linux et vice-versa, ce qui assure une protection de l'investissement logiciel en cas d'obligation de changement de système.

Comme démontré, Linux est un système exceptionnel donnant satisfaction aussi bien sur des machines anciennes ou bas de gamme que sur des machines puissantes très sollicitées ou devant remplir des fonctions importantes.

1.2.3 Pourquoi Linux ?

Les logiciels utilisés par l'Institut fonctionnent sous Linux : Ubuntu et Debian dans le cas des machines que j'ai utilisées.

1.3 Gerris



Gerris est un logiciel libre qui permet de simuler des fluides. Le code source est disponible gratuitement sous la licence libre GPL Software. Gerris est soutenu par NIWA (National Institute of Water and Atmospheric Research).

J'ai utilisé des codes créés par l'équipe pour simuler l'atomisation du jet de carburant. Malgré la puissance de l'ordinateur, il a fallu près de 168 heures de calculs pour obtenir toutes les étapes de la simulation jusqu'à l'image que j'ai utilisée.

1.4 The Gimp



GIMP, pour GNU Image Manipulation Program, littéralement « programme GNU de manipulation d'images », est un logiciel libre de traitement d'images matricielles (dessin, retouche, animation, etc.). Il est souvent considéré comme une alternative libre au logiciel Adobe Photoshop.

GIMP est un logiciel libre et gratuit. Ses fonctionnalités en font un produit professionnel couramment utilisé. Le format dédié de GIMP est le format XCF et permet de conserver les calques, canaux, et autres paramètres propres à une image éditée avec GIMP (l'équivalent du format Psd sous Adobe Photoshop). Une des grandes forces de GIMP est sa capacité de « scriptage ». Il est interfacé

avec de nombreux langages de programmation, en particulier Guile Scheme et Perl (et Python dans sa version 2.0). Cela permet d'automatiser des traitements répétitifs et d'écrire des modules d'extension. Il existe un greffon spécialisé dans l'animation appelé GAP (GIMP Animation Package), permettant l'import et l'export dans différents formats vidéos, de déplacer, tourner et agrandir des objets sur différentes couches, et d'y ajouter du son.

GIMP m'a servi pour travailler les images monochromes à la fin du projet.

Chapitre 2

Conception

Au premier contact avec le logiciel Gerris, j'ai pu obtenir un jet en trois dimensions, monochrome. Celui-ci possède plusieurs défauts : on peut voir les artefacts de calcul sur la tête du champignon, l'image est extrêmement pixelisée et l'orientation est mal choisie.



FIG. 2.1: Jet 3D monochrome

Le logiciel Gerris permet de colorer l'objet suivant la valeur de variables choisies telles que la vitesse, la pression, la vorticité... Par exemple, voici une coloration en deux dimensions suivant la direction des particules :

