



LE PROJET ANR OPUS

Alberto Pasanisi, EDF R&D

Journées du GdR MASCOT-NUM
Bruyères le Châtel, 22 mars 2012





LE PROJET ANR OPUS

Alberto Pasanisi, EDF R&D

Journées du GdR MASCOT-NUM
Bruyères le Châtel, 22 mars 2012





Sommaire

- ◎ OPUS : Repères, motivations

- ◎ Un projet structurant pour la communauté scientifique / technique :
 - Interface entre chercheurs de différentes disciplines
 - Interface industrie-recherche académique

- ◎ Bilan et perspectives
 - Contributions
 - Perspectives
 - Suites du travail collaboratif

Introduction



Quelques repères (1/2)

Projet ANR OPUS

« Open source Platform for Uncertainty treatment in Simulation - Plate-forme Libre de Traitement des Incertitudes pour la Simulation »

Démarrage effectif : 1er avril 2008 pour une durée de 3 ans ½

Budget : 2237 k€ (financement ANR : 942 k€, 42%)

Dans sa version actuelle, OPUS est le rapprochement de deux projets :

OPUS

- AAP 2007 (Programme TechLog - Technologies Logicielles)

COPRIN - COncption en PRésence d'INcertitudes

- AAP 2007 (Programme CIS - Calcul Intensif et Simulation)

Quelques repères (2/2)



EADS



université
PARIS
DIDEROT
PARIS 7



Inria



- CEA
- École Centrale Paris
- EDF-R&D
- Dassault-Aviation
- EADS IW
- INRIA-Digitéo
- SOFTIA
- SUPELEC
- Univ. Denis Diderot Paris 7
- Univ. Joseph Fourier Grenoble 1

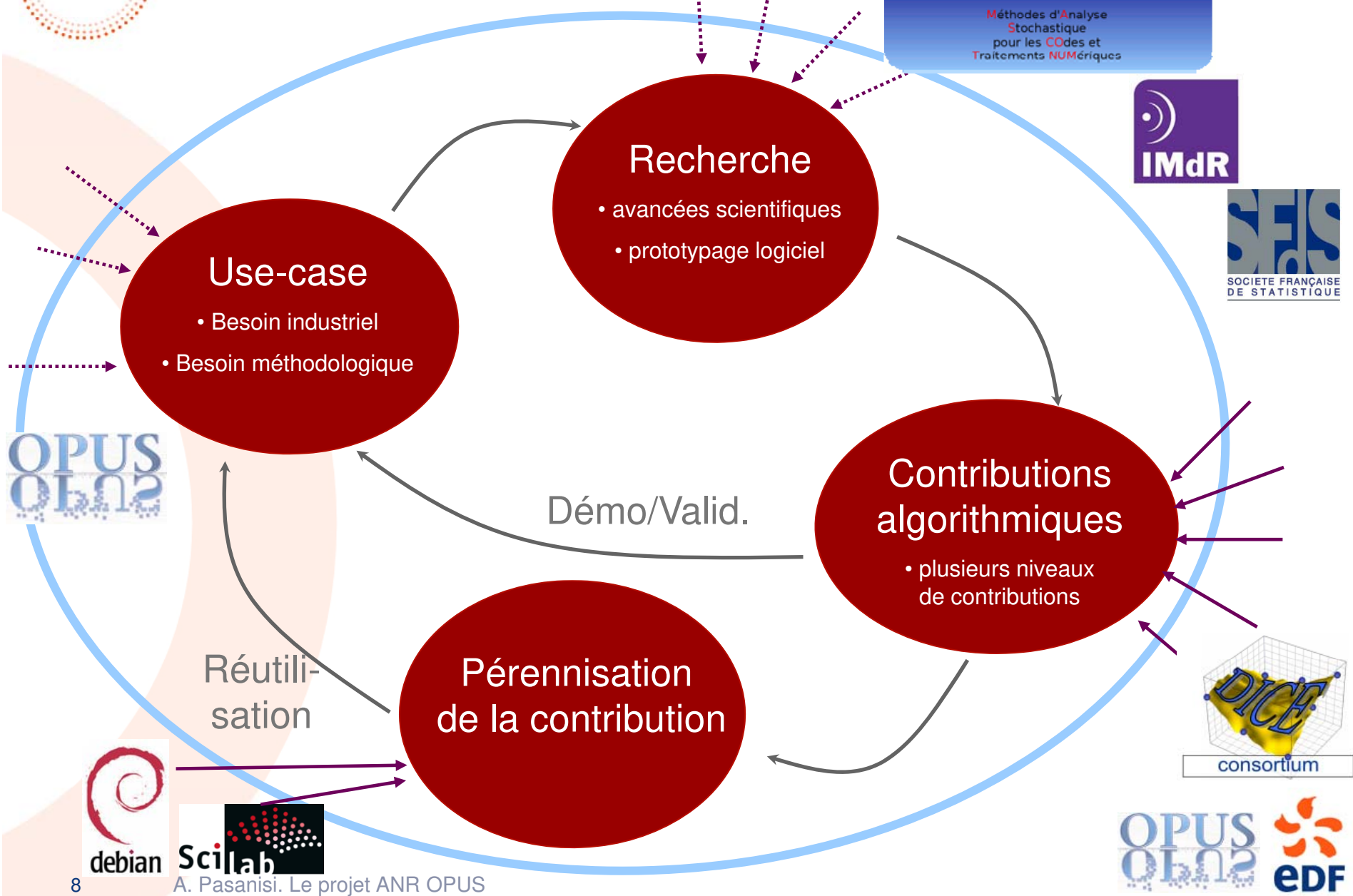
Industriels, centres de recherche appliquée, universités et grandes écoles, PME de services informatique



