

INSA de Toulouse
Institut de Mathématiques de Toulouse
Poste 26 PR 4028

Candidat

Nom

NOBLE

Prénom

Pascal

DOSSIER DE CANDIDATURE
AU CONCOURS EXTERNE
DE PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS
POUR L'ANNÉE 2013

TABLE DES MATIÈRES

Le dossier de candidature est constitué de :

1. Curriculum vitae détaillé
2. Description de l'activité de recherche
3. Programme de recherche
4. Références Bibliographiques
5. Activité d'enseignement
6. Liste complète des contributions

7. La déclaration de candidature de GALAXIE datée et signée
8. Une copie du diplôme de l'Habilitation à Diriger des Recherches
9. Le PV de soutenance de l'Habilitation à Diriger des Recherches
10. Une photocopie d'une pièce d'identité avec photographie

CURRICULUM VITAE DETAILLE

Nom : NOBLE
Date et lieu de naissance : 26/06/1976, Gien (45) (France)
Nationalité : Française
Adresse postale : 28 Rue du Doyenné
69005 Lyon
France
Prénom : Pascal
Sexe : M
N° de téléphone : 04 72 44 80 52 (bureau), 06 65 32 72 11 (mobile)
Adresse électronique : noble@math.univ-lyon1.fr
Page Web personnelle : <http://math.univ-lyon1.fr/noble>

1. Diplômes

Habilitation à diriger des recherches

Intitulé : Analyse d'écoulements en eaux peu profondes et stabilité de solutions périodiques pour les équations de Saint Venant et des systèmes hamiltoniens discrets

Date de soutenance : 4 décembre 2009

Jury : S. Benzoni-Gavage, M. Haragus (rapporteur), D. Lannes (rapporteur), J.-M. Roquejoffre, J.-C. Saut (président), D. Serre, J.-P. Vila

Établissement ayant délivré le diplôme : Université Claude Bernard Lyon 1

Organisme d'accueil : Institut Camille Jordan

Doctorat

Intitulé : Méthodes de variétés invariantes pour les équations de Saint Venant et les systèmes hamiltoniens discrets

Date de soutenance : 18 décembre 2003

Jury : S. Benzoni Gavage (rapporteur), S. Flach, G. Iooss (rapporteur), G. James, É. Lombardi, J.-P. Ramis (président), J.-M. Roquejoffre, J.-P. Vila

Établissement ayant délivré le diplôme : Université Paul Sabatier Toulouse 3

Organisme d'accueil : Laboratoire de Mathématiques pour l'Industrie et la Physique

Qualification aux fonctions de professeur des universités

- Section 26 (Mathématiques Appliquées) en février 2010. Numéro de qualification : 10126142837
- Section 60 (Mécanique) en février 2013. Numéro de qualification : 13160142837

2. Parcours Professionnel

Situation professionnelle actuelle

Fonction : Maître de conférence

Établissement : Université Claude Bernard Lyon 1

Date d'entrée en fonction : 1er février 2005

Déroulement de carrière

<i>Dates début</i>	<i>Dates fin</i>	<i>Établissements</i>	<i>Fonctions et statut</i>
01/09/1997	31/08/2001	École Normale Supérieure de Lyon	Élève (Fonctionnaire Stagiaire)
01/09/1999	31/08/2000	École Normale Supérieure de Lyon	Agrégation Externe de Mathématiques
01/09/2000	31/08/2004	Université Toulouse 3	Doctorant
01/09/2004	31/01/2005	Vrije Universiteit (Amsterdam)	Post-Doctorant
01/02/2005		Université Lyon 1	Maître de Conférence

Titulaire de la PEDR puis de la PES depuis Septembre 2006

3. Activité de recherche

Thèmes de recherche

Thème 1 : Modélisation et simulation d'écoulements de films minces

- Obtention (formelle) de modèles de Saint Venant : écoulements newtoniens sur topographie quelconque, écoulements non newtoniens (Bingham, loi de puissance, viscoélastique), écoulements bi-fluide (liquide/liquide ou liquide/gaz).
- Preuve de convergence et consistance de modèles de Saint Venant pour les fluides newtoniens.
- Simulations numériques de films minces avec tension de surface

Thème 2 : Instabilités hydrodynamiques

- Ondes progressives périodiques : stabilité spectrale (analyse de Bloch), modulationnelle (non linéaire), comportement asymptotique (équations de Whitham : obtention et justification).
- Applications aux équations de Saint Venant, Korteweg-de Vries/Kuramoto-Sivashinsky (roll-waves), Swift-Hohenberg, réaction diffusion (instabilité de convection).

Thème 3 : Théorie des systèmes dynamiques appliquée à la physique

- *Chaînes infinies d'oscillateurs*. Oscillations localisées (breathers) : mappings en dimension infinie, variété centrale, forme normale.
- *Systèmes finis d'oscillateurs couplés*. Oscillations localisées sur une liaison atomique : continuation analytique/ numérique.

Production scientifique

<i>Nombre de publications</i>	<i>Total</i>	<i>ces 10 dernières années</i>	<i>ces 5 dernières années</i>
Revue à comité de lecture	22	22	17
Notes et Actes de Conférences	5	5	3
Conférences Invitées	12	12	8
Séminaires	34	33	23

Invitations à l'étranger

- 01/03/2003-30/04/2003 : Institut Max Planck de Dresde, invitation de S. Flach (contrat pré-doc).
- 01/06/2005-31/08/2005 : Université de Crète, invitation de S. Filipas (RTN Fronts and Singularities).
- 01/2009 et 04/2012 : Université de Séville, invitation de E.D. Fernandez-Nieto (séjours deux semaines).
- 11/2010, 04/2011, 11/2011, 03/2012 et 04/2013 : Université d'Indiana (USA), invitation de K. Zumbrun (séjours deux semaines).

4. Encadrement de thèses

Nom : Valérie Le Blanc

Taux d'encadrement : 50% (avec F. Filbet, Université Lyon 1)

Intitulé : Stabilité d'ondes périodiques, Schémas numériques pour le chimiotactisme

Date de Soutenance : 24/06/2010

Etablissement : Université Claude Bernard Lyon 1

Situation actuelle : Professeur en Classe Préparatoire aux Grandes Écoles

Nom : Amélie Rambaud

Taux d'encadrement : 50% (avec F. Filbet, Université Lyon 1)

Intitulé : Analyse d'écoulements à surface libre à l'aide de modèles de Saint Venant multicouches ; Schémas numériques pour la limite de relaxation dans les lois de conservations hyperboliques.

Date de Soutenance : 05/12/2011

Etablissement : Université Claude Bernard Lyon 1

Situation actuelle : Recrutée Maître de Conférence à l'Université du Bió-Bió (Chili) en Mars 2013

5. Responsabilités collectives

Projets de recherche financés

Nature du projet : Bonus Qualité Recherche (BQR Lyon 1)

Intitulé : Modélisation et analyse mathématique pour les avalanches de neige, les écoulements de boue et de laves torrentielles *Date début-Date fin* : du 01/09/2006 au 31/08/2007

Participants : D. Bresch (Univ Savoie), L. Chupin (INSA Lyon), P. Noble (porteur)

Dotation : 5000 euros

Nature du projet : ANR Jeunes Chercheurs/Jeunes Chercheuses

Intitulé : Shallow Water for Complex Fluids (SWEFCF) *Date début-Date fin* : du 01/10/2009 au 30/09/2013

Participants : S. Delcourte, E.D. Fernandez-Nieto, F. Filbet, D. Le Roux, P. Noble (porteur), L.-M. Rodrigues, J.-P. Vila

Dotation : 80000 euros

Expertises

- *Membres de commissions de spécialistes* : ENS Lyon (2006-2008), Université Blaise Pascal (Clermont Ferrand : 2006-2008), Université Lyon 1 (2008-2010), Université Marseille 3 (2012), Université Bordeaux 1 (2012), Université de Nantes (2013).
- *Jury de l'agrégation externe de mathématiques*, analyse, calcul scientifique (option B) depuis 2008.
- *Jury de thèse* : V. Guyonne, H. Elrofay (Vrije Universiteit, Amsterdam), M. Fraisse, M. Boutounet (Université Toulouse 3), Arghya Samanta (Université Pierre et Marie Curie, rapporteur), Marthe Roux (Université Toulouse 3).
- *Expertises pour le compte de l'ANR* : Programme Blanc
- *Expertises d'articles* : Nonlinearity, SIAM Math Analysis, Journal of Fluid Mechanics, SIAM Appl.Math, Comm. Math. Sciences, Proceedings of the Edimburgh Mathematical Society, Physica D.

Organisation

- *Séminaire MMCS (Lyon 1)* : organisation du séminaire commun ENS/Lyon1 (09/2006-06/2008)
- *Organisation de Conférences* :
 - Co-organisation du congrès HYP2006 (07/2006, Lyon),

- Co-organisation des journées EDP Rhône-Alpes (11/2007) et du GDR MOAD (03/2008, Lyon).
- Organisation d'une session "Stabilité de solutions périodiques pour les lois de conservation" de la conférence SIAM Nonlinear waves (07/2008, Rome).
- Organisation de la réunion de lancement de l'ANR JCJC SWECF (février 2010, Lyon).
- Organisation du colloque : "Dispersive Shock Waves : tsunamis, tidal waves and superfluids" au CIRM (01/2013, 40 participants).

6. Enseignement

Enseignements de licence

- TD L1 *Analyse* (2009-, 36h ETD)
- Cours L1 *Analyse* (2010, 36h ETD)
- TD L2 *Introduction aux EDO et EDP* (2009, 36h ETD)
- TD et Kholles L2 *Fonctions de plusieurs variables* (2012, 36h+24h ETD)
- TD L3 *Calcul Différentiel* (2007-2010, 36h ETD)
- TD L3 *Calcul Intégral* (2010, 36h ETD)
- TD/TP L3 *Analyse Numérique* (2011-, 24h+12h ETD)

Enseignements de master

- Cours/TD M1 *Optimisation* à l'Institut de Sciences Financières et d'Assurance (2007-2009, 36h+24h ETD)
- TD M1 *Introduction aux équations différentielles* (2005-2008, 36h ETD)
- Cours M1 *Introduction aux équations aux dérivées partielles* (2008-2010, 36h ETD)
- Cours M2 *Modélisation et analyse mathématique des écoulements de faible profondeur* (2009, 36h ETD)
- Préparation à l'agrégation externe de mathématique *Analyse, Calcul Scientifique* (2005-2008, 36h ETD)

Délégations/CRCT

- 01/09/2009-31/01/2010 : Délégation CNRS
- 01/02/2011-31/08/2011 : CRCT du CNU 26
- 01/02/2012-31/08/2012 : Décharge ANR JCJC (96h ETD)
- 01/02/2013-31/08/2013 : Décharge ANR JCJC (48h ETD)

DESCRIPTION DE L'ACTIVITÉ DE RECHERCHE

Nom: NOBLE Prénom: Pascal

Je détaille les thèmes 1 et 2 qui occupent l'intégralité de mon activité de recherche depuis 2009.

