

Alexandre Vieira

20 mai 1992

260 avenue Marcel Lesbros
05130 Lettret
06.71.68.69.11
✉ alexandre.vieira@lilo.org
🌐 avieira.github.io
30 ans - Permis B



Profil de recherche

Mes recherches sont centrées sur l'analyse mathématique et numérique de problèmes de contrôle optimal. Plus spécifiquement, je m'intéresse à l'analyse des problèmes d'optimisation (existence, conditions d'optimalité, relaxation...) ainsi qu'à l'élaboration de schémas numériques pour la résolution de problèmes de contrôle optimal, parfois non différentiables. Enfin, je m'intéresse également à la parallélisation de ces algorithmes de résolution, ainsi qu'aux techniques de décomposition de domaine.

Parcours professionnel

- Octobre 2022– **Post-doctorant**, *Université Côte d'Azur*, Laboratoire J.A. Dieudonné, Nice (06), France
Identification de paramètres dans un modèle magnétohydrodynamique (MHD). Encadrant : Florence Marcotte, Didier Auroux, Hervé Guillard.
- Janvier 2020–Mai 2022 **Post-doctorant**, *Université de la Réunion*, Laboratoire Piment, La Réunion (974), France
Optimisation topologique appliquée à l'écoulement de fluides. Encadrant : Pierre-Henri Cocquet (SIAME). Hébergé par l'Université de Pau (64). Financé par l'ANR JCJC O-TO-TT-FU.
- Janvier 2019– **Post-doctorant en industrie**, *Pollen Metrology*, Moirans (38), France
Août 2019 Portage de différents algorithmes de traitement d'images en CUDA et OpenCL. Encadrant : Christophe Picard (LJK)

Cursus académique

- 1er octobre 2015 – 30 septembre 2018 **Doctorat en Automatique**, *Grenoble INP – INRIA*, Grenoble (38), Soutenue le 25 septembre 2018 à l'INRIA Grenoble
Intitulé de la thèse *Commande optimale des systèmes de complémentarité linéaire*
Directeurs B. Brogliato (INRIA Grenoble), Ch. Prieur (CNRS, GIPSA)
Jury
 - Éric Blayo (CNU 26), Univ. Grenoble Alpes, Président.
 - Pierre Riedinger (CNU 61), Univ. de Lorraine, Rapporteur.
 - Emmanuel Trélat (CNU 26), Sorbonne Université, CNRS, Rapporteur.
 - Kanat Camlibel, University of Groningen, Examineur.
- 2015 **Master 2 Mathématiques Fondamentales et Appliquées**, *Université de Rouen*, (76). Mention Bien
- 2015 **Diplôme d'ingénieur - Génie Mathématique**, *INSA de Rouen*, (76), Projet de fin d'étude : Etude analytique et numérique du comportement de matériaux granulaires. Encadrant : G. James (LJK, INRIA Grenoble)

Communication scientifique

Journaux à comité de lecture

The Boussinesq system with non-smooth boundary conditions : existence, relaxation and topology optimization., *A. Vieira, P.-H. Cocquet*, SIAM Journal on Control and Optimization, accepté, 2022
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03207923>

Topology Optimization for Steady-state anisothermal flow targeting solid with piecewise constant thermal diffusivity, *A. Vieira, A. Bastide, P.-H. Cocquet*, Appl Math Optim 85, 41, 2022

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02569142>

Quadratic Optimal Control of Linear Complementarity Systems : First order conditions and numerical analysis, *A. Vieira, B. Brogliato, Ch. Prieur*, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 65, no. 6, pp. 2743-2750, June 2020
Indexé JCR.

