

Rapport d'avancement 3ème année

Martin Averseng

26 novembre 2018

1 Mois de soutenance et formations suivies

Formations complémentaires suivies :

- Organisation du spectacle Pi Day en 2016, un événement qui a rassemblé plus de 1500 spectateurs français de différentes villes autour de la diffusion scientifique, pour un total de 28 heures de formation.
- Participation au séminaire des doctorants et présentation de mon travail aux autres doctorants, valant 12 heures de formation.
- Journée EDP-neurosciences de la SMAI, 4 heures
- Participation au stand Fab-Maths lors de la fête de la science, 7 heures de formation.

Il me manque donc à ce jour 5 heures de formation que je terminerai au cours de cette année. Par ailleurs, la soutenance de la thèse est prévue entre Septembre et Novembre 2019.

2 Travail accompli en 2ème année

La deuxième année de cette thèse a été consacrée à la mise en œuvre et l'analyse d'une nouvelle méthode de résolution d'équations intégrales dans le plan sur des courbes ouvertes.

2.1 Equations intégrales sur des courbes ouvertes

Le problème des équations intégrales sur une courbe ouverte est double. D'abord, les singularités géométriques au bord de la courbe mènent à des solutions singulières. La résolution numérique habituelle utilisant des fonctions polynomiales par morceaux échoue à capturer ce comportement singulier, ce qui se traduit par une faible vitesse de convergence en fonction du pas h du maillage. Il faut donc utiliser d'autres méthodes pour discrétiser ces équations, qui mènent à une convergence plus rapide. De nombreuses possibilités existent : ajouter dans l'espace d'approximation les fonctions singulières explicitement connues, raffiner le maillage près des singularités, etc.

Le deuxième problème est alors le choix du préconditionneur pour le nouveau système linéaire obtenu car les méthodes habituelles ne sont généralement plus

valides dans ce cas. Par exemple, une des méthodes en l'absence de singularités géométriques est d'utiliser le calcul pseudo-différentiel sur le bord de l'objet, trouver le symbole principal de l'opérateur et construire grâce à cela une paramétrix que l'on discrétise ensuite pour l'utiliser comme un préconditionneur. Cette méthode est impossible dans le cas d'une courbe ouverte sur laquelle on n'a pas de notion de calcul pseudo-différentiel.

2.2 Méthode de Galerkin à poids

L'approche que nous avons suivie cette année est la suivante. Supposons que l'on cherche à résoudre l'équation $S\lambda = u_0$ d'inconnue λ définie sur la courbe ouverte Γ . Si u_0 est régulière, dans notre contexte, on sait que λ s'écrit comme $\frac{\alpha}{\omega}$ où ω est une fonction explicite de "poids" qui s'annule aux bords de Γ , capturant ainsi la singularité de λ , tandis que α est régulière. On résout alors $S_\omega \alpha := S_\omega^{-1} \alpha = u_0$ d'inconnue α . Si l'on résout numériquement cette équation par une méthode de Galerkin avec des fonctions affines par morceaux, nous avons prouvé que l'on retrouve l'ordre de convergence habituel dans le cas d'une courbe régulière.

Théorème 1. *Si u est suffisamment régulière, alors la solution α_h de la méthode variationnelle pour un maillage de pas h converge vers la vraie solution α avec*

$$\|\alpha - \alpha_h\| \leq Ch^{5/2}.$$

2.3 Nouveaux préconditionneurs

Dans un deuxième temps, une fois que la méthode numérique possède ces bonnes propriétés de convergence, on cherche à proposer un préconditionneur efficace pour le système linéaire. Après avoir remarqué que l'opérateur S_ω commutait avec l'opérateur $(\omega \partial_x)^2 + k^2 \omega^2$, nous avons émis la conjecture selon laquelle

$$\sqrt{-(\omega \partial_x)^2 - k^2 \omega^2} S_\omega = I_d + K$$

où K est un opérateur compact. Cette formule est en analogie frappante avec les préconditionneurs issus de l'analyse pseudo-différentielle dans le cas des courbes régulières. Dans ce cas, on a en effet

$$\sqrt{-(\partial_x)^2 - k^2} S = I_d + K$$

c'est-à-dire la même formule avec $\omega = 1$.

2.3.1 Mise en œuvre numérique

J'ai construit un code Matlab d'équations intégrales en 2D permettant de tester cette hypothèse. Ce code utilise la méthode de compression et d'accélération des convolutions discrètes développé en stage pré-thèse. Il implémente les différents opérateurs intégraux à poids que nous étudions, et la méthode de Galerkin

à poids décrite précédemment. Il a permis de confirmer les performances excellentes du préconditionneur proposé ci-dessus. Voici un exemple des possibilités offertes par ce code.

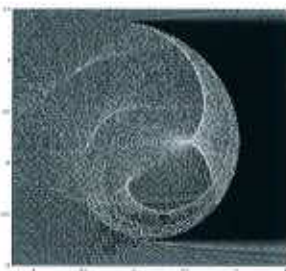


FIGURE 1 – Diffraction par un arc de spirale.