Thème 1 : Modélisation et Simulation de Films Minces**1. Description du problème : contexte scientifique et objectifs**

Le mascaret est une vague remontant un fleuve ou une rivière sur plusieurs kilomètres : c'est un exemple parmi d'autres d'une onde se propageant à la surface d'un film liquide "peu profond". Cette notion de profondeur est relative. Pour la définir, on mesure le rapport entre la hauteur moyenne H du film liquide et une longueur caractéristique λ sur laquelle varie l'écoulement. On appelle $\varepsilon = H/\lambda$ le rapport d'aspect. Le film liquide est dit "mince" ou "peu profond" si $\varepsilon \ll 1$: typiquement un fleuve ou une rivière. Un grand nombre d'exemples d'écoulements de films minces viennent de la nature : une coulée de boue ou de lave torrentielle, une coulée de lave volcanique, un tsunami ou encore l'écoulement des glaciers.



FIGURE 1 – A gauche : Coulée de lave au piton de la fournaise. A droite : Coulée de boue et protection

Le système d'équations de Saint Venant, noté (SV), est un modèle très populaire pour décrire l'écoulement d'un film liquide "mince" sous l'action de la gravité (et éventuellement d'autres forces comme la tension de surface, la force de Coriolis ou la traction du vent). Il décrit l'évolution de la hauteur de fluide, h , et celle de la vitesse "horizontale" (i.e. parallèle à la pente) moyenne \bar{u} , au cours du temps. Pour un film s'écoulant sur un plan incliné et selon les applications, il peut prendre la forme générale suivante :

$$(SV) \quad \begin{cases} \partial_t h + \partial_x (h\bar{u}) = 0, \\ \partial_t (h\bar{u}) + \partial_x (h\bar{u}^2 + P(h)) = gh \sin(\theta) - c_f(h)|\bar{u}|^m \bar{u} + \nu \partial_x (h \partial_x \bar{u}) + \sigma h \partial_{xxx} h, \end{cases} \quad (1)$$

où ν est la viscosité du fluide, σ le coefficient de tension de surface, θ la pente, g la constante de gravité et c_f un coefficient de friction.

Pour les applications visées, la **viscosité du fluide** (à travers la contrainte au fond) et la **gravité** jouent un rôle prépondérant. Cette situation se rencontre fréquemment dans la nature : écoulement d'une rivière (régime turbulent), avalanches de neige dense, coulées de boues ou de laves volcaniques. Les équations de Saint Venant servent alors à concevoir des systèmes de protection (digues, paravalanches) ou à déterminer des zones à risques (couloirs d'avalanches, zones inondables). Les applications sont également industrielles, l'objectif étant de contrôler des écoulements de films minces : peintures, pâtes alimentaires, huiles, eau, métal en fusion (applications au BTP, photographie, sidérurgie, industrie automobile). La plupart des fluides évoqués ont un **comportement complexe "non newtonien"** : la déformation du fluide n'est pas proportionnelle à la contrainte qui lui est appliquée.

L'écoulement du fluide est décrit par les équations de Navier-Stokes incompressibles et à surface libre (notées NS). Les inconnues sont la vitesse du fluide $\vec{u} = (u_H, u_V)$ où $u_H \in \mathbb{R}^d$ ($d = 1, 2$) désigne la vitesse "horizontale" et $u_V \in \mathbb{R}$ la vitesse "verticale" du fluide, la pression p et le **domaine fluide variable** :

$$\Omega(t) = \{(x, z) \mid x \in \mathbb{R}^d, 0 \leq z \leq h(x, t)\},$$

où h est la hauteur de fluide. Ici x est une variable curviligne paramétrant le fond et z la variable dans la direction perpendiculaire au fond. La présence de la surface libre rend le problème difficile à étudier tant analytiquement que numériquement. D'un point de vue mathématique, c'est un système mixte parabolique/hyperbolique et il est très difficile d'adapter ce qui est connu pour les équations de Navier-Stokes à domaine borné : par exemple l'analogie "surface libre" du résultat classique d'existence globale et d'unicité de solutions de (NS) incompressibles pour les solutions de petite amplitude n'a été établi que très récemment [GI12]. Pour les fluides non newtoniens, le problème reste ouvert.

En pratique, on utilise donc des *modèles réduits*. Les modèles (SV) font partie de cette catégorie : ils portent uniquement sur la hauteur de fluide h et la vitesse horizontale moyenne $\bar{u} \approx h^{-1} \int_0^h u_H(\cdot, z) dz$. On s'affranchit ainsi du problème de surface libre et on réduit la dimension du système. Les équations (SV) sont obtenues en faisant des hypothèses de modélisation basées sur une analyse dimensionnelle des effets physiques pertinents. Ceux ci sont mesurés à l'aide de nombres sans dimension :

- le paramètre d'aspect ε ,
- le nombre de Reynolds R_ε , représentant le rapport entre les forces d'inerties et les forces visqueuses. Le nombre de Reynolds indique si un écoulement est turbulent (sillage d'avion ou rivière) ou non (coulée de lave, écoulement fluvial),
- le nombre de Froude F (pour les écoulements gravitaires) représentant le rapport entre les forces inertielles et de pesanteur.

D'autres nombres sans dimension peuvent jouer un rôle selon les situations étudiées comme le nombre de Bond (rapport forces de pesanteur/tension de surface) ou le nombre de Rossby (le rapport forces inertielles/force de Coriolis). Les équations (SV) sont en général utilisées comme une approximation de (NS) lorsque l'écoulement est peu profond, $\varepsilon \ll 1$ et le nombre de Reynolds pas trop grand.

Pour définir la qualité d'approximation de (NS) par (SV), on utilise les notions de *consistance* et de *convergence* similaires à celles introduites pour les schémas numériques. On part de (NS) et (SV) écrites en variables sans dimension et notées $(NS)_\varepsilon$ et $(SV)_\varepsilon$ (les autres nombres sans dimension sont fixés) et on note $(\vec{u}_\varepsilon, p_\varepsilon, h_\varepsilon)$ une solution exacte de $(NS)_\varepsilon$, qu'on notera $NS_\varepsilon(\vec{u}_\varepsilon, p_\varepsilon, h_\varepsilon) = 0$. On introduit également la vitesse moyenne $v_\varepsilon = h_\varepsilon^{-1} \int_0^{h_\varepsilon} u_{\varepsilon, H}(\cdot, z) dz$. Un modèle (SV) est

- *consistant* si $SV_\varepsilon(h_\varepsilon, v_\varepsilon) = R_\varepsilon$ et $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} R_\varepsilon = 0$ (pour une norme bien choisie).
- *précis à l'ordre n* si $R_\varepsilon = O(\varepsilon^n)$ (pour une norme bien choisie).

Si on choisit en plus la solution \bar{h}, \bar{u} de $(SV)_\varepsilon$ telle que $(\bar{h}, \bar{u})|_{t=0} = (h_\varepsilon, v_\varepsilon)|_{t=0}$, le modèle (SV) est convergent (pour une norme à choisir) si

$$\bar{h} - h_\varepsilon = O(\varepsilon^n), \quad \bar{v} - v_\varepsilon = O(\varepsilon^n).$$

En théorie de propagation des vagues (dont relève le mascaret), les équations d'Euler incompressibles et irrotationnelles sont le point de départ et il existe une littérature mathématique très importante sur la preuve de convergence de (SV) (sans terme source, ni viscosité ou tension de surface) et de ses corrections dispersives (en particulier les équations de Serre-Green Nagdhi : voir par exemple les récents travaux de D. Lannes et ses co-auteurs [AL08]). En contrepartie, il y'a très peu de résultat de justification quand les effets visqueux sont importants. Pire, bien que très utilisés, les modèles (SV) sont obtenus, jusqu'à la fin des années 90, de manière heuristique : sauf cas très particuliers, la plupart de ces modèles ne sont pas consistants avec (NS) !

Les premiers modèles consistants pour les fluides **newtoniens** sont obtenus formellement en 1998 [RM98] (ordre 1) et 2000 [GP01] (ordre 2). Les *conditions aux limites au fond* jouent un rôle essentiel. Dans [RM98], on considère un écoulement mince de fluide avec conditions de non glissement au fond et un nombre de Reynolds d'ordre 1 reproduisant certaines expériences de [LSG95] : la solution de (NS) est approchée à l'aide

d'une méthode de Galerkin (fonctions polynomiales en z) et les équations de (SV) sont ensuite obtenues à l'aide d'une projection sur une base bien choisie. Les modèles obtenus dépendent donc du procédé d'approximation et de projection. Dans [GP01], le fluide s'écoule sur un fond plat avec un grand nombre de Reynolds $R_e = O(\varepsilon^{-1})$, et une condition de glissement au fond : les hypothèses sont choisies pour satisfaire l'hypothèse originale de Saint Venant, $u_H = \bar{u} + O(\varepsilon)$. Cette approche est mathématiquement correcte et a été étendue depuis à d'autres écoulements : fluides viscoplastiques, viscoélastiques, écoulements à topographie quelconque. Cependant certaines hypothèses de modélisation sont discutables : par exemple, le nombre de Reynolds est asymptotiquement grand alors que l'écoulement est supposé laminaire. De même, l'hypothèse de glissement au fond avec longueur de glissement d'ordre $O(\varepsilon^{-1})$ est sujette à caution notamment pour décrire les coulées de lave ou les fleuves de glaces. Enfin, il n'y a pas de preuve de convergence dans les études pré-citées.

Pour résumer, les objectifs à atteindre sont

1. Obtenir des modèles (SV) consistants pour des écoulements complexes de films minces,
2. Prouver la convergence des modèles (SV) obtenus,
3. Quantifier les limites de validité des modèles (SV) à l'aide de simulations numériques.

