

Laboratoire de Matériaux Céramiques et de Mathématiques  
DÉPARTEMENT MATHÉMATIQUES

## Axe Calcul Scientifique et Modélisation Géométrique

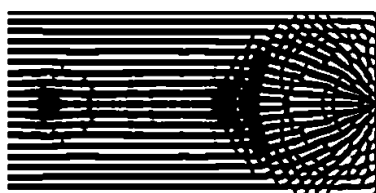
### Membres de l'axe :

Thierry Bay  
Isabelle Cattiaux  
Robin Colombier  
Emmanuel Creusé  
Asmaa Khouia  
Mamadou N'Diaye  
Serge Nicaise  
Luc Paquet  
Laura Saini  
Salim Taleb  
Juliette Venel  
Eya Zougar

### Présentation :

Le Département Mathématiques du CERAMATHS exerce une activité de recherche en calcul scientifique et en modélisation géométrique, dans les thématiques suivantes :

#### Modélisation géométrique

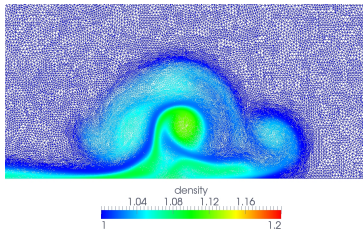


Ce travail, issu d'une collaboration entre le CERAMATHS, l'IRIT (Toulouse) et XLIM (Poitiers), vise à lier les domaines de l'optimisation topologique et de la déformation de maillages. Nous développons le lien entre les domaines de la modélisation EDP et géométrique avec l'apprentissage profond.

Nous nous intéressons également à la caractérisation de courbes algébriques-trigonométriques et de leurs propriétés. Ce type de courbes, dans un cadre issu d'une généralisation des courbes Bézier, apporte une flexibilité très intéressante lors de la construction de formes spécifiques. Nous nous sommes intéressés plus spécifiquement aux courbes à hodographe pythagorien et à leurs applications.

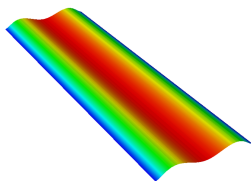
Enfin, une collaboration avec le laboratoire LARSH de Valenciennes s'articule autour de la photogrammétrie intégrant des problématiques de décimation et de sémantisation automatique de nuages de points, ainsi que de gestion d'occlusion et de halos de lumière dans les rendus.

## Méthodes numériques combinées pour la mécanique des fluides



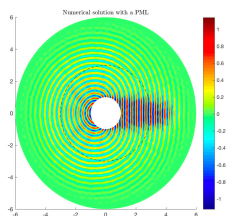
Nous développons des schémas numériques pour la résolution des équations issues de la mécanique des fluides visqueux (modèles de Navier-Stokes à densité variable, de Khazikov-Smagulov, de type faible Mach,...), modélisant des écoulements incompressibles ou faiblement compressibles. L'un des challenges est de parvenir à l'obtention d'une solution numérique fidèle à la physique du problème, dans des configurations difficiles (forts ratios de densité, interfaces faiblement diffuses,...), associée à un temps de calcul raisonnable. Pour cela, les méthodes combinent à bon escient les volumes finis et les éléments finis, donnant lieu à des méthodes hybrides performantes. Ce travail est mené en collaboration avec le laboratoire Paul Painlevé de l'Université de Lille, ainsi qu'avec l'équipe RAPSODI de INRIA Lille Nord Europe.

## Estimations d'erreur pour des singularités anisotropes



Ce sujet, en collaboration avec l'Université de Wayne State (USA), porte sur l'établissement d'estimées d'erreur a priori avec des maillages anisotropes pour des EDP posées dans des polyèdres dont les solutions possèdent des singularités anisotropes. Nous nous intéressons également à des estimées a priori et a posteriori pour des poutres/coques minces ou des problèmes aux limites avec contraintes (par exemple coques précontraintes), en collaboration avec l'Université Kasdi Merbah Ouargla (Algérie).

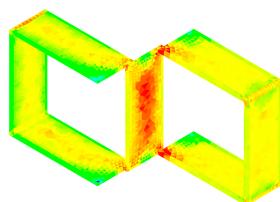
## Méthodes d'éléments finis pour la résolution de problèmes indéfinis (Helmholtz)



longueur d'onde.

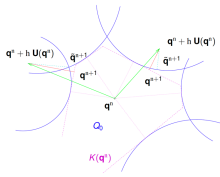
Les équations de Helmholtz ou de Maxwell harmoniques sont en général posées dans des domaines extérieurs. Pour obtenir des solutions approchées, ce domaine est tronqué et soit des conditions aux limites absorbantes sont imposées sur le bord extérieur de ce domaine, soit des PML sont utilisées. Néanmoins le problème associé n'est pas coercitif, mais il est bien posé pour des longueurs d'onde suffisamment grandes. Le but des travaux menés consiste à trouver des estimées d'erreur a priori explicite (ou robustes) par rapport à la

## Estimateurs a posteriori pour les équations de l'électromagnétisme



Nous développons des outils numériques permettant d'estimer a posteriori l'erreur commise entre la solution d'un modèle d'équations aux dérivées partielles et la solution numérique obtenue par une méthode de type éléments finis. On s'intéresse particulièrement aux équations de Maxwell, en formulation temporelle ou harmonique, dans un régime de basse fréquence pour simuler des phénomènes de courants de Foucault. Ce travail est mené en collaboration avec le Laboratoire d'Electrotechnique et d'Electronique de Puissance de Lille (L2EP), ainsi qu'avec le Département de Génie Electrique de l'Université KU Leuven.

## Méthodes numériques pour les inclusions différentielles et pour les EDP à frontières libres



Il s'agit de développer des schémas numériques capables d'approcher les solutions exactes d'inclusions différentielles du premier ordre. Ce type de problème d'évolution (qui peut être déterministe ou stochastique) apparaît quand la variable d'état est soumise à des contraintes. Ce travail, mélangeant analyse numérique et techniques d'optimisation, a été mené en collaboration avec le laboratoire Paul Painlevé de l'Université de Lille. Par ailleurs, nous développons des méthodes numériques pour des équations aux dérivées partielles qui modélisent un phénomène de corrosion. La difficulté vient du fait que ce modèle fait apparaître une interface mobile liée à l'évolution de la couche d'oxyde. Le but est de proposer des schémas numériques, respectant la structure énergétique du modèle, afin d'être capables de capturer le comportement en temps long de la solution. Ce travail est mené en collaboration avec l'équipe RAPSODI de INRIA Lille Nord Europe.

## Interactions avec des laboratoires d'autres disciplines

Les membres de l'axe calcul scientifique et modélisation géométrique collaborent également activement avec des équipes issues de laboratoires d'autres disciplines. Ils développent des travaux sur de multiples thématiques transverses, comme par exemple :

- La modélisation et la simulation numérique de problèmes de charges d'espace appliqués au transport d'énergie électrique haute tension à courant continu (HVDC),
- Les méthodes polyédrales de hauts degrés pour les simulations numériques en électromagnétisme,
- L'étude de méthodes d'intégration temporelle pour la résolution d'équations de transport de solution singulières,
- Le calcul de l'intensité de courant induite par une force latérale appliquée à une pièce piézoélectrique et son application à la récupération d'énergie vibratoire,
- La propagation des ondes en milieux anisotropes semi-infinis excités par des ondes de surface.