

Overview of the AMIES Agency

AMIES is the Network of the French Maths Labs (CNRS, INRIA, Universities).

Why ?

AMIES acts as the National link between the French Mathematicians and the French Companies.

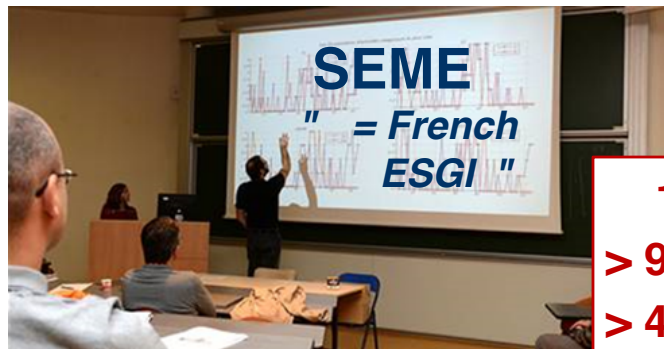
"French research in fundamental and applied mathematics is world-renowned, but still underused in French companies, specially in SMEs."



Exploratory Projects (PEPS)

➔ AMIES funds the labs working in a partnership with a company

Since 2011, more than 65 PEPS & 1 M€



**18th Week
> 90 companies
> 450 PhD**

AMIES is member of EU-MATHS-IN

✗ AMIES is in charge of the European Jobs website



EISEM 2015

- × **1st Study of the Socio-Economical Impact of Mathematics in France**
- × Requested by AMIES (in partnership with foundations)
- × Follows similar studies in UK (2012) and the Netherlands (2014)

Maths = 9% of the total number of jobs in France
in UK (2010) : 10% of total employment
in the Netherlands : 11% of jobs impacted

Maths = 285 Billion€ of added value in France
= 15% of GNP (Gross National Product)

44% of key technologies (out of 85) are strongly affected by progress in mathematics

Significant competitive advantage for the French economy, through its contribution to 5 key domains :

- signal and **image** analysis,
- **data** mining,
- modelling-simulation-optimization (**MSO**),
- high performance computing (**HPC**),
- computer system security, **crypto**.

may 2015
French Ministry
of Education
and Research



MENESR - XR Pictures

Mathematics, an essential asset for addressing tomorrow's challenges: knowledge, innovation and competitiveness.



