



ANNEXE 9.6

Ecole d'été régionale Franco-Roumaine en *Mathématiques Appliquées*

*Modélisations de la
déformation des cristaux.
Processus auto-similaires.*

Rapports des étudiants



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Adina CHIRILĂ

Report for the Regional Romanian-French Summer School in Applied Mathematics

Adina Chirilă

PhD student at Transilvania University of Braşov, Romania

The Regional Romanian-French Summer School in Applied Mathematics contributed to my professional and personal development. It provided a stimulating intellectual environment for all students who attended it. All courses proved to be useful since they were somehow related to the subject of my PhD thesis.

The courses that were related the most to my PhD thesis were those offered by Professor Ioan Ionescu and Dr. Umut Salman who presented The Eulerian description of the plasticity of the crystal and The phase field model for crystal deformation. In fact, I could ask them several questions on a topic in which I am very interested, namely Mechanics of generalized continua. First of all, the laboratories offered by Professor Ioan Ionescu revolved around the finite element method for several equations (heat, Navier Stokes, transport, phase field, orientation of a crystal). He helped us write the code and wanted to be sure that all of us had the right solutions and numerical simulations.

Since I also want to apply the finite element method in order to solve the practical aspects of my PhD thesis, I had the opportunity to start a discussion with Professor Ioan Ionescu and Dr. Umut Salman on how to explicitly apply this method for the equations that I am studying. Moreover, Professor Ioan Ionescu gave me some programs that he used with the students at the University Paris 13 in order to have a starting point for my project. Furthermore, Dr. Umut Salman suggested me another professor who works in the field of Cosserat continua and gave me an idea of a practical application for my project. In fact, I have already started to implement all these ideas in FreeFem++.

Last, but not least, I had the opportunity to have fruitful discussions with the other students on different fields of mathematics. All in all, this experience was a very useful one. I am most grateful to the organizers for offering me the opportunity to participate in the summer school.



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Mariana CHIVU

École d'été régionale franco-roumaine en mathématiques appliquées à Sinaia était pour moi une vraie expérience complète de choses intéressantes.

Parmi les plus excitant cours était la cour du professeur Ioan Ionescu. Des séminaires que monsieur les présentées ont été affectivement remplis de nouveaux laboratoires à mon avis, des simulations numériques qui ont attiré mon attention d'une manière agréable et aussi motivant.

L'une des discussions au cours de séminaires était sur l'équation de la chaleur. Plus précisément, nous avons donné sa formulation variationnelle, nous avons prouvé l'existence et l'unicité de la solution à l'aide de Lax-Milgram Lemme, puis pour obtenir l'approximation de la solution et de mettre en œuvre l'ordinateur, nous avons utilisé la méthode des éléments finis.

Avec toutes ces ressources, nous avons eu affaire avec la numérique et cette nous avons fait en utilisant FreeFam++ programme.



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Iulian CÎMPEAN

Report

Ecole d'été régionale franco-roumaine en mathématiques appliquées

Sinaia, 2-11 Juillet 2017

During the summer school, there have been plenty of interesting ideas which caught my attention. One of these ideas is in fact due to Landau and concerns the way crystals are assumed to pass from one state to another: simple, using the smallest energy, as nature always does. Therefore, in order to model, from a mathematical point of view, these transitions from one state to another, one has to find a convenient energy functional associated to the physical system, which is then minimized. As it is well known, such a minimization problem corresponds to solving the associated partial differential equation; we solved such equations, both theoretically and numerically, which was great. Clearly, the key point here is how to put the hands on the right energy functional (which is then minimized and so on), and on this subject I had some discussions with the lecturers, pointing out that, beside standard conservation laws, the invariance of the energy under orthogonal transformation is crucial.

Iulian Cimpean

20.07.2017



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Maria FĂRCĂȘEANU

L'étude des cristaux liquides s'est développée assez beaucoup ces dernières décennies grâce à leur applicabilité technologique, mais aussi au désir de trouver un modèle mathématique parfait pour les décrire. A travers le cours *Introduction aux Mathématiques des cristaux liquides* j'ai eu l'occasion de découvrir le fait que leur modélisation se fait à l'aide des équations aux dérivées partielles. J'ai étudié des aspects liés à la théorie des équations aux dérivées partielles, en faisant, en même temps, des connexions liées à l'algèbre linéaire, topologie et géométrie.

