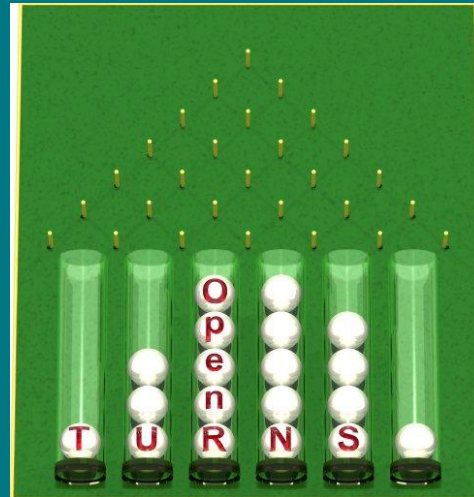


Open TURNS

Journée Utilisateurs #4



7 juin 2011



Journée Utilisateurs Open TURNS #4

Ordre du jour

9h – 9h30 →

➤ **Accueil à EDF R&D Clamart**

➤ **Open TURNS :**

- ✓ Fiche d'identité
- ✓ Consortium
- ✓ Site Web

➤ **Nouveautés de la 0.14.0**

- ✓ Ajouts scientifiques et technologiques
- ✓ Un nouveau module : Integral Compound Distribution

➤ **Open TURNS et les polynôme de chaos**

- ✓ « Les polynômes de chaos : introduction » : G. Blatman (EDF R&D MMC)
- ✓ « Intérêt et limitation des polynomes de chaos » : J. Sen Gupta (EADS IW)

pause (15')

- ✓ « Les polynômes de chaos creux et adaptatifs » : G. Blatman (EDF R&D MMC)
- ✓ « Etude comparative des méthodes polynômes ed chaos creux / SVR / Krigeage » : Th. Yalamas (PhiMECA)

✓ **Exposés d'études**

- ✓ Exposé 1 : Ph. Lussou - LAFARGE
- ✓ Exposé 2 : « Open TURNS et Cast3M : Calcul des structures de type assemblages mécanique avec contact et frottement » : L. Champaney – ENS CACHAN
- ✓ Exposé 3 : « Open TURNS pour les avant-projets Dynamique Vibratoire » : Ph. Hericher – ASTRIUM
- ✓ Exposé 4 : « Démarche Incertitudes pour les analyses d'impact en électromagnétisme : projets ANR Fetus et Kidpocket » .– ORANGE

pause (15')

✓ **Perspectives (à plus ou moins long terme) et dicussion**

- ✓ Processus stochastique
- ✓ Approche bayésienne
- ✓ Club Industriel,



Open TURNS : fiche d'identité

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**.

➤ Partenaires 2005 – 2011 : EDF – R&D / EADS – Innovation Works / PhiMECA :

- ✓ **transparence** : acceptation de la méthode et des outils par les autorités de contrôle et de certification
- ✓ **genericité** : enrichissement de la méthode et des outils par des domaines divers (mécanique, thermique, hydraulique, électro-magnétisme, ...)
- ✓ **performance calculatoire** : traitement de cas industriels complexes (parallélisation, distribution des calculs, ...)

➔ **Open TURNS** : an open source platform dedicated to uncertainty treatment by probabilistic methods

- ✓ **Open source Treatment of Uncertainty, Risk 'N Statistics**
- ✓ sous **LGPL** licence

