



**CONVENTION INDIVIDUELLE DE FORMATION DOCTORALE**

* Vu l’article L612-7 du Code de l’éducation,
* Vu les articles L412-1 et L412-2 du Code de la recherche,
* Vu l’arrêté du 25 mai 2016 fixant le cadre national de la formation et les modalités conduisant à la délivrance du diplôme national de doctorat,
* Vu la charte du doctorat de l’Université de Reims Champagne Ardenne
* Vu le règlement intérieur de l’Ecole Doctorale Sciences Fondamentales Santé (ED n°619)

**Entre:**

Le-la doctorante

* Prénom, Nom : M. Bastien BODIN
* Né le 17/10/1997 à Bordeaux (Pays) France
* N° INE : 1214901777K

Ci-après désigné comme « le doctorant »,

**Et**

Le directeur de thèse

* Prénom, Nom : M. Daniel CORDIER
* Grade : **HDR**
* Unité de recherche : GSMA - Groupe de Spectroscopie Moléculaire et Atmosphérique
* Quotité d’encadrement (%) :  **100**

Ci-après désigné comme « le directeur de thèse »,

Le co-directeur de thèse le cas échéant :

* Prénom, Nom : (M, Mme) …………………………………………………………………………………………….
* Grade : ………………………………………………………………………………………………………………….
* Unité de recherche : Choisissez un élément.
* Quotité d’encadrement (%) : ……………………………………………….

Ci-après désigné comme « le co-directeur de thèse »,

Le co-encadrant 1 de thèse le cas échéant :

* Prénom, Nom : (M, Mme) …………………………………………………………………………………………….
* Grade : ………………………………………………………………………………………………………………….
* Unité de recherche : Choisissez un élément.
* Quotité d’encadrement (%) : ……………………………………………….

Ci-après désigné comme « le co-encadrant 1 de thèse »,

Le co-encadrant 2 de thèse le cas échéant :

* Prénom, Nom : (M, Mme) …………………………………………………………………………………………….
* Grade : ………………………………………………………………………………………………………………….
* Unité de recherche : Choisissez un élément.
* Quotité d’encadrement (%) : ……………………………………………….

Ci-après désigné comme « le co-encadrant 2 de thèse ».

**Sous couvert de :**

Le Directeur de l’Unité de recherche :

* Unité de recherche : GSMA - Groupe de Spectroscopie Moléculaire et Atmosphérique
* Prénom, Nom : Maud ROTGER-LANGUEREAU

Ci-après désigné comme « le directeur de l’unité de recherche »,

Le Directeur de l’Ecole doctorale :

Ecole doctorale : Sciences Fondamentales Santé (ED n°619)

* Prénom, Nom : M. Hamid MORJANI

Ci-après désigné comme « le directeur de l’école doctorale ».

Etant ci-après conjointement désignés par les PARTIES.

**Objet :** En application de la charte du doctorat, cette convention de formation vise à préciser le contexte et les conditions de déroulement du projet doctoral. Elle fixe les conditions de suivi et d'encadrement du doctorat. Elle est signée au cours de la première année par le doctorant et la direction de thèse et est révisable à chaque réinscription par voie d’avenant à la convention initiale.

**Article 1 : Projet de recherche doctoral**

M. Bastien BODIN est inscrit à compter de l’année universitaire 2021-2022 à l’Université de Reims Champagne Ardenne en vue de réaliser son doctorat

Dans l’Ecole doctorale : **Sciences Fondamentales Santé (ED n°619)**

Au sein de l’Unité de recherche : GSMA - Groupe de Spectroscopie Moléculaire et Atmosphérique

Dans la spécialité : Physique

Sur le sujet : SPH4PS (SPH for Planetary Surfaces) : Modélisation, par méthode SPH, d'écoulements liquides à la surface de Titan - Application à d'autres satellites de glace

**Si cotutelle :**

Dans le cadre de sa cotutelle, (M, Mme) Nom, Prénom du-de la doctorant-e est également inscrit-e à compter de l’année universitaire Choisissez un élément. à Etablissement partenaire en vue de réaliser son doctorat