Motivations

- ◎ Quantification et propagation des incertitudes en simulation numérique (analyse de fiabilité, sensibilité)
 - **Sujet ancien, mais intérêt accru ces dernières années**
 - Plusieurs raisons: prise de conscience, exigences réglementaires, essor des moyens HPC ...
 - **Émergence d'un besoin nouveau :**
 - Se doter d'un cadre commun pour faciliter les échanges entre les compétences spécifiques à un « métier » et les compétences en mathématiques appliquées
 - Se doter de méthodes et outils générique pour traiter efficacement le problème
 - **Groupes de travail / consortiums / GdR :**
 - ESReDA (2005-2008), IMdR (dep. 2006), SFdS (dep. 2009), GdR MASCOT NUM (dep. 2008), DICE (2006-2009) ...
- ◎ 2006-2007 :
 - **A partir d'une vision du problème de type « AFS/Propagation d'incertitudes »** → Volonté de créer un cadre de travail plus « structuré » et, en même temps, ouvert → OPUS (application) et COPRIN (recherche)

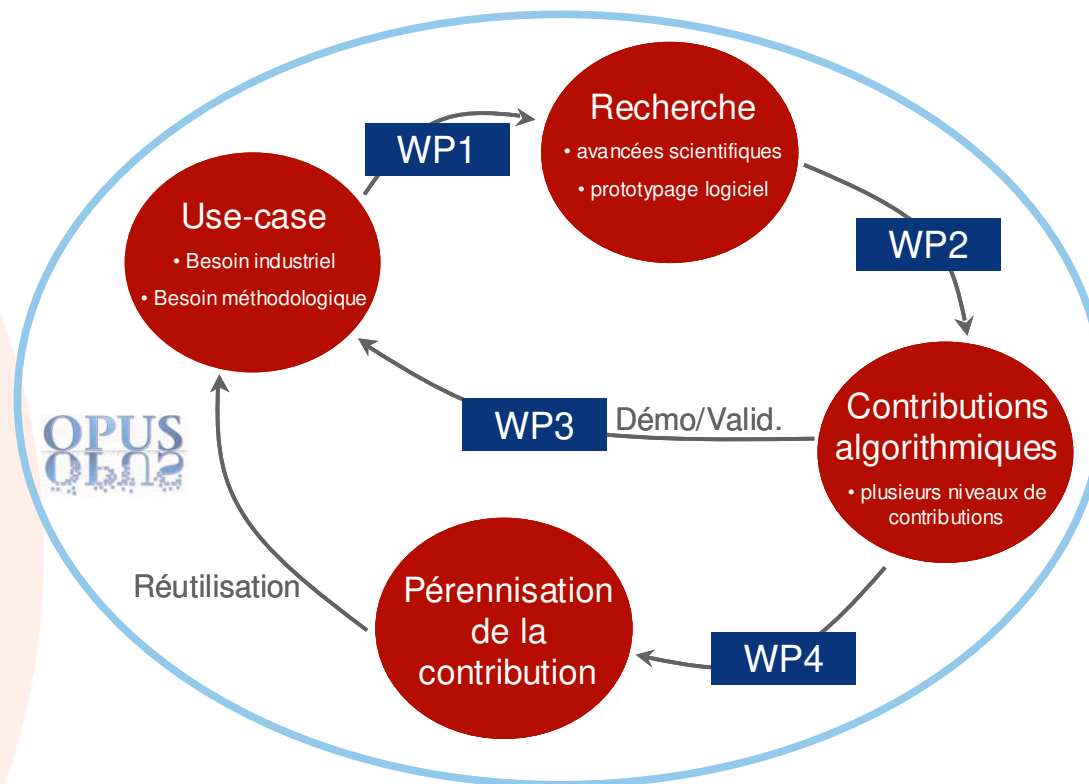
La boucle OPUS





Organisation des travaux

Axe n°1



Axe n°2



Recherche et dissémination



Travaux de recherche

⊙ Recherches « pré-industrielles »

○ WP2.1.1 : Construction de méta-modèles



Remplacer un code numérique couteux
Différents types de méta-modèles envisagés

Polynômes de Chaos (PC)

Processus gaussiens (krigeage)

Décompositions sur des bases (POD ou RBF)

○ WP2.1.2 : Analyse de sensibilité



Polynômes de chaos

Décomposition sur produits tensoriels de bases orthogonales des surfaces de réponses

Optimisation de la dimension (seuillage des coefficients de régression)

○ WP2.1.3 : Méthodes inverses probabilistes



Approches EM

Modèles linéarisables (ECME) non-linéarisables (ECME itéré, SEM)

Approches MCMC

Algorithme Metropolis-Hasting



Travaux de recherche

◎ Recherches « amont »

- WP2.2.1 : Estimation robuste de quantiles / proba de défaut.
- WP2.2.2 : Incertitudes dans les couplages hétérogènes
