



www.emse.fr

Equipe CROCUS CS du LSTI, 24/09/2009



Ecole nationale supérieure des mines de Saint-Etienne - ENSM.SE
Laboratoire en Sciences et Technologies de l'Information (LSTI)





Equipe CROCUS (Calcul de Risque, Optimisation et Calage par Utilisation de Simulateurs)

5 EC dont 2 HDR; 0,5 ITA; 3 CDD (dont 1 MA associé); 6 doctorants.
Total : 14,5



Mireille Batton-
Hubert
MA, HDR



Xavier Bay
MA, Agrégé



Rodolphe
Le Riche
CR CNRS, HDR



Olivier
Roustant
MA, Agrégé



Eric Touboul
Ingénieur



Christine
Exbrayat
Ass. formation



Delphine Dupuy
Post doc



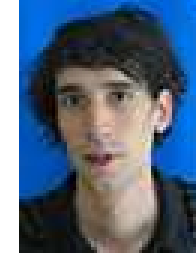
Céline Helbert
MA Associée



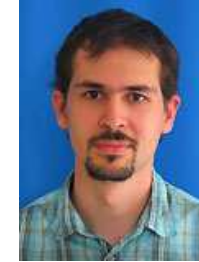
Janis Janusevskis
Post doc



Nicolas Durrande
Doctorant



Bertrand Gauthier
Doctorant



Aurélien Gentils
Doctorant



Contexte et objectifs à long terme

- Les simulateurs numériques de phénomènes physiques commencent à être utilisés dans les phases de prise de décisions.
 - Leur complexité, leur coût en calcul, leur utilisation dans un contexte incertain, induisent un besoin de méthodologies **spécifiques** pour les valider et les exploiter.
 - → Solutions sur-mesure pour
 - propager les incertitudes à travers
 - valider, caler
 - optimiser avec
- } les simulateurs
- **Méthodes mathématiques pour l'exploitation des simulateurs multi-physique**



Défis scientifiques

- Plans d'expériences numériques en grande dimension et dans des domaines contraints.
- Quantification d'incertitudes :
 - propagation, approche inverse.
 - Points bloquants : erreur de modèle, quantiles extrêmes.
- Apprentissage supervisé au moyen de
 - fonctions aléatoires (choix des noyaux, utilisation de connaissances a priori)
 - modèles fonctionnels incluant des connaissances sur les EDPs impliquées.
- Optimisation continue globale en haute dimension, en présence d'incertitudes et en temps fini.

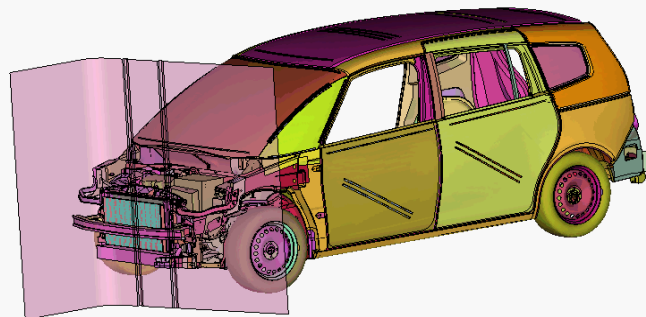


Un exemple : compromis masse / sécurité

- Dans le cadre du consortium DICE
- Simulateur de crash test (Renault)
- Paramètres: 53 épaisseurs de pièces, 7 facteurs de présence / absence de pièces
- Objectif : meilleur compromis masse / prestations (optimisation)
- Temps de calcul : ~4h
- Apport: plans d'expériences et surfaces de réponses.