2. Contributions principales

1. Obtention de modèles (SV) d'ordre 1 et 2 (publications 3,13,15,18,30)

- *Méthodologie* : On se place dans le cas de fluides visqueux (R_e d'ordre 1) et $\varepsilon \ll 1$: les forces de viscosité et de pesanteur s'équilibrent et un régime quasi-permanent s'établit. On peut alors faire un développement asymptotique du champs de vitesse et de pression en fonction de ε , h et ses dérivées partielles. On en déduit alors un développement asymptotique de v_ε . On cherche alors les modèles (SV) sous une forme générale et on choisit les coefficients de (SV) compatibles avec le développement de v_ε à l'ordre 1 (pour les modèles d'ordre 1) ou à l'ordre 2 (pour les modèles d'ordre 2). Cette approche fournit une *famille de modèles* (SV) consistant avec (NS) à l'ordre 1 et 2.
- *Résultats obtenus* :
 - (a) **Modèles (SV) d'ordre 1 pour les films newtoniens sur une topographie quelconque** : on s'affranchit ici de l'hypothèse de faible courbure du fond rencontrée dans les études précédentes [BW04,MBV05]. On peut alors proposer des critères de stabilité d'écoulements stationnaires sur topographie quelconque, chose difficile à réaliser sur (NS) [EJL11].
 - (b) **Modèles (SV) d'ordre 1 pour les écoulements bi-fluides (newtoniens) sur un plan incliné** : on généralise les modèles à deux équations portant uniquement sur les hauteurs de fluides [K99]. On peut ainsi étudier des instabilités hydrodynamiques de type roll-waves (cf thème 2).
 - (c) **Premiers modèles (SV) d'ordre 1 pour les fluides en loi de puissance et de Bingham** : la difficulté essentielle est de traiter correctement la divergence de la viscosité apparente, à la surface libre pour les fluides en loi de puissance et dans une zone de déformation quasi-nulle pour les fluides de Bingham.
 - (d) **Modèles (SV) d'ordre 2 pour les fluides en loi de puissance** : en introduisant une formulation "faible" des équations (NS), on obtient un développement du champ de vitesse à l'ordre 2 mais la vitesse n'est plus bornée mais seulement intégrable en la variable z . On obtient les premiers modèles consistants d'ordre 2 dans le cas rhéofluidifiant et on étend les modèles existants dans le cas rhéopaississant [Ru12,Am12].

2. Convergence de modèles (SV) pour les fluides newtoniens (publications 12,21)

- *Méthodologie* : L'ingrédient principal dans la preuve de convergence de modèles (SV) $_\varepsilon$ est de disposer d'une théorie d'existence adéquate de solutions de (NS) et ensuite de tracer leur dépendance vis à vis de ε . Le système (NS) à surface libre est mixte parabolique/hyperbolique : on perd donc au passage le caractère parabolique de (NS) incompressible en domaine borné. On se restreint au

passage $(NS) - 2d \Rightarrow (SV) - 1d$ pour les fluides newtoniens. Les premiers résultats d’existence de solutions reposent sur le passage aux coordonnées lagrangiennes pour retrouver un problème parabolique ou bien par introduction de la tension de surface [Be]. Les coordonnées lagrangiennes sont assez peu adaptées (sauf cas particulier!) à la dérivation de modèles et l’ajout de la tension de surface est une restriction à certaines applications (écoulements géophysiques). L’une des difficultés est qu’on n’a seulement un contrôle sur le taux de déformation et il faut recourir aux inégalités de Korn pour récupérer l’effet régularisant de la viscosité. L’existence et l’unicité de solutions dans un cadre “eulérien” et sans tension de surface n’a été résolu que très récemment par Guo [GI12]. L’autre difficulté dans la preuve de convergence est évidemment de traquer les dépendances des différentes constantes utilisées dans les inégalités de Korn, Poincaré, Ladyzenskaia par rapport à ε .

– *Résultats obtenus :*

- (a) **Convergence de modèles (SV) d’ordre 1 (sans viscosité) avec terme source** pour des films s’écoulant sur un plan incliné : pour ne pas refaire une théorie d’existence, on s’est placé dans le cadre défini par Beale [Be84] et on a ajouté la tension de surface pour “paraboliser” le problème. La preuve de convergence est valable lorsque l’écoulement stationnaire est stable et pour des écoulements de petite amplitude.
- (b) **Convergence de modèles (SV) d’ordre 2 (visqueux) à la “Gerbeau/Perthame”** : pour tenir compte de la friction au fond, on a refait une théorie d’existence de (NS) à surface libre. La preuve de convergence repose sur un changement de variable lagrangien approché, bien adapté dans le cadre d’une condition de frottement au fond. On s’affranchit de la tension de surface et de l’hypothèse des mouvements de petite amplitude.

Pour résumer, les contributions majeures sont :

- **Publication 15-30** : Premiers modèles consistants pour les fluides en loi de puissance et les fluides à seuil.
- **Publication 12** : Justification mathématique de (SV) à partir de (NS) *sans tension de surface*

3. Travail en cours (publication 33)

Je travaille actuellement sur la **validation numérique** des modèles (SV) obtenus. L’objectif principal est de comparer nos modèles avec certaines expériences menées par Liu et Gollub sur un écoulement de film mince sur un plan incliné [LSG95]. Les effets de tension de surface sont ici non négligeables. J’ai fait une étude de stabilité de schémas pour les équations de Saint Venant avec tension de surface qui sont un cas particulier des équations d’Euler-Korteweg, notées (EK) : les équations d’Euler isentropiques sont perturbées par un terme dispersif. Le système (EK) admet, en plus, une formulation hamiltonienne.

C’est un système très peu étudié du point de vue numérique, et pour cause : on ne sait pas formuler des conditions aux limites pour des domaines bornés! J’ai d’abord étudié le problème avec conditions aux limites périodiques. En traitant (EK) comme un système (SV) perturbé par un terme dispersif, on montre

1. l’instabilité, au sens de Von Neumann, des schémas type Roe et Godounov pour la partie transport (différences finies centrées pour le terme dispersif),
2. la stabilité, au sens de Von Neumann et sous CFL, des schémas de type Lax-Friedrichs,
3. la stabilité entropique pour les schémas de Lax-Friedrichs à l’aide d’une version augmentée de (EK)

Si on voit (EK) comme un système d’EDP hamiltoniennes, on peut écrire une discrétisation spatiale qui soit également hamiltonienne, la stabilité entropique étant alors triviale. Pour les schémas complètement discrets, la discrétisation temporelle est nécessairement implicite pour conserver la stabilité entropique. En l’absence de viscosité numérique, la dynamique est complètement changée et il y’a formation de *chocs dispersifs* : le choc hyperbolique est régularisé par les termes dispersifs. Il se crée une zone de fortes oscillations qui s’étend au cours du temps (voir figure 2 et le thème 2).

Les schémas hamiltoniens sont bien adaptés pour étudier la stabilité d’ondes non linéaires pour le système (EK). Pour les expériences de Liu-Gollub [LSG95] où il faudra de toute façon tenir compte des effets visqueux,

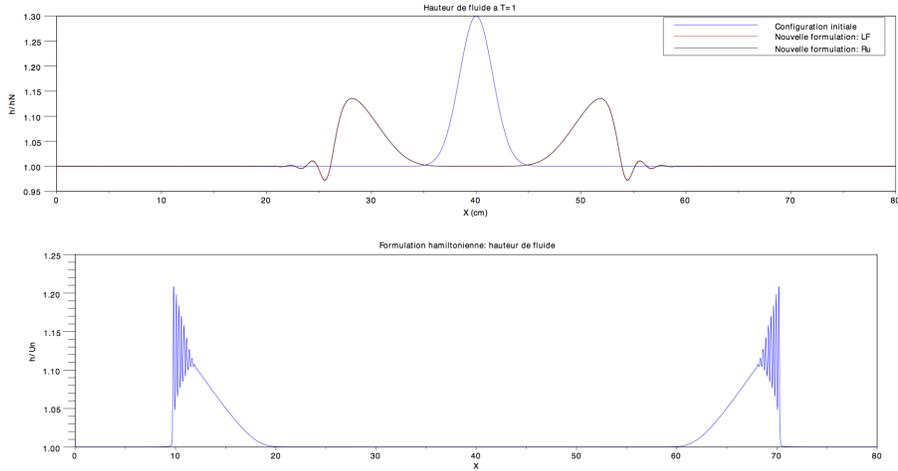


FIGURE 2 – En haut : hauteur de fluide à $T = 0$ (en bleu) et $T = 1s$ avec un schéma du second ordre type Rusanov (formulation augmentée). En bas : hauteur de fluide à $T = 0.66s$ avec un schéma “hamiltonien” : les oscillations forment un choc dispersif (les oscillations ne sont pas un artefact numérique !).

on a utilisé un schéma de Rusanov d’ordre 2 (MUSCL en espace, RK2 en temps). On capte bien les longueurs d’ondes mises en jeu dans l’expérience mais le modèle (SV) sans viscosité tend à surestimer la hauteur maximale des roll-waves (voir la figure 3).

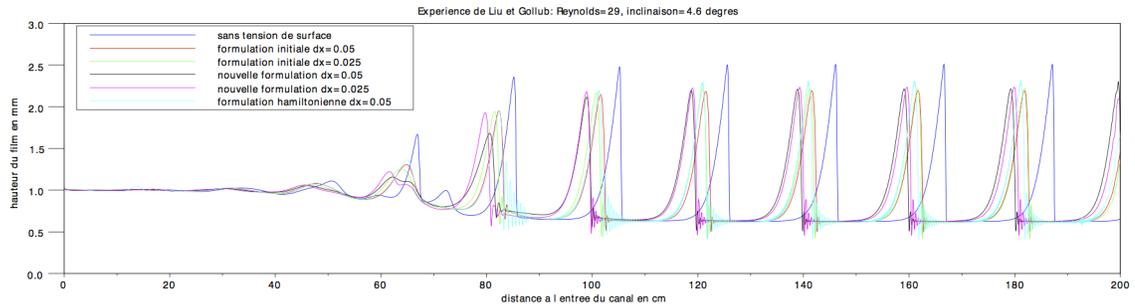


FIGURE 3 – Simulation d’une expérience de Liu-Gollub à l’aide de (SV) d’ordre 1 (effets visqueux négligés).

Thème 2 : Instabilités Hydrodynamiques

1. Description du problème : contexte scientifique et objectifs

Les ondes périodiques forment, avec les ondes solitaires et les fronts, une famille d'ondes non linéaires à la base de structures plus complexes. Elles représentent souvent le premier stade d'une transition vers le chaos. Ces ondes apparaissent typiquement dans certains systèmes physiques au voisinage du seuil critique d'instabilité des états stationnaires et d'une longueur d'onde critique. On s'intéresse ici à des instabilités hydrodynamiques de surface libre appelées "roll-waves".