Le cours m'a offert l'opportunité d'apprendre des aspects de la théorie des équations aux dérivées partielles que je ne connaissais pas. Même si j'étais familiarisée avec la majorité de notions mathématiques présentées, le fait de les associer avec la modélisation des cristaux liquides a suscité mon intérêt et m'a poussée à vouloir découvrir davantage d'applications de mathématiques pures du monde réel.



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST
En partenariat avec

 La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath Le Groupement
de Recherche
International



Ahlem GALAI

GALAI Ahlem

Rapport du séjour

Séjour de participation à l'école d'été Sinaia 2017

(du 03 au 11 juillet 2017)

Par GALAI Ahlem Étudiante au doctorat en Mathématiques

(Université Tunis el Manar)

Je tiens avant tout à remercier l'équipe qui m'a vraiment très bien accueilli et à souligner la gentillesse et le professionnalisme du personnel concerné.

Ma participation à ce cours a parfaitement répondu à mes attentes, j'ai trouvé que le premier cours est très intéressant et enrichissant, puisqu'il s'agissait pour moi d'un domaine inconnu où j'aimerais approfondir mes connaissances. Ce cours porte sur les modélisations de la déformation des cristaux, assuré par Prof. Ioan R. Ionescu et – Dr. Umut Salman.

Plus largement, ma participation a été l'opportunité pour moi de découvrir le logiciel informatique Freefem++ ou du moins une partie, avec lequel on a effectué quelques applications numériques pendant des séances de travaux pratiques.

Les deux autres cours, assurés par Dr. Arghir Dani Zarnescu et Prof. Ciprian Tudor, aussi étaient d'une grande qualité que j'ai pu suivre, ainsi que j'ai eu l'honneur d'enrichir mes connaissances lors de ces séances.

Je suis très satisfaite de mon séjour à Sinaia. Je trouve que le programme est intéressant car les trois cours sont variés.

GALAI Ahlem



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Anndreea GRECU

A BRIEF OVERVIEW ON ONE OF MY INTERVENTIONS AT THE REGIONAL ROMANIAN-FRENCH
SUMMER SCHOOL IN APPLIED MATHEMATICS, JULY 3-11, 2017, SINAIA

Andreea Grecu

University of Bucharest and "Simion Stoilow" Institute of Mathematics of the Romanian Academy

In the following, I will give a brief overview on one of my interventions at the fourth edition of Regional Romanian-French Summer School in Applied Mathematics, concerning some proofs and implementations in FreeFem++, left as exercises by Professor Ioan Ionescu and also partially discussed in class.

Let $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ and $\Gamma_u \cup \Gamma_c = \partial\Omega$. Consider the following stationary Stokes flow equation:

$$(1) \quad \begin{cases} -\operatorname{div}(-\mathbf{p}I + 2\eta(\nabla\mathbf{v})^{sym}) = \rho b, & \text{in } \Omega \\ \operatorname{div} \mathbf{v} = 0, & \text{in } \Omega \\ \mathbf{v} = V, & \text{on } \Gamma_u \\ (-\mathbf{p}I + 2\eta(\nabla\mathbf{v})^{sym}) \cdot \mathbf{n} = F, & \text{on } \Gamma_c \end{cases},$$

where $(\nabla\mathbf{v})^{sym} = \frac{1}{2}(\nabla v + \nabla v^T)$.

I showed that exists a unique weak solution (\mathbf{v}, \mathbf{p}) for (1), using mainly the Lax-Milgram Theorem and the penalty method for the bilinear form. For particular cases of Ω , boundary conditions and physical constants η, ρ, b, V, F , I solved numerically the associated weak problem using the finite element method, the below illustrations of the numerical solution being obtained after the implementation in FreeFem++, for $\eta = 1, \rho b = 0$ and boundary conditions: on 1,3: $v_y=0$, on 2,4: $v_x=0.1$, on 5: $v_x=0, v_y=0$.