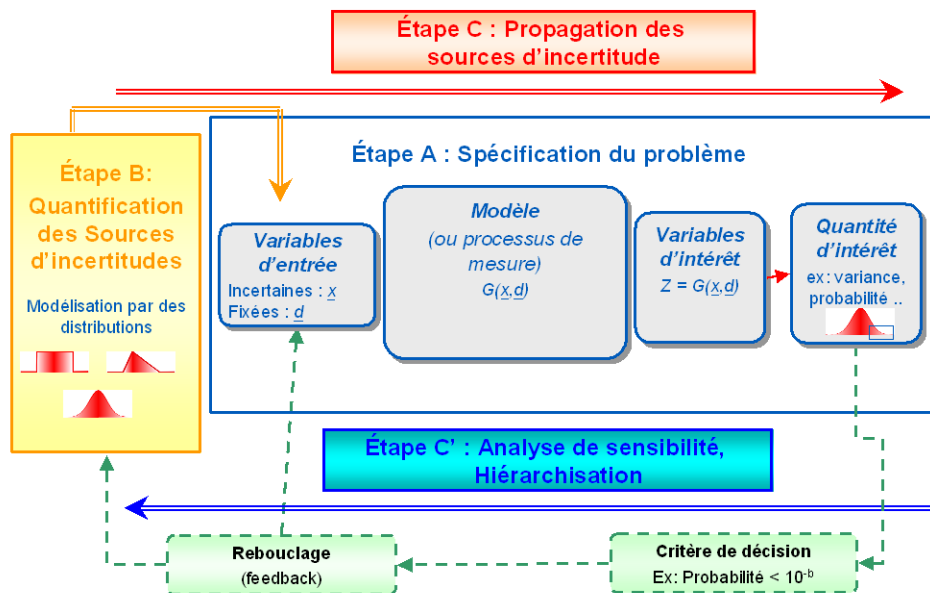
www.openturns.org



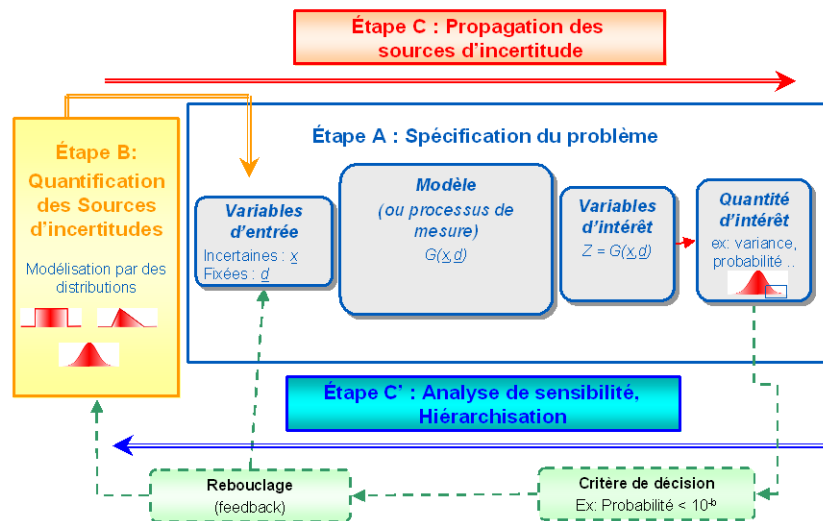
Méthodologie Incertitudes

Open TURNS est le support logiciel à la Méthodologie de Traitement des Incertitudes mise au point par EDF R&D et enrichie très largement par d'autres industriels :

- ✓ **Étape A : Spécification du modèle** : variables incertaines, modèle, variable(s) d'intérêt, critère d'analyse (Min/Max, Tendance centrale, Dépassement de seuil)
- ✓ **Étape B : Quantification des incertitudes** : détermination de la loi jointe du vecteur aléatoire d'entrée
- ✓ **Étape C : Propagation des incertitudes** : quantification du critère d'analyse
- ✓ **Étape C' : Hiérarchisation des incertitudes**



Méthodologie Incertitudes



➤ Etape A : Spécification du modèle

- ✓ **Critère déterministe** ou **probabiliste** : min / max + dispersion centrale, probabilité de dépassement de seuil, distribution

➤ Etape B : Quantification des sources d'incertitudes

- ✓ **Estimation à partir de données** : Ajustement de lois (paramétrique ou non), Test de validation (quantitatifs ou qualitatifs), Estimation de dépendance : copule, coeff de corrélation et régression linéaire
- ✓ **Construction de lois jointes nD** :
 - Composition Marginales + copule,
 - Combinaison linéaire de densités de probabilités,
 - Combinaison linéaire de variables aléatoires, ...
 - Modèles paramétriques nD *classiques* (normal student, ...)

