

Analyse d'incertitudes et simulation dans le domaine de l'énergie

Fabrice Gaudier (CEA/DEN)

Alberto Pasanisi, Anne Dutfoy (EDF R&D MRI)



Organisation de l'exposé

- Introduction
 - Historique, motivations pour un outil générique
 - Open TURNS
 - Uranie
- Une application de l'outil Open TURNS
 - Analyse de sensibilité / fiabilité d'un robinet à soupape
- Une application de l'outil Uranie
 - Étude ANDRA sur une propagation d'incertitude sur un modèle de transport dans les colis entreposés à partir d'une surface de réponses de type neuronale

Motivations

- Un problème commun à toutes les études « métier »
 - Codes déterministes, entrées entachées d'incertitudes
 - Comment prendre en compte ces incertitudes dans les études ?
- Une volonté d'uniformiser les différentes pratiques depuis les années 2000
 - Une démarche très similaire au CEA et à EDF R&D :
 - Mobilisation de différentes compétences internes
 - Récolte/Analyse des besoins, des connaissances, et des pratiques « métier »
 - **Aboutir à un socle méthodologique commun**
 - Des objectifs structurants :
 - Un Guide Méthodologique de référence
 - Formations
 - Un troisième objectif a été tout de suite une évidence :
 - La mise à disposition d'un outil de calcul expressément conçu et dédié aux traitement des incertitudes
- Une volonté et des besoins partagés
 - GTR « Incertitudes » au sein de l'IMdR → Parcours de formation « Vers une démarche Incertitudes »
 - GT ESReDA « Uncertainty » → Ouvrage collectif « Uncertainty in Industrial Practice »

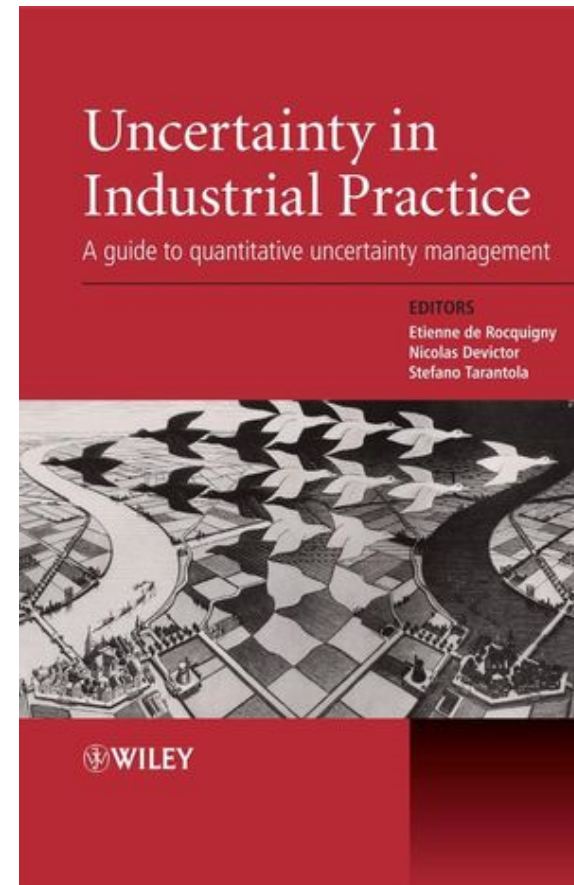
Historique / Organisation → Quelques dates

- o 1999 : Besoins en calibration de codes et propagation incertitudes
- o 2001 : Choix de la plateforme ROOT du CERN
- 2002-2003 : Réseau Incertitudes EDF
- 2004 : Premier projet EDF R&D transverse Incertitudes
- 2005 : Partenariat Open TURNS (EDF-EADS-Phiméca)
- 2005-2006 : GT ESREDA, GTR IMdR
- o 2006 : Choix d'URANIE comme la plateforme incertitude CEA/DEN
- o 2006 : Création du GdR MASCOT-NUM (www.gdr-mascotnum.fr)
- 2007 : Guide Méthodologique EDF, 1^{ère} version publique d'Open TURNS
- 2008 : Ouvrage ESREDA, Lancement du projet ANR OPUS (terminé le 30/09/11)
- 2009-2010 : Intégration d'Open TURNS à la plate-forme SALOMÉ
- 2010 : Fonctionnalités d'optimisation multicritères dans URANIE
- 2011 : Supervision de graphes SALOME par URANIE
- Vers une pérennisation de l'activité