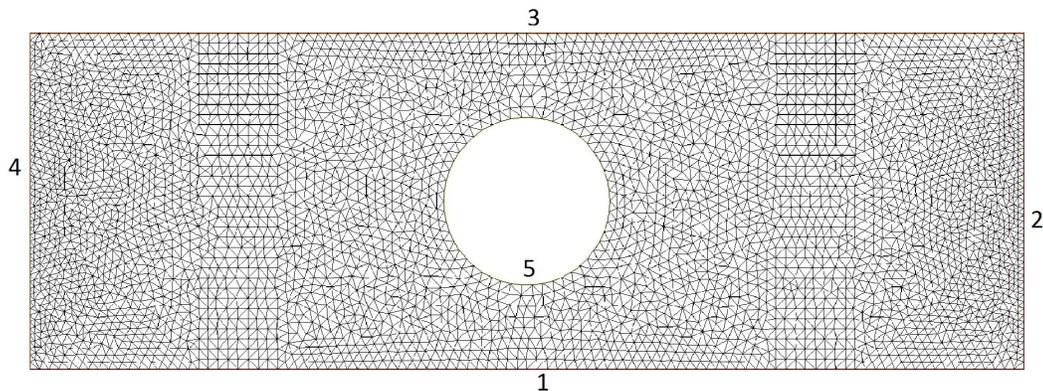


Figure 1: The triangularization of Ω

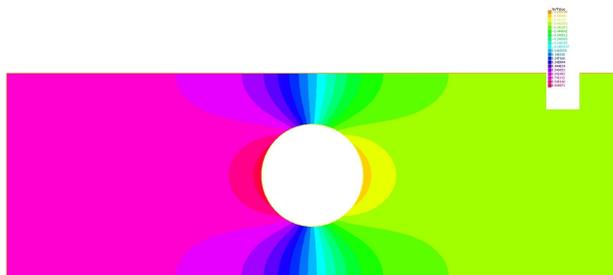


Figure 2: The pressure, \mathbf{p}

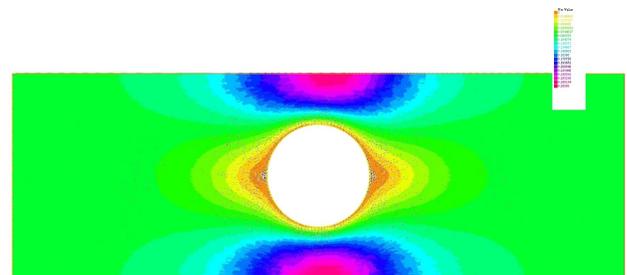


Figure 3: The velocity, \mathbf{v}



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST
En partenariat avec

 La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath Le Groupement
de Recherche
International



Cristina PALAMARCIUC

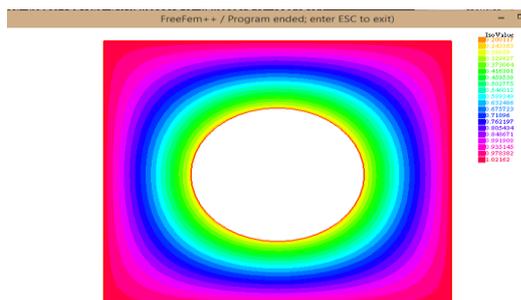
Pendant l'école d'été régionale franco-roumaine en mathématiques appliquées qui a lieu in Sinaia, je suivais les cours avec les sujets:

1. Plasticité des cristaux: une description Eulérienne.
2. Modélisation par champs des phases de la déformations des cristaux.
3. Processus autosimilaires: stochastique et analyse statistique.
4. Introduction aux Mathématiques des cristaux liquides.