❖ **Innovation : le modèle de donnée est basé sur la fonction de répartition multivariée** ce qui autorise :

- ✓ **l'approche par échantillonnage** : estimation de grandeurs statistiques à partir d'échantillon
- ✓ **et l'approche analytique** : résolution exacte partielle ou totale de certains problèmes à partir de l'exploitation de la modélisation probabiliste particulière
 - calcul *exact* de la loi d'une somme de va iid via les fonctions caractéristiques,
 - calcul *exact* de la loi de densité combinaison linéaires d'autres densités,
 - calcul *exact* de la loi d'une somme aléatoire selon une Poisson de lois iid (ex : temps de panne cumulés lorsque les pannes suivent un processus de Poisson),
- **manipulations particulières de lois** : extraction de marginales, extraction de structure de dépendance, études de sensibilité de structures de dépendance,



Méthodologie Incertitudes - Open TURNS

➤ Etape C : Propagation des incertitudes

- ✓ **min / max criterion** : plans d'expériences (factoriel, composite, étoilé) + échantillonnage, algorithmes d'optimisation
- ✓ **dispersion centrale** : calcul de la moyenne et de l'écart-type par cumul quadratique ou échantillonnage
- ✓ **probabilité de dépassement de seuil** : méthodes de simulation + FORM/SORM généralisées aux copules elliptiques

➤ Etape C' : Hiérarchisation des incertitudes

- ✓ **dispersion centrale** : facteurs d'importance de Taylor, coefficients de corrélation (Pearson, Spearman, SRC, SRRC, PCC, PRCC), indices de Sobol
- ✓ **probabilité de dépassement de seuil** : facteurs d'importance et de sensibilité

+ Méthodes de surface de réponse

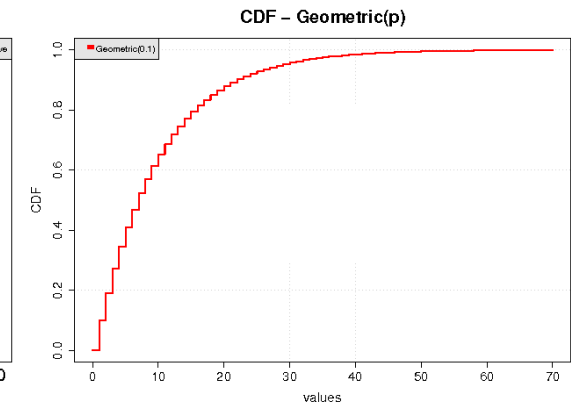
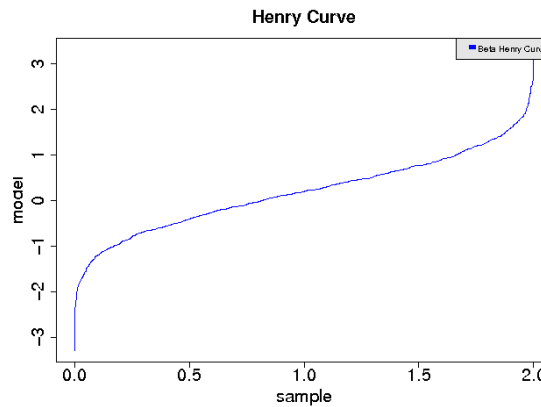
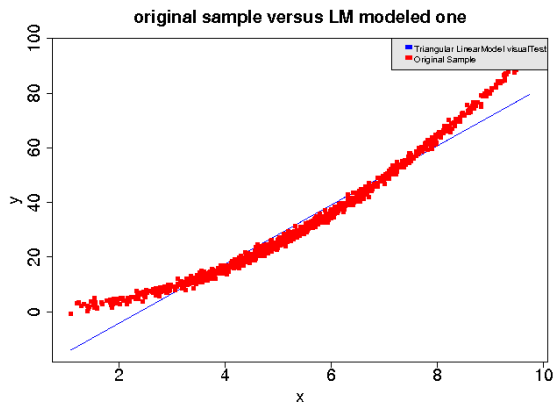
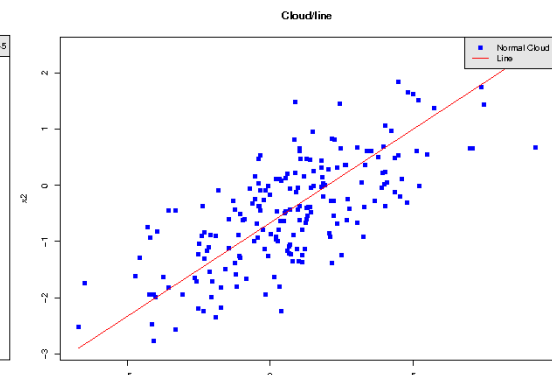
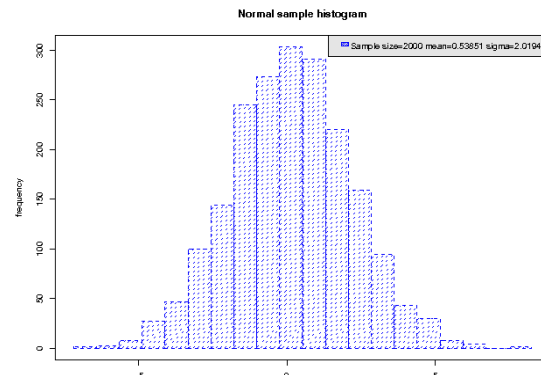
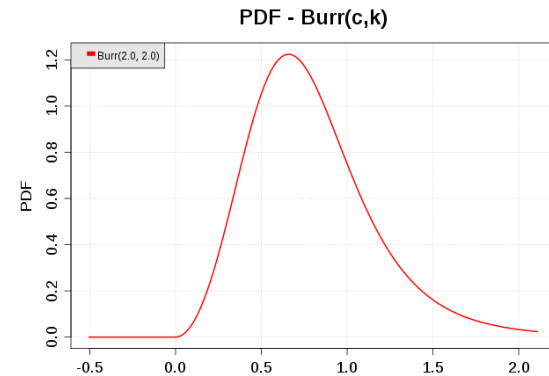
- ✓ **déterministes** : polynômes locaux (Taylor) ou globaux (moindres carrés), décomposition sur une base de fonctions (moindres carrés)
- ✓ **Incluant le modèle probabiliste** : polynômes de chaos classiques et creux