- WP2.2.3 : Résolution efficace d'équations aux dérivées partielles



Monte Carlo accéléré : stratification directionnelle adaptative
Krigéage adaptatif (algorithme SUR)
Construction d'un chaos polynomial optimal pour l'estimation de quantile
Prise en compte contrainte de mémoire



Méta-modèles (pour chaque système mono-physique) spécifiques (POD, RBF, Krig.)
Méta-modèles dans le cas d'EDP couplées



Approximation dans une base réduite (convergence rapide, EDP paramétrique)
Estimation de l'erreur d'approximation (approche par relaxation)



Publications scientifiques

- ◎ Revues internationales (10)
- ◎ Conférences internationales (4)
- ◎ Conférences nationales (6)
- ◎ Communications (5)
- ◎ Présentations du projet OPUS (8)
 - Forum Ter@Tec, (06.2008)
 - Journées du GdR MASCOT-NUM (03.2008 et 03.2009)
 - ICT (11.2008)
 - Convention System@Tic Paris-Région (2008, 2009, 2010)
 - Grand colloque ANR STIC (01.2010)

*20 publications sur 33 sont issues d'un travail collaboratif et cosignées
+ Numéro Spécial Statistics and Computing (20 sur 100 : Stat.&Prob.)
« Modeling of Computer Experiments for Uncertainty Propagation
and Sensitivity Analysis »*

(A. Antoniadis et A. Pasanisi : guest editors)



Workshops

	Thèmes	Lieu	Date	nb
1	Méthodes/outils pour l'analyse d'incertitude, Meta-modèles Table ronde « logiciel libre »	EDF, Clamart	oct. 08	40
2	Apprentissage statistique Table ronde « interaction avec les logiciels stat. existants (R) »	CEA, Saclay	avr. 09	40
3	Méthodes spectrales et Chaos polynomial	EADS, Suresnes	nov. 09	30
4	Propagation d'incertitudes, estimation de quantiles rares et de très faibles probabilités de défaillance	IHP, Paris	juin 10	55
5	Quantification d'incertitude et calcul haute performance. Solutions logicielles (Open TURNS, Uranie, Cougar)	UJF, Grenoble	mars 11	30
6	Final Workshop	IHP, Paris	oct. 11	60

Invités « hors OPUS » :