FIGURE 4 – A gauche : Roll-waves régulières. A droite : Instabilités transverses de roll-waves

Les roll-waves sont des instabilités résultant de la compétition entre la gravité et les forces de viscosité. Elles apparaissent par exemple dans des déversoirs de barrage (voir figure 4) ou sur une route en pente le jour de forte pluie lorsque le nombre de Reynolds dépasse un seuil critique : $Re > (5/6) \cot(\theta)$ où θ est l'angle de la pente [Y63]. On peut les modéliser à l'aide des équations (SV). Une première description est due à Dressler à l'aide d'un modèle de (SV) hyperbolique avec un terme de friction empirique [D49]. Les roll-waves apparaissent comme un train d'ondes périodiques nécessairement discontinues et solution entropique de (SV), ce qui pose une difficulté pour en étudier la stabilité. Pour régulariser ces profils, on peut utiliser un modèle (SV) visqueux [NM84,1]. La famille des roll-waves forme localement une variété de dimension 3, paramétrée par la phase, la longueur d'onde et la hauteur moyenne. Au voisinage du seuil critique, on peut aller plus loin et décrire la dynamique des solutions de (NS) ou (SV) de petite amplitude à l'aide d'une équation de Korteweg-de Vries (notée KdV) perturbée par un terme de Kuramoto-Sivashinsky (noté KS) :

$$(KdV - KS) \quad \partial_t v + v \partial_x v + \epsilon \partial_{xxx} v + \delta (\partial_{xx} v + \partial_{xxxx} v) = 0, \quad 0 < \delta = Re - \frac{5}{6} \cot(\theta) \ll 1, \quad \epsilon^2 = 1 - \delta^2.$$

La famille des ondes périodiques est encore localement une variété de dimension 3.

L'analyse mathématique de stabilité de train d'ondes périodiques est un sujet assez récent. Les premières études portent sur certaines instabilités hydrodynamiques très connues comme les rouleaux se formant dans un écoulement de Couette Taylor (écoulement entre deux cylindres coaxiaux), dans l'écoulement de convection de Rayleigh-Bénard (un fluide entre deux plans parallèles est chauffé par en dessous) : voir la figure 5. Ces rouleaux forment une variété de dimension 2, paramétrée par la longueur d'onde et la phase. Comme les roll-waves, ces instabilités apparaissent lorsqu'on dépasse un seuil de stabilité de l'état stationnaire.

Outre les équations de (NS) (dans l'approximation de Boussinesq), l'équation de Swift-Hohenberg (notée SH) ou l'équation de Ginzburg-Landau (notée GL) sont des modèles réduits classiques pour décrire ces instabilités. Pour (GL), l'étude de stabilité est assez simple : après passage en coordonnées polaires, on obtient une équation sur la phase et une équation sur l'amplitude. On montre facilement que l'amplitude est amortie exponentiellement vite en temps tandis que la phase vérifie une équation de Hamilton-Jacobi : en la dérivant, on obtient en fait une équation dont la partie principale est une équation de Burgers visqueuse. Si les ondes périodiques sont stables, les perturbations décroissent donc au mieux polynômialement en temps.



FIGURE 5 – A gauche : rouleaux de convection dans un écoulement de Couette Taylor. A faible nombre de Reynolds ($Re = 177$) les rouleaux sont réguliers et se déstabilisent quand le nombre de Reynolds augmente ($Re = 8072$) A droite : des “rues de nuages” résultats de l’instabilité de Rayleigh-Bénard.

Pour le problème complet, (SH ou NS), l’analyse est beaucoup plus difficile : il faut trouver un paramétrage, plus subtil que les coordonnées polaires, qui permette de découpler la dynamique entre une partie à décroissance rapide et une partie à dynamique lente correspondant à la *modulation* en espace des ondes périodiques et qui doit se réduire à une équation de Burgers visqueuse. Pour accomplir cette réduction, il faut commencer par étudier le problème spectral. A cause de la nature périodique du problème, le spectre est continu et il faut avoir recours à une analyse de Bloch. Bien que connue depuis les années 60 (Eckhaus, Busse), les premiers résultats de stabilité spectrale rigoureux n’ont été obtenu que 30 ans après et au voisinage du seuil d’instabilité [M97s, M97r]. Le passage à la stabilité non-linéaire est encore plus délicat. Schneider [S96] a obtenu un premier résultat de stabilité non-linéaire pour les rouleaux de petite amplitude pour l’équation de (SH) en approchant le problème par l’équation (GL). Ce résultat a depuis été étendu aux rouleaux de Couette Taylor [S98] et aux systèmes de réaction diffusion [DSSS09].

Contrairement aux instabilités convectives mentionnées, il n’y avait pas, jusqu’aux années 2000, d’analyse rigoureuse de stabilité des trains d’ondes périodiques de lois de conservation : la structure de la famille des ondes périodiques est plus riche et induit une dynamique autour des ondes périodiques plus complexe, irréductible à la seule équation de Burgers visqueux. Les techniques d’invariance d’échelle utilisées pour les systèmes de réaction diffusion [S96,S98,DSSS09] sont alors inadaptées. Pour les ondes périodiques discontinues, il faut en plus, au préalable, fournir un cadre mathématique adéquate.

Pour résumer, les objectifs à atteindre sont :

- la stabilité des trains d’ondes périodiques discontinues de Dressler
- la stabilité (spectrale, linéaire, non-linéaire) des trains d’ondes périodiques de (SV) et (KS) si possible analytiquement et, au besoin, numériquement (stabilité spectrale).
- la description du comportement en temps long (équations de modulations)

2. Contributions principales

1. Stabilité de trains d’ondes périodiques discontinues (publications 13,16,23,25,26)

- *Méthodologie* : Le problème principal est de formuler correctement la notion de stabilité en présence d’une infinité de chocs. Il faut adapter le cadre introduit par Majda [M83] pour les chocs multidimensionnels des lois de conservations. Pour un choc simple, on travaille dans un espace de fonctions régulières en dehors d’une hypersurface. Un changement de référentiel suffit à fixer la discontinuité, régie par les conditions de saut de Rankine Hugoniot et des conditions d’entropie. On se ramène alors

à un problème hyperbolique posé sur un demi-espace avec des conditions aux bords. On peut alors linéariser les équations et obtenir une relation de dispersion (le déterminant de Lopatinskiï). Sous hypothèse de stabilité spectrale, on montre que le problème de Cauchy est bien posé au voisinage d'un choc plan : c'est la notion de persistance, une version plus faible de stabilité mais qui tient compte du caractère hyperbolique des équations.

– *Résultats obtenus*

- (a) **Stabilité spectrale des ondes périodiques discontinues de (SV)** : Pour formuler le problème spectral, il faut fixer *simultanément* tous les chocs à l'aide d'un changement de variable. On découple ainsi la solution des équations de (SV) en une modulation de la roll-wave discontinue et une perturbation localisée. On obtient une relation de dispersion du type déterminant de Lopatinskiï et on montre la stabilité spectrale pour $Re \in (Re_c, Re_m)$.
- (b) **Persistance des ondes périodiques discontinues de (SV)** : Sous hypothèse de stabilité spectrale, on montre que le problème de Cauchy pour (SV) est bien posé au voisinage des roll-waves en travaillant avec des fonctions régulières par morceaux et en fixant simultanément tous les chocs.
- (c) **Existence de roll-waves discontinues de petite amplitude** : on montre l'existence de roll-waves discontinues de petite amplitude pour les syst emes de lois de conservation avec terme source. On montre aussi l'existence de roll-waves pulsatoire pour un écoulement sur un fond périodique.

2. Stabilité spectrale des ondes périodiques continues de (SV) et (KS) (publications 4,5,8,11,22,32)

– *Méthodologie* : L'étude se résume à obtenir le spectre d'un opérateur différentiel à coefficients X -périodiques. En utilisant l'analyse de Floquet, on montre que les vecteurs propres sont de la forme $e^{i\xi x}v(x)$ où $\xi \in (-\pi/X; \pi/X)$ et v est X -périodique. Par suite, le spectre est, génériquement, un ensemble dénombrable de courbes spectrales paramétrées par ξ . A cause d'invariances sur (SV) et (KdV-KS) il y'a 2 courbes spectrales passant par $(\lambda, \xi) = (0, 0)$. La stabilité est donc, au mieux, marginale. On ne peut pas, en général, démontrer la stabilité spectrale : soit on fait une étude numérique et, en complément, on peut formuler des conditions nécessaires de stabilité en étudiant le spectre au voisinage de $(0, 0)$ à l'aide de développements asymptotiques.

– *Résultats obtenus*

- (a) **Validation des équations de Whitham pour l'équation (KdV-KS)** : pour avoir stabilité spectrale, les courbes de spectres bifurquant de $(0, 0)$ doivent être tangentes à l'axe des imaginaires. Les valeurs propres proches de 0 ont le développement : $\lambda_j(\xi) = i\lambda_j^{(0)}\xi + \lambda_j^{(1)}\xi^2 + o(\xi^2)$, $j = 1, 2$ si $\lambda_1^0 \neq \lambda_2^0$. On montre que la condition de stabilité $\lambda_j^0 \in \mathbb{R}$ (resp $\Re(\lambda_j^1) < 0$) est en fait une condition sur l'hyperbolicité (resp dissipativité) des équations de modulations de Whitham du 1er ordre (resp. du 2nd ordre).
- (b) **Stabilité spectrale "numérique" pour (KdV-KS) et (SV)** : on vérifie numériquement les conditions nécessaires de stabilité au voisinage de $(0, 0)$. Ensuite, on montre numériquement la stabilité complète, d'abord à l'aide d'estimations a priori sur les valeurs propres instables puis en calculant numériquement l'indice de la fonction de Evans sur un contour fini sensé contenir les valeurs propres instables. On montre l'existence de bandes de stabilité d'ondes périodiques (cf figure 6).
- (c) **Stabilité spectrale "analytique" pour (KdV-KS) dans la limite (KdV)**, $\delta \rightarrow 0$: c'est un cas particulier où on démontre *analytiquement* la stabilité spectrale. La preuve repose sur des techniques de perturbations singulières et le fait qu'on connaisse explicitement le spectre associé aux ondes périodiques de (KdV).