Proceedings à comité de lecture

Optimality conditions for the minimal time problem for Complementarity Systems, *A. Vieira, B. Brogliato, Ch. Prieur*, IFAC-PapersOnLine, 2019, vol. 52, no 16, p. 239-244

Preliminary results on the optimal control of linear complementarity systems, *A. Vieira, B. Brogliato, Ch. Prieur*, IFAC-PapersOnLine, 2017, vol. 50, no 1, p. 2977-2982

Pré-publications

The Boussinesq system with non-smooth boundary conditions : existence, relaxation and topology optimization., *A. Vieira, P.-H. Cocquet*, 2021

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03207923v1>

Présentation à des conférences

2022 **A domain decomposition approach for a Topology Optimisation problem**, *A. Vieira, P.-H. Cocquet, M. Gander*, 27th International Domain Decomposition Conference, Prague (République Tchèque)

2020 **Multimaterial topology optimization of a heated channel**, *A. Vieira, P.-H. Cocquet, A. Bastide*, EUROPT, Toulouse (France)

Accepté mais reporté en 2021 dû au Covid-19

2018 **Quadratic optimal control of linear complementarity systems**, *A. Vieira, B. Brogliato, Ch. Prieur*, International Symposium on Mathematical Programming, Bordeaux (France)

2017 **On the optimal control of linear complementarity systems**, *A. Vieira, B. Brogliato, Ch. Prieur*, Control of state constrained dynamical system, Padova (Italie)
Invité par les organisateurs.

Projets en cours

Comparison of the cost penalty and the continuation approaches for topology optimization., *A. Vieira, P.-H. Cocquet*, 2021

Parallel-in-time schemes for topology optimization, *A. Vieira, P.-H. Cocquet, J. Salomon*, 2021

A domain decomposition approach for topology optimization, *A. Vieira, P.-H. Cocquet, M. Gander*, 2021

Expériences académiques et responsabilités

2016–2018 **Enseignant Vacataire**, CPP - Grenoble INP, St-Martin-D'Hères (38), France
TD et CM de mathématiques en première année des classes préparatoires intégrées du réseau des INP. 2 × 64h. Effectué dans le cadre du label Recherche et Enseignement Supérieur (RES) de l'université de Grenoble (comprenant expérience d'enseignement et formations portant sur différents aspects de la pédagogie dans l'enseignement supérieur). Contact : {helene.ricard, sophie.schulz}@grenoble-inp.fr

2016–2018 **Création d'un groupe de lecture**
Création et animation, avec Marcelo Forest, d'un groupe de lecture regroupant plusieurs doctorants et post-doctorants autour de la théorie du contrôle et de l'optimisation.
<https://project.inria.fr/readinggroupoc/>

Compétences

Code C, C++, Python, Matlab, MPI, PETSc. À rafraîchir : Fortran, Java, Bash, R, Bibliothèques
OpenMP, CUDA & OpenCL .

Courant Français, Anglais.

TOEIC 985 / 990 en 2013

Bon niveau Allemand, Portugais.

Mes thèmes de recherche se centrent principalement sur la conception de schémas numériques efficaces pour la résolution de différents problèmes dynamiques, avec une attention particulière portée aux problèmes d'optimisation ainsi que la parallélisation des méthodes de résolution.

Commande optimale des systèmes de complémentarité Mes premiers travaux de recherche se sont concentrés sur l'analyse et la définition de schémas de résolution pour des problèmes de commande optimale de système de complémentarité linéaires (notés LCS). Les systèmes de complémentarité sont des Équations Différentielles Algébriques (DAE) où la contrainte algébrique s'exprime sous la forme d'un problème de complémentarité. Ces équations modélisent de nombreux phénomènes : diode idéale en électricité, impacts en mécanique, ou encore différents systèmes à commutation en automatique. La principale difficulté vient de cette condition de complémentarité, qui peut rendre la solution de l'équation différentielle continue mais non différentiable (quand la solution existe et est unique). La seconde difficulté vient de la transposition des résultats existants pour l'analyse des LCS dans un contexte d'optimisation. La contrainte algébrique des LCS, servant dans la plupart des modèles à définir un multiplicateur, devient une contrainte supplémentaire dans le cadre des problèmes d'optimisation. Cependant, cette contrainte ne respecte pas les conditions de qualification des contraintes classiques (telles que l'indépendance linéaire ou Magasarian-Fromovitz). Mon travail a premièrement été de définir clairement le contexte d'analyse de ces problèmes, et les liens existants entre ces problèmes et les analyses déjà existantes dans la littérature. Une première approche consistait à exprimer une certaine classe de contraintes de complémentarité sous la forme d'une application non-différentiable, mais dont on pouvait calculer un sous-différentiel. Cela m'a permis de définir une première méthode numérique de résolution de ces problèmes. Bien que le champ d'application semblait très limité et peu satisfaisant, ces résultats m'ont permis de faire le lien avec une approche basée sur des multiplicateurs. J'ai fait ensuite le lien entre ces problèmes de commande optimale et les Programmes Mathématiques à Contraintes d'Équilibre (MPEC), ce qui a permis de mieux comprendre les difficultés de ces problèmes, les solutions existantes en dimension finie, et quels sont les barrières restantes lors du passage au cadre des équations différentielles. Ces travaux ont permis de définir deux méthodes de résolution de ces problèmes de contrôle optimal, en montrant que ces approches théoriques permettaient de définir des méthodes de résolution plus rapides et plus précises. Certaines inconnues persistent cependant, comme l'existence de solutions optimales, principalement dû au caractère non convexe et non compact de l'ensemble admissible. Certaines applications et résultats numériques laissent également présager de solutions optimales sous forme d'un contrôle impulsif (notamment dans un cas de temps-optimalité), ce qui ouvre de nouveaux champs de recherche possibles.