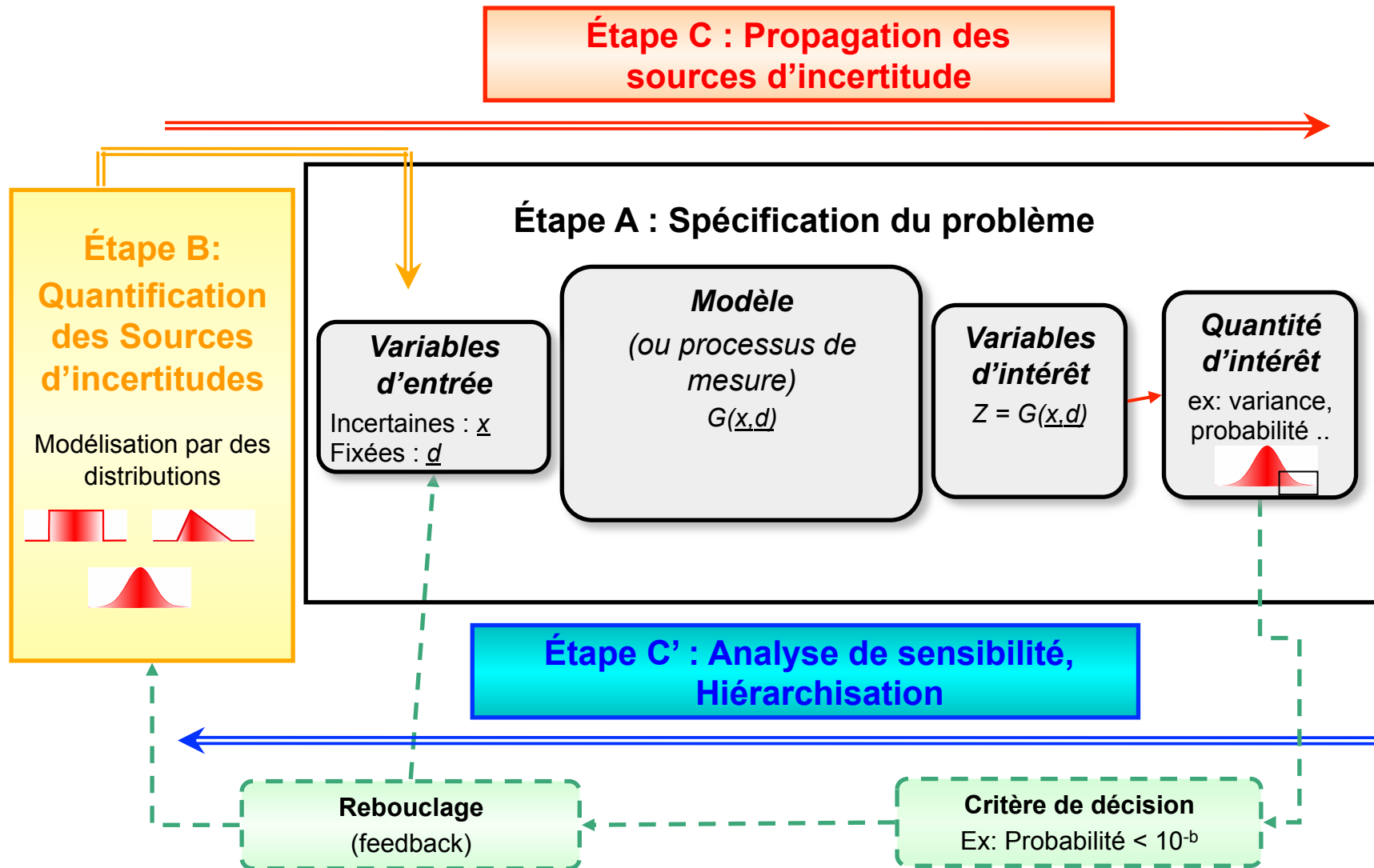
Une méthodologie partagée

Le cadre générique de l'analyse d'incertitude est partagé entre EDF, CEA, EADS et plusieurs partenaires français et européens (Dassault-Aviation, JRC, TU Delft ...)