❖ Open TURNS = réceptacle de développements récents ou innovants

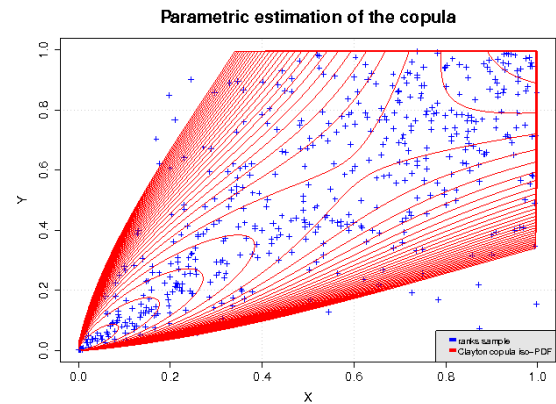
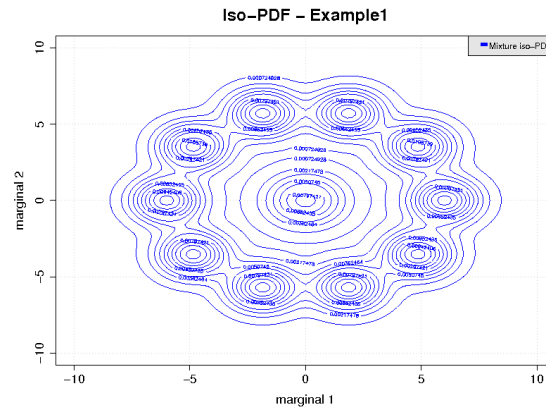
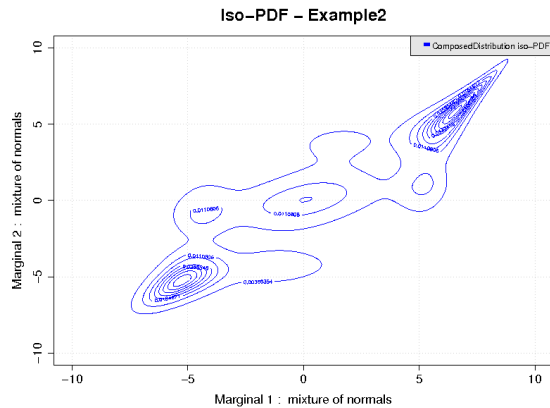
- ✓ **algorithmes de génération de lois non uniformes les plus récents et les plus performants**
 - loi normale : méthode Ziggurat (2005) pour la loi normale,
 - algorithme de rejet séquentiel (1993) pour la loi binomiale,
 - méthode de Tsang et Marsaglia (2000) pour la loi gamma,
- ✓ **algorithmes de calcul de fonctions de répartition les plus récents**
 - algorithme de Marsaglia pour la statistique exacte de Kolmogorov (2003),
 - algorithme de Benton et Krishnamoorthy pour les lois de Student non centrée et de Chi2 non centrée (2003).
- ✓ **résultats de travaux de thèses** :
 - Polynômes de chaos creux : G. Blatman (EDF/R&D/MMC) en cours
 - Algorithme de simulation accéléré pour l'évaluation de probabilités faibles: M. Munoz (EDF/R&D/MRI) : prochainement



