

## Activités d'enseignement

### Arnaud DURAN

Né le 11 juin 1984

Doctorat obtenu le 17 octobre 2014

Qualification CNU 26 obtenue le 4 février 2015


**Discipline :** Calcul scientifique, EDP,  
analyse et simulation numérique.




**Adresse professionnelle :** INSA Toulouse, 135 Avenue de Rangueil,  
31400 Toulouse

**Adresse personnelle :** 29 rue Pradal, Résidence George V,  
31400 Toulouse

**Contact :** Téléphone bureau : (+33) 5 62 80 99 19  
Téléphone portable : (+33) 6 77 95 80 44  
Mail : [arnaud.duran@insa-toulouse.fr](mailto:arnaud.duran@insa-toulouse.fr)  
Site Web : <http://www.math.univ-toulouse.fr/~aduran>



## Table des matières



<b>1</b>	<b>Présentation Générale</b>	<b>4</b>
1.1	<i>Enseignement</i> . . . . .	4
1.2	<i>Recherche</i> . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Activités d'enseignement</b>	<b>7</b>
2.1	<i>Expérience dans le secondaire</i> . . . . .	7
2.2	<i>Expérience dans le supérieur</i> . . . . .	8
2.3	<i>Projet d'enseignement</i> . . . . .	9

## Fiche de synthèse

### *Situation actuelle*

Depuis **Octobre 2014** : Post-Doctorant à l'*Institut National des Sciences Appliquées (INSA)* de **Toulouse**. Collaboration avec le *Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)*.

### *Thèmes de recherche*

- Analyse, modélisation et simulation d'écoulements à surface libre.
- Equations Shallow Water (SW), Shallow Water multicouches, Equations dispersives.
- Méthodes Volumes Finis, Différences Finies et Galerkin Discontinu.
- Schémas numériques 1d et 2d sur grilles cartésiennes, non structurées et maillage décalé.
- Stabilité linéaire et non linéaire, schémas "*Well-Balanced*", schémas entropiques.
- Schémas "*Asymptotic Preserving*", bas-Mach, bas-Froude.
- Inclusion des termes source raides.
- Conditions aux limites.

### *Enseignement*

- **Vacataire** à l'INSA Toulouse. TP d'Analyse Numérique en 3eme année (**Python**).  
*Volume horaire* : 48h. *Sept. 2015 - Fev. 2016*
- **Allocataire-Moniteur** à Polytech' Montpellier (UM II). Chargé de Cours/TD.  
*Volume horaire total* : 192h sur 3 ans. *Sept. 2011 - Sept. 2014*
- **Professeur de Mathématiques**.
  - *Collège Henri Barbusse, Saint-Denis (93)*. *Sept. 2008 - Sept. 2009*
  - *Lycée Déodat de Séverac, Céret (66)*. *Sept. 2007 - Sept. 2008*

### *Formation et diplômes*

- **Doctorat** en Mathématiques Appliquées de l'Université Montpellier II.  
Thèse encadrée par Fabien MARCHE et Pascal AZERAD. Soutenue le 17 octobre 2014.
- **Master 2** Mathématiques obtenu en 2011 à l'Université Montpellier 2.
- **Agrégation externe** et CAPES de Mathématiques, obtenus respectivement en 2011 et 2007.

### *Collaborations et Communication scientifique*

- 16 exposés dans des conférences et séminaires.
- Membre du groupe de travail **MathOcéan** : <http://mathocean.math.cnrs.fr>
- Membre de l'équipe **INRIA LEMON** de Janvier 2014 à Octobre 2014.

### **Publications**

- 5 articles dans des revues à comité de lecture (JCP(2), CiCP, C&F, IJNMF).
- 1 proceeding dans une conférence internationale.
- 2 articles soumis.

### **Développement** : Construction de quatre codes de calcul.

- **SW-FV2D** : Solveur *Volumes Finis* pour les éq. SW 2d sur *maillages non structurés*.
- **SW-DG2D** : Code *discontinuous Galerkin* pour les éq. SW sur *maillages triangulaires*.
- **GN-DG1D** : Code *dG* pour les éq. *Green-Naghdi* 1d.
- **WaveBox** : *Extension 2d* du code précédent sur maillages triangulaires.



# 1 - Présentation Générale

Après avoir exercé deux années en tant que professeur certifié de Mathématiques, j'ai sollicité en 2009 deux années de disponibilité afin de suivre un Master 2 à l'Université Montpellier II et me préparer simultanément au concours de l'Agrégation. A l'issue de l'année scolaire 2010 - 2011, l'admission au concours et l'obtention d'une bourse de thèse m'ont permis de poursuivre mon cursus universitaire, tout en gardant contact avec l'enseignement grâce aux missions de monitorat.