Guide « Incertitudes »
(Groupe de travail ESReDA 2005-2008)

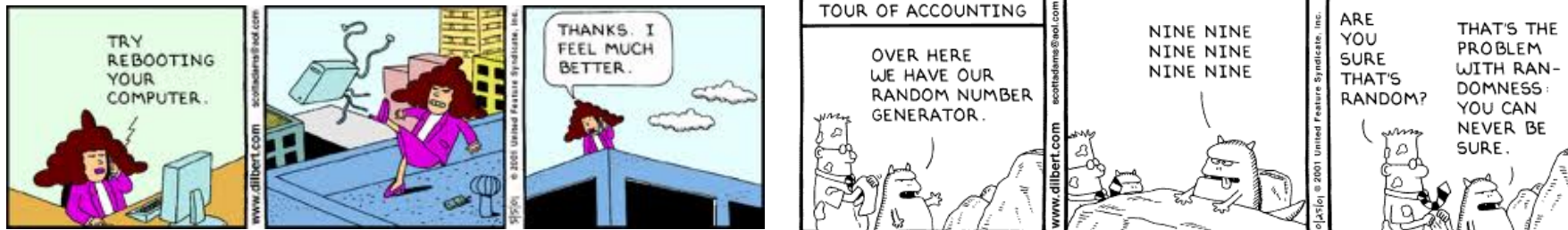


Le traitement des incertitudes – méthodologie générale



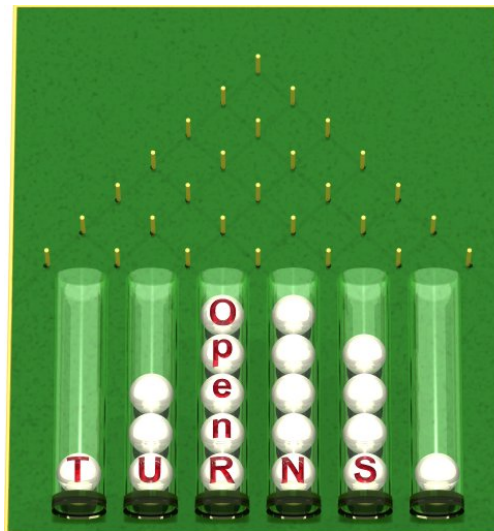
Quelques commentaires sur les étapes C et C'

- Problème principal dans la pratique industrielle : **les temps de calcul!**
 - Dans la plupart des problèmes, le « coût » dépend du nombre d'appels à la fonction déterministe $G(\cdot)$
- Si le code $G(\cdot)$ est coûteux en temps CPU
 - Attention avec la méthode de Monte Carlo !
 - Règle du pouce de l'ingénieur probabiliste : pour estimer une probabilité de 10^{-r} , il faut 10^{r+2} appels à $G(\cdot)$
 - Besoin de :
 - **Méthodes spécifiques** (Monte Carlo accéléré, meta-modèles ...)
 - Logiciels spécifiques pour :  **Open TURNS, URANIE**
 - Coupler de manière efficace les modèles déterministe $G(X)$ et probabilité $P(X)$
 - Distribuer les calculs (**High Performance Computing**)
 - Éviter les solutions « brute force » (e.g. boucles for sur un code physique) !



Copyright © 2001 United Feature Syndicate, Inc.