Optimisation

100_AMS_066_DFC.DST : AMS_066_DFC : STATE 2 : TIME 5.00031424E+00

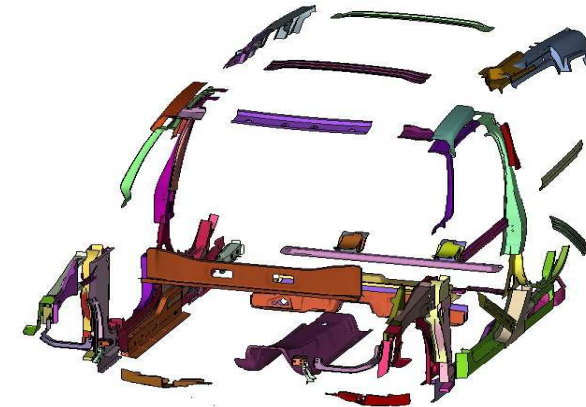


Simulation d'un
choc frontal



Intrusion
dans
l'habitacle

MS_YA_PLUS_096.metadb : 002_096_YAP : ORIGINAL STATE



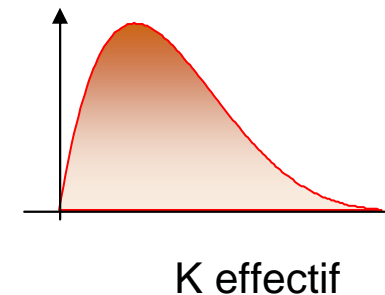


Bilan sous-thème 1 : quantification d'incertitudes

Méthodologies de quantification d'incertitudes à l'aide de grands simulateurs numériques : plans d'expériences, surfaces de réponse (GAM, polyMARS), krigeage bayésien ← *Contributions à l'axe transverse du LSTI «Outils informatiques supports aux activités d'ingénierie de conception et production».*

Projet DICE (« Deep Inside Computer Experiments », 2006-2009) : monté et piloté par CROCUS, avec applications dans le nucléaire (IRSN, EDF), le pétrole (Total), l'automobile (Renault). 140 kEuros/an + 2 thèses financées.

Expl : quantification du risque d'emballement d'une réaction neutronique (avec IRSN)





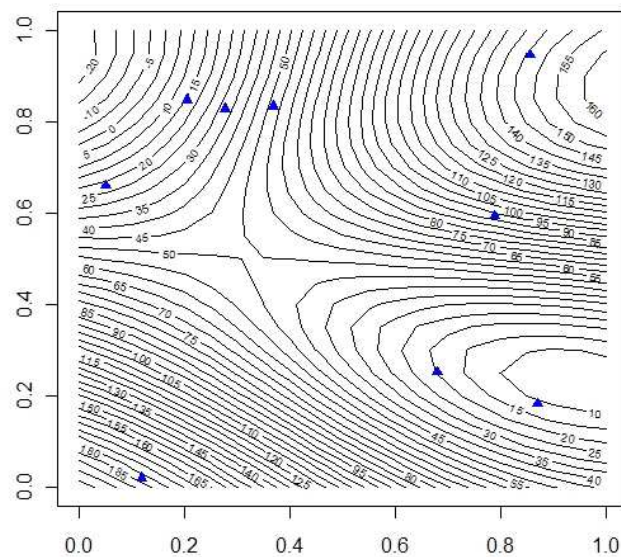
Bilan sous-thème 1 : résultats significatifs

Génération de plans d'expériences par processus de Strauss : bonnes propriétés d'uniformité et de projections (*Thèse J. Franco, 2008*).

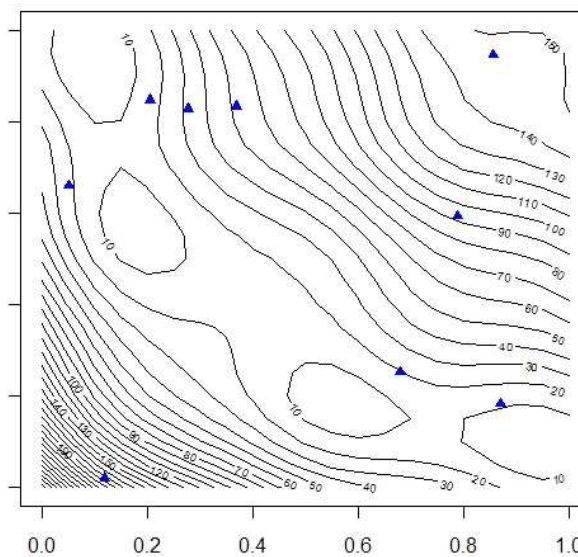
Critère d'évaluation de plans : radar d'uniformité pour la détection d'alignements (*logiciel + article sur www.emse.fr/~roustant*).

Krigeage avec prise en compte des symétries du problème (*CRAS, 2009*).