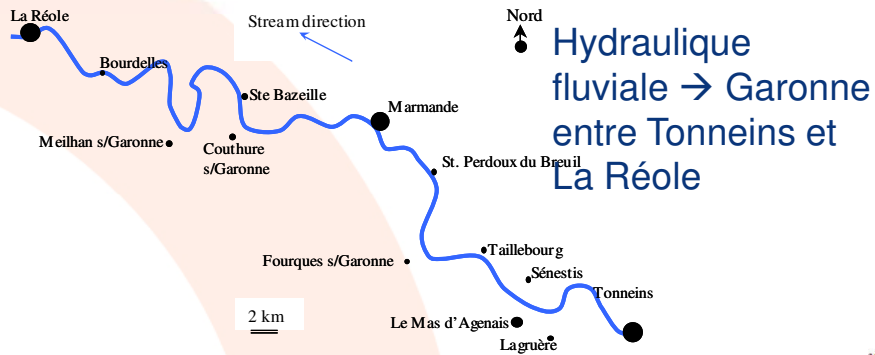
F. Bach, R. Barate, R. Bateman, M. Baudin, P. Benjamin, M. Berveiller, D. Busby, L. Carraro, P. Del Moral, B. Depardon, I. Dutka-Malen, K.T. Fang, F. Gaudier, R. Gramacy, O. Le Maître, Ph. Naveau, F. Nobile, M. Munoz-Zuniga, A. Patera, C. Perez, C. Prieur, B. Sudret, L. Viry,

Interactions industrie - recherche académique

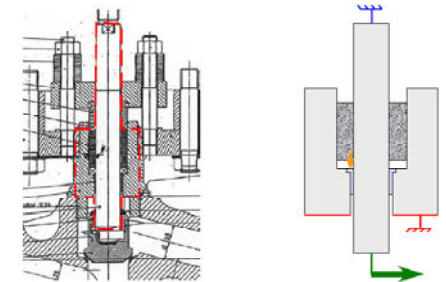


Les cas-tests : un cadre structurant

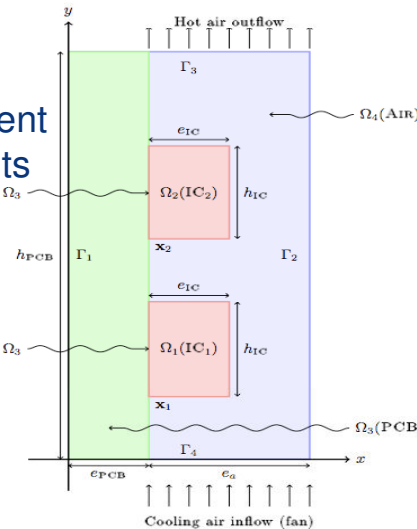
Des cas tests issus de (i) contextes différents, (ii) physiques différentes



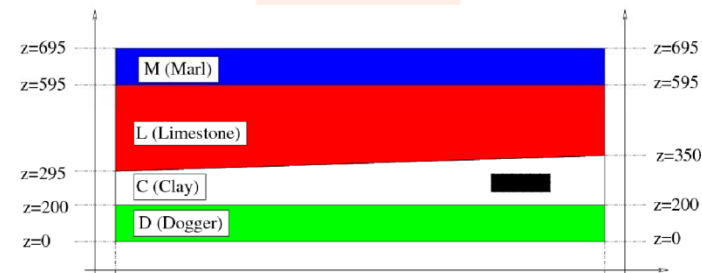
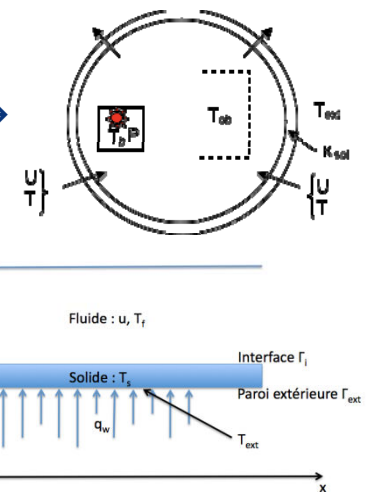
Mécanique -> modélisation d'un robinet industriel



Thermique -> Refroidissement de composants électroniques



Aéro-thermique -> Champs de températures ds une cavité (haut) et problème simplifié (bas)



Écoulements saturés et transport de radionucléides -> stockage en profondeur de déchets nucléaires