Optimisation topologique appliquée à la dynamique des fluides Un second volet de mes recherches s'intéresse aux problèmes d'optimisation topologique appliqués à la dynamique des fluides. Ce problème consiste à chercher la forme optimale d'un domaine où s'écoule un fluide afin de minimiser un coût donné. De nombreuses applications existent, comme en génie climatique (optimisation de systèmes de climatisation), en chimie (mélangeur optimal), ou encore pour différents problèmes inverses (retrouver la forme d'un domaine étant donné un ensemble de données). Différentes approches existent pour s'attaquer à ces problèmes : gradient topologique, dérivée de forme. Dans le cadre de mon post-doctorat, j'ai travaillé avec une formulation incluant un terme de pénalisation dans les équations de Navier-Stokes, simulant la présence d'un solide dans le domaine. Dans un premier temps, nous avons travaillé sur un modèle couplant les équations de Navier-Stokes stationnaire avec une équation de la chaleur. Le but était de trouver, en plus de la répartition optimale de solide, les conductivités thermiques optimales à choisir dans le solide. Après avoir prouvé l'existence de solution à ce problème et la convergence des optimums discrets vers les optimums continus, nous avons calculé les conditions d'optimalité d'un tel problème, ce qui nous a permis de créer un code de calcul résolvant ce type de problème. Dans un second temps, je me suis intéressé aux mêmes équations de Navier-Stokes couplée à l'équation de la chaleur, mais cette fois en instationnaire. De plus, nous avons fait le choix de modifier les conditions limites à la sortie, choisissant une formulation continue mais non différentiable. Cette formulation a été choisie pour représenter au mieux les retours de fluide par la sortie, dû par exemple à un tourbillon, et se retrouvent également dans plusieurs papiers

traitant d'applications numériques. Ce travail a principalement consisté en la démonstration d'existence de solutions, ainsi qu'en l'analyse d'un schéma de relaxation de la condition non lisse en sortie. Nous avons ainsi pu définir des conditions d'optimalité pour ce problème.

Décomposition de domaine pour l'optimisation topologique Suite aux travaux réalisés en lien avec l'optimisation topologique, nous nous sommes intéressés aux techniques de parallélisation de ces problèmes. Les techniques de résolution numérique des problèmes d'optimisation nécessitent de calculer de nombreuses fois la solution des EDP sous-jacentes. Or, le calcul de cette solution devient de plus en plus compliqué à mesure que le maillage servant à la discrétisation devient plus fin. On comprend que le problème devient rapidement numériquement intraitable si on veut atteindre une précision sur la résolution des EDP qui soit raisonnable.

Afin d'accélérer la résolution de ces problèmes d'optimisation, nous avons décidé d'utiliser les techniques de décomposition de domaine. Deux approches existent pour s'attaquer à la parallélisation de ces problèmes : la parallélisation en temps ou en espace.