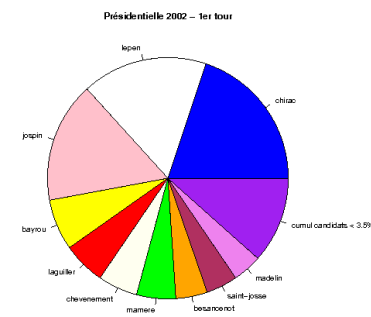
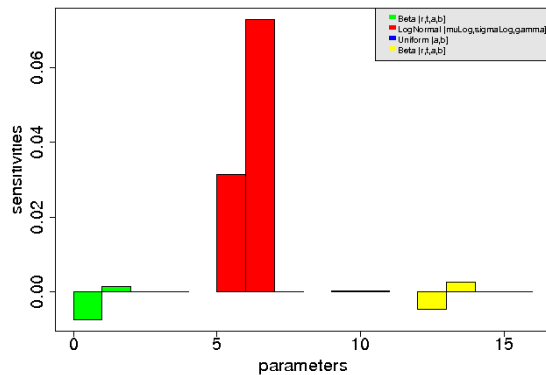
Open TURNS en images



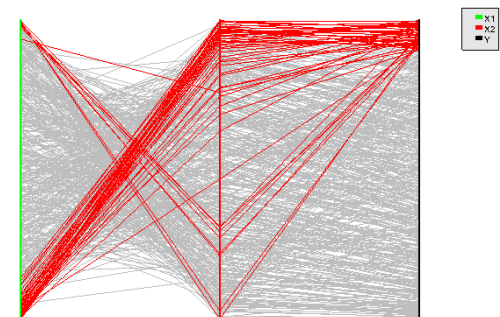
Open TURNS en images



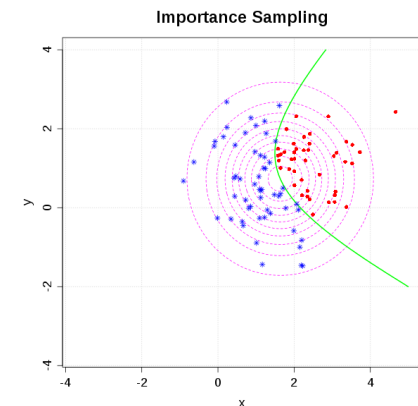
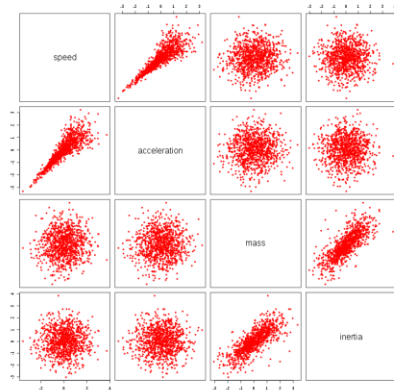
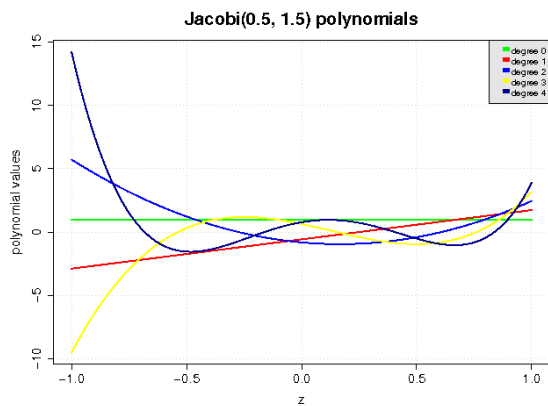
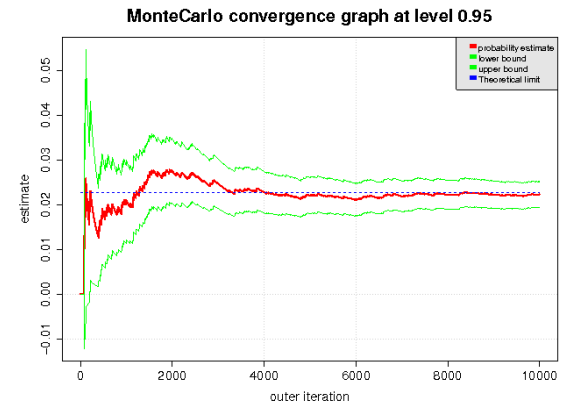
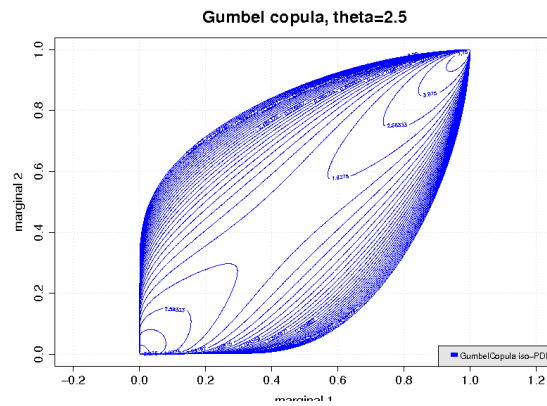
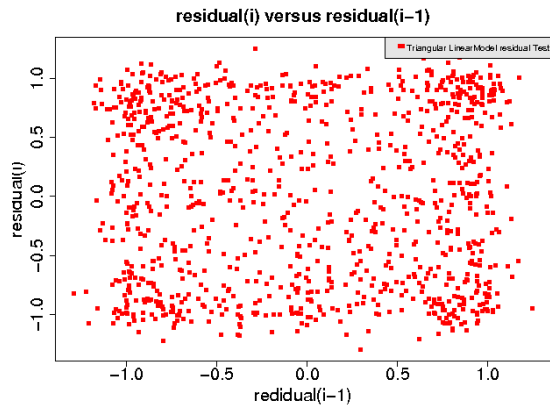
FORM – Event Probability Sensitivities – Marginal parameters – Even