Ma **thèse**, intitulée :

*“Simulation numérique d'écoulements type “depth averaged” : une classe de schémas Volumes Finis et Galerkin Discontinu”*

a débuté en octobre 2011, au sein de l'*Institut de Mathématiques et Modélisation de Montpellier (I3M)*, et a été encadrée par **Fabien Marche**. La soutenance a eu lieu le 17 octobre 2014.

Depuis octobre 2014, je suis **post-doctorant** à l'**INSA de Toulouse**. Je travaille au sein de l'équipe de **Jean-Paul Vila** et **Pascal Noble**, en collaboration avec le *Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)*.

---

## 1.1 Enseignement

Mon expérience dans l'enseignement a débuté au cours de l'année scolaire 2007 - 2008. Suite à mon admission au CAPES de Mathématiques, j'ai effectué mon stage de validation pratique IUFM dans le **lycée Déodat de Séverac** à Céret (66). J'avais en charge une classe de seconde. Durant cette année, j'ai aussi donné quelques heures de cours en collège (une dizaine de séances en classe de 3ème).

J'ai été affecté l'année suivante dans l'Académie de Créteil, au **collège Henri Barbusse** de Saint - Denis (93). J'ai eu en charge deux classes de 4ème, deux classes de 5ème, ainsi qu'une classe de 3ème pour des cours de soutien, à raison d'une heure par semaine.

Allocataire-moniteur durant ma thèse, j'ai été affecté à l'école d'ingénieurs **Polytech' Montpellier**. Durant trois années, j'ai été chargé de cours/TD pour un enseignement généraliste d'Algèbre et d'Analyse auprès d'étudiants de première année **PEIP** (*Parcours des Ecoles d'Ingénieur Polytech'*), pour un volume horaire de 64 heures par an.

Durant ma deuxième année de post-doctorat à l'**INSA**, j'ai encadré des TP d'Analyse Numérique *Python* en **3ème année IMACS** (*Ingénierie des Matériaux, Composants et Systèmes*) au premier semestre. J'ai eu en charge deux groupes, pour un total de 48 heures d'enseignement.

---

## 1.2 Recherche

Les principaux aspects de mes travaux de recherche sont liés au développement et l'analyse de méthodes numériques dédiées à la simulation de modèles d'écoulement à surface libre. Au cours de ma thèse je me suis principalement intéressé aux équations Shallow Water (SW) et aux modèles dispersifs (en particulier au modèle fortement non linéaire Green - Naghdi (GN)). Je

travaille actuellement sur des modèles d'écoulement stratifiés (équations Shallow Water Multicouches (SWM)) dans le cadre de mon post-doctorat. A l'heure actuelle ces types de modèle font partie de ceux les plus couramment utilisés pour étudier les mécanismes hydrodynamiques en océanographie.

Les premières étapes de mes activités furent consacrées aux équations SW. Jouissant d'une formulation simple et d'un domaine de validité relativement large, ces équations sont très fréquemment utilisées pour étudier la circulation des masses d'eau dans les rivières et les océans dans un contexte d'eau peu profonde, c'est à dire lorsque la profondeur d'eau est petite devant la longueur d'onde caractéristique de l'écoulement. Sous sa forme conservative, le modèle consiste en un système d'équations aux dérivées partielles couplant la hauteur d'eau  $h$  et le débit  $\mathbf{q} = {}^t(q_x, q_y)$ . Dans un contexte 2d, en notant  $z$  une paramétrisation de la topographie, et  $\mathbf{u} = {}^t(u, v)$  le champ de vitesse, ces équations prennent la forme suivante (voir Fig. 1 pour une configuration 1d) :

$$U_t + \nabla \cdot G(U) = B(U, z),$$

avec 
$$U = \begin{pmatrix} h \\ q_x \\ q_y \end{pmatrix}, \quad G(U) = \begin{pmatrix} q_x & q_y \\ uq_x + \frac{1}{2}gh^2 & vq_x \\ uq_y & vq_y + \frac{1}{2}gh^2 \end{pmatrix}, \quad B(U, z) = \begin{pmatrix} 0 \\ -ghz_x \\ -ghz_y \end{pmatrix}.$$

Les difficultés inhérentes à la construction de schémas numériques pour approcher les solutions du système sont multiples, et de nature très diverses. S'agissant ici d'une loi de conservation hyperbolique non linéaire, l'un des principaux enjeux repose sur la mise en place de certains critères de stabilité :

- Préservation des états d'équilibre (*Well - Balancing*).
- Préservation de la positivité de la hauteur d'eau (*Robustesse*).
- Inégalités d'entropie discrètes.