- J'ai pu travailler avec Julien Salomon (INRIA Paris) sur les techniques de parallélisation en temps, et plus spécifiquement sur les techniques appelées *Parareal*. Ces techniques consistent à trouver une solution continue en temps par une méthode de Newton légèrement modifiée. Plutôt que de calculer la matrice jacobienne avec le même pas de temps, la jacobienne est approchée avec un pas de temps plus grossier. L'analyse consiste à évaluer le rapport entre pas de temps fin et grossier pour assurer la convergence de la méthode de Newton ainsi dégradée.
- Les méthodes de décomposition de domaine en espace ont été analysées avec Martin Gander (Université de Genève). Plus spécifiquement, je me suis intéressé aux méthodes de Schwarz pour décomposer les EDP sous-jacentes. Dans ce cadre, le domaine de calcul Ω est séparé en plusieurs sous-domaines Ω_i , avec ou sans recouvrement entre les sous-domaines. À chaque sous-domaine, on associe la même équation différentielle, mais dont on spécifie des conditions de Dirichlet ou de Robin aux interfaces entre sous-domaines. L'analyse consiste ici à voir sous quelle conditions aux interfaces la méthode de Schwarz converge, ainsi que sa vitesse de convergence.

Pour en revenir au problème d'optimisation, la littérature reste assez peu étendue sur ces sujets, se concentrant uniquement sur des problèmes Linéaire Quadratique où les conditions d'optimalité se réduisent uniquement à la résolution d'une EDP linéaire ainsi qu'une EDP adjointe. Afin d'étendre ces techniques à des problèmes plus généraux, une première idée a été de paralléliser la résolution du calcul du gradient, qui se présente sous la forme d'une fonctionnelle incluant les solutions d'une EDP accompagnée d'une EDP adjointe. Mon travail s'est pour l'instant concentré uniquement avec un modèle de type advection-diffusion, avec minimisation de l'écart quadratique à une cible. Dans ce cas, nous avons pu démontrer la convergence de ces méthodes. Dans un second temps, nous avons décidé de changer d'approche, et de chercher à définir une suite de sous-problèmes d'optimisation, faiblement couplés entre sous-domaines, qui converge vers le problème original. Je me suis pour cela concentré sur un problème linéaire quadratique, avec une équation elliptique contrôlée par un contrôle volumique. L'idée est ici d'utiliser les techniques de lagrangien augmentée pour définir les problèmes par sous-domaine. Ces sous-domaines seront ainsi couplés par la fonctionnelle de coût, mais uniquement à leur interface. Dans ce cadre, nous avons démontré la convergence de ces méthodes. Des essais numériques sont en cours, mais les premiers résultats sont très prometteurs.

Parallélisation d'algorithmes d'analyse d'image Ce travail de R&D m'a permis d'appréhender les contraintes d'une recherche menée en milieu industriel. Mon travail consistait à évaluer les efforts nécessaires pour la parallélisation de différentes routines d'analyse d'image utilisées dans un programme de l'entreprise. Principalement, le but était d'adapter ces algorithmes sur GPU, ainsi que d'analyser l'impact que cela aura sur la mise en production. Bien qu'il s'agissait d'un travail principalement orienté sur le développement logiciel, il m'a également permis d'appréhender de façon plus concrète différentes méthodes de parallélisation, les limites existantes, ainsi que l'état de la recherche dans ce domaine.

Développement de codes de calcul

optLCS Code pour approximer une classe de contrôle optimal Linéaire-Quadratique sous contrainte de complémentarité.

<https://gitlab.inria.fr/avieira/optLCS>

TOSSAF Code pour approximer une solution d'un problème d'optimisation topologique appliqué
PCTD à l'approximation de Boussinesq, visant des constantes de conduction thermique constantes par morceaux.

https://osur-devspot.univ-reunion.fr/avieira/tossaf_pctd

TOSSAF Code pour approximer une solution d'un problème d'optimisation topologique appliqué
Penal à l'approximation de Boussinesq, visant des constantes de conduction thermique constantes par morceaux.

https://osur-devspot.univ-reunion.fr/avieira/tossaf_penal

python_lbfgsb Réimplémentation en python de la méthode d'optimisation L-BFGS-B, afin de l'interfacier avec d'autres codes python et d'avoir un contrôle sur les paramètres de descente.

https://github.com/avieira/python_lbfgsb