Cobweb graph – [Y] vs [X1,X2]



Open TURNS en images



Open TURNS : logiciel, doc et Utilisateurs

Open TURNS, c'est

- ✓ Une **librairie C++** fournissant des services de calculs d'incertitudes
- ✓ Une **application autonome** avec une IHM graphique
- ✓ Un **module python** proposant des opérateurs de haut niveau

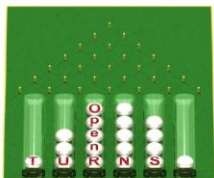
Mais aussi une **documentation** :

- ✓ scientifique : Reference Guide,
- ✓ Utilisateur : Use Cases Guide, User Manual, Examples Guide
- ✓ technique : Architecture Guide, Wrapper Guide, Contribution Guide, Windows port doc.

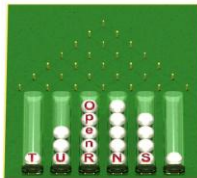
... et une **communauté sympathique** :

- ✓ Openturns.org : site officiel de l'outil → présentation dans quelques instants de la nouvelle mouture
- ✓ Une page *share* : page d'échanges autour de l'outil
- ✓ Journée Utilisateurs annuelle

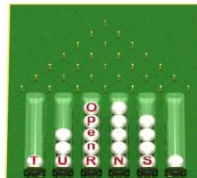
Documentation Guide
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



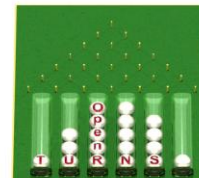
Reference Guide
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



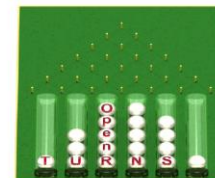
Use Cases Guide for the Textual User Interf
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



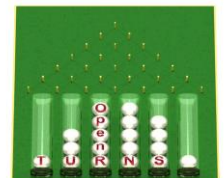
User Manual for the Textual User Interfa
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



First Elements of the Architecture Guid
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



Windows Port Guide
Open TURNS version 0.13.2
Documentation built from package openturns-doc-may2010
May 7, 2010