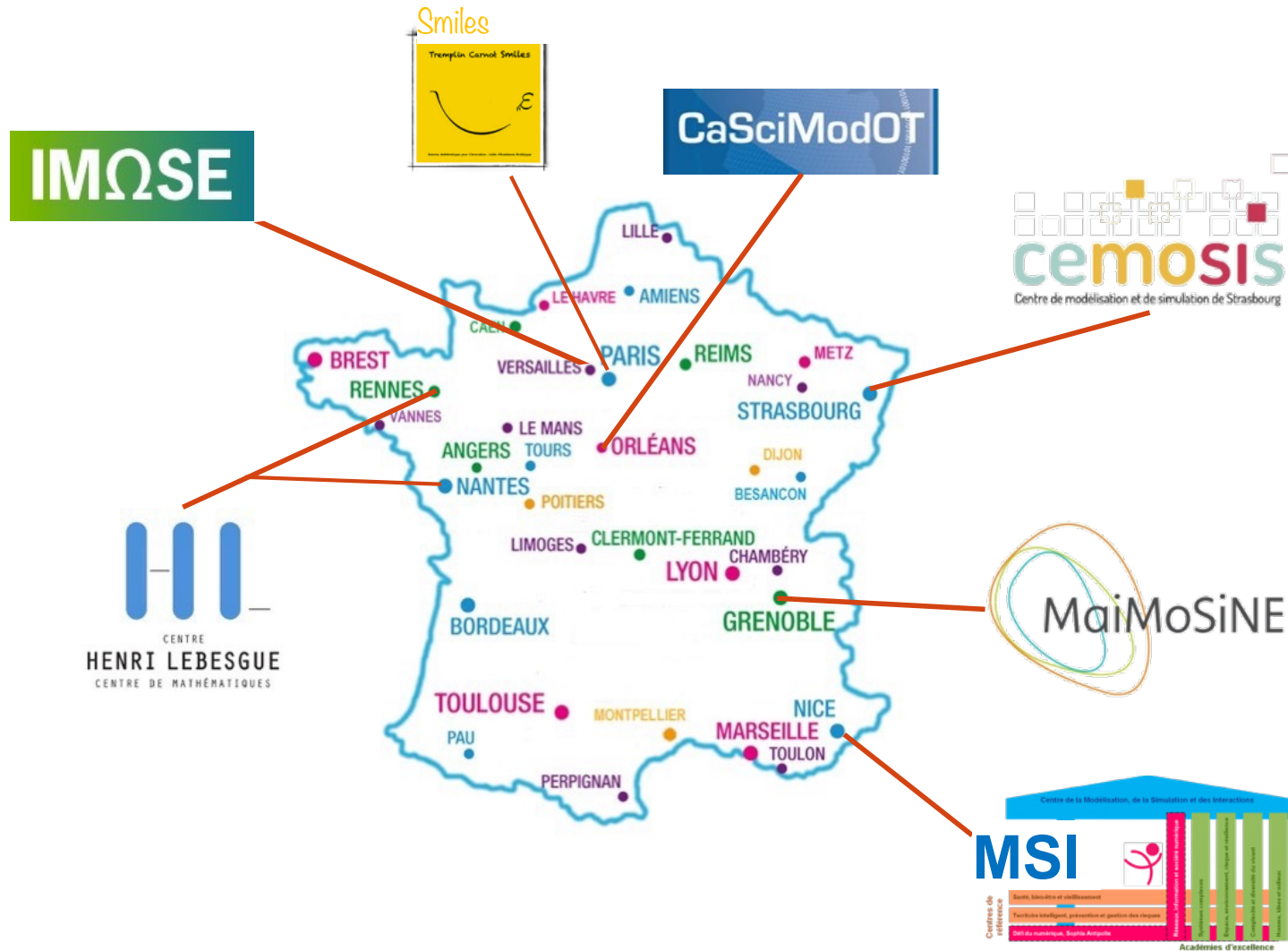
... was created in 2013
with 6 founding members, now 14 !

- ✗ **Is the European network of the National networks**
(for Maths-enterprises relationships)
- ✗ **Forward Look Maths&Industry and success stories**
 - + Built: 2010-2014
 - + Read it at www.ceremade.dauphine.fr (FLMI)
- ✗ **AMIES is in charge of the European Jobs website**
 - + <http://jobs.eu-maths-in.eu/>



MSO network (Modélisation, Simulation, Optimisation)

<http://www.agence-maths-entreprises.fr/a/?q=fr/reseau-mso>



Simulation Numérique pour le Transport Sédimentaire

Aspects Déterministes et Stochastiques

Philippe Ung^{1,2}

sous l'encadrement de:
E. Audusse, S. Boyaval, S. Cordier, N. Goutal, M. Jodeau

¹MAPMO
Université d'Orléans

²Équipe ANGE
CEREMA, Inria, LJLL

Soutenance de thèse
30 mars 2016



Contexte

Gestion du transport de sédiments

Enjeux industriels:

- Impact des **sédiments sur les ouvrages**:
 - aspects de sûreté et pertes de production liées au comblement,
 - nettoyage par chasses hydrauliques et curage mécanique.



Figure : Vidange du barrage de Sarrans (crédits: M. Jodeau).