Pendant les séminaires ont été organisés diverses applications pour renforcer les informations présentées dans la salle de classe. Au cours les séminaires sur le "Plasticité des cristaux: une description Eulérienne", présentés par le professeur Ioan R. Ionescu en collaboration avec le professeur Oguz Umut Salman, nous avons fait une série d'applications informatiques. Pendant les classes ont été exposées l'introduction à la mécanique des milieux continus et la plasticité dynamique des cristaux: un Eulerien approche. Au cours des séminaires, nous avons mené des petits programmes qui ont façonné consecutivement le problème de la chaleur, le problème de transport, le problème de la déformation du cristal dans le plan, l'écoulement/déformation d'un cristal dans une filière. Tous les problèmes ont été notés dans une application texte et exécutées avec l'aide de Freefem ++. Pour afficher les résultats graphiques, nous avons utilisé l'application ParaView(vs 5.4.0). Lors d'un séminaire nous avons beaucoup parlé sur le sujet de l'écoulement de Stokes et l'équation de transport. Après une analyse approfondie nous avons pu faire une formulation variationnelle pour "résolus" numériquement les problèmes en utilisant les méthodes des éléments finis et de Galerkin discontinue.

Ci-dessous il y a un petit morceau de code logiciel pour le problème de la chaleur créé dans le temps du séminaire et les résultats graphique:

```
1 //HEAT EQUATION
2 verbosity=1;
3 //Domain construction
4 real a=2,b=2,R=1;
5 border gama1(t=-a,a){x=t;y=-b;label=1;};
6 border gama2(t=-b,b){x=a;y=t;label=1;};
7 border gama3(t=a,-a){x=t;y=b;label=1;};
8 border gama4(t=b,-b){x=-a;y=t;label=1;};
9 border gama5(t=2*pi,0){x=R*cos(t);y=R*sin(t);label=2;};
10 int na=30,nb=30,nc=40;
11 mesh Th=buildmesh(gama1(na)+gama2(nb)+gama3(na)+gama4(nb)+gama5(nc));
12 plot(Th,ps="mesh.eps",wait=1);
13 //physical constants
14 real k=1;
15 //problem settings
16 real f=0,g=1, U=1;
17 fespace Vh(Th,P1);
18 Vh u,v;
19 problem heat(u,v)=int2d(Th)(k*(dx(u)*dx(v)+dy(u)*dy(v)))-int2d(Th)(f*v)-int1d(Th,2)(g*v)+on(1,u=U);
20 heat;
21 plot(Th,u,ps="heat.eps",value=1, wait=1, fill=true);
22
```





CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST
En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Mohamed SALAH



*Simion Stoilow Institute of Mathematics
of the Romanian Academy,
P.O. Box 1-764, RO -014700
Bucharest, Romania,
(Institution d'accueil)*

RAPPORT DE STAGE DE RECHERCHE DOCTORAL
École d'été régionale franco-roumaine en mathématiques
appliquées 3-11 juillet, 2017-Sinaia-Roumanie

Mohamed Ben Mohamed salah

2 août 2017

Thème du stage : Modélisations de la déformation des cristaux. Processus auto-similaires.

Dates/ période de mobilité : Du 03/07/2017 au 11/07/ 2017.

Responsable scientifique/ Directeur de thèse : Prof. Dr. Lucian Beznea, Directeur de l'Institut de Simion Stoilow de l'Académie Roumaine et Professeur d'Enseignement Supérieur la Faculté de Mathématiques et Informatique de l'Université de Bucharest.

Je soussigné Mohamed Ben Mohamed salah, doctorant en mathématique en cotutelle entre l'Université de Tunis El-Manar et l'Institut de Simion Stoilow de l'Académie Roumaine, déclare avoir effectué un stage en Sinaia-Roumanie du 03 Juillet 2017 au 11 Juillet 2017, suite à une invitation du Prof. Dr. Lucian Beznea.

Ce stage est effectué à Sinaia en partenariat par l'Université de Bucharest et l'Institut de Simion Stoilow de l'Académie Roumaine.

Ce stage est effectué à Sinaia-Roumanie, par le doctorant Mohamed Ben Mohamed salah chercheur à la faculté des sciences de Tunis.

Remerciements

Les travaux présentés dans ce rapport de stage ont été réalisés durant les 9 jours à Sinaia-Roumanie de 03 Juillet 2017 au 11 juillet 2017.

