



## SERVICE DE LA RECHERCHE ET DE LA VALORISATION (SRV)

**Ecole doctorale 305 « Energie Environnement »**

### AVIS DE PRESENTATION DE TRAVAUX EN VUE DE L'OBTENTION DU DOCTORAT

**Madame Paule LAPEYRE** soutiendra sa thèse le **28 juin 2021 à 10h00** à **Université Paul Sabatier Toulouse III 118 route de Narbonne 31400 Toulouse**  
**Université de Perpignan Via Domitia 52 avenue Paul Alduy 66860 PERPIGNAN**, salle **Amphi Diderot**, un doctorat de l'Université de Perpignan Via Domitia, spécialité **Sciences de l'Ingénieur**.

**TITRE DE LA THESE** : Un modèle de transfert radiatif pour la sensibilité géométrique : lecture physique des algorithmiques de Monte-Carlo via la double randomisation.

**RESUME** : Cette thèse aborde la modélisation et la résolution numérique par Monte-Carlo d'un outil d'analyse des transferts radiatifs : la sensibilité géométrique. Le descripteur usuel de la physique des transferts radiatifs est la luminance : quel que soit le domaine applicatif (ingénierie, physique atmosphérique, astrophysique, mesures optiques, etc..) les observables radiatives s'expriment toutes comme des intégrales spatiales, angulaires et fréquentielles de la luminance. On s'intéresse ici à l'impact d'une perturbation de la géométrie sur cette luminance. La sensibilité géométrique quantifie cet impact. Elle est définie formellement comme une simple dérivée de la luminance mais nous montrons qu'elle peut aussi se penser comme un objet autonome de la physique du transfert radiatif avec ses sources propres et sa phénoménologie propagative. Notre point de départ est numérique, il s'agit par la méthode de Monte-Carlo d'estimer simultanément une observable radiative et sa sensibilité à la géométrie. La méthode numérique de Monte-Carlo est connue pour la facilité avec laquelle la formulation intégrale sous jacente peut être explicitée et retravaillée. Les premières tentatives ont donc parié sur cette facilité en dérivant la formulation intégrale. Cependant cette approche est restée limitée à des configurations très simples car les développements formels se sont avérés impraticables. Nous proposons dans ce travail de reprendre une idée de rupture qui est d'aborder la sensibilité géométrique, non plus à travers les méthodes numériques de Monte-Carlo, mais à travers la modélisation de sa physique locale, soit de nous interroger sur sa phénoménologie. Nous cherchons donc à comprendre son évolution dans un milieu et son comportement aux frontières. Nous verrons que l'évolution de la sensibilité géométrique dans le milieu et aux frontières est identique à celle de la luminance. La conséquence immédiate de ce résultat est que nous disposons, au travers de notre culture des transferts radiatifs, d'un savoir faire très développé qui va pouvoir s'appliquer à l'identique sur la sensibilité géométrique. En revanche les sources de sensibilité géométrique sont spécifiques : elles diffèrent totalement des sources de luminance. Nous verrons qu'elles se situent spatialement uniquement sur les frontières perturbées du domaine géométrique et la majeure partie de ce travail est dédiée à leur modélisation. Nous montrons que les sources de sensibilité géométrique dépendent d'autres quantités : de la luminance et de ses gradients spatiaux et angulaires. Ces dépendances impliquent que le modèle de sensibilité géométrique est couplé à ces autres modèles. Ainsi pour résoudre le modèle de sensibilité géométrique il est nécessaire de résoudre un système de quatre équations couplées. La deuxième partie de notre proposition consiste en la résolution numérique de ce système, pour tout type de configuration radiatives, en utilisant la méthode de Monte-Carlo et la technique de double randomisation. Mathématiquement la double randomisation n'est rien d'autre qu'un emboîtement de moyenne, soit l'espérance d'une espérance qui elle même une espérance. L'implication pratique de cette idée toute simple est par contre primordiale et ici nous verrons comment elle nous permet de créer un espace de chemins pour la sensibilité en combinant des espaces de chemin de transfert radiatif et des espaces de chemin de gradient spatial et de gradient angulaire. La combinaison des ces espaces s'effectue aux frontières du domaine et c'est la propagation d'information résultant de leur combinaison qui explique l'impact de la géométrie sur la luminance en un point et dans une direction donnée. Dans cet esprit, à travers les exemples de mise en oeuvre que nous présentons, nous essayons de dépasser la seule question du calcul de la sensibilité pour proposer une interprétation physique de cette propagation.

**Directeurs de thèse :**

Cyril CALIOT, PROcédés, Matériaux et Energie Solaire - Université de Perpignan Via Domitia

Richard FOURNIER, LAPLACE - Laboratoire PLAsma et Conversion d'Énergie - CNRS-UPS-INPT - Université Toulouse III - Paul Sabatier

**Laboratoire où la thèse a été préparée** : PROcédés, Matériaux et Energie Solaire

**Le jury sera composé de :**

Mme Céline CORNET, Professeure, Laboratoire d'Optique Atmosphérique (**Rapporteur**)

M. Paul LYBAERT, Professeur émérite, Faculté Polytechnique, Service de Thermique et Combustion (**Rapporteur**)

M. Cyril CALIOT, CR1, LMAP UMR5142, E2S UPPA (**Directeur de thèse**)

M. Richard FOURNIER, Professeur, Laboratoire LAPLACE, Équipe GREPHE (**CoDirecteur de these**)

M. Jean-François CORNET, Professeur, SIGMA Clermont Institut Pascal UMR 6602 (**Examinateur**)

M. Gilles FLAMANT, Professeur émérite, Laboratoire PROMES, Université de Perpignan Via Domitia (**Examinateur**)

M. Nicolas FERLAY, Maître de conférences, Laboratoire d'Optique Atmosphérique (**Examinateur**)

M. Mathias PAULIN, Professeur, Université Paul Sabatier Toulouse III (**Examinateur**)

**Invité :**

- M. Maxime Roger, Maître de conférences, INSA LYON