Open TURNS



Open TURNS – fiche d'identité

→ Open TURNS : www.openturns.org

- ✓ **Open** source **Treatment of Uncertainty, Risk 'N Statistics** : www.openturns.org
- ✓ plate-forme open source dédié au traitement des incertitudes dans le cadre probabiliste
- ✓ sous **LGPL** licence
- ✓ sous l'environnement **Linux** et **Windows**

Open TURNS a pour mission de **propager** les incertitudes à travers un modèle jusqu'à une variable d'intérêt, en proposant des fonctionnalités pour **quantifier** les incertitudes, en vue de **hiérarchiser** leur influence sur la variable d'intérêt. Open TURNS permet aussi de remplacer le modèle par une **surface de réponse**.

Open TURNS, c'est

- ✓ Une **bibliothèque C++** fournissant des services de calculs d'incertitudes
- ✓ Une **application autonome** avec une IHM graphique : EFICAS
- ✓ Un **module python** proposant des opérateurs de haut niveau
- ❖ qui s'utilise dans **Salome** ou hors Salome

Développé en partenariat depuis 2005 par EDF R&D, EADS IW et Phimeca



EADS



Open TURNS : logiciel, documentation

Mais aussi une **documentation** :

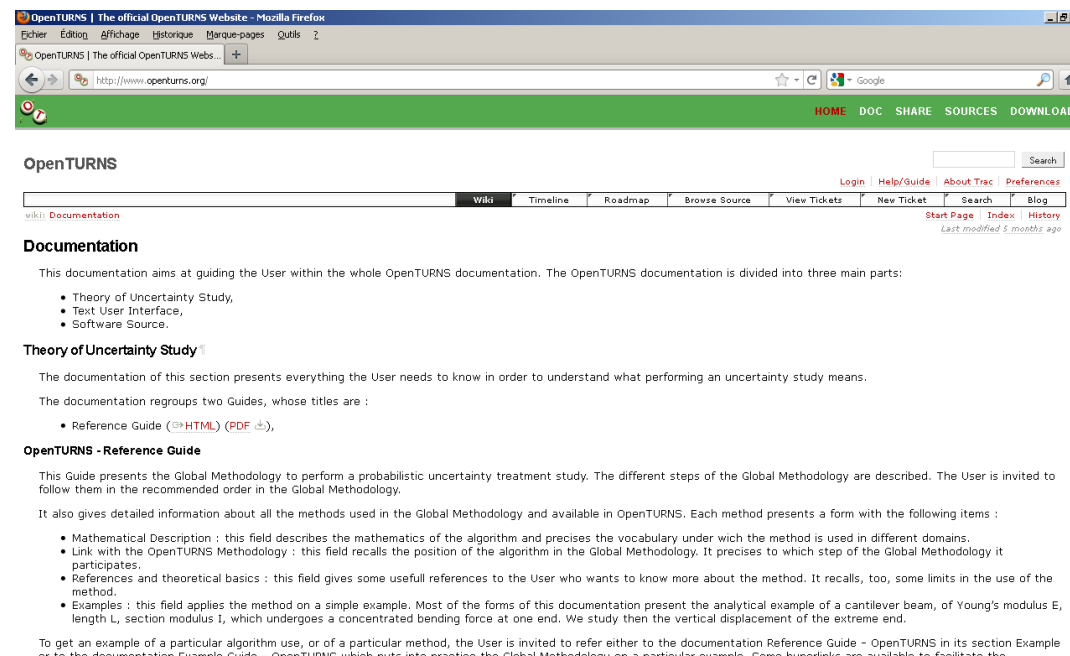
✓ scientifique : **Reference Guide**

- détailler la Méthodologie globale
- détailler les algorithmes l'implémentant : principes, limites, références, exemples