3. Stabilité non linéaire et comportement asymptotique (modulations) (publications 8,9,10,14,31)

– *Méthodologie* : En 1d, le semi-groupe associé aux équations linéarisées au voisinage d'une onde périodique n'a pas une décroissance suffisante en temps pour obtenir directement un résultat de stabilité non-linéaire à l'aide d'une méthode de point fixe. Il faut décomposer la solution u de (KdV-KS) et (SV) en $u = U(\Psi) + r(\Psi)$ où Ψ est un changement de variable proche de l'identité et $\Psi|_{t=0} = Id$, U est l'onde périodique et r est localisée. Une méthode de point fixe sur r et $\nabla_{x,t}\Psi$

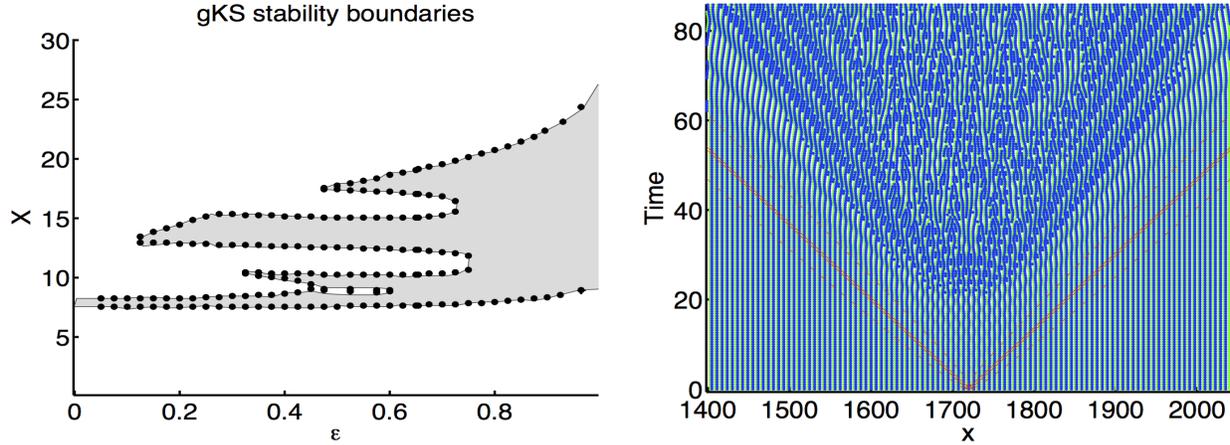


FIGURE 6 – A gauche : Limites de stabilité pour (KdV-KS) : il y’a une bande de stabilité finie dans le régime (KdV), $\epsilon \rightarrow 1$. A droite : Simulation directe de (KdV-KS) : les perturbations se propagent selon les vitesses caractéristiques du système de Whitham.

permet de montrer la décroissance de ces quantités et la stabilité modulationnelle de U sous certaines hypothèses spectrales. Cette approche est plus naturelle et surtout robuste que celle consistant à utiliser pas l’invariance d’échelle de l’équation de Burgers visqueux comme c’est le cas dans [DSSS09] pour les systèmes de réaction diffusion.

– *Résultats obtenus*

- (a) **Stabilité non-linéaire des ondes périodiques de (KdV-KS) et (SV) visqueux avec terme source pour des perturbations localisées** : on a un résultat complet de stabilité sur des cas particuliers pour lesquels on a vérifié, analytiquement ou numériquement les hypothèses spectrales du théorème de stabilité non linéaire.
- (b) **Stabilité non-linéaire et validation des équations de modulation de Whitham pour des perturbations non localisées des ondes périodiques de systèmes de réaction-diffusion** : nous avons revisité les résultats obtenus par Schneider et ses co-auteurs. On valide au passage l’équation de Burgers visqueuse qui est l’équation de modulation dans le cadre réaction-diffusion.
- (c) **Stabilité non-linéaire et validation des équations de modulation de Whitham pour des perturbations non localisées des ondes périodiques de lois de conservation visqueuses** : on généralise le résultat précédent pour des perturbations non-localisées. La difficulté principale est que les modulations sont décrites à l’aide d’un système d’EDP de lois de conservations visqueuses, ce qui induit des taux de décroissance plus faible. On valide au passage les équations de modulations de Whitham.

Pour résumer, les contributions majeures sont :

- **Publication 26** : Un cadre mathématique pour étudier les ondes périodiques discontinues
- **Publication 9-10-31** : Une méthode générale d’étude la stabilité des ondes périodiques de systèmes d’EDP paraboliques ou partiellement paraboliques. Validation des équations de modulation de Whitham.
- **Publication 32** : preuve analytique de stabilité spectrale pour (KdV-KS).

3. Travail en cours (publication en préparation 34, 35)

- **Preuve de stabilité spectrale des ondes périodiques de (SV)** : On a établi un résultat très général de stabilité non-linéaire sous certaines hypothèses spectrales [31] : la question la plus importante est donc

celle de *vérifier* ces hypothèses spectrales, si possible analytiquement. Pour les systèmes de réaction-diffusion, une situation particulièrement propice est celle de la transition à l'instabilité lorsque les ondes périodiques sont de petite amplitude. Je termine actuellement l'étude de stabilité spectrale des ondes périodiques de (SV) au voisinage du seuil d'instabilité $0 < Re - Re_c \ll 1$: la dynamique se réduit à celle de (KdV-KS) dans la limite (KdV) et on exploite les résultats obtenus dans ce cas particulier.

- **Conditions de stabilité pour les ondes périodiques d'Euler-Korteweg** : Le système d'Euler-Korteweg est un système de lois de conservations qu'on peut voir comme un système d'Euler isentropique auquel on ajoute un terme, dispersif, de tension de surface. C'est un système d'EDP qui a une structure hamiltonienne (comme NLS par exemple). Il possède une famille d'onde périodiques qui forment localement une variété de dimension 4 (à translation près). On a vérifié que la stabilité spectrale pour les perturbations aux grandes échelles est encore régie par le système de modulation de Whitham et vérifié l'hyperbolicité dans la limite des solutions de petite amplitude. Dans le cas général, on a fait une étude numérique du problème d'hyperbolicité. La stabilité spectrale complète est encore un problème ouvert : sans dissipation et à cause de la structure hamiltonienne, on a stabilité spectrale seulement si le spectre est sur l'axe imaginaire.

PROGRAMME DE RECHERCHE

Nom: NOBLE Prénom: Pascal

FILMS MINCES : MODÉLISATION, SIMULATION ET ONDES NON-LINÉAIRES

1. Modélisation

Pour les films newtoniens, je souhaite explorer les limites de validité des modèles (SV), en particulier lorsque la hauteur de film s'annule. Je compte également introduire des modèles d'ordre élevé en considérant des modèles (SV) étendus. Pour les films non newtoniens, je mettrai l'accent sur des rhéologies plus complexes pour tenir compte des effets viscoélastiques et viscoplastiques de manière plus satisfaisante.

Films de fluides newtoniens

1. *Modèles Augmentés.* L'utilisation des modèles (SV) pour les films minces induit une perte d'information notamment sur le profil de vitesse. On risque ainsi de perdre certains phénomènes physiques : voir [Ga12] pour le ressaut hydraulique. D'autres part, introduire de nouveaux moments, telle la contrainte au fond (rotationnel), permet d'obtenir des modèles d'ordre élevés [RM02]. Cependant les modèles de [RM02] et [Ga12] sont soit trop complexes soit obtenus de manière heuristique. Je souhaite revisiter ce problème en considérant des modèles (SV) augmentés avec une équation sur l'énergie interne $e = \langle u_H^2 \rangle - \langle u_H \rangle^2$, la moyenne étant pris sur la hauteur de fluide.
2. *Fronts secs et limites de lubrification.* Un verrou important dans la justification des modèles (SV) est le cas où la hauteur de fluide s'annule. Cela pose des difficultés aussi bien sur le plan de l'analyse que de la simulation numérique. C'est un élément important de la modélisation d'une rupture de barrage, d'un front d'inondation ou d'avalanches. Une situation proche et pour laquelle on peut contruire un modèle expérimental est celle d'un film avec tension de surface. Je souhaite donc étudier le comportement des solutions de (SV) en présence d'un front sec : si l'existence de solutions (faibles) est établie, on ne sait pas encore décrire la dynamique du front. Les équations de lubrification, pour lesquelles on sait décrire les fronts, et leur lien avec (SV) est un élément important de l'analyse.
3. *Films cisailés.* A la place de la pesanteur, on peut considérer le cas d'un film cisailé par un gaz. Les applications sont essentiellement industrielles (colonnes de refroidissement, films sur une aile d'avion). C'est un problème bien maîtrisé expérimentalement. L'écoulement de liquide est laminaire et celui du gaz turbulent. Les modèles actuels sont obtenus en considérant une limite où l'écoulement de gaz est quasi-stationnaire ou bien en considérant les deux écoulements laminaires. Je souhaite étudier ce cas en introduisant une modélisation du gaz turbulent type longueur de mélange et ainsi obtenir des modèles plus réalistes (collaboration FAST : C. Ruyer-Quil/G. Dietze).

Films de fluides non newtoniens

1. *Effets de la topographie.* Une modélisation plus réaliste des écoulements de films minces comme les avalanches de neige dense ou les écoulements de boue, requiert de traiter de front les divers difficultés abordées jusqu'à maintenant comme la complexité de la topographie ou celle du fluide. L'obtention de modèles de (SV) pour des fluides à seuil de type Herschel Bukley (combinaison d'un fluide à seuil et en loi de puissance) pour une topographie quelconque doit permettre une meilleure compréhension des dynamiques de déclenchement et d'arrêt d'avalanches. Ces modèles doivent également fournir de nouveaux critères de stabilité d'écoulements uniformes qui sont importants pour mettre en place certaines expériences en laboratoire.
2. *Effets viscoélastiques/viscoplastiques.* Pour les films liquides à seuil, la difficulté est de comprendre la transition fluide/plastique. La notion de zone pseudo plastique [BC99,15] permet de décrire cette

transition sous des hypothèses très restrictives. On peut se demander si on n'introduit pas artificiellement une singularité en considérant une loi à seuil. Certaines expériences [G. Chambon, CEMAGREF] mettent en évidence un comportement élastique dans ces films "à seuil". On peut prendre cet effet en compte, en remplaçant la loi à seuil par une équation d'évolution sur le tenseur des contraintes. Ces fluides dit "viscoélastiques" ont un comportement complexe : ils peuvent répondre différemment à une contrainte donnée, entraînant des effets d'hysteresis. Il y a peu de modèles (SV) pour ces films viscoélastiques [BB11]. Je commencerai par considérer le modèle de Olroyd (relaxation vers un fluide newtonien) avant d'aborder des rhéologies plus complexes [S08]. Pour reproduire les effets d'hysteresis, il faut introduire des modèles de (SV) augmentés.