Nous teignons tout d'abord à remercier l'Agence Universitaire de la Francophonie qui finance intégralement mon stage.

Nous remercions aussi les membres de la Comité d'organisation de l'école d'été en Mathématiques Appliquées qui ont contribué à ce que mon stage se déroule dans les meilleurs conditions possibles.

Nous teignons aussi à exprimer toute nos gratitude envers Monsieur le professeur Lucian Beznea qui a dirigé nos recherches pendant ce stage. Nous avons pu, à son contact, profiter de son expérience ainsi que son enthousiasme pour la recherche.

Enfin, merci toute l'équipe de l'hotel "Statiunea Zoologica Sinaia" pour son accueil, sa disponibilité et sa bonne humeur permanente

Plan du Stage

J'ai participé au stage de Mathématiques qui se déroula à Sinaia du 03 Juillet au 11 Juillet.

La thématique du stage est "*Modélisations de la déformation des cristaux. Processus auto-similaires*".

Le programme du stage est le suivant :

1. **Période : 3-6 Juillet** : Au cours de cette période, j'ai assisté aux exposés suivants : "*Plasticité des cristaux : une description Eulérienne-Prof. Ioan R. Ionescu, Université Paris 13, France*" et "*Modélisation par champs des phases de la déformation des cristaux-Dr. Umut Salman, Université Paris 13, France*".

Tout au long de ces deux exposés, j'ai appris à maîtriser des techniques délicates utilisées en Théorie de la Modélisations de la déformation des cristaux, en effet :

- Développer un taux Eulérien dépendant du modèle monocristal qui explique les taux de grands déformation et les rotations.
- La loi visco-plastique et les équations d'évolution pour le treillis écrit en fonction de la configuration actuelle.
- La loi visco-plastique est obtenue partir de la loi de Schmidt en utilisant une approche de surtension.

- Les stratégies de calcul associées utilisant certaines techniques de la plasticité dynamique et de la dynamique des gaz.
- Les techniques irrégulières peuvent gérer les interfaces flux/non flux et décrire les orientations du treillis.
- Même à des taux de contrainte relativement faibles, la viscosité joue un rôle important ; rôle dans le développement des modes de déformation localisés.

Aussi nous avons mis en œuvre le logiciel **Freefem++** qui est un freeware développé au Laboratoire Jacques-Louis Lions de l'Université Pierre et Marie Curie, porté sous Windows, Unix et Mac OS et dédié à la résolution d'équations aux dérivées partielles par des méthodes de type éléments finis.

2. **Période : 7-8 juillet** : Le titre de l'exposé est :

"Introduction aux Mathématiques des cristaux liquides-Dr. Arghir Dani Zarnescu, IMAR Bucarest, Roumanie, BCAM Bilbao, Espagne."

3. **Priode : 10-11 Juillet** : Le titre de l'exposé est :

Processus auto-similaire : Analyse stochastique et statistique-Prof. Ciprian Tudor-Université de Lille 1, France

Durant le stage nous avons ensuite eu droit à "de petites pauses goûter" qui n'étaient pas de refus. Ces petits moments de collations ont permis à toutes les personnes du stage de pouvoir se rapprocher, parler et ainsi commencer à nouer des liens.

Je tiens donc à remercier toute l'équipe responsable de l'organisation ainsi que tous les intervenants pour cette excellente semaine et pour toutes les connaissances acquises durant le stage. Je souhaite une bonne continuation à ce projet.



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST
En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Alexandra TEODOR

July 20, 2017

Regional Romanian-French Summer School in Applied Mathematics

Dear Organizers,

As a Ph.D. student at the “Simion Stoilow” Institute of Mathematics of the Romanian Academy, it was a great pleasure for me to participate at this year's edition of the Regional Romanian-French Summer School held in Sinaia.