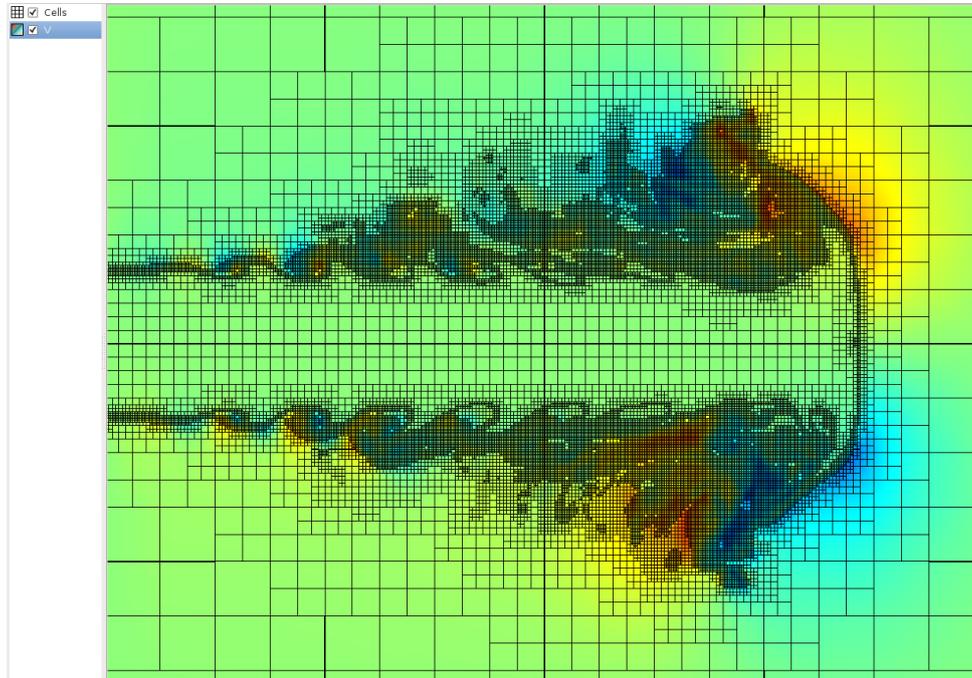


FIG. 2.2: Jet 2D coloration suivant la direction

La même coloration, en trois dimensions :

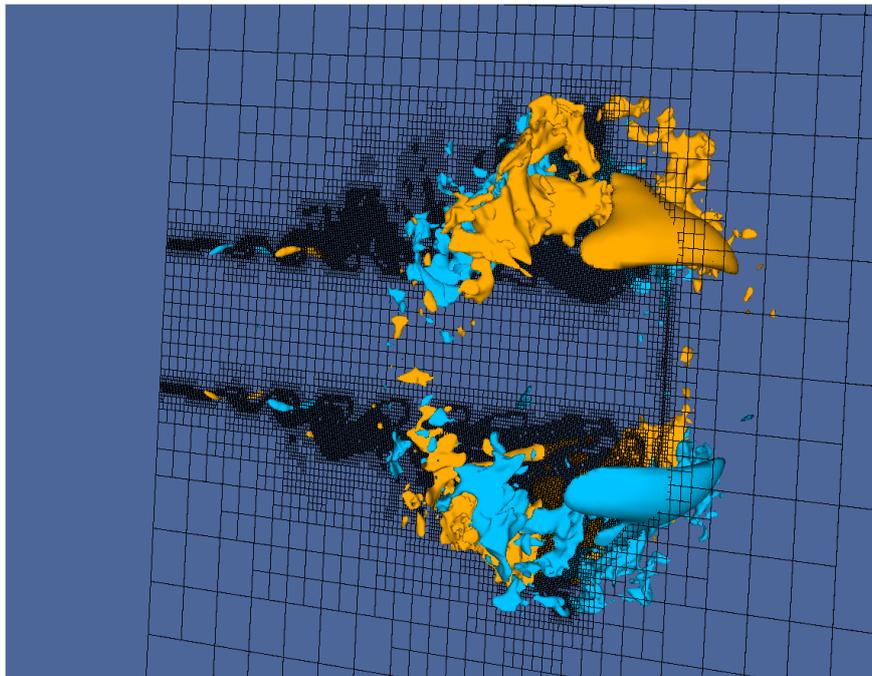


FIG. 2.3: Jet 3D coloration suivant la direction

Finalement, j'ai choisi la coloration suivant la vitesse :