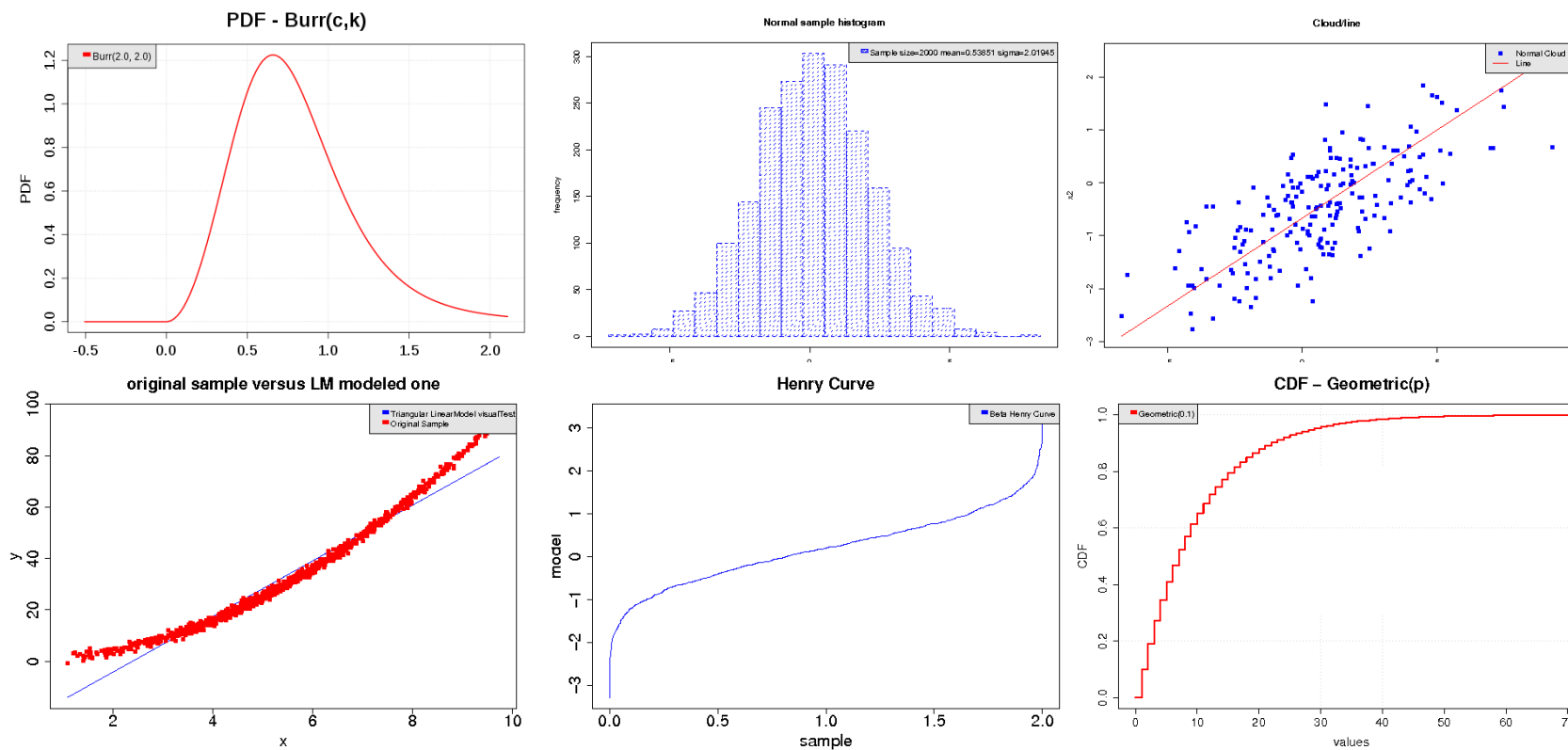
✓ Utilisateur :

- **Use Cases Guide** : donner les scripts mettant en oeuvre les algorithmes
- **User Manual** : définition des signatures des méthodes
- **Examples Guide** : plusieurs exemples mettant en oeuvre la Méthodologie