Dans l’Ecole doctorale Ecole doctorale de l’établissement partenaire

Au sein de l’Unité de recherche : Unité de recherche de l’établissement partenaire

Dans la spécialité : spécialité de l’établissement partenaire

**Article 2 : Statut et quotité de temps**

Le doctorat est mené :

1. - Type de contrat : Contrat doctoral

Employeur : URCA

Dates de début et de fin de contrat : 01/10/2021 à 30/09/2024

1. - Origine des fonds : URCA

Dates de début et de fin de la bourse : 01/10/2021 à 30/09/2024

Montant de la bourse : 1502.69€ (mensuel)

1. - Type de contrat : ……………………………………………………………………………………………………

Intitulé du poste : …………………………………………………………………………………………………………

Employeur : ………………………………………………………………………………………………………………

Dates du contrat : …………………………………………………………………………………………………………

**Article 3 : Calendrier du projet de recherche**

**Durée prévisionnelle du projet :**

La durée prévue pour le projet doctoral est de 3 ans à temps plein et entre 3 ans et 6 ans à temps partiel maximum, selon la quotité de temps de travail consacrée à la thèse.

*La direction de thèse a la responsabilité de veiller à ce que le doctorant soutienne sa thèse de doctorat dans les délais impartis.*

**Calendrier prévisionnel du projet :**

Le plan de réalisation repose sur le triptyque : développement et mise au point du modèle, mise en production du programme et analyse des résultats pour finir avec la publication des résultats et l’écriture du manuscrit. Un planning plausible est le suivant :

* **octobre 2021 – décembre 2021**: familiarisation avec la méthode SPH et le corpus scientifique du contexte planétologique de Titan.
* **Année 2022** : développement du modèle de SPH adapté au contexte titanien, dans un premier temps pour le méthane liquide (problématique hydrologique), dans un deuxième temps la conduction de la chaleur et la variation de viscosité seront incluses en vue de l’application aux cryolaves.
* **Année 2023** : mise en production des programmes sur supercalculateur, réalisation des adaptations nécessaires, réalisation éventuelle d’un pipeline de traitement de données. Début de rédaction des articles.
* **Année 2024** : fin de rédaction des articles et soumissions. Rédaction du manuscrit de thèse et préparation de la soutenance.

Il est à noter que ce calendrier est très indicatif, le déroulé d’un véritable travail de recherche comprend toujours des aspects imprévus, à commencer par la nature exacte des résultats.

**Article 4 : Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d’avancement des recherches du doctorant**

Ces modalités sont déterminées par la Charte du doctorat et conformes au règlement intérieur de l’Ecole doctorale Sciences Fondamentales Santé (ED n°619)

*La direction de thèse s’engage à consacrer une part significative de son temps, pour suivre les progrès et aider le doctorant à surmonter les difficultés qu’il rencontre. Ce droit est doublé d’un devoir d’information du doctorant. Il est nécessaire que le principe de rencontres régulières et fréquentes soit arrêté dès le départ et que l’implication du directeur de thèse, des co-directeurs et co-encadrants soit clairement délimitée dans l'encadrement de la thèse avec les taux adéquats.*

Le Directeur de Thèse et le Doctorant auront des échanges informels, à minima hebdomadaires, au cours desquels la progression du travail, les résultats ou les difficultés éventuels seront évoqués. Ces entretiens se feront le plus souvent en présentiel, mais les moyens de visioconférence pourront également être employés.

Précisez les modalités de travail établies avec la direction de thèse (entretiens, fréquence des réunions de travail, …)

La direction de thèse et le doctorant reconnaissent s’être accordés sur les modalités d’encadrement pédagogique du doctorant.

**Article 5 : Conditions matérielles de réalisation du projet de recherche et conditions de sécurité spécifique**

Précisez si le doctorant bénéficie d'un espace de travail dédié au sein de l’unité de recherche

*Le doctorant occupera un bureau au GSMA et disposera du matériel informatique nécessaire à son travail.*

Précisez les modalités de financement du fonctionnement associé au projet de recherche

*Le doctorant pour les consommables et les missions (participations à des congrès internationaux, …) le doctorant bénéficiera d’un financement du GSMA et du Programme National de Planétologie.*

Précisez les moyens et méthodes mis à disposition du doctorant

*Le doctorant aura un accès au super-calculateur ROMEO et aura accès aux abonnements (littérature scientifique) de l’URCA et du CNRS.*

Le doctorant est soumis à la réglementation interne de l’URCA en matière de conditions de travail, d’hygiène et de sécurité, charte informatique.