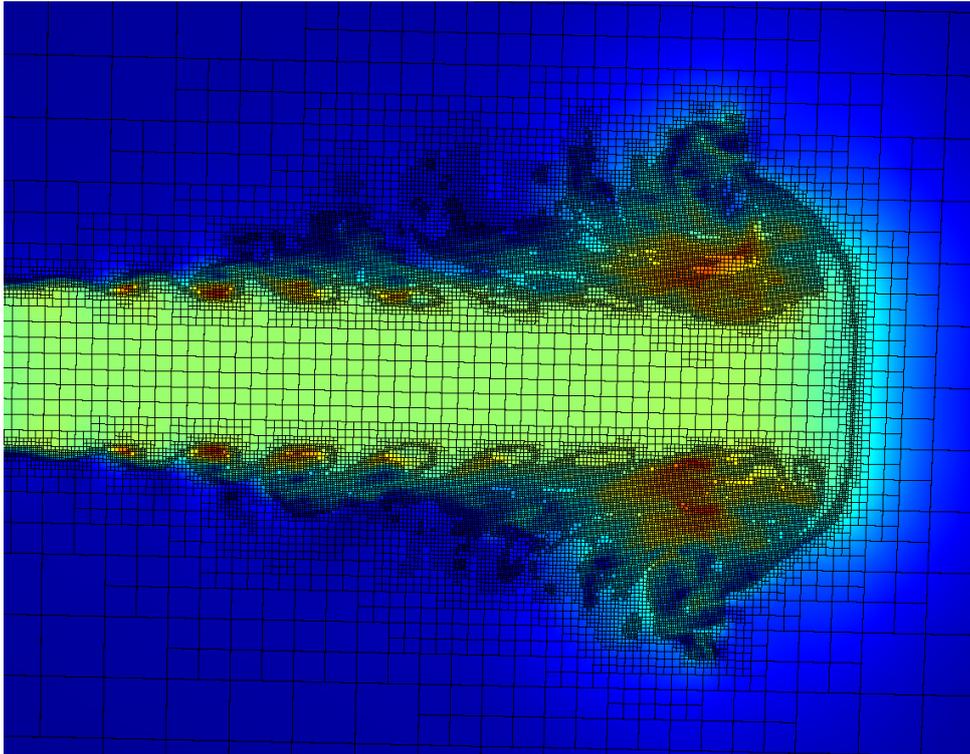


FIG. 2.4: Jet 2D coloration suivant la vitesse

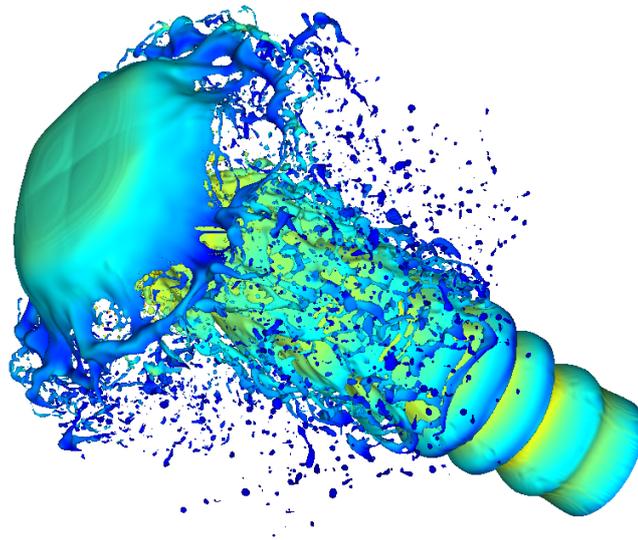


FIG. 2.5: Jet 3D coloration suivant la vitesse

En élargissant l'intervalle des variables pour la coloration, on peut mettre en valeur des zones qui ne l'étaient pas. Pour obtenir une image lisse, j'ai appliqué un anti-aliasing et un léger flou Gaussien à l'image.

L'anti-aliasing est une technique graphique qui permet d'éliminer les effets d'escaliers dans les images matricielles. On parle aussi de Dithering. Le flou Gaussien est une méthode qui permet de réduire le bruit d'une image.