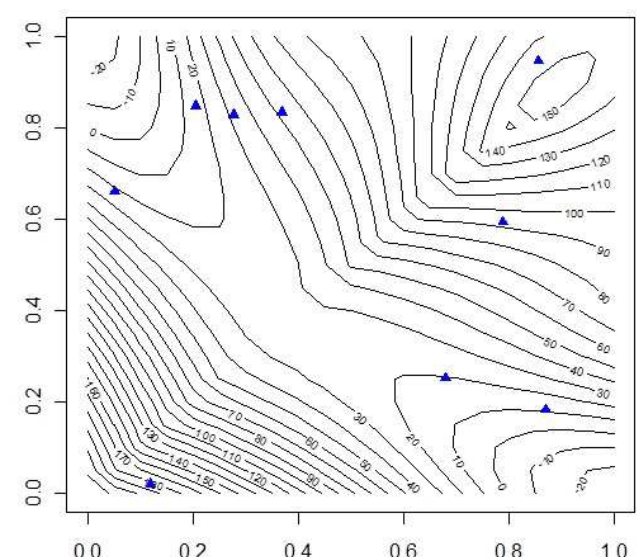
moyenne de Krigeage classique avec 9 points



Fonction de Branin symétrisée



Moyenne de Krigeage avec noyau Beta (9 points)



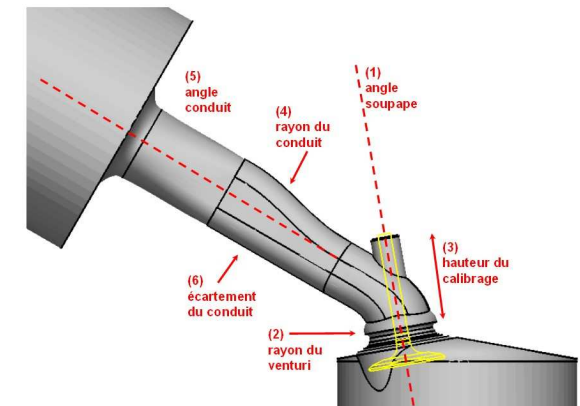
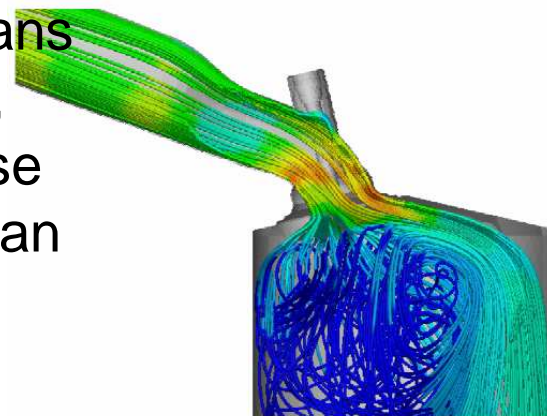


Bilan sous-thème 2 : optimisation multidisciplinaire avec incertitudes

Méthodes pour l'optimisation globale à partir de simulateurs dans lesquels des données sont incertaines : optimisation avec processus gaussiens (globalité, parallélisme), minimisation de quantiles, programmation objet des optimiseurs ← Contributions à l'axe transverse du LSTI « *Outils informatiques supports aux activités d'ingénierie de conception et production* ».

Projet ANR / OMD (« Optimisation MultiDisciplinaire », 2006-2009) : piloté par CROCUS, avec applications dans le transport (Renault, Dassault Av., Astrium ST). 50 kEuros/an + 1 thèse financée, 3Meuros de budget au plan national (14 partenaires). Classé « projet phare » de l'ANR en 2009.

Expl : dimensionnement d'un conduit d'admission d'air (avec Renault)