Contexte

Gestion du transport de sédiments

Enjeux industriels:

- Impact des **sédiments sur les ouvrages**:
 - aspects de sûreté et pertes de production liées au comblement,
 - nettoyage par chasses hydrauliques et curage mécanique.
- Impact des **ouvrages sur le milieu naturel**:
 - déficit sédimentaire à l'aval avec enjeu réglementaire,
 - opérations d'hydrocurage provoquant une remise en mouvement des sédiments vers l'aval,
 - création de nouvelles zones de dépôt et concentrations en sédiments plus importantes modifiant l'équilibre hydro-sédimentaire et influençant l'équilibre biologique.
- Intérêt de la **modélisation**:
 - anticiper et prévoir l'évolution des fonds,
 - disposer d'un outil pour répondre à ces questions.

Plan du manuscrit

- Aspect déterministe
 - Schéma numérique pour le système de Saint-Venant
 - Schéma numérique pour le système de Saint-Venant–Exner
- Aspect stochastique
 - Etude d'un modèle de Saint-Venant-Exner stochastique
 - Etude d'un modèle de Saint-Venant à fond bruité
- Application industrielle
 - Optimisation du temps calcul sous TELEMAC-2D
 - Etude bibliographique sur les modèles de rupture de digues

Cadre général

Processus de transport

Le transport de sédiments est responsable des modifications du lit de rivière.

2 processus de transport de sédiments:

- par suspension: les particules se retrouvent dans la colonne d'eau et sont rarement en contact avec le fond,
- par charriage: les particules se déplacent à proximité du lit de rivière par saltation et roulement.

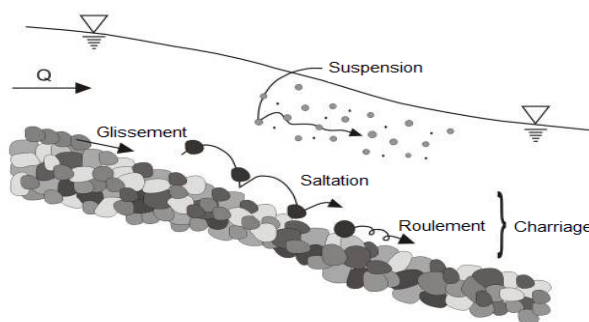


Figure : Processus de transport de sédiment.

Équations de Saint-Venant–Exner

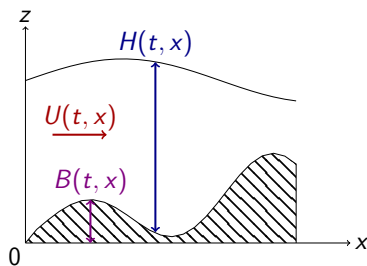
Modèle

Dans la littérature, la majorité des codes industriels se base sur le **modèle de Saint-Venant–Exner**,

$$\begin{cases} \partial_t H + \partial_x Q = 0, & (1a) \\ \partial_t Q + \partial_x \left(\frac{Q^2}{H} + \frac{gH^2}{2} \right) = -gH\partial_x B - \frac{\tau}{\rho}. & (1b) \\ \partial_t B + \partial_x Q_s = 0, & (1c) \end{cases}$$

Modèle couplé entre:

- les équations de Saint-Venant: (1a)–(1b)



$H(t, x)$: hauteur d'eau,
 $Q(t, x) = HU$: débit,
 $B(t, x)$: bathymétrie,
 avec $x \in \Omega \subseteq \mathbb{R}$, $t \geq 0$.

Équations de Saint-Venant–Exner

Modèle

Le coefficient de frottement est défini par la **formule de Manning**,

$$\tau = \rho g H \frac{Q|Q|}{H^2 K_s^2 R_h^{4/3}},$$

où, dans le cas particulier d'un canal rectangulaire de largeur l , le rayon hydraulique R_h s'écrit

$$R_h = \frac{lH}{l + 2H}.$$

Équations de Saint-Venant–Exner

Modèle

■ l'équation d'Exner (1c)

où $Q_s(t, x)$ est le flux de transport solide défini par

$$Q_s = \sqrt{\frac{g(\rho_s - \rho)d^3}{\rho}} Q_s^* (\tau^*; \tau_c^*) \frac{\tau^*}{|\tau^*|}$$