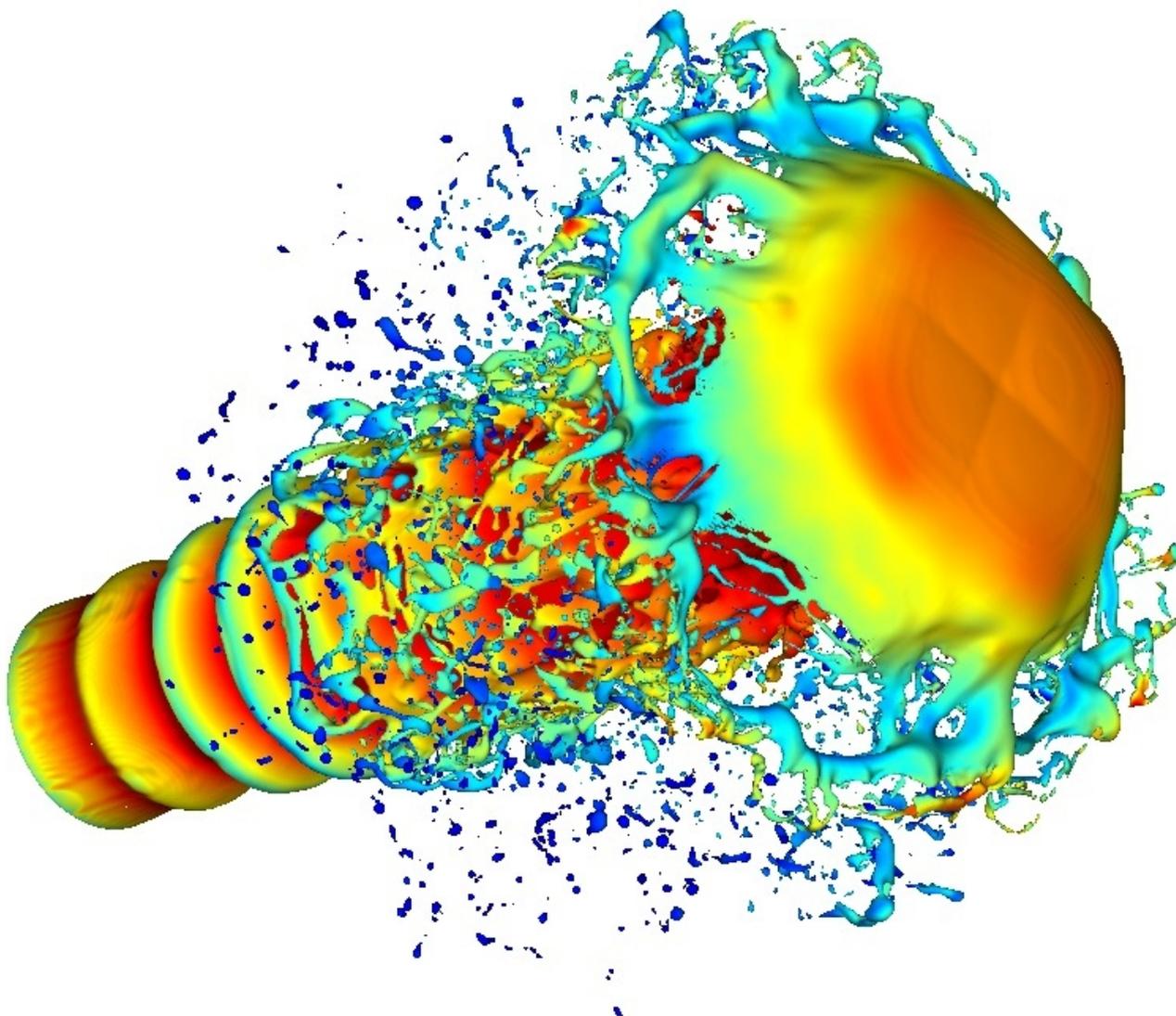


FIG. 2.6: Jet 3D coloration suivant la vitesse avec anti-aliasing et flou Gaussien

Le monochrome permet d'obtenir plus facilement aspect liquide et brillant. L'image de base est une capture d'écran du jet non colorisé.