2. Analyse numérique/Simulation

Je souhaite mettre l'accent sur l'influence des termes dispersifs dans les modèles (SV) : soit pour les films avec tension de surface (modèles d'Euler-Korteweg) soit pour les problèmes de propagation des vagues (modèles de Boussinesq et Serre/Green-Nagdhi). L'un des objectifs est également de fournir un outil fiable pour formuler des conjectures sur les ondes non-linéaires dispersives mais aussi de valider les modèles (SV) obtenus.

Conditions aux limites, Simulation 2d, Montée en ordre

1. *Schémas d'ordre élevé.* Les schémas d'ordre 2 utilisés pour simuler l'expérience de Liu et Gollub dans [33] requièrent une discrétisation très fine pour bien décrire les oscillations des roll-waves "capillaires" ce qui induit un temps de calcul assez long. C'est un problème très important si on souhaite aussi simuler des solutions très oscillantes type chocs dispersifs. Il faut donc passer à des méthodes d'ordre élevé, 3 ou 4, pour améliorer ce temps de calcul. Ce problème a commencé à être abordé dans [LMR02] mais pour des cas où les termes dispersifs ne jouent pas un rôle actif. On utilisera la formulation étendue de [33] qui a l'avantage de mettre en jeu des opérateurs différentiels d'ordre moins élevé et d'avoir de meilleures propriétés de stabilité.
2. *Conditions aux limites transparentes.* On ne sait pas pour l'heure formuler de conditions aux limites sur un domaine borné pour les équations d'Euler. C'est un problème aussi bien pour simuler des expériences dans un canal que pour mener des expériences numériques sur les ondes non linéaires dispersives. Tout l'enjeu est d'obtenir des conditions aux limites qui évitent les réflexions aux bords du domaine et viennent parasiter la solution numérique. On souhaite mettre en place une méthode de conditions aux limites absorbantes ou transparentes : ces conditions sont bien établies pour l'équation de Schrödinger mais reste à être formulé pour les systèmes qui nous intéressent (KdV, EK).
3. *Simulations d'expériences* Dans les expériences numériques faites dans [33] pour simuler l'expérience dans [LSG95], on a choisi des conditions aux limites plutôt arbitrairement et il serait intéressant d'étudier l'influence des conditions aux limites sur le résultat. D'autre part, je souhaite passer à la dimension deux pour pouvoir simuler les perturbations transverses observées (motifs en échiquier). La géométrie du canal est simple donc on se restreint à un maillage cartésien. Il reste encore à formuler des conditions aux bords du canal : on commencera par des conditions aux limites périodiques.

Ondes périodiques discrètes et semi-discrètes de (SV) et (KdV-KS)

1. *Existence et stabilité* L'existence et la stabilité des ondes de chocs est un problème qui a connu un essor important ces dernières années [BHR03, C09, C11]. L'un des objectifs est de comprendre l'influence de la discrétisation et des conditions aux bords sur la simulation de chocs. Je souhaite aborder cette question pour les roll-waves de (SV) discrétisées ou semi-discrétisées en espace pour des schémas classiques (Lax Friedrichs). Il y a actuellement très peu de travaux pour les ondes périodiques discrètes et semi-discrètes, notamment sur leur stabilité.
2. *Comportement asymptotique* La simulation directe du système de (KdV-KS) présentée à la figure 6 est le résultat d'une simulation numérique : on peut se demander si le résultat obtenu reflète bien le résultat analytique de stabilité non linéaire. En particulier, si on veut étudier le comportement en temps long, il faut que le schéma numérique respecte bien les vitesses caractéristiques du système de Whitham

et que la dissipation numérique ne viennent pas occulter la dissipation prédite par les équations de modulation. Pour étudier cette question, on cherchera à obtenir les équations de Whitham pour les ondes périodiques discrètes et semi-discrètes puis à faire le lien avec les équations continues

Schémas préservant une asymptotique

1. *Limites de lubrification.* Au voisinage des fronts secs, la friction et la tension de surface dans (SV) s'équilibrent et on peut décrire le comportement au front à l'aide d'une équation de lubrification. Je souhaite mettre en place des schémas pour (SV) avec tension de surface qui permettent de respecter cette asymptotique : l'objectif est de décrire au mieux numériquement le front sec sans recourir à un artefact numérique, type film précurseur. Cette approche doit permettre de construire des schémas préservant la positivité pour les équations de lubrification, chose difficile à réaliser directement [ZB00].
2. *Limites faible dispersion/temps long.* L'objectif est de construire un schéma numérique qui permette de formuler des conjectures sur le comportement en temps long dans des systèmes d'EDP dispersives. Pour les fronts, les travaux de Lax et Levermore ou plus récents, mais formels de El suggère la formation de chocs dispersifs : une zone de forte oscillations assure la transition entre deux états. Pour capter de telles ondes, il est *essentiel* de ne pas introduire de dissipation. Les modèles considérés (KdV) et (EK) ont une structure hamiltonienne qu'il est essentiel de préserver : si [33] propose une discrétisation spatiale hamiltonienne, il reste encore à obtenir un schéma en temps préservant cette structure.

3. Ondes Non-Linéaires

L'objectif principal est l'analyse de stabilité des ondes non-linéaires "dispersives", en particulier les chocs dispersifs présentés à figure 7. Je souhaite également obtenir une construction rigoureuse des "chocs dispersifs". Enfin, je compte étudier l'influence des perturbations transverses, en liaison avec certaines expériences [LSG95].

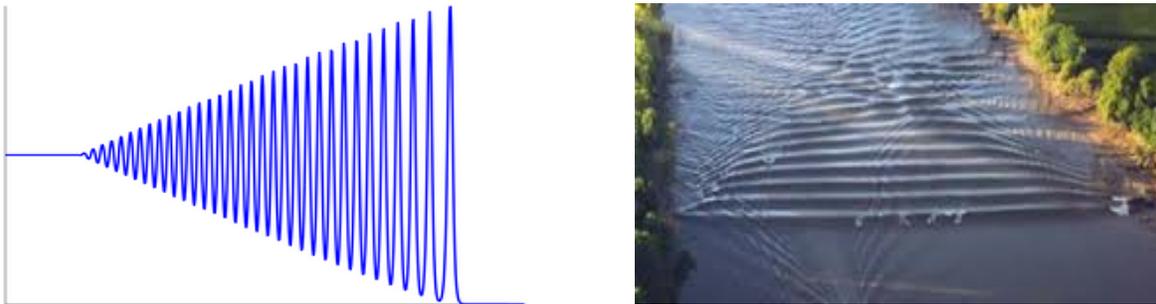


FIGURE 7 – A gauche : Choc dispersif de l'équation de Korteweg-de Vries [GK07]. A droite : Mascaret sur la Garonne [Bo12]

Ondes périodiques.

1. *Ondes bi-dimensionnelles* La théorie de stabilité 1d des ondes périodiques de (SV) ou (KdV-KS) étant maintenant bien établie, la question de la stabilité de ces ondes aux perturbations transverses se pose. Les expériences de [LSG95] montrent l'existence de solutions modulées dans la direction transverse en forme d'échiquiers lorsqu'on perturbe l'onde plane initiale. La preuve d'existence et l'étude de stabilité de ces ondes modulées dans la direction transverse est un point clé de la compréhension des motifs de [LSG95]. On commencera par l'étude des ondes périodiques bi-dimensionnelles d'une généralisation 2d de l'équation de (KdV-KS).
2. *Stabilité des ondes périodiques dispersives* On souhaite d'une part compléter l'étude de stabilité spectrale des ondes périodiques de (EK) notamment en étudiant la limite petite amplitude et l'étendre à d'autres équations dispersives : Kawahara ou Green-Naghdi. A cause des symétries du spectre, on a

stabilité uniquement si le spectre est purement imaginaire. Ceci induit qu'on ne peut avoir stabilité non-linéaire sous perturbation localisée : on cherchera dans un premier temps à utiliser les équations de modulations de Whitham d'ordre élevé pour construire des solutions au voisinage des ondes périodiques sur des temps asymptotiquement grands.

3. *Lien avec les ondes solitaires.* Avec les ondes périodiques de petites amplitudes, les ondes solitaires sont une limite intéressante pour établir des résultats de stabilité spectrale : c'est une piste que l'on souhaite explorer pour les ondes périodiques dispersives. D'autre part, dans la limite des grandes longueurs d'ondes, un train d'onde périodique peut être vu comme une chaîne d'ondes solitaires en interaction : ce point de vue a été justifié mathématiquement pour les équations de réaction-diffusion [ZM09] mais la question est ouverte pour les lois de conservation.

Chocs dispersifs.

C'est l'analogie dispersif des chocs hyperboliques : elle correspond à une onde de raréfaction pour les équations de modulations de Whitham. Si on réinterprète cette image sur les variables de départ, on a une zone de fortes oscillations qui augmente au cours du temps séparant deux zones lentes régies par le système hyperbolique sans dispersion. Ce scénario est justifié pour (KdV) en intégrant directement l'équation [LL83].