The subjects were very attractive and the program helped me develop my mathematical knowledge. The lectures of the school were interactive, giving as example the seminars for the course “Plasticity of crystals. An Eulerian approach” presented by Prof. Ioan R. Ionescu where we have done some applications together on the computer, using FreeFem++, a partial differential solver which uses the finite element method. This said, I've become familiar with the syntax of this software, learned to simulate classical 2D mathematical models such as the heat equation, Stokes equation (the linearized version of the Navier-Stokes equation which describe the motion of viscous fluid substances), transport equation and in the last seminary we combined the last two models to reproduce the passing of a crystal through a fluid in a bent tube and its deformation.

During these seminars I had several discussions with our teacher regarding the tasks given, the difficulties in understanding the programming language as well in understanding the graphical representation of the models. For example, one such intervention was asking for help regarding some errors when I implemented the Stokes equation for the bent tube. After receiving the advice I succeeded in writing the code correctly for the geometry of the tube.

Thank you again for giving me the opportunity to participate at this summer school which I found very useful for my career.

Best regards,
Alexandra Teodor



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST
En partenariat avec

 La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath Le Groupement
de Recherche
International



Alexandra TUDOR

L'École d'été de cette année était différent des autres auxquelles j'ai assisté. Toutes les écoles ont été intéressants à leur manière, mais pour moi, cet École d'été a été le plus intéressant de toutes. J'ai aimé tous les cours, mais J'ai aimé beaucoup comme a enseigné le professeur Ioan R. Ionescu.

C'est la première fois que nous avons besoin utiliser le portatif à l'école d'été. Je l'ai trouvé très intéressant que j'ai appris à utiliser le programme Freefem ++ et j'ai pu voir le graphic de l'équation de la chaleur et voir ses progrès.

J'ai fait plus de problèmes avec Freefem ++ programme, mais ces ont attiré mon attention notamment. La façon dont nous avons appris à écrire en Freefem ++ a été: premier nous avons appris les formules mathématiques qui le professeur les écrit au tableau, puis nous disait comment écrire en Freefem ++, et si nous avions des problèmes, il nous a aidé immédiatement.

Pour cette raison j'ai socialisé avec tous les collègues, parce que quand à l'un d'entre nous le programme ne fonctionnait pas, nous nous avons aidé jusqu'à ce que on fonctionnait à tous.

Je suis aimé beaucoup et le dernier cours : "Processus auto-similaire :Analyse stochastique et statistique" parce qu'on a été comme un séminaire dans lequel tous échangeons des idées et essayons de résoudre les problèmes.

Cela nous a déterminé à faire attention et essayer de comprendre autant que possible, pour que nous puissions engager dans les discussions. J'aime quand un professeur ne donne pas la démonstration directe d'un problème au tableau noir ; il nous demande poser des questions sur ce que nous croyons. De cette façon, sans nous réalisons, nous faisons la démonstration. À mon avis, cela nous a aidés à développer notre façon de penser.



CENTRE FRANCOPHONE
EN MATHÉMATIQUES
BUCAREST

En partenariat avec



La Faculté de Mathématique et
Informatique de l'Université
de Bucarest

ECOMath

Le Groupement
de Recherche
International



Vasile UȚĂ

Résumé

Dans ce rapport, je voudrais souligner que l'une des leçons les plus intéressantes dans tout l'école d'été à été la formulation variationnelle de l'équation de Stokes:

$$\begin{cases} -\operatorname{div}(-pI + 2\eta D(v)) = \rho b \\ \operatorname{div}(v) = 0 \\ v|_{\Gamma_u} = V, \sigma_u|_{\Gamma_\sigma} = F. \end{cases}$$

J'ai choisi cette leçon en raison du facteur d'impact de l'équation de Stokes dans la théorie des équations aux dérivées partielles, et en raison de son application pratique.

Un autre aspect intéressant le long de ces cours à été la simulation numérique avec le logiciel FreeFm++, à la fois sur les problèmes mentionnés ci-dessus et des autres problèmes tels que les équations de Navier Stokes.

À mon opinion, le modèle le plus intéressant était le suivant: Extrusion in an equal channel angular die (en.).

Remarquablement, les techniques utilisées dans la modélisation sont des techniques utilisées pour la dynamique de la plasticité et de gaz, et la viscosité joue un rôle crucial dans la localisation de déformation.