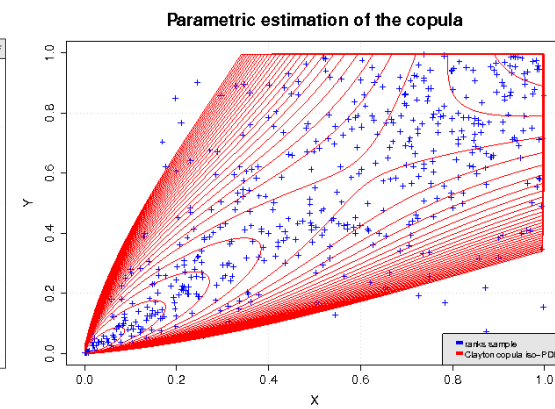
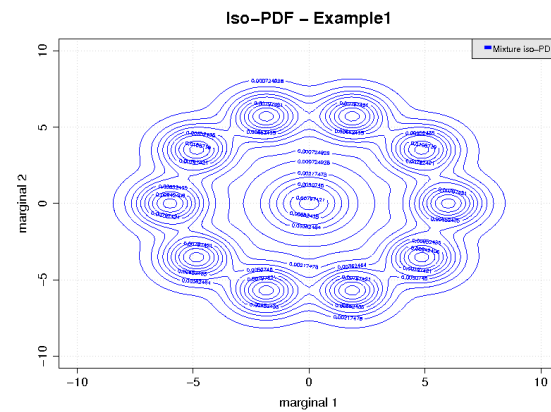
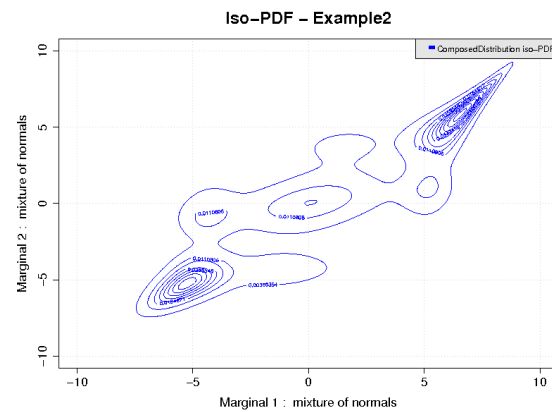
✓ technique : **Architecture Guide, Wrapper Guide, Contribution Guide, Windows port doc.**



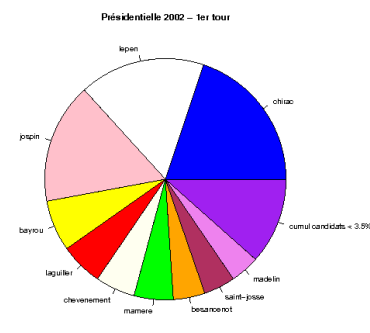
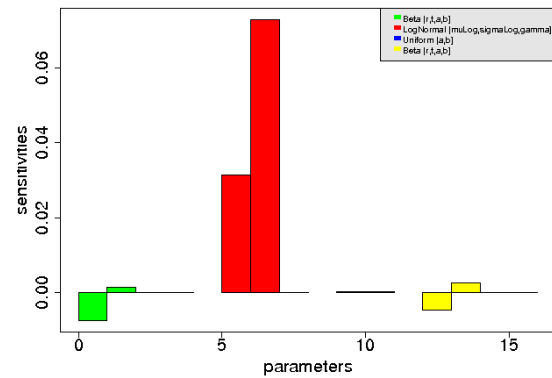
Open TURNS en images