Démonstration/validation industrielle des méthodes avancées

Résultats principaux

Garonne	<ul style="list-style-type: none">✓ Estimation par inversion probabiliste de la loi des coeff. de Strickler K_S✓ Estimation de quantiles élevés de l'hauteur d'eau (construction du krigeage par stratégie SUR)
Robinet	<ul style="list-style-type: none">✓ Approx. du modèle méca. par polynômes du chaos✓ Études de dispersion, fiabilité, sensibilité
Stockage déchets nucl.	<ul style="list-style-type: none">✓ Approx. du modèle méca. par polynômes du chaos✓ Analyse de sensibilité
Refroidissement composant électron.	<ul style="list-style-type: none">✓ Approx. du modèle méca. par polynômes du chaos✓ Approx. par méthodes « bases réduites certifiées »
Cas test aéraulique simplifié	<ul style="list-style-type: none">✓ Premiers travaux conjoints de couplages hétérogènes Dassault Aviation - ECP

Travaux/Communications multi-partenaires

→ CEI Supélec
3^{ème} année

→ Journées de Stat. 2010
SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE STATISTIQUE

→ Wiki du Comité des programmes de Digiteo Labs
INCERTEO digiteo labs

→ Cas-test intégré à la doc FEEL++OPUS



Une interaction bénéfique

- ⊙ Possibilité de tester des algorithmes innovantes sur des « vrais » exemples industriels
- ⊙ Diffusion plus facile des méthodes au sein de la communauté des ingénieurs
- ⊙ Un bilan satisfaisant :
 - De nombreuses collaborations qui continuent (dans des cadres différents)
 - Prise en considération de « nouvelles » méthodes chez les partenaires industriels (e.g. bases réduites, inversion proba., stratégies SUR, couplages hétérogènes)
 - Impact direct ou indirect sur les programmes de R&D sur plusieurs années

Réalisations et Contributions



Des niveaux de contribution différents

- OPUS a visé à valoriser et à capitaliser des contributions de nature différente

- Contributions scientifiques (Forum)
- Contributions algorithmiques :
 - Contrib
 - Lib



Niveau croiss. de qualité
logicielle.

Niveau croiss. d'intégration dans
la plate-forme logicielle de réf.

- Deux objectifs :

- Mettre à disposition des méthodes avancées de R&D dans des logiciels libres
- En favorisant l'interopérabilité
- Dans une vision plus intégrée : mise à disposition de méthodes avancées dans un outil Open Source dédié au traitement des incertitudes (Open TURNS)



Vision synthétique des contributions

RPyWrapper	Python	Outil de conversion R \leftrightarrow Python-Open TURNS
PC OpenTURNS	C++, Python	Chaos Polynomial ds Open TURNS
NISP	C++, Scilab, Python	Chaos Polynomial ds Scilab, Uranie
Feel++-Opus	C++, Python, Octave	Bases réduites certifiées
Kriging STK	Matlab, Octave	Krigéage SUR
MLE Inverse	R	Inversion proba (MLE)
MCMC Inverse	R	Inversion proba (MCMC)
Quantile		Estimation quantiles
Funct. SA	R	Analyse de sensibilité fonctionnelle