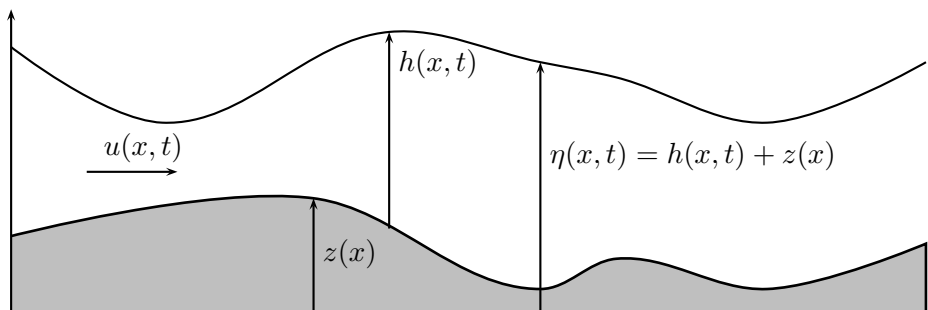


FIGURE 1 – Variables non conservatives pour les équations Shallow Water.

Aujourd'hui, en dépit de l'abondance des travaux consacrés aux équations SW, vérifier l'ensemble de ces conditions dans un contexte 2d sur maillages non structurés est loin d'être trivial. Les méthodes numériques développées durant la première partie de ma thèse ont eu pour principal objectif d'intégrer au mieux ces aspects. Dès lors, je me suis attelé à étendre ces propriétés à des systèmes dispersifs (équations Green-Naghdi), dont la mise en oeuvre numérique s'avère être d'un autre degré de complexité. Ces travaux ont très récemment abouti à la mise en place du premier modèle numérique 2d d'ordre arbitraire sur maillages triangulaires pour les équations dispersives fortement non linéaires : [WaveBox](#).

Depuis octobre 2014, je suis post-doctorant à l'INSA de Toulouse dans le cadre d'un programme de recherche financé par le SHOM. L'objectif est de développer des méthodes numériques pour un modèle d'écoulement océanographique stratifié (Shallow Water Multicouches) en

vue de leur intégration à la plateforme de prévision opérationnelle du SHOM (HYCOM - *HYbrid Coordinate Ocean Model*). Dans ce contexte applicatif, deux critères de stabilité doivent faire l'objet d'un intérêt particulier, à savoir la décroissance de l'énergie mécanique discrète (schémas *entropiques*), et la consistance avec les régimes *bas-Froude* vérifiés au niveau continu (schémas "*Asymptotic Preserving*"). Dans cette optique, plusieurs approches ont été proposées, dans un cadre semi-implicite et explicite, à la fois en colocalisé et sur mailles décalées. Les efforts sont aussi orientés sur la mise en place d'une méthode numérique permettant de gérer les conditions aux limites ouvertes sur ce modèle.



Ces travaux ont donné lieu à trois contributions majeures, à savoir :

- 1- **Stabilité - Traitement des variations du fond et termes de friction.**
- 2- **Extension aux équations dispersives.**
- 3- **Schémas *bas-Froude* pour un modèle d'écoulement stratifié.**



Au cours de mes recherches, quatre codes de calcul ont été intégralement développés, aptes à être utilisés pour des applications réalistes :

- **SW-FV2D** : Solveur Volumes Finis pour les équations Shallow Water sur maillages non structurés.
- **SW-DG2D** : Solveur discontinuous Galerkin pour les équations Shallow Water sur maillages triangulaires.
- **GN-DG1D** : Solveur discontinuous Galerkin 1d pour les équations dispersives fortement non linéaires (Green-Naghdi) .
- **WaveBox** : Extension 2d du code précédent sur maillages triangulaires.



Une description détaillée de ces travaux est disponible via le lien suivant :

<http://www.math.univ-toulouse.fr/~aduran/tex/Recherche.pdf>

## 2 - Activités d'enseignement

### 2.1 *Expérience dans le secondaire*

J'ai débuté mon activité professionnelle en septembre 2007 en tant que professeur certifié de Mathématiques, au lycée Déodat de Séverac de Céret (66). J'avais en charge une classe de seconde, et suivais en parallèle ma formation didactique à l'IUFM de Perpignan, au cours de laquelle je me suis notamment intéressé à l'apprentissage de la notion de fonction. A cet effet, j'ai aussi pu bénéficier de la possibilité d'enseigner en collège (environ 10 heures), et mettre en place de nouvelles situations d'apprentissage. Cette année d'enseignement a abouti à l'élaboration d'un mémoire s'intitulant :