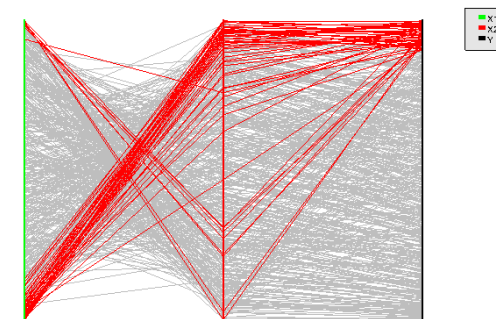
Open TURNS en images



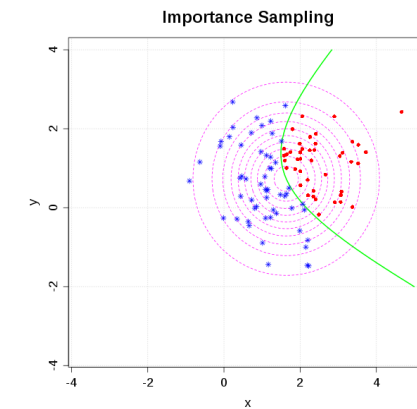
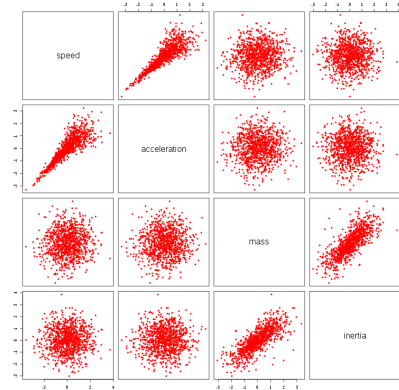
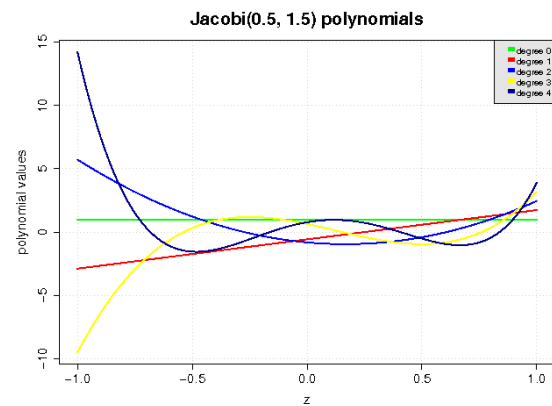
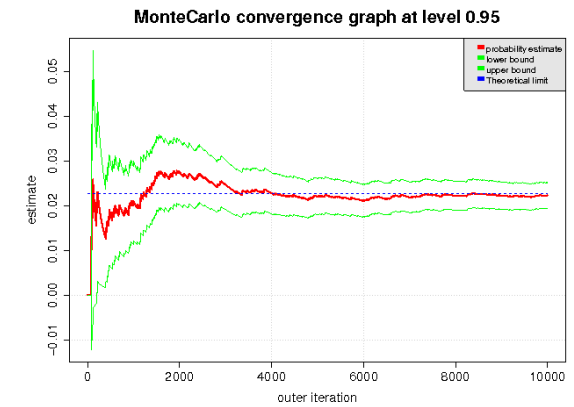
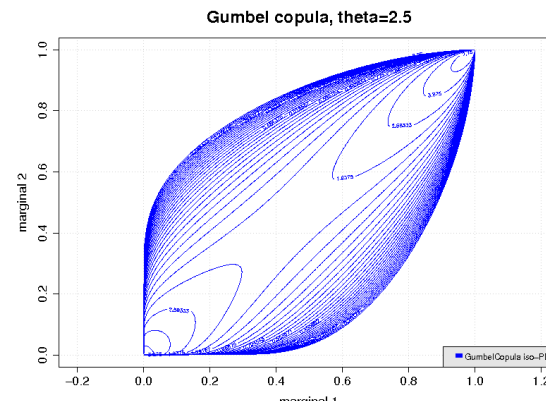
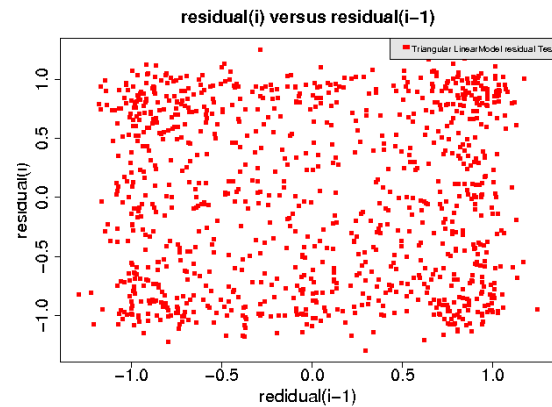
FORM – Event Probability Sensitivities – Marginal parameters – Even