**Article 6 : Modalités d’intégration dans l’Unité de Recherche**

*La direction de thèse doit faciliter l’intégration du doctorant dans son environnement de travail et dans la communauté scientifique qui le concerne*

Précisez si le doctorant a des responsabilités collectives :

*Le doctorant n’aura pas de responsabilités collectives.*

Précisez si le doctorant participe :

* *Le doctorant participera aux événements organisés par l’ED.*
* *Le doctorant assistera aux séminaires du laboratoire, et suivant les opportunités assistera à des webinaires ou manifestations scientifiques organisées dans d’autres laboratoires français ou étrangers. Le doctorant, en fonction de l’avancement de ses travaux, sera encouragé à donner des séminaires.*

**Article 7 : Projet professionnel du doctorant**

*L’astrophysique numérique est un domaine en plein essor. Les applications sont nombreuses, de la cosmologie, comme en témoigne mon projet de fin d’études, à la planétologie, comme en témoigne cette thèse. Ce domaine, à la frontière entre théorie et informatique, m’intéresse grandement, et j’aimerais poursuivre dans celui-ci après cette thèse. En effet, cette thèse m’offre l’opportunité de poursuivre dans la recherche en effectuant un ou plusieurs post-doctorats, et par la suite, d’obtenir un poste d’enseignant-chercheur en astrophysique computationnelle.*

*La direction de thèse s’engage non seulement à assurer l’encadrement scientifique du doctorant, mais également à accompagner le développement du projet professionnel du doctorant. Il s'agit d'un projet prévisionnel et révisable. Il peut être multiple en début de doctorat et se préciser progressivement.*

**Article 8 : Le parcours individuel de formation en lien avec le projet professionnel**

*Pour mieux préparer l’insertion professionnelle du futur docteur, la direction de thèse doit encourager sa participation à toutes les actions proposées par l’ED.*

*Il s’agit de*

* *indiquer les grands types de formations proposés que le doctorant envisage de suivre pour mener à bien son projet professionnel et personnel*
* *spécifier les formations recommandées par l’employeur*
* *planifier l’ouverture internationale : projets de participation à des conférences internationales, offre de cycles de séminaires doctoraux internationaux, projets de mobilité internationale*

*Le doctorant participera dans la mesure du possible à une conférence internationale par an.*

*Une demande de financement d’une mobilité internationale est envisagée.*

Conformément au règlement intérieur de l’Ecole doctorale Sciences Fondamentales Santé (ED n°619), le doctorant en thèse à temps plein devra valider 30 crédits ECTS (\*) de formation, répartis en 15 ECTS de formations transversales et 15 ECTS de formations spécifiques au cours de ses années de doctorat, réparties comme suit :

Souhaits pour l’année 1 : Précisez les formations suivies au cours de l’année Choisissez une année universitaire

Souhaits pour l’année 2 : Précisez les formations à suivre au cours de l’année Choisissez un élément.

Souhaits pour l’année 3 : Précisez les formations à suivre au cours de l’année Choisissez un élément.

*Le catalogue des formations (transversales, scientifiques) est accessible sur ADUM. Possibilité de préciser des formations hors catalogue.*

La direction de thèse et le doctorant reconnaissent s’être accordés sur les modalités de suivi de ces formations et sur leur cohérence avec le projet professionnel du doctorant.

(\*) 15 ECTS doivent être validés par des doctorants en convention CIFRE/doctorat effectué à temps partiel et au prorata de la durée de leur séjour à l'URCA pour les doctorants à temps plein en cotutelle de thèse.