Open TURNS et son Consortium

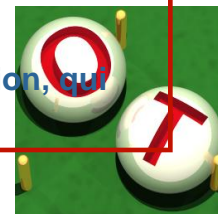
- **Le Consortium actuel Open TURNS s'organise autour de 2 Comités en étroite collaboration :**
 - ✓ **Comité de Pilotage :** évolution métier et architecturale, sortie des releases, Journée Utilisateurs Open TURNS
 - ✓ **Comité Technique :** garant du contenu (code + documentation), audits des contributions

- ❖ **À partir de 2012 : création d'un Club Utilisateurs Open TURNS**
 - ✓ Industriels et Universitaires
 - ✓ Échanger autour de l'outil : demandes d'évolution, contributions, ...
 - ✓ Lien fort et privilégié avec le Consortium Open TURNS

... vous êtes les bienvenus !

(contacts : supprimés)

- **Comment contribuer / interagir avec Open TURNS ?**
 - ✓ **Niveau 1 :** le contributeur veut partager autour de l'outil en proposant des fonctionnalités en plus (développées sous forme de module C++ ou python), un script particulier (pré / post traitement de données, couplage avec un outil open source,)
 - ➔ Site de partage share.openturns.org
 - ✓ **Niveau 2 :** le contributeur voudrait donner à sa contribution le « Label Open TURNS »
 - Contribution à la librairie C++, à la TUI python
 - ➔ **Critères qualité Open TURNS à respecter (au final) :** code source + documentation, qui sont décrits dans le Coding Rules Guide + Contribution Guide



Open TURNS – www.openturns.org

Firefox | Zimbra: Réception (349) | OpenTURNS | The official OpenTURN... | +

http://www.openturns.org/

Les plus visités | Getting Started | Latest Headlines | ASA | Zimbra | GLPI Login | TANCVA - Authentific...

Marque-pages

HOME | DOC | SHARE | SOURCES | DOWNLOAD

OpenTURNS

The uncertainty engineering software.

Download

Documentation

- Quick Start Guide
- FAQ
- Examples
- Documentations

Installation

- Linux
- Windows
- Developers

Community

- How to contribute
- Mailing list
- Report a problem

Project

- PartnerShip
- Legal info

News

- 04-01-2011 - The fourth OpenTURNS Users Day is coming soon!
- 04-15-2010 - Eficac GUI is available for Open TURNS 0.13.2 [here](#).
- 04-08-2010 - The third OpenTURNS Users Day is coming soon!
- 03-30-2010 - Open TURNS 0.13.2 just released.
- 07-22-2009 - Open TURNS 0.13.1 in Debian unstable.
- 07-14-2009 - Updated the online documentation.
- [more news...](#)

```
from openturns import *
data = NumericalSample.ImportFromCSVFile("meteo.csv")
distribution = KernelSmoothing(Epanechnikov()).build(data)
X = RandomVector(distribution)
model = NumericalMathFunction("ageing")
Y = RandomVector(model, X)
threshold = 0.1
failure = Event(Y, Greater(X, threshold))
algorithm = MonteCarlo(failureEvent)
algorithm.setMaximumOuterIteration(10000)
algorithm.setBlockSize(int(ResourceMap.Get("parallel-threads")))
algorithm.run()
result = algorithm.getResult()
```

Air Temperature (°C) vs. Relative Moisture (%)

estimate vs. iteration

Rel. moist.: 17.7%

Air temp.: 82.3%

04-01-2011 - The fourth OpenTURNS Users Day is coming soon!

The program can be found [here](#).
It will be held the 7th of June, at EDF R&D, Clamart, see [here](#) to locate it.
You have to subscribe to participate. Please send an email to [anne\[DOT\]dutfoy\[at\]edf\[DOT\]fr](mailto:anne[DOT]dutfoy[at]edf[DOT]fr) BEFORE THE 27th OF MAY 2011.

➤ Menu de gauche permettant d'accéder facilement à toutes les rubriques utiles



Open TURNS – www.openturns.org

Firefox | Zimbra: Réception (349) | OpenTURNS | The official OpenTURN... | +

HOME DOC **SHARE** SOURCES DOWNLOAD

Search

Login | Help/Guide | About Trac | Preferences

Recent posts

Module Open TURNS " Integral Compound Poisson Distribution"

Thanks to Anne Dutfoy, a new Open TURNS module is now available. It aims to create a compound Poisson distribution. It is the sum of a Poisson-distributed number of independent identically-distributed random variables.