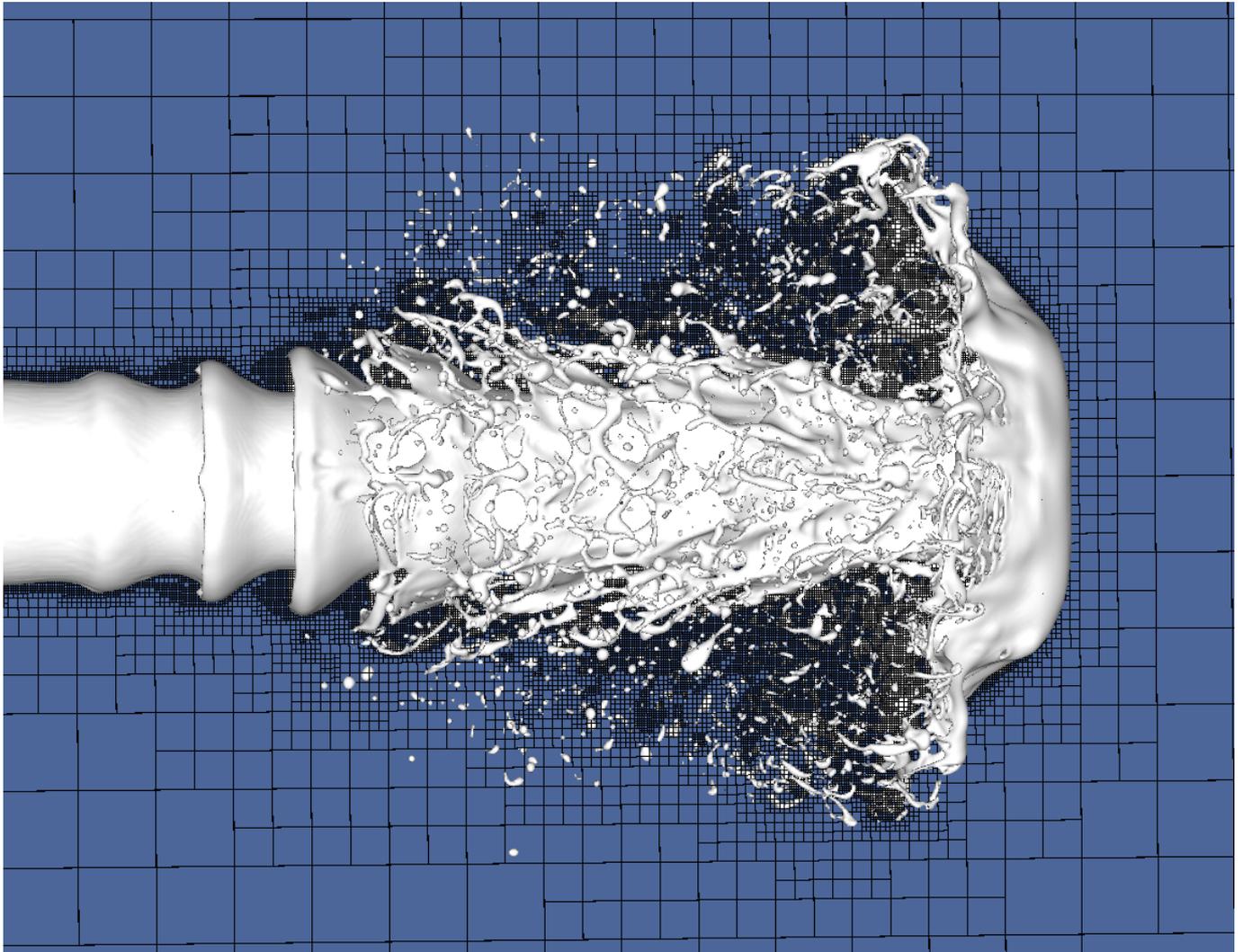


FIG. 2.7: Jet 3D blanc

J'ai sélectionné une à une les zones de même couleur et les ai placées sur des calques superposés. Ensuite, j'ai appliqué à chacune d'elles un filtre orange dont l'épaisseur variait en fonction du calque et de sa position. Après avoir fusionné les calques, j'ai augmenté le contraste de l'image et ajouté une source de lumière.