2.3.2 Analyse pseudo-différentielle

Pour confirmer théoriquement les performances de ces préconditionneurs, nous avons développé un outil de calcul pseudo-différentiel sur des courbes ouvertes. Cela nous a permis de prouver la conjecture. À notre connaissance, rien de comparable n'existe dans la littérature.

Théorème 2. *Il existe un opérateur compact K tel que*

$$\sqrt{-(\omega \partial_x)^2 - k^2 \omega^2} S_\omega = I_d + K$$

2.4 Publication

Ces idées seront soumises sous la forme de deux articles séparés. Le premier, plus court, énoncera les résultats sans démonstration et présentera les résultats numériques. Il sera soumis à un journal tel que *Journal of Computational Physics*. Le second, plus long, fournira les preuves des résultats annoncés. Il contiendra l'essentiel des outils théoriques pseudo-différentiels développés au cours de cette année. Ces articles sont à un stade avancé de rédaction, et devraient être soumis avant fin décembre.

3 Travail à venir

Plusieurs pistes de travail se dessinent. D'abord, l'extension de ces résultats au cas d'une surface ouverte en 3D nous semble facile à traiter en généralisant les outils développés précédemment. Cela devrait déboucher sur un article soumis rapidement après début janvier. D'autre part nous réfléchissons à l'extension des résultats au cas d'une courbe en 2D possédant un angle quelconque (le cas

d'une courbe ouverte est celui d'un angle de 2π). À plus long terme, cela nous permettrait d'être capables de traiter des "wedges" quelconques en 3D et donc des cas pertinents en pratique. Parallèlement, nous allons commencer en janvier à travailler sur la rédaction d'un cours papier numérique sur la méthode des équations intégrales en 2D intégrée à Gipsylab avec Matthieu Aussal.

vu. François Aouats, Directeur de Recherche





Direction Déléguée du Programme Doctoral

ATTESTATION D'ALLOCATION DE THÈSE MINISTÉRIELLE SPÉCIFIQUE POLYTECHNICIEN 2016

Je soussignée, Alexandra BÉLUS Directrice de la Direction Déléguée du Programme Doctoral certifie que M. AVERSENG Martin a obtenu une allocation de thèse Ministérielle d'un montant de 1684,93 € brut mensuel pour une durée de trois ans à compter du 1/09/2016.


Sujet de thèse : Décomposition en sinus cardinal et préconditionnement pour les équations intégrales.

Directeur de thèse : Alouges François

École Doctorale : ED574

Établissement d'inscription : École polytechnique

Fait à Palaiseau le, 21/06/2016


ÉCOLE POLYTECHNIQUE
Alexandra BÉLUS
Pour le Président et par délégation :
Directrice de la Direction Déléguée du Programme
Doctoral de l'École polytechnique

Numéro de l'assuré : 1 92 02 99 404 320 52
Nom de l'assuré :
AVERSENG MARTIN
Pour mes démarches, j'utilise mon compte Ameli :
<https://assure.ameli.fr>

ASSURANCE MALADIE DE PARIS
75948 PARIS CEDEX 19

M AVERSENG MARTIN
89 RUE DU CHATEAU
75014 PARIS

3646 Service 0,06 € / min
+ prix appel

mon
parcours
d'assuré

Le 22/11/2018



Pour être mieux
suivi... je déclare mon
médecin traitant et je
respecte le parcours
coordonné.

> MON ATTESTATION DE DROITS À L'ASSURANCE MALADIE

Cher monsieur AVERSENG,

Vous êtes affilié à un régime d'assurance maladie pour la protection de votre santé.

Pour faire valoir vos droits, vous trouverez ci-joint une attestation à présenter aux professionnels de santé (médecins, pharmaciens, etc.) si vous ne disposez pas de la carte Vitale.

En cas de changement d'activité, de déménagement, de mariage ou de naissance, pensez à informer rapidement votre organisme d'assurance maladie et à mettre à jour votre carte Vitale. Vos droits seront ainsi actualisés.

Avec toute mon attention,

votre correspondant de l'Assurance Maladie



La mise à jour de ma carte Vitale, c'est maintenant !

Des bornes de mise à jour sont à ma disposition dans toutes les caisses d'assurance maladie, les pharmacies et dans certains établissements de santé.



→ Votre attestation de droits à l'assurance maladie à présenter aux professionnels de santé

Numéro de l'assuré : 1 92 02 99 404 320 52

Nom de l'assuré :

AVERSENG MARTIN

Attestation de droits à l'assurance maladie

Valable du 22/11/2018 au 21/11/2019 sous réserve de changement dans la situation de l'assuré

organisme de rattachement sécurité sociale	code gestion	n° de sécurité sociale de l'assuré (à utiliser pour tous les bénéficiaires ci-dessous)	modulation du ticket modérateur
01 751 5541	10	1 92 02 99 404 320 52	
Bénéficiaire(s) nom de famille suivi d'un éventuel nom d'usage	n° de sécurité sociale du bénéficiaire (pour information)		né(e) le/rang
AVERSENG MARTIN a déclaré un médecin traitant	1 92 02 99 404 320 52		04/02/1992 1

Toute attestation de droits antérieure est à détruire.