**Article 9 : Objectifs de valorisation des travaux du doctorant**

**Spécifier**

*Le sujet n’a aucun caractère de confidentialité.*

**Indiquer les conditions et objectifs de**

*Le doctorant a un objectif de publication d’au moins un article dans une revue de rang A (revue internationale à comité de lecture).*

*Le doctorant devra également présenter une fois par an ses travaux lors d’une conférence internationale.*

**Préciser ici**

*Le doctorant signera en premier auteur (auteur principal dans la communauté de la planétologie) les articles correspondant directement à son travail de thèse.*

*La soumission d’un article à une revue scientifique se fera avec l’autorisation du Directeur de Thèse et des autres co-auteurs le cas échéant.*

*Dans les articles, la section remerciements comprendra notamment l’URCA, ROMEO et le Programme National de Planétologie.*

- les consignes générales de signature des publications de l'unité de recherche (ordre des auteurs entre le doctorant et les différents encadrants),

- les modalités de soumission des articles (délais, circuit de validation ou d'autorisation),

- les consignes vis-à-vis du signalement du programme de financement dans les remerciements.

**Article 10 : Signalement de la thèse en préparation**

La thèse en préparation est signalée, en français et en anglais, sur le portail national [www.theses.fr](http://www.theses.fr/) avec les informations suivantes, qui sont révisables au besoin, *a minima* sur une base annuelle :

Titre : SPH4PS (SPH for Planetary Surfaces) : Modélisation, par méthode SPH, d'écoulements liquides à la surface de Titan - Application à d'autres surfaces de satellites de glace

Résumé : La mission Cassini/Huygens a laissé une masse importante de données concernant Titan et plus généralement les satellites de Saturne. La NASA prépare la mission Dragonfly, un drone quadcoptère, qui explorera les régions équatoriales de Titan au cours des années 2030. L’héritage de Cassini, ainsi que la préparation de Dragonfly, demande un travail scientifique de modélisation et d’interprétation. Par bien des égards Titan est un objet exceptionnel, par exemple : une chimie organique s’y est développé, et son atmosphère est le siège d’un cycle hydrologique du méthane. Dans ce projet, on s’attachera à développer des modèles hydrodynamiques des écoulements fluides à la surface de Titan : rivières de méthane liquide et également écoulements de cryolave. La méthode employée mettra en œuvre la Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH). Le modèle ainsi créé aura une grande portée avec un champ d’applications à d’autres corps du système solaire, ainsi que des généralisations possibles à d’autres aspects physiques, impliquant, par exemple la déformation de croûtes planétaires. Ce projet, focalisé sur Titan, s’inscrit également dans la perspective des missions Europa Clipper et JUICE qui cibleront les satellites de Jupiter.

Mots clefs : Titan | Planétologie | SPH | Simulation numérique | Hydrologie

Titre : SPH4PS (SPH for Planetary Surfaces) : Modeling, using SPH method, of fluid flows at the Titan's surface - Application to other icy satellite surfaces

Résumé : The Cassini/Huygens mission has left a huge amount of data about Titan and more generally concerning the satellites of Saturn. A new mission is currently prepared by NASA: Dragonfly, dedicated to the exploration of Titan’s equatorial regions during the 2030s. Both, legacy of Cassini/Huygens and Dragonfly, requires scientific works of modeling and interpretation. By many aspects, Titan is an exceptional object, for instance its atmosphere harbors a complex organic chemistry and an exotic hydrologic cycle of methane. During this doctoral work, we will develop models of liquid flows at the surface of Titan: methane rivers and cryolava flows employing the Smoothed-Particle Hydrodynamics (SPH) method. The developed models could be applied to other icy bodies, and a generalization to other physical problems like planetary crust deformation will be possible. This project, mainly focused on Titan, has also an interest in the wider perspective of future Europa Clipper and JUICE missions which will target the satellites of Jupiter.

Mots clefs : Titan | Planetary Science | SPH | Numerical Simulation | Hydrology

**Article 11 : Modification**

La présente convention pourra être modifiée par voie d’avenant, au maximum une fois par an, lors de la réinscription.

Fait à : **Reims**

Date : **27/09/2021**

| Le doctorant : **B. Bodin** | Le (les) directeur(s) de l’unité de recherche |
| --- | --- |
| La direction de thèse : **D. Cordier** | Le directeur de l'école doctorale |