

UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
ÉCOLE DOCTORALE SCIENCES TECHNOLOGIE SANTÉ (547)

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

Discipline : PHYSIQUE FONDAMENTALE

Spécialité : Physique

Présentée et soutenue publiquement par

Bastien BODIN

**MODÉLISATION, PAR LA MÉTHODE SPH, D'ÉCOULEMENTS
LIQUIDES À LA SURFACE DE TITAN – APPLICATION À D'AUTRES
SATELLITES DE GLACE**

Thèse dirigée par **Daniel CORDIER**

JURY

Daniel CORDIER Chargé de Recherche GSMA – URCA **Directeur de thèse**

Remerciements

Résumé

0.1 Résumé en français

**MODÉLISATION, PAR LA MÉTHODE SPH, D'ÉCOULEMENTS LIQUIDES
À LA SURFACE DE TITAN – APPLICATION À D'AUTRES SATELLITES
DE GLACE**

Ici commence le résumé...

0.2 English summary

**SPH METHOD MODELLING OF LIQUID FLOWS ON THE SURFACE
OF TITAN – APPLICATION TO OTHER ICE SATELLITES**

Here begins the summary...

Table des matières

Remerciements

Résumé

0.1 Résumé en français	ii
0.2 English summary	ii

Test général

1.1 Test section	1
1.1.1 Test sous-section	1

Table des figures

Liste des tableaux

Test général

1.1 Test section

1.1.1 Test sous-section

Test sous-sous-section

Blabla blabla test de liste :

- L'échelle nanométrique est « l'échelle de grandeur s'étendant approximativement de 1 nm à 100 nm ».
- Les nanotechnologies regroupent les " applications de connaissances scientifiques à des fins de manipulation et de contrôle de la matière principalement à l'échelle nanométrique afin d'utiliser les propriétés et phénomènes dépendant de la taille et de la structure, différents de ceux associés aux atomes ou molécules individuels, ou aux extrapolations par rapport à des dimensions plus grandes du même matériau ».
- Les nanosciences sont " l'étude, la découverte et la compréhension de la matière à des échelles où se manifestent des propriétés et des phénomènes dépendant de la taille et de la structure, principalement à l'échelle nanométrique, différents de ceux associés aux atomes ou molécules individuels, ou aux extrapolations par rapport à des dimensions plus grandes du même matériau ».
- Les nanomatériaux sont des " matériaux ayant une dimension externe à l'échelle nanométrique ou ayant une structure interne ou une structure de surface à l'échelle nanométrique ».
- Les nano-objets sont une " portion discrète de matériau dont une, deux ou les trois dimensions externes sont à l'échelle nanométrique ».
- Les matériaux nanostructurés sont des " matériaux ayant une nanostructure interne ou une nanostructure de surface " ; la nanostructure étant définie comme " la composition de parties constitutives liées entre elles, dans laquelle une ou plusieurs de ces parties est une région à l'échelle nanométrique ».

Blabla blabla

Test d'équations : le modèle SPH

Afin de tester l'implémentation des équations dans ce corpus, voici quelques équations de SPH

$$A(\mathbf{r}) = \int_{\Omega} A(\mathbf{r}') \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}') d\mathbf{r}' \quad (1.1)$$

$$A(\mathbf{r}) \approx \int_{\Omega} A(\mathbf{r}') W(\mathbf{r} - \mathbf{r}', h) d\mathbf{r}' \quad (1.2)$$

$$A(\mathbf{r}) \approx \sum_{b=1}^{b=N} A(\mathbf{r}_b) W(\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_b, h) V_b \quad (1.3)$$

$$A(\mathbf{r}) \approx \sum_{b=1}^{b=N} A(\mathbf{r}_b) W(\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_b, h) \frac{m_b}{\rho_b} \quad (1.4)$$

Test de bibliographie

On teste ici la bibliographie avec cette référence Goffin et al., 2013

On teste une autre référence avec Monaghan, 1992

Bibliographie

GOFFIN, Louis et al., 2013. Development of a didactic SPH model-Développement d'un modèle didactique basé sur la méthode numérique de "Smooth particle hydrodynamics".

MONAGHAN, Joe J, 1992. Smoothed particle hydrodynamics. *Annual review of astronomy and astrophysics*. T. 30, n° 1, p. 543-574.