*“L'enseignement de la notion de fonction du collège à la seconde”*

Après validation de mon stage pratique, j'ai été titularisé dans le département de la Seine-Saint-Denis, au collège Henri Barbusse, où j'ai eu en charge deux classes de 4<sup>e</sup> et deux classes de 5<sup>e</sup>. Cette expérience m'a véritablement donné goût à l'enseignement, et restera sans doute l'une des plus enrichissantes, à la fois sur un plan personnel et professionnel. Aujourd'hui je tends à réinvestir mes connaissances dans cet environnement, notamment par le biais de la médiation scientifique auprès de mes collègues enseignants. A cet effet, durant ma thèse, en janvier 2014, je suis intervenu auprès d'élèves de 5<sup>e</sup>, au Collège Jean Bène de Pézénas (34), dans le cadre de la collaboration avec l'équipe INRIA LEMON. Il s'agissait d'une présentation générale sur le métier de chercheur en liaison avec un exemple concret de champ d'application des Mathématiques :

*“Devenir chercheur en Mathématiques - Application aux océans et aux rivières”*

Un article est consultable sur lien suivant :

<https://team.inria.fr/lemon/en/un-jeune-chercheur-retourne-au-college>.

Si le temps me le permet, je formule le souhait de continuer à de telles actions.

A l'issue de l'année scolaire 2009, après avoir obtenu ma mutation dans l'Académie de Montpellier, j'ai effectué une demande de disponibilité *pour études* auprès du Rectorat afin de préparer un Master 2 et le concours de l'Agrégation externe à l'Université Montpellier II.

---

### Référents

Les personnes suivantes pourront être consultées sur mes aptitudes à enseigner :

- **Alain ESCODA**, Professeur de Mathématiques. **Tuteur de stage IUFM**  
*Lycée Déodat de Séverac (Céret). Tuteur de stage IUFM.*
  - Mail : [alain.escoda@ac-montpellier.fr](mailto:alain.escoda@ac-montpellier.fr)
  - Tel : 04 68 87 10 80
  
- **Yves GIRMENS**, Professeur Agrégé de Mathématiques. **Responsable formation IUFM**  
*Intervenant en formation initiale et continue des professeurs de l'enseignement secondaire-ESPE*  
*Université Montpellier 2.*
  - Mail : [yves.girmens@free.fr](mailto:yves.girmens@free.fr)
  - Tel : 04 68 53 10 00

• **Pierre TREVISAN.** **Principal du collège Déodat de Séverac (2008 - 2009)**

*Actuellement proviseur du lycée Paul-Langevin (Beauvais).*

– Mail : pierre.trevisan@ac-amiens.fr

– Tel : 06 20 96 33 49

---

## 2.2 Expérience dans le supérieur

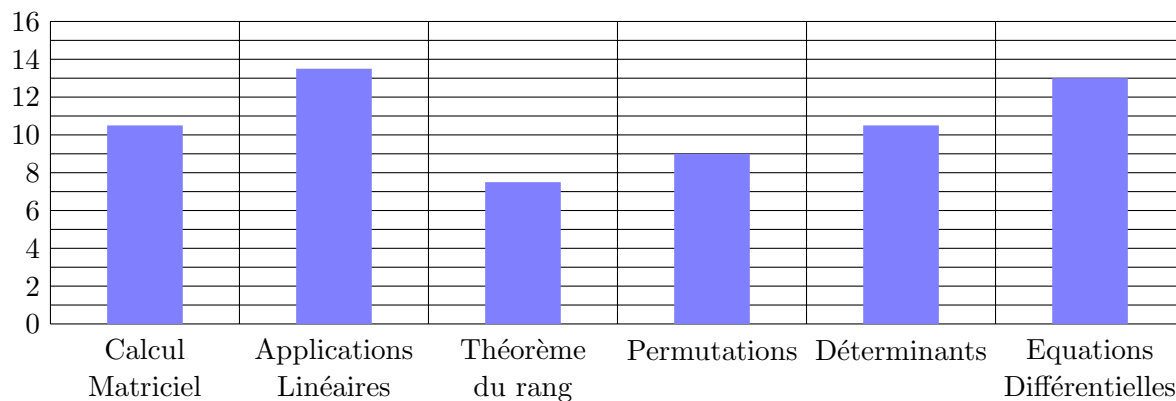
---

### 2011 - 2014 : Monitorat à Polytech' Montpellier

Deux années après avoir repris mes études de Master, l'obtention simultanée en juillet 2011 de l'Agrégation et d'un financement ministériel pour une thèse m'a permis de bénéficier d'un statut d'Allocataire-Moniteur à l'Université Montpellier II. De septembre 2011 à septembre 2014, j'ai été chargé de cours/TD au sein de l'école d'ingénieurs Polytech' Montpellier, rattachée à L'Université. Les 64 heures du module de première année, dans lequel je suis intervenu, se répartissaient comme suit :