1. *Limite faible dispersion* On souhaite dans un premier temps reprendre la construction pour (KdV) à l'aide d'une méthode plus robuste que la résolution par scattering inverse et l'étendre à (NLS). On travaillera sur un intervalle de temps fixé et on s'attachera à construire des solutions ε -approchées à l'aide de développements raccordés. Il faut ensuite justifier l'existence de solutions exactes de (KdV) ou (NLS) qui soient ε -proche pour valider rigoureusement le scénario de choc dispersifs.
2. *Limite temps long.* On souhaite aborder la question de la stabilité de ces chocs dispersifs : comme ce ne sont pas des ondes stationnaires, on ne peut étudier leur stabilité avec les outils habituels. Cette étude exige une nouvelle approche : l'une des clés sera certainement les outils développés pour étudier la stabilité des ondes de raréfaction. On commencera l'étude par le cas intégrable (KdV) avant d'aborder des systèmes plus généraux comme (NLS), Gross-Pitaevskii ou (EK).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [AL08] B. Alvarez-Samaniego, D. Lannes : *Large time existence for 3D water-waves and asymptotics*. Invent. Math 171 (2008), no. 3, 485-541. [AM12] M. Amaouche, A. Djema, H.A. Abderrahmane : *Film flow for power law fluids : Modeling and Linear Stability*. European. Journal. of Mech B/ Fluids 34 (2012) 70-84.
- [BB11] F. Bouchut, S. Boyaval : *A new model for shallow elastic fluids*. Preprint (2011) arXiv1110 :0799.
- [BC99] N.J. Balmforth, R.V. Craster : *A consistent thin-layer theory for Bingham plastics*. J. of Non Newtonian Fluid Mech. (1999).
- [BE84] J. Beale : *Large-time regularity of viscous surface waves*. Arch. Rational Mech. Anal. 84 (1983/84), no. 4, 307-352.
- [BD09] N. Bottman, B. Deconinck : *KdV cnoidal waves are spectrally stable*. DCDS 25 (2009), no. 4, 1163-1180.
- [BHR03] S. Benzoni-Gavage, P. Huot, F. Rousset : *Nonlinear stability of semidiscrete shock waves*. SIAM J. Math. Anal. 35 (2003), no 3, 639-707.
- [BL04] N.J. Balmforth, J.J. Liu : *Roll waves in mud*. J. Fluid. Mech. 519 (2004), 33-54.
- [BNV10] D. Bresch, E.D. Fernandez-Nieto, I.R. Ionescu, P. Vigneaux : *Augmented Lagrangian Method and Compressible Visco-plastic Flows : Applications to Shallow Dense Avalanches*. Advances in Mathematical Fluid Mechanics (2010) 57-89.
- [Bo12] N. Bonneton, P. Bonneton, J-P Parisot, A. Sottolichio, G. Detandt : *Ressaut de marée et Mascaret-exemples de la Garonne et de la Seine* C.R. Geosciences 344 (2012) 508-515.
- [BW04] F. Bouchut, M. Westdickenberg : *Gravity driven shallow water models for arbitrary topography*. Comm. Math. Sci 2 (2004) no. 3, 359-389.
- [CD02] H.C. Chang, E.A. Demekhin : *Complex Wave Dynamics on Thin Films*. Elsevier (2002).
- [C09] J.-F. Coulombel : *Stability of finite difference schemes for hyperbolic initial boundary value problems*. SIAM J. Numerical Analysis, 47 (2009) no 4, 2844-2871.
- [C11] J.-F. Coulombel : *Stability of finite difference schemes for hyperbolic initial boundary value problems II* Annali della Scuola Normale Superiore di Pisa, X (2011) no. 1, 37-98.
- [D49] R.F. Dressler : *Mathematical Solution of the problem of roll-waves in inclined open channels*. CPAM 2 (1949) 149-194.
- [DSSS09] A. Doelman, B. Sandstede, A. Scheel, G. Schneider : *The dynamics of modulated wave trains*. Mem. Amer. Math. Soc. 199 (2009) no. 934.
- [E05] G. El *Resolution of a shock modified by weak dispersion* Chaos (2005) 15, 037103.
- [EJL11] A. Ern, R. Joubaud, T. Lelièvre : *Numerical study of a thin liquid film flowing down an inclined wavy plane*. Physica D : Nonlinear phenomena 240 (2011) no 21, 1714-1723.
- [EMR98] N.M. Ercolani, D.W. McLaughlin, H. Roitner : *Attractors and transients for a perturbed periodic KdV equation : a nonlinear spectral analysis*. J. Nonlinear Sci. 3 (1998) no. 1, 477-539.
- [FST86] U. Frisch, ZS She, O. Thual : *Viscoelastic behaviour of cellular solutions to the Kuramoto-Sivashinsky model*. J.Fluid. Mech. 168 (1986), 221-240.
- [G93] R.A. Gardner : *On the structure of the spectra of periodic travelling waves*. J.Math .Pure App. (9) 72 (1993), no. 5, 415-439.
- [GA12] G.L. Richard, S. Gavriluk : *A new model of roll-waves : comparison with Brock experiments*. J. Fluid. Mech. 692 (2012) 374-405.
- [GK07] T. Grava and C. Klein. *Numerical solution of the small dispersion limit of Korteweg-de Vries and Whitham equations*. Comm. Pure Appl. Math., 60(2007) no. 11 :1623-1664.
- [GP01] J.-F. Gerbeau, B. Perthame : *Derivation of viscous Saint Venant system for laminar shallow water ; numerical validation*. DCDS Serie B 1 (2001), no 1, 89-102.
- [GI11] Y. Guo, I. Tice : *Decay of viscous surface waves without surface tension*. Preprint (2012) arXiv
- [H85] A. P. Hooper : *Long-wave instability at the interface between two viscous fluids : Thin layer effect*.

- Phys. Fluids 28 (1985) 1613-1618.
- [JK00] S. Jin, M.A. Katsoulakis : *Hyperbolic systems with supercharacteristic relaxations and roll waves*. SIAM J. Appl. Math. 61 (2000), no. 1, 273-292.
- [K99] I. L. Kliakhandler : *Long interfacial waves in multilayer thin films and coupled Kuramoto-Sivashinsky equations*. J. Fluid. Mech. 391 (1999) 45-65.
- [L92] A.N. Lyberopoulos : *Large-time structure of solutions of scalar conservation laws without convexity in the presence of a linear source field*. JDE99 (1992) no. 2, 342-380.
- [LL83] P.D. Lax, D.C. Levermore : *The small dispersion limit of the Korteweg-de Vries equation. I, II, III*. CPAM 36 (1983)
- [LMR02] P.G. LeFloch, J.-M. Mercier, and C. Rohde : *Fully discrete entropy conservative schemes of arbitrary order*. SIAM J. Numer. Anal. 40 (2002), 1968-1992.
- [LSG95] J. Liu, J.B. Schneider, J.P. Gollub : *Three dimensional instabilities of film flows*. Phys Fluids 7 (1995) 55.
- [M83] A. Majda : *The stability of multidimensional shock fronts*. Mem. Amer. Math. Soc. 41 (1983), no. 275.
- [M97s] A. Mielke : *Instability and stability of rolls in the Swift-Hohenberg equation*. Comm. Math. Phys. 189 (1997) no. 3. 829-853.
- [M97r] A. Mielke : *Mathematical analysis of sideband instabilities with application to Rayleigh-Bénard convection*. J. Nonlinear Sci. 7 (1997), no. 1, 57-99.
- [MBV05] A. Mangeney-Castelnau, F. Bouchut, J.-P. Vilotte, E Lajeunesse, A Aubertin, M. Pirulli : *On the use of Saint Venant equations to simulate the spreading of a granular mass*. J. Geophys. Res. 110 (2005).
- [MN84] J.H. Merkin, D.J. Needham : *On roll waves down an incline plane*. Proceedings of the Royal Society A 394 (1984) no. 1807, 259-278.
- [NTY05] T. Nishida, Y. Teramoto, H. Yoshihara : *Hopf bifurcation in viscous incompressible flow down an inclined plane*. J. Math. Fluid. Mech. 7 (2005) no. 1, 29-71.
- [P79] J. Pedlovsky : *Geophysical Fluid Dynamics*. Springer- Verlag, Berlin (1979)
- [RM98] C. Ruyer-Quil, P. Manneville : *Modeling film flows down inclined plane*. European Physical Journal B : Condensed Matter and Complex Systems 6 (1998) no. 2, 277-292
- [RM02] C. Ruyer-Quil, P. Manneville : *Further accuracy and convergence results on the modeling of flows down inclined planes by weighted-residual approximations*. Phys. of Fluids 14, 170-183 (2002).
- [RU12] C. Ruyer-Quil, S. Chakraborty, B.S. Dandapat : *Wavy regime of a power-law film flow*. J. Fluid. Mech. 692 (2012) 220-256.
- [S96] G. Schneider : *Diffusive stability of spatial periodic solutions of the Swift-Hohenberg equation*. CMP 178 (1996) no. 3, 679-702.
- [S98] G. Schneider : *Nonlinear stability of Taylor vortices in infinite cylinders*. ARMA144 (1998), no. 2, 121-200.
- [S05] D. Serre : *Spectral stability of periodic solutions of viscous conservation laws : large wavelength analysis*. CPDE 30 (2005) no1-3, 259-282
- [S08] P. Saramito : *A new elastoviscoplastic model based on the Herschel-Bulkley viscoplastic model*. J. Non Newtonian Fluid Mechanics 158 (2008) no 1-3, 154-161.
- [W65] G.B. Whitham : *Non-linear dispersive waves*. Proc. Roy. Soc. Ser. A 283 (1965) 238-261.
- [Y63] C. S. Yih : *Stability of liquid flow down an inclined plane*. Phys. Fluids 6 (1963) 321-334.
- [Y67] S. Yih : *Instability due to viscosity stratification*. J. Fluid. Mech. 27 (1967) 337.
- [ZB00] L. Zhornitskaya and A. L. Bertozzi : *Positivity-Preserving Numerical Schemes for Lubrication-Type Equations* SIAM J. Numer. Anal., 37 (2000) no 2, 523-555.
- [ZM09] S. Zelik, A. Mielke : *Multi-pulse Evolution and Space Time Chaos in Dissipative Systems*. Mem. Amer. Math. Soc. 198 (2009) no. 925.

ACTIVITÉ D'ENSEIGNEMENT

Nom: NOBLE Prénom: Pascal

Activités d'enseignement à l'Université Lyon 1 (2005-)

1. Modélisation, Calcul Scientifique, EDP, Optimisation– *Enseignements de Master*

1. Préparation (2005-2008, 60HETD) puis Jury (2008-) de l'option *Calcul Scientifique* à l'agrégation externe de mathématiques : cours et TP (Matlab/Scilab) d'analyse numérique et introduction aux EDP, rappel sur les EDO, modélisation, Optimisation.
2. Cours/TD M1 Optimisation à l'Institut de Science Financière et d'Assurance (2007-2009, 60HETD) : Programmation linéaire (algorithme du simplexe), Optimisation quadratique et résolution (directe ou itérative) de systèmes linéaires, Optimisation sous contraintes (multiplicateurs de Lagrange).
3. Cours M1 Introduction aux équations aux dérivées partielles (2008-2010, 36HETD) : Modélisation : du problème physique aux équations (transport, diffusion, mécanique des fluides). Equations du 1er ordre : méthode des caractéristiques, théorème de Cauchy-Kowalevsky, équation des ondes. Transformée de Fourier, convolution et résolution de l'équation de la chaleur. Méthode de Laplace et de la phase stationnaire. Solutions faibles, chocs de l'équation de Burgers.
4. Cours M2 Modélisation et analyse mathématique des écoulements de faible profondeur (2009, 36HETD) : problème des water waves. Obtention des modèles de propagation de vagues : équations de Korteweg de Vries, Saint Venant Green-Nagdhi, Serre, Boussinesq. Caractère bien posé des lois de conservation hyperboliques, paraboliques, mixtes.