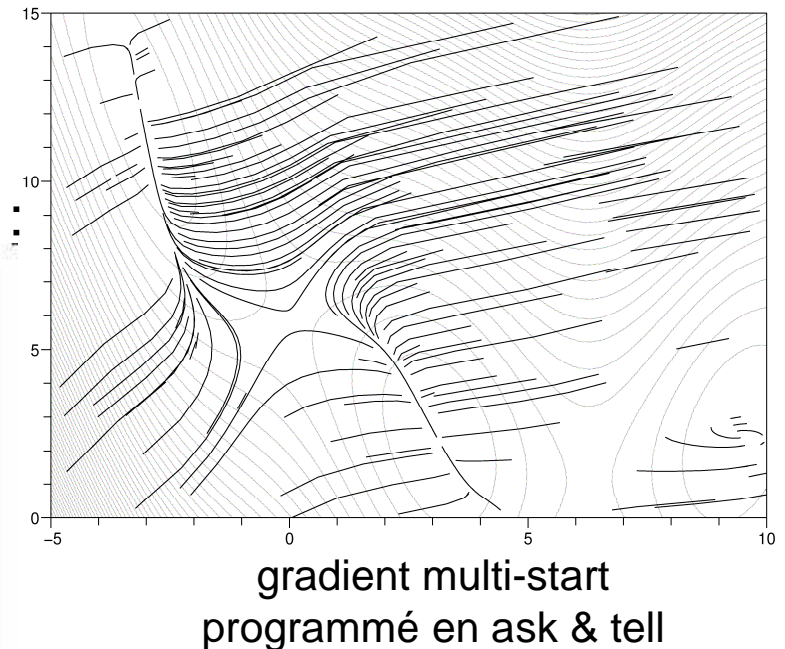


Bilan sous-thème 2 : résultats significatifs

EGO parallélisé : Ginsbourger, D., Le Riche, R. et Carraro, L., *Kriging is well-suited to parallelize optimization*, chapitre dans *Computational Intelligence in Expensive Optimization Problems*, Springer, accepté en Août 2009.

Programmation ask & tell des optimiseurs :

Minimisation de quantiles :

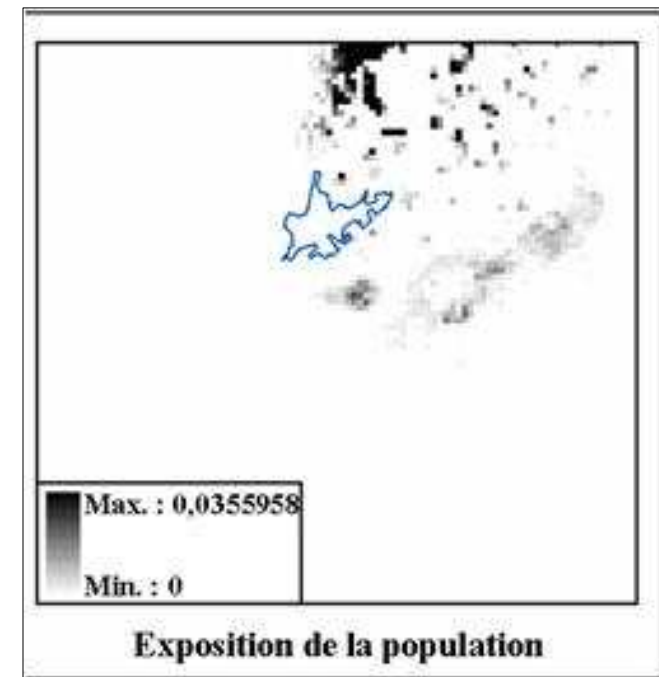
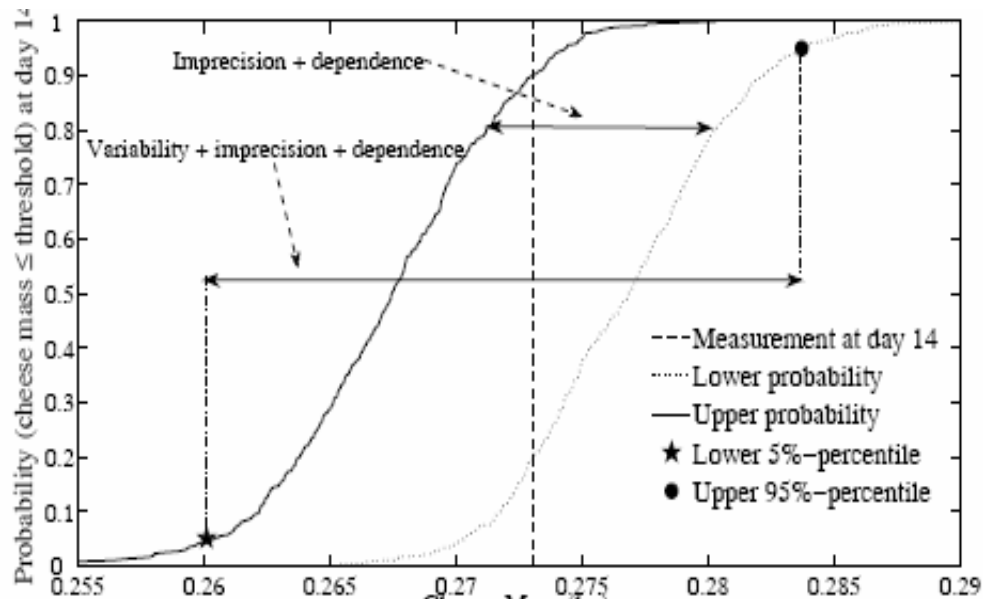