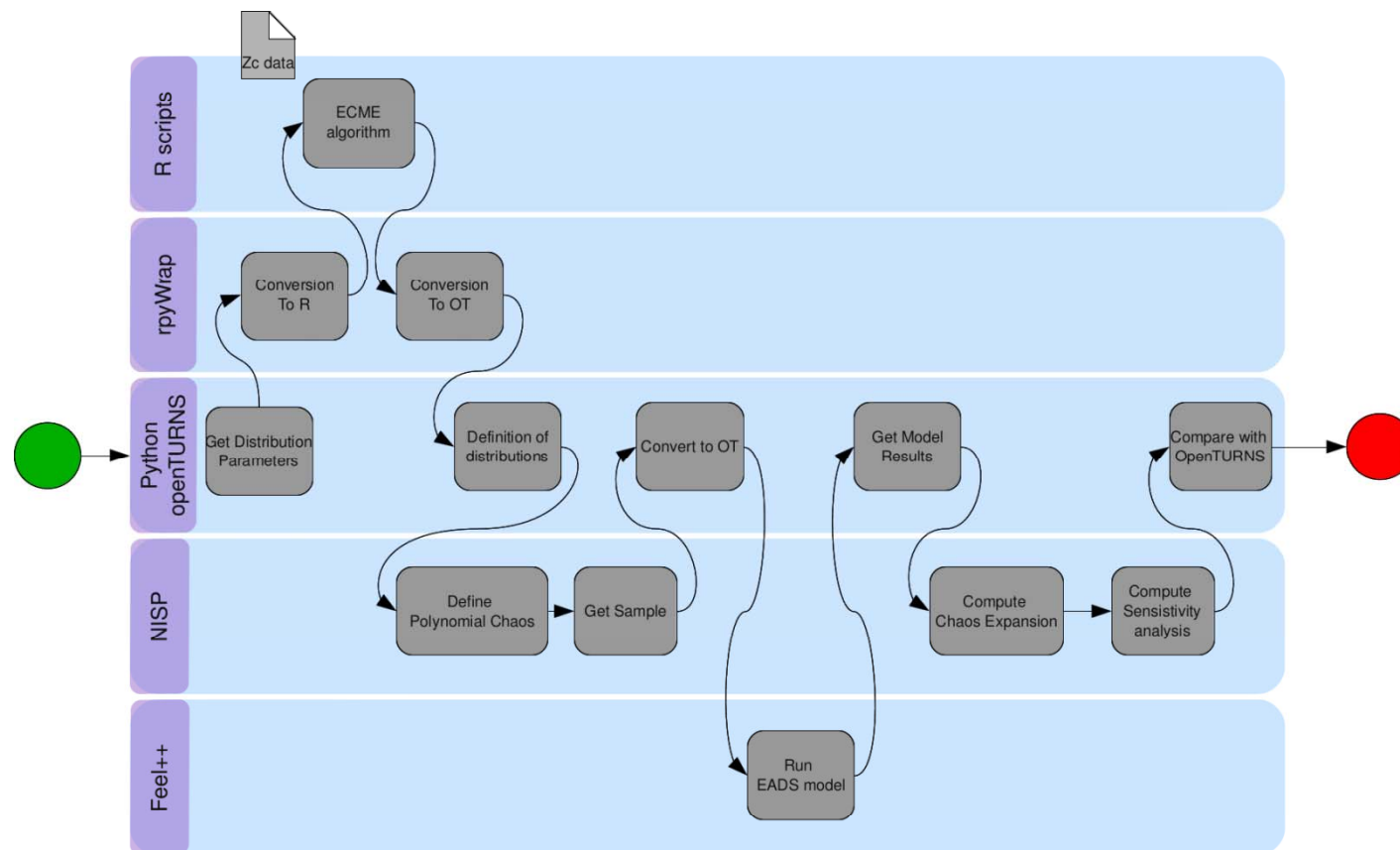
Externe

Lib	Un utilitaire de conversion
	Des bibliothèques scientifiques répondant à des exigences strictes
Contrib	Scripts
Forum	Scripts, Articles



Exemple d'interopérabilité

Une étude qui enchaîne plusieurs briques logicielles OPUS peut être réalisé à partir d'une TUI Python



Enseignements et perspectives



Enseignements

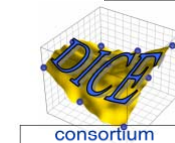
- ⊙ Premier **projet** multi-partenaire focalisé sur l'analyse *générique* d'incertitudes
- ⊙ Variété de compétences (probabilités, statistiques, EDP, mécanique, hydraulique, mécanique des fluides, informatique...) → richesse
- ⊙ Académiques et industriels → effort commun
- ⊙ Cas tests industriels → intérêts de nouvelles méthodes, limites du passage à l'échelle
- ⊙ Impacts pour la R&D industrielle : plans d'expériences séquentiels (EDF), méthodes CRB pour EADS, au-delà impact des échanges sur une vision partagée du problème des incertitudes
- ⊙ Impacts pour la communauté académique : (hormis les résultats développés dans le WP2) une production visible, en liens avec plusieurs acteurs
- ⊙ Contribution à la fédération de la communauté « incertitudes » a été fédérée (gros travail de dissémination)



Suites des travaux

De nombreuses collaborations impliquant (avec d'autres) les partenaires OPUS vont poursuivre l'effort collectif :

- GdR MASCOT NUM → Nouveau groupe « logiciels »
- Projets financés par les pouvoirs publics :
 - CSDL (Axe de travail « Incertitudes »), COSTA BRAVA (analyse de sensibilité), HAMM, RB4FASTSIM
- Consortium ReDICE
- Échanges / Collaborations diverses ...
- Il y a la place pour un nouveau projet centré sur les méthodes « génériques » pour l'analyse d'incertitudes
- Nombreuses configurations pour la vie des contributions après OPUS
- Déjà intégrées à des outils pérennes et/ou platef. industrielles : e.g. chaos pol.
- Financement partiel par d'autres projets : e.g. Bases réduites
- -Contrib, plusieurs options : moyens propres, industrialisation future





Merci pour votre attention