Cobweb graph – [Y] vs [X1,X2]



Open TURNS en images



Open TURNS : quelques éléments d'architecture

- **Wrapper générique** permettant de coupler tout code communiquant via des fichiers textes en entrée et en sortie, avec utilisation automatique du multithreading (parallélisme multiprocesseurs / multicœurs)
- ✓ **Interfaçage de fonctions définies en python**, permettant la réalisation de couplages complexes sans compilation
- ✓ **Interface standardisée pour le développement de couplages de complexité arbitraire** (wrapper distribué, données binaires) nécessitant le développement d'un wrapper externe

- **Mécanisme de module externe** permettant de spécialiser la plate-forme aux besoins de l'utilisateur

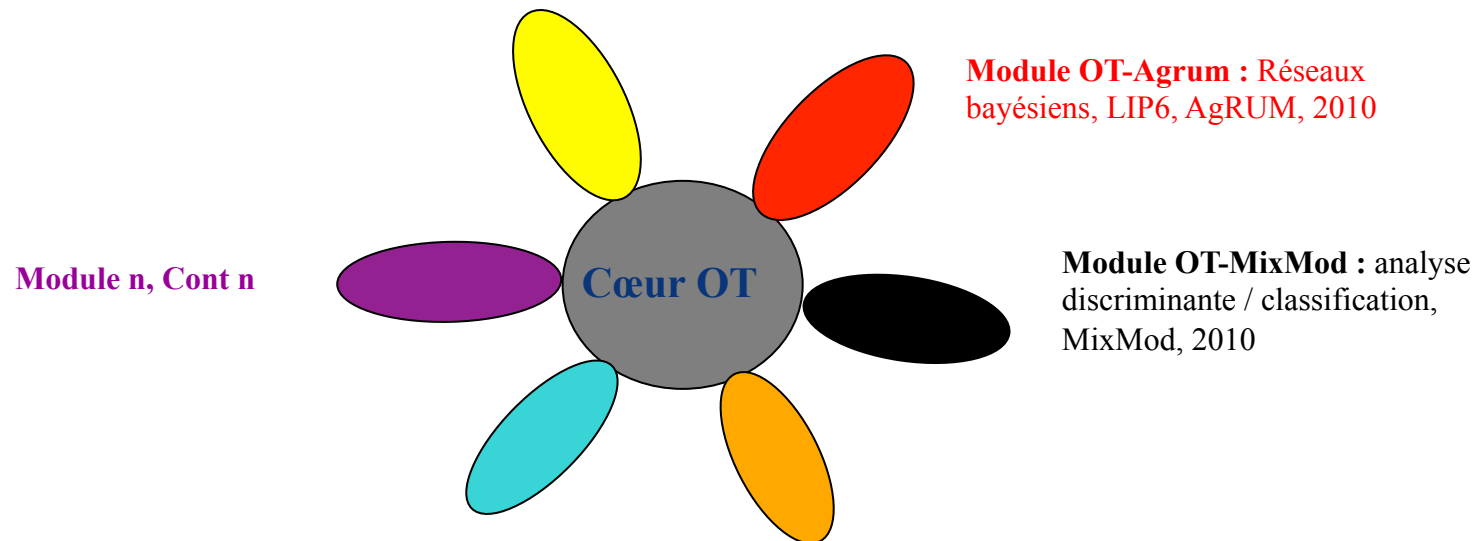


Plate-forme Open TURNS = cœur Open TURNS + les modules qui vous intéressent

Open TURNS et son site Web

➤ Site web

- ✓ Télécharger l'outil et sa documentation
- ✓ Déclarer des anomalies ou faire des demandes d'évolution
- ✓ Avoir des informations sur les événements *Open TURNS* : Journée utilisateurs, prochaines releases, ...
- ✓ Communiquer avec les autres membres de la communauté open source
- ✓ Partager des scripts, de la documentation scientifique, ...