et la **formule de Meyer-Peter-Müller** donne,

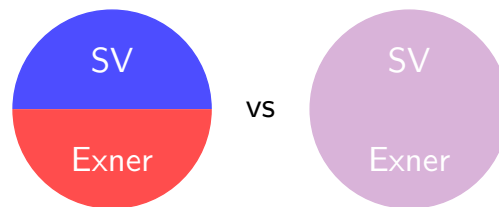
$$Q_s^* = A (|\tau^*| - \tau_c^*)_+^{3/2}$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} A \\ \rho_s, \rho \\ g \\ \tau^* \\ \tau_c^* \\ d \end{array} \right.$ une constante déterminée empiriquement,
 resp. la densité de masse pour les phases solide et liquide,
 l'accélération gravitationnelle,
 la contrainte de cisaillement (aka le paramètre de Shields),
 la valeur critique pour la mise en mouvement d'un grain,
 le diamètre d'un grain.

Remarque: Pour $\tau_c^* = 0$, on retrouve une formule de type Grass.

Motivations

Aspect numérique



- La méthode splitting peut injecter des instabilités numériques¹,

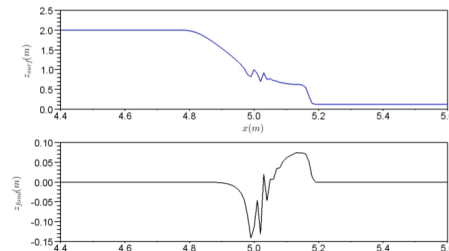
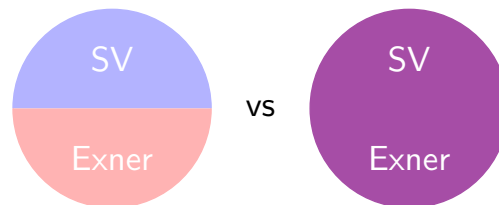


Figure : Surface libre (haut) et topographie du fond (bas). Code industriel splitté 1D (SV + DF).

¹S. Cordier, M. H. Le, and T. Morales de Luna (2011). “Bedload transport in shallow water models : Why splitting (may) fail, how hyperbolicity (can) help”. In: *Adv. Water Resour.* 34, pp. 980–989

Motivations

Aspect numérique



- Les méthodes non-splitting permettent de corriger ces instabilités,
 - solveur de type Roe (*Hudson et al. 2003 & 2005*),
 - “Intermediate Field Capturing Riemann solver” (*Pares et al. 2011*),
 - Schéma de relaxation (*Delis et al. 2008, ABCDGJSGS 2011*),
 - Solveur de Riemann non-homogène (*Benkhaldoun et al. 2009*),
 - **Schéma de type Godunov basé sur un solveur de Riemann approché^{1 2} (ARS).**

¹P. L. Roe (1981). “Approximate Riemann solvers, parameter vectors, and difference schemes”. In: *Journal of Computational Physics* 43.2, pp. 357–372

²A. Harten, P.-D. Lax, and B. van Leer (1983). “On upstream differencing and Godunov-type schemes for hyperbolic conservation laws”. In: *SIAM Review* 25.1,

Schéma numérique

Résumé

Schéma de type Godunov associé³

$$\begin{cases} \tilde{W}_i^{n+1} = \tilde{W}_i^n - \frac{\Delta t^n}{\Delta x} (F_{i+1/2}^- - F_{i-1/2}^+), \\ \tilde{W}_i^0 = \frac{1}{\Delta x} \left(\int_{C_i} H_0(x) dx, \int_{C_i} (H_0 U_0)(x) dx, \int_{C_i} B_0(x) dx \right)^T, \end{cases}$$

où F^- et F^+ sont donnés par

$$\begin{cases} F^-(\tilde{W}_L, \tilde{W}_R) = F(\tilde{W}_L) + \lambda_L (\tilde{W}_L^* - \tilde{W}_L), \\ F^+(\tilde{W}_L, \tilde{W}_R) = F(\tilde{W}_R) + \lambda_R (\tilde{W}_R^* - \tilde{W}_R), \end{cases}$$

et les vitesses d'onde sont définies par

$$\lambda_L = x_0 - 2\Omega,$$

$$\lambda_R = x_0 + 2\Omega.$$

³E. Audusse, C. Chalons, and P. U. "A simple three-wave Approximate Riemann Solver for the Saint-Venant–Exner equations". hal.archives-ouvertes.fr/hal-01204754