– *Enseignements de Licence*

1. TD/TP Matlab L3 Analyse Numérique (2011-, 36HETD) : Analyse numérique matricielle : résolution de systèmes linéaires, problèmes aux valeurs propres. Résolution numérique des EDO : schémas d'Euler, Runge-Kutta. Optimisation : méthode du gradient, du gradient conjugué.
2. TD L2 Introduction EDO/EDP (2009, 36HETD) : Résolution d'équations et de systèmes différentiels linéaires et non linéaires, portraits de phase, Etudes qualitatives (pendule, proies/prédateurs), Méthode de Laplace pour les edo et certaines edp (équation des ondes). Résolution d'edp (séparation de variable, changement de variable).

2. Analyse– *Enseignements de Master*

1. TD M1 Introduction aux équations différentielles (2005-2007, 36HETD) : Problème de Cauchy : existence, unicité de solutions, solutions maximales, dépendance par rapport aux données initiales/paramètres. Equations linéaires à coefficients constants, périodiques (theorie de Floquet). Equations non linéaires autonomes : étude qualitative, flot, orbites, portraits de phase, solutions périodiques, analyse de stabilité.

– *Enseignements de Licence*

1. TD L1 Analyse 1 (2009-, 36HETD) : \mathbb{R} , bornes sup/inf. Suites réelles. Fonctions réelles (limites, continuité, dérivabilité), Théorème de Rolle, Accroissements finis. EDO.
2. Cours L1 Analyse 2 (2010, 36HETD) : Fonctions usuelles, Formules de Taylor, Développement Limités, Intégrale de Riemann.

3. TD/Kholles L2 Fonctions de plusieurs variables (2012-, 36HETD) : Notions de topologie dans \mathbb{R}^n , Continuité de fonctions de plusieurs variables, Dérivés partielles, Différentiabilité dans \mathbb{R}^n . Inégalité des accroissements finis, Théorème d'inversion locale, des fonctions implicites. Recherche d'extremums.
4. TD L3 Calcul Différentiel (2007-2010, 36HETD) : Différentielle dans les espaces normés. Différentielles partielles. Théorème des accroissements finis et applications. Difféomorphismes. Théorème d'inversion locale. Théorème des fonctions implicites. Différentielles d'ordre supérieur. Fonctions de classe \mathcal{C}^r sur un ouvert. Formules de Taylor. Extrema libres et liés. Notions de calcul des variations. équations différentielles : problème de Cauchy ; solutions globales, solutions maximales ; portrait de phase.
5. TD Calcul Intégral (2010, 36HETD) : Algèbres et tribus. Questions d'engendrement. La tribu borélienne. Mesures positives définies sur les algèbres et sur les tribus. La mesure extérieure. Le prolongement de Lebesgue. Fonctions mesurables. Intégration des fonctions mesurables positives. Intégration des fonctions mesurables réelles. Le théorème de convergence dominée de Lebesgue et ses conséquences. Mesure produit. Théorème de Fubini. Mesure de Lebesgue sur \mathbb{R}^n : théorème du changement de variables. Théorème de Radon-Nikodym.

Autres activités d'enseignement (2000-2004)

- Monitorat à l'Université Toulouse 3 (2001-2004, 64HETD) : Préparation de l'option "Calcul Scientifique" à l'agrégation externe : TP Matlab (36HETD). Préparation à l'oral d'Analyse.
- Vacances à l'Université Toulouse 1 (2000-2001, 64HETD) : TD Statistiques en DEUG MASS.

LISTE COMPLÈTE DES CONTRIBUTIONS

Nom: NOBLE Prénom: Pascal

Liste des publications triées par date (de la plus récente à la plus ancienne)

Thèse de doctorat/ Habilitation à Diriger des Recherches

1. Habilitation à diriger des recherches de l'Université Claude Bernard Lyon 1 : "*Analyse d'écoulements en eaux peu profondes et stabilité de solutions périodiques pour les équations de Saint Venant et des systèmes hamiltoniens discrets*", soutenue le 4 décembre 2009.
2. Doctorat de l'Université Paul Sabatier Toulouse 3 : "*Méthodes de variétés invariantes pour les équations de Saint Venant et les systèmes hamiltoniens discrets*", soutenue le 18 décembre 2003.

Notes et Actes de conférences internationales

3. E. D. Fernandez-Nieto, P. Noble, J.-P. Vila "*Shallow water equations for power law and Bingham fluids*", Sci China Math 55 (2012) no 2, 277-283.
4. B. Barker, M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : "*Stability of periodic Kuramoto-Sivashinsky Waves*", Appl. Math. Letters. 25 (2012) no 5, 824-829.
5. B. Barker, M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : "*Whitham averaged equations and modulational stability of periodic traveling waves of a hyperbolic-parabolic balance laws*" (2010) Proceedings de la session 2010 du GdR EDP à Port d'Albret.
6. P. Noble : "*Existence et stabilité de roll-waves pour les équations de Saint Venant*", C. R. Math. Acad. Sci. Paris 338 (2004) no. 10, 819-824.
7. G. James, P. Noble : "*Breathers on diatomic FPU chains with arbitrary masses*", Localization and Energy Transfer in Nonlinear Systems, L. Vasquez, R.S. MacKay, M.P. Zorzano Eds., El Escorial, World Scientific (2003).

Revue internationale

8. B. Barker, M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : "*Non linear modulational stability of periodic traveling-wave solutions of the generalized Kuramoto-Sivashinsky equation*", accepté pour publication dans Physica D (2013), disponible sur arXiv :1203.3795.
9. M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : "*Nonlocalized modulation of periodic reaction diffusion waves : The Whitham equation*", Archive for Rational Mechanics and Analysis. 207 (2013) no 2, 693-715.
10. M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : "*Nonlocalized modulation of periodic reaction diffusion waves : Nonlinear stability*", Archive for Rational Mechanics and Analysis. 207 (2013) no 2, 669-692
11. P. Noble, L.-M. Rodrigues : "*Modulated wave trains in a generalized Kuramoto-Sivashinski equation*", accepté for publication dans Indiana Univ. Math. Journal. (2012)
12. D. Bresch, P. Noble : "*Rigorous derivation of viscous Shallow Water equations without surface tension*", (2011) Indiana Univ. Math. Journal. 60 (2011) no 4, 1137-1169.
13. M. Boutounet, P. Noble, J.-P. Vila : "*Roll-waves in bilayer flows*", Mathematical. Models and Methods in Applied Sciences. 22 (2012) no 6, 1250006, 30p
14. M. Johnson, K. Zumbrun, P. Noble : "*Nonlinear Stability of Viscous Roll-Waves*", SIAM J. Math. Anal. 43 (2011) no 2, 577-611.

15. E.D. Fernandez-Nieto, P. Noble, J.-P. Vila : *Shallow Water equations for Non Newtonian fluids*”, Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics 165 (2010) no. 13-14, 712-732.
16. P. Noble : *“Persistence of roll-waves for shallow water equations”*, SIAM J. Math. Anal. 41 (2009) no. 1, 59–90.
17. G. James, P. Noble, Y. Sire : *“Continuation of relative periodic orbits in a class of triatomic Hamiltonian systems”*, Ann. Inst. H. Poincaré Anal. Non Linéaire 26 (2009) no 4, 1237-1264.
18. M. Boutounet, L. Chupin, P. Noble, J.-P. Vila : *“Derivation of Saint Venant Models for viscous shallow water flows and arbitrary topography”*, Communications in Math. Sciences 6 (2008) no. 1, 29-55.
19. G. James, P. Noble : *“Weak coupling limit and localized oscillations in Euclidian invariant Hamiltonian systems”*, Journal of Nonlinear Sciences 18 (2008) no. 4, 433-461.
20. P. Noble, J. Hulshof : *“Existence of travelling waves for combustion and hyperbolic or anisotropic radiation models”*, DCDS Serie B 10 (2008) no. 1, 73-90.
21. D. Bresch, P. Noble : *“Mathematical justification of a shallow water model”*, Methods and Applications of Analysis 14 (2007) no. 2, 87-117.
22. P. Noble : *“Linear Stability of viscous roll-waves”*, Communications in Partial Differential Equations 32 (2007) no. 11, 1681-1713.
23. P. Noble : *“Existence of small amplitude roll-waves in hyperbolic systems with source term”*, SIAM Journal on Applied Mathematics 67 (2007) no. 4, 1202-1212.
24. P. Noble, V. Guyonne : *“On a model of flame ball with radiative transfer”*, SIAM Journal on Applied Mathematics 67 (2007) no. 3, 854-869.
25. P. Noble : *“Existence of pulsating roll-waves for the Saint Venant equations”*, Archive for Rational Mechanics and Analysis 186 (2007) no. 1, 53-76.
26. P. Noble : *“On the spectral stability of roll-waves”*, Indiana. Univ. Math. Journal 55 (2006) no. 2.
27. G. James, P. Noble : *“Breathers on diatomic Fermi-Pasta-Ulam lattices”*, Physica. D 196 (2004) no. 1-2, 124-171.
28. P. Noble : *“Existence of breathers in classical ferromagnetic lattices”*, Nonlinearity 17 (2004) 1-15.
29. P. Noble, S. Travadel : *“Non persistence of roll-waves under viscous perturbations”*, DCDS Serie B 1 (2001) 61-70.

Articles soumis ou en préparation

30. P. Noble, J.-P. Vila : *“Thin power law film down an incline plane : Exact stability analysis and shallow water modeling”* soumis (2012), arXiv :1211.4405.
31. M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : *“Behaviour of periodic solutions of viscous conservation laws under localized and non localized perturbations”*, soumis (2012), arXiv :1211.2156.
32. M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : *“Spectral stability of periodic wavetrains of the Korteweg-de Vries/Kuramoto-Sivashinsky equation in the Korteweg-de Vries limit”*, soumis (2012), arXiv :1202.6402.
33. P. Noble, J.-P. Vila : *“Stability theory for difference approximations of some dispersive shallow water equations and applications to capillary fluids”*, en préparation.
34. B. Barker, M. Johnson, P. Noble, L.M. Rodrigues, K. Zumbrun : *“Spectral stability of periodic viscous roll waves”*, en préparation.
35. S. Benzoni-Gavage, P. Noble, L.-M. Rodrigues : *“Slow modulation of periodic waves in Hamiltonian PDEs, with application to capillary fluids”*, en préparation.

Autres publications

36. P. Noble : *“De la goutte d’eau aux tsunamis : des films minces partout”*, Images des Mathématiques (2011).