- Calcul matriciel : 10h30 (7 séances)
- Applications linéaires : 13h30 (9 séances)
- Théorème du rang : 7h30 (5 séances)
- Permutations : 9h00 (6 séances)
- Déterminant d'une matrice carrée : 10h30 (7 séances)
- Equations différentielles linéaires : 13h00 (8 séances)

heures



---

### Référent

La personne suivante pourra être consultée sur mes aptitudes à enseigner :

• **André MAS,** Professeur des Universités.

**Responsable enseignement PEIP**

*Université Montpellier 2. Directeur adjoint Polytech' Montpellier chargé des études.*

– Mail : andre.mas@polytech.univ-montp2.fr

– Tel : 04 67 14 92 55

---

### 2015 - 2016 : Vacations à l'INSA de Toulouse

Depuis septembre 2015, j'interviens dans le parcours de 3eme année IMACS (*Ingénierie des*



*Matériaux, Composants et Systèmes*) à l'INSA de Toulouse, à travers l'encadrement de travaux pratiques d'Analyse Numérique au premier semestre (Langage **Python**). L'Unité de Formation d'Analyse Numérique s'organise en 8 séances de 3 heures (soit 48 heures pour 2 groupes), les deux premières étant consacrées à une formation **Python**. Les 6 séances formatives sont dédiées aux notions suivantes :

- Erreurs numériques.
- Résolution d'équations non linéaires.
- Intégration numérique.
- Résolution directe de systèmes linéaires.
- Conditionnement et normes.
- Méthodes itératives de résolution de systèmes linéaires.

---

## Référents

Les personnes suivantes pourront être consultées sur mes aptitudes à enseigner :

• **Florent CHAZEL**, Maître de Conférences. **Intervenant TP 3-IMACS**  
*INSA Toulouse.*  
– Mail : florent.chazel@insa-toulouse.fr  
– Tel : (+33) 05 61 55 93 34

• **Jean-Paul VILA**, Professeur des Universités. **Intervenant TP 3-IMACS**  
*INSA Toulouse.*  
– Mail : vila@insa-toulouse.fr  
– Tel : (+33) 05 61 55 93 25

---

## 2.3 *Projet d'enseignement*

---

L'enseignement me paraît être une composante fondamentale dans le parcours d'un jeune chercheur, et je nourris l'espoir de garder une telle dimension dans le cadre de mon projet professionnel. Cela me semble, même, indispensable. Le statut de Maîtres de Conférences me permettrait de poursuivre mes activités de recherche, tout en gardant contact avec l'enseignement. C'est le projet que je formule actuellement.

Ces années d'expérience dans le secondaire m'ont permis de m'ouvrir à des niveaux très différents et hétérogènes, et ont certainement facilité ma découverte de l'enseignement dans le supérieur à l'Université Montpellier II. Aujourd'hui, mon profil s'est encore enrichi avec cette année d'encadrement de TP à l'INSA de Toulouse ; je tends à réinvestir mes compétences pédagogiques en continuant d'enseigner dans le supérieur.

Mon profil est naturellement approprié à l'enseignement de modules d'Analyse Numérique et de Calcul Scientifique (connaissance des logiciels de calcul scientifique (**Maple**, **FreeFem++**), langages de programmation compilés (**Fortran**, **C++**) et interprétés (**Python**, **Matlab**), expérience dans le développement de codes de calcul). A cet égard, la connaissance du milieu des sciences expérimentales (ingénierie hydraulique, océanographie) me semble être une composante très importante et pourra me permettre d'éveiller les étudiants aux enjeux des applications des Mathématiques. Mon parcours m'a permis d'acquérir une certaine expérience de l'enseignement en école d'ingénieurs (classes préparatoires intégrées Polytech' Montpellier et INSA de Toulouse). Ceci pourrait être mis à profit dans le cadre des besoins spécifiques aux classes universitaires préparatoires. Les connaissances acquises au cours de ma formation universitaire me permettraient

toutefois d'intervenir dans des modules d'Analyse à coloration plus théorique (bonnes bases en Analyse Variationnelle, Analyse des EDP, Analyse de Fourier), ou bien au niveau de la préparation aux concours du **CAPES** et de l'**Agrégation** (concours auxquels j'ai été admis en 2007 et 2011 respectivement).