Conclusion

- Solveur simple **satisfaisant les propriétés physiques** propres au système de Saint-Venant–Exner et capable de **dégénérer** vers un solveur pour le système de Saint-Venant.
- **Couplage minimal** porté par la définition des vitesses d'onde.
- **Alternative stable** passant par une approche par **splitting** simple à implémenter.

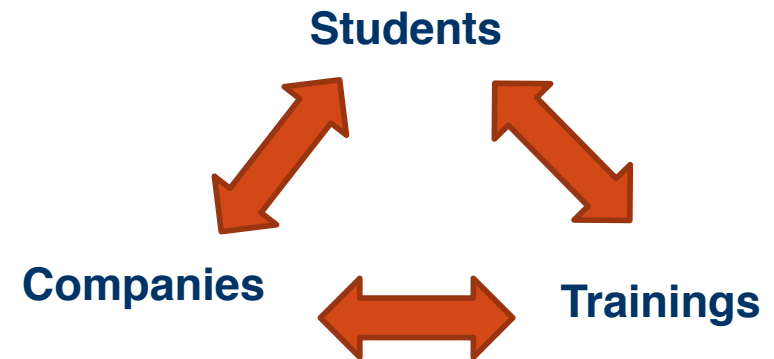
- Perspectives
 - Extension au cas 2D.
 - Intégration à la suite logicielle TELEMAC (1D et 2D).
 - Extension à un modèle multi-couche.
 - Proposer une fonctionnelle basée sur une énergie à minimiser.

Motivations

- Formes issues d'interactions à petites échelles modélisées par des fluctuations stochastiques.
- Mesures expérimentales du flux de sédiments révélant une distribution non gaussienne.
- Théorie semi-empirique définissant un flux solide reposant sur un modèle probabiliste de mouvement de particules.
- Modèle stochastique de Saint-Venant–Exner.
- Effets dissipatifs observés suite à l'introduction d'un flux de sédiments bruité.

FEM5 (Forum Emploi-Maths)

FEM is the **Maths-Jobs Fair**, held once a year in Paris



15 dec 2016
Cité des sciences et de l'industrie
 (Paris-La Villette - France)

	Participants
FEM1	900
FEM2	1250
FEM3	1550
FEM4	1800





Etude de l'Impact Socio-Economique des Mathématiques en France



"Les Mathématiques, un atout essentiel pour relever les défis de demain : connaissance, innovation, compétitivité."

Etude réalisée pour



Utilisées dans **2,4 millions d'emplois**,
soit 9% de l'emploi

285 Mds€ de valeur ajoutée
15% du PIB



5 compétences clés diffusant dans de très nombreux secteurs :

- **Traitement du signal et analyse d'images**
- **Data Mining** (statistiques, analyse de données et apprentissage)
- **MSO** (Modélisation - Simulation - Optimisation)
- **HPC** ("High Performance Computing" ou calcul haute performance)
- **Sécurité des systèmes d'informations et Cryptographie**



Les diplômés **en et par** les mathématiques
sont les plus épargnés par le chômage

"The best job" pour le Wall
Street Journal en 2014



4 000 chercheurs et enseignants-
chercheurs

60 laboratoires principaux
dont 42 laboratoires de l'INSMI



La France au **2^{ème}** rang mondial
avec 13 médailles Fields

500 docteurs par an



... pour en savoir plus :
(téléchargement, médias)

EISEM2015

13 juin 2016

Présentation AMIES

LMB

AMIES

L'Agence pour les Mathématiques en Interaction avec l'Entreprise et la Société



ANR



Inria



13 juin 2016

Présentation AMIES

LMB