Conformément à la loi Informatique et Libertés, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification des informations vous concernant auprès du directeur de votre Caisse.

La loi rend passible d'amende et/ou d'emprisonnement quiconque se rend coupable de fraudes ou de fausses déclarations (articles 441-1, et suivants du Code Pénal). En outre, la falsification ou l'établissement de faux documents, ainsi que l'utilisation de tels documents sont passibles d'une pénalité financière au titre des articles L.162-1-14 du Code de la Sécurité Sociale.



DIOT
Montagne

GBC MONTAGNE

SOCIETE DE COURTAGE EN ASSURANCES

Résidence le Grand Cœur – Bat. B
298 Avenue Maréchal Leclerc – CS 80023
73704 Bourg St Maurice CEDEX
Tél. : +33(0)4 79 07 05 88
Fax : +33(0)4 79 07 27 01

M. Martin AVERSENG
1 RUE SABINE

67000 STRASBOURG

Bourg St Maurice, le 22 novembre 2018

ATTESTATION RESPONSABILITE CIVILE

Nous, soussignés GBC MONTAGNE, certifions que **M. Martin AVERSENG** est garanti par le contrat **Multirisque Résidence secondaire** n° **AR335434**, contre les conséquences pécuniaires de la responsabilité civile qu'il peut encourir en raison des dommages corporels, matériels et pertes pécuniaires consécutives causés à autrui, au cours de sa vie privée.

La présente attestation, ne pouvant engager l'assureur au-delà des limites précisées par les clauses et conditions du contrat auquel elle se réfère, est délivrée pour servir et valoir ce que de droit, pour la période du 05/08/2018 au 05/08/2019.

GBC MONTAGNE

298 Avenue Maréchal Leclerc
Cs 80023
73700 BOURG ST MAURICE

GBC MONTAGNE

Société de Courtage en Assurances
298 Avenue Maréchal Leclerc - CS 80023
73704 Bourg Saint Maurice
Tél. 04 79 07 05 88 - Fax 04 79 07 27 01
N° ORIAS 17 007 353 - www.orientas.fr
RCS CHAMBERY 832805444 - APE 66227

www.diot-montagne.fr

GBC MONTAGNE : SAS au capital de 2.800.000 €. RCS Chambéry 832 805 444 - N° TVA FR51832805444. N° Orias : 17007353 www.orientas.fr. Sous le contrôle de l'ACPR – Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution – 4 Place de Budapest – CS 92459 - 75436 Paris Cedex 09. Assurance de Responsabilité Civile Professionnelle et Garantie Financière conformes au Code des Assurances. Nous percevons des commissions, et/ou des frais de gestion et/ou des honoraires.
Service réclamation : reclamations@gbc-mountain.com. Médiation (seulement si échec de la réclamation) : La Médiation de l'Assurance, Pole CSCA, TSA 50110, 75441 Paris Cedex 09 ou le.mediateur@mediation-assurance.org. Notre cabinet de courtage exerce ses activités selon les dispositions prévues à l'article L520-1-II-b du Code des Assurances.



Your payment request has been successfully recorded.

Payment details

Transaction identifier	999195
SHOP	POLYTECHNIQUEXDOC
URL address	http://jepaieenligne.systempay.fr/xxx
Shop ID	74264790



CARTE BANCAIRE: 380.00 EUR

Date / Time	22-11-2018 / 12:10:39 (GMT+1)
Card number	XXXXXXXXXXXX9700
Authorization number	402176
Merchant ID	2338387 001
Type	DEBIT VADS
CB transaction number	39770
Usage	Debit



Ce timbre et ce cryptogramme authentifient
l'émetteur et le présent document.
Scanner ce cryptogramme Datamatrix 2D-Doc pour vérifier l'émetteur et les
données de ce certificat.



Contribution de Vie Étudiante et de Campus

Année universitaire 2018 - 2019

ATTESTATION

N° de l'attestation **VER8 ZCNTSG 47**

Civilité **Monsieur**
Nom **AVERSENG**
Prénom **Martin**
Né(e) le **4 févr. 1992**
N° INE **1505006569F**

est en règle au regard de la Contribution de Vie Étudiante et de Campus

Émise le **19 juil. 2018 à 11:42**

Pour l'inscription dans mon établissement

- Si la procédure d'inscription en ligne vous demande de renseigner votre numéro d'attestation CVEC, vous saisissez les 12 caractères de cette attestation :
VER8 ZCNTSG 47
- Si vous vous inscrivez physiquement dans votre établissement :
Vous présentez votre attestation sur écran, ou sur papier si votre établissement l'exige.
Celui-ci peut :
 - scanner ce QRcode :



- saisir votre numéro d'attestation enrichi des 5 premières lettres de votre nom :
VER8 ZCNTSG 47 / AVERS