I invite you to read the documentation shared with the sources of the module to understand the theory and how to use it.

Posted: 2011-04-22 16:16 (Updated: 2011-04-22 16:18)
Author: [P. Willaume PhiMECA](#)
Categories: [News](#)
[Comments](#) (0)

Amélioration du chaos - Postprocessing - « Pretty print » des résultats

Ce travail porte sur une présentation lisible des résultats principaux d'un calcul par chaos polynomial : affichage des moments statistiques de la réponse, coefficients du développement en fonction des indices des polynômes, indices de Sobol'.

La fonction printchaos.py (cf. attachments) permet de réaliser un affichage clair des différents résultats du chaos. Elle contient les fonctions :

- [print_moments](#) : dont l'argument est un objet [FunctionalChaosResult](#). En sortie, la fonction affiche la valeur des moments.

```
import printchaos as pc
...
polynomialChaosAlgorithm.run()
polynomialChaosResult = polynomialChaosAlgorithm.getResult()
pc.print_moments(polynomialChaosResult)
```

- [print_coefficients](#) : dont l'argument est un objet [FunctionalChaosResult](#). En option, il est possible de spécifier l'objet [ComposedDistribution](#) qui a servi à réaliser le calcul par chaos. En sortie, la fonction affiche le type de polynôme relatif à chaque variable si l'objet [ComposedDistribution](#) a été spécifié :
 - He : polynôme d'Hermite
 - Le : polynôme de Legendre
 - J : polynôme de Jacobi

<http://www.openturns.org/>

This blog does not yet have an 'About' post.

Archive: [All posts](#) (19) [RSS](#)

Browse by time:

[April 2011](#) (19)

Browse by author:

A. Dutfoy EDF	(1)	RSS
A. Yameogo EDF	(1)	RSS
F. Mangeant EADS	(2)	RSS
Ivan Dutka Malen - EDF	(2)	RSS
Jayant Sen Gupta EADS	(3)	RSS
M. Berveiller EDF	(1)	RSS
Nolwenn Balin EADS	(1)	RSS
P. Willaume PhiMECA	(5)	RSS
R. Lebrun EADS	(2)	RSS
Samuel Simon - EADS	(1)	RSS

Browse by category:

News	(5)	RSS
calcul	(1)	RSS
chaos_polynomial	(2)	RSS
python	(7)	RSS

➤ La page share est désormais accessible plus facilement => plus de contributions ??



Open TURNS – www.openturns.org

➤ **Lien immédiat vers la page « téléchargements »**

- ✓ **Documentation**

- ✓ **Version 0.13.2 => approximativement 2 téléchargements par jour !**
 - ✓ **Windows : 452 téléchargements**
 - ✓ **Linux : 636 téléchargements**

- ✓ **Version 0.14.0 => dans la semaine**



Nouveautés de la 0.14.0

➤ Wrapper générique

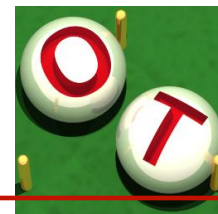
- ✓ OpenTURNS embarque en standard un wrapper MT gérant la substitution dans les fichiers texte
- ✓ Plus besoin de compiler un wrapper ad-hoc / description du wrapper en C++ ou en Python

➤ HPC

- ✓ La bibliothèque de wrapper a été améliorée pour le calcul HPC multithread (MT) :
 - Meilleure gestion des fichiers d'E/S, réduction du stress du filesystem
 - Meilleure gestion des erreurs, heuristiques de contournement des erreurs du filesystem
 - Supporte un grand nombre d'exécutions parallèles
 - Testée jusqu'à 1000 threads et des échantillons de 10^7 points
- ✓ Introduction des TBB (Threading Building Blocks) dans OpenTURNS :
 - NumericalSample
 - Wrapper générique
- ✓ Nouvelle implémentation des NumericalSample :
 - Meilleure efficacité mémoire ($\approx 99\%$), testée jusqu'à 8 Go (équiv. 10^9 points) sur poste 8 Go
 - Isofonctionnel, même interface
 - Parallélisation MT de certains algorithmes coûteux

➤ Infrastructure de compilation

- ✓ Utilisation de Cmake en plus des Autotools :
 - Plus rapide, portabilité Windows et Mac OS X
 - Moins performant, ne peut remplacer les Autotools pour l'AQ