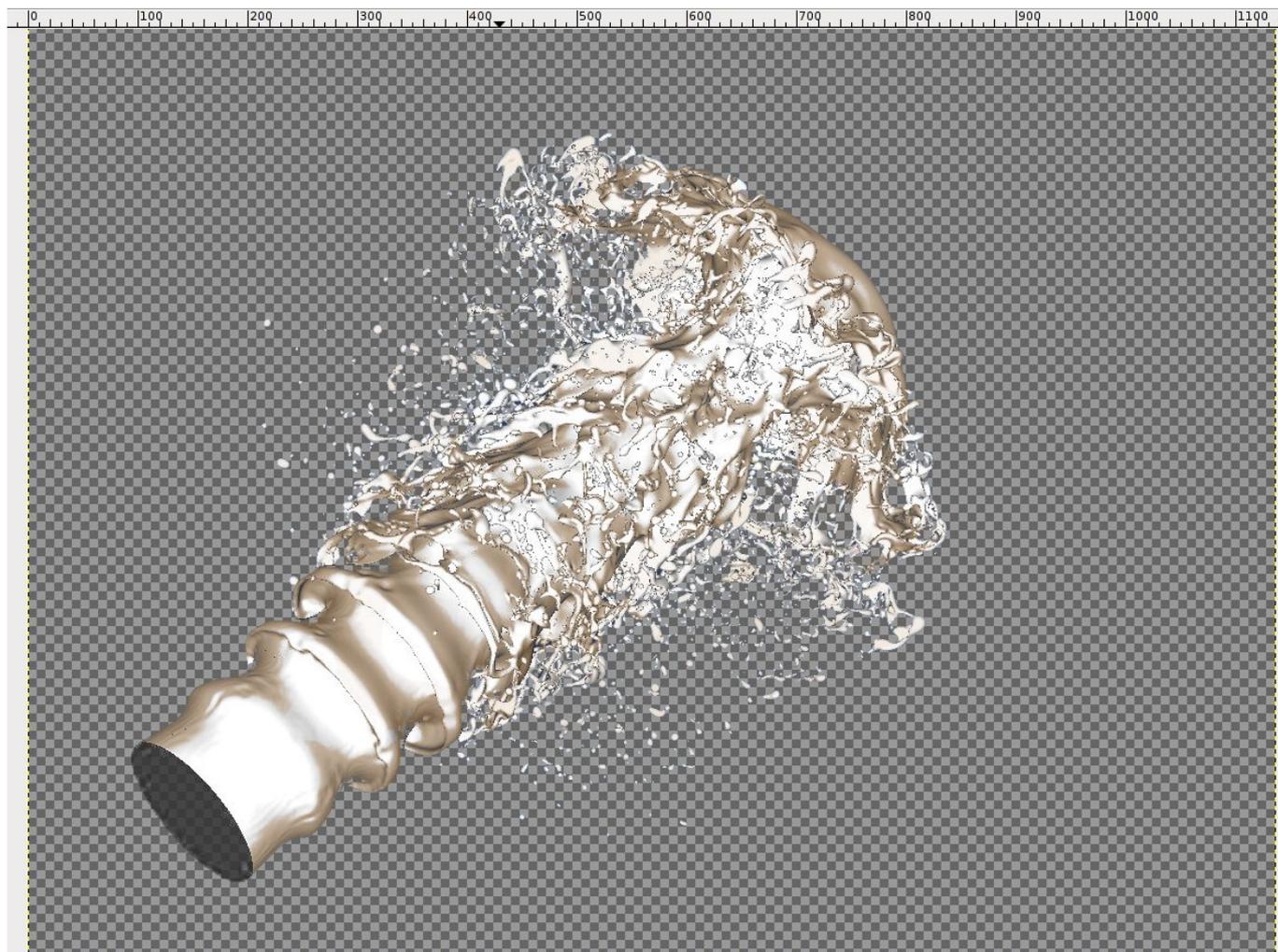


FIG. 2.8: Aspect liquide

Pour l'image finale, j'ai appliqué un anti-aliasing et un flou Gaussien puis placé un fond noir pour faire ressortir le jet et conserver l'effet 3D.



FIG. 2.9: Rendu final

Chapitre 3

Conclusion

Ces deux semaines à l'Institut Jean le Rond D'Alembert m'ont permis de découvrir le domaine de la recherche en mécanique des fluides. J'ai pu me familiariser avec les logiciels de simulation de fluides et élargir mes connaissances sur Linux.

Mon travail sera probablement exposé en couverture du livre en cours de rédaction de Stéphane Zaleski, Grétar Tryggvason et Ruben Scarvodelli : Direct Numerical Simulations of Gas-Liquid Multiphase Flows.

Sources d'information

Site web de l'Institut Jean Le Rond D'Alembert :

<http://www.dalembert.upmc.fr/ijlrda/>

Page de Stephane Zaleski :

<http://www.lmm.jussieu.fr/~zaleski/zaleski.html>

Systeme :

<http://en.wikipedia.org/wiki/Linux>

Logiciels :

Gerris : http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page

GIMP : <http://www.gimp.org/>

Ce rapport a été rédigé en L^AT_EX.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/LaTeX>