Bilan sous-thème 3 : fusion de modèles en ingénierie de l'environnement

Fusion de modèles : experts – physiques (CFD, *thèse J-M Tacnet*), ou physiques - phénoménologiques (appris à partir de données) par théorie de Dempster-Shaffer (généralisation des probabilités). ← Contributions à l'axe transverse du LSTI «*outils informatiques supports aux activités d'ingénierie de conception et production*».

Applications aux écoulements en environnement (pollution de l'air, eau).



impact du stockage de déchets fermentescibles



Récapitulatif des productions scientifiques

	2005	2006	2007	2008	2009	Total
ACL	3	1		5	4	13
ACLN	3	1		1	1	6
INV	1	1	2	3	2	9
ACTI	6	4	10	11	2	33
ACTN		2	4		3	9
COM	1					1
OS	2 (1 thèse)	6 (3 thèses - 1 HDR)	2 (1 HDR)	4 (2 thèses - 1HDR)	4 (2 thèses)	18
DO			1	1		2
AP	4	5	25	25	11	70
Total	18	14	42	50	19	161

Une équipe avec une production scientifique moyenne (1,3 article de revue / an / permanent) mais en croissance (en particulier / quadriennal précédent), importante activité contractuelle (3,5 rapport d'étude / an / permanent).



Collaborations industrielles

- **Pilote le Consortium DICE** (Deep Inside Computer Experiments), 2006-2009 : 5 industriels, 5 organismes académiques. Budget total 550 keuros/an.
 - **Pilote le projet ANR OMD** (Optimisation MultiDisciplinaire), 2006-2009 : 5 industriels, 9 partenaires académiques, 1,3 Meuros de dotation ANR globale, évalué “projet phare ANR 2009”.
 - + autres collaborations industrielles ponctuelles 2006-2009 : EDF, CETIM, Eurovia, ADEME.
- 280 Keuros / an en moyenne sur 2006-2009.
- **Partenaire d’ANR/OMD2** (Optimisation MultiDisciplinaire Distribuée), suite d’OMD, 2009-2012, 173 Keuros.
 - **Partenaire d’ANR/ID4CS** (Integrative Design for Complex Systems) en collaboration avec LSTI/ISCOD, 2009-2011, 1/2 thèse.
 - **Partenaire d’ANR/GESTRANS** (GESTion des risques liés aux crues par une meilleure prise en compte du TRANsit Sédimentaire).



Collaborations académiques

Internationales

- Université de Floride : thèse de V. Picheny en co-tutelle, accueil de Ben Smarthlock (doctorant de l'Univ de Floride) pendant 3 mois en 2007.
- Enseignements des probabilités à la National Economics University (NEU), Hanoï, et l'Université d'Economie de Hô Chi Minh ville, Vietnam (X. Bay , O. Roustant, D. Ginsbourger), 4 semaines.

Nationales

- UJM : plan pluri-formation Alliana
- Participation active au GDR Mascott (analyse numérique) auquel un de nos étudiants (D. Ginsbourger) a obtenu le prix de la meilleure contribution.

Régionales

- Cluster « Environnement »

Internes

- 7 thèses en cotutelle avec d'autres équipes de l'ENSM-SE.



Visibilités scientifiques

Organisation de rencontres scientifiques

- Organisation du colloque Européen ENBIS, Saint-Etienne, Juillet 2009.
- Co-organisation de 3 mini-symposiums « optimisation multi-disciplinaire » : European Conference on Computational Mechanics 2010, Paris; colloque de calcul de structures de Giens, Mai 2009; congrès français de mécanique, Troyes, 2005.

Responsabilité d'édition

- R. Le Riche, « review editor » à Structural and MultiDisciplinary Optimization, Springer.
- O. Roustant, membre du comité d'organisation du GDR Mascot Num.

9 conférences invitées



Faits marquants

- Portage de deux projets nationaux d'envergure (DICE et OMD). OMD projet phare de l'ANR en 2009.
- Organisation de la conférence Européenne ENBIS 2009, « Design and Analysis of Computer Experiments ».
- Compétence reconnue autour de l'utilisation des processus aléatoires pour la métamodélisation, l'analyse de sensibilité et l'optimisation.
- Productions opensource : bibliothèques OMD (optimisation) en Scilab et DICE en R.



Enseignement et Formation par la recherche

Pôle «Modélisation mathématiques» : 1ère année ICM, 130 heures, 130 élèves, resp. Eric Touboul.

Axe «Méthodes statistiques et applications» : 2ième année ICM, 90 heures, 45 élèves, resp. Mireille Batton-Hubert.

Axe « Ingénierie de l'environnement » : 2ième année ICM, 120 heures, 21 élèves, resp. Mireille Batton-Hubert.

Option « Mathématiques appliquées et finances quantitative » : 3ième année ICM, 120 heures, 21 élèves, resp. Olivier Roustant.

Master Recherche « Modélisation mathématique et applications » : 7 élèves, co-habilitation avec UJM, resp. Ecole : Eric Touboul.

Partenariat avec l'ISFA : 6 élèves, resp. Céline Helbert.

+ Participation à des enseignements pilotés par d'autres entités.

15% de l'indicateur « nombre d'heures sous responsabilité pondérées par le nombre d'élèves » réalisés par 6% des EC de l'Ecole.



Perspective 1 : optimisation et quantification d'incertitudes par calcul distribué

- Les ressources en calcul croissent rapidement,
- la technologie middleware existe,
- le coût numérique des simulations restera un obstacle.

⇒ la structure des programmes de propagation d'incertitudes (e.g., Monte Carlo) doit être repensée pour être distribuée de manière asynchrone, robuste aux pannes de noeuds de calcul, et efficace (accélération superlinéaire par stratégies collaboratives).

- Liens avec l'équipe ISCOD. Axe transverse LSTI *Conception de biens et services*.
- Projets ANR OMD2 et ID4CS démarrent en ce moment.



Perspective 2 : mélange de modèles

Simulateurs concurrents : fusion de modèles par approches bayésienne et possibiliste (Dempster-Shaffer).

Simulateurs couplés : simulations multiphysiques (un modèle donne les conditions limites d'un autre) et optimisation multidisciplinaire.

Stratégies de découplage (pour éviter d'attendre les simulations les plus lentes) et d'interfaçage par métamodèles.

Projet ANR / GesTrans (2010-2012).

Participe aux deux axes transverses LSTI.



Perspective 3 : métamodélisation incluant la physique

Intégration d'informations physiques (résolutions d'EDP) dans la métamodélisation : techniques POD (\approx analyse en composantes principales), métamodélisation sous contraintes.

Application en hydrogéologie (début de thèse en 2010 en collaboration avec l'Univ. de Neuchatel et de Stellenboch).

Participe aux deux axes transverses du LSTI.



Perspectives / défis scientifiques

- Plans d'expériences numériques en grande dimension et dans des domaines contraints ← P1, P2 et P3.
- Quantification d'incertitudes : ← P1
 - propagation, approche inverse.
 - Points bloquants : erreur de modèle, quantiles extrêmes.
- Apprentissage supervisé au moyen de
 - fonctions aléatoires (choix des noyaux, utilisation de connaissances a priori) ← P1, P2, P3
 - modèles fonctionnels incluant des connaissances sur les EDPs impliquées. ← P3
- Optimisation continue globale en haute dimension, en présence d'incertitudes et en temps fini. ← P1, P2

INSPIRING INNOVATION | INNOVANTE PAR TRADITION



www.emse.fr



MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE
DES FINANCES ET DE L'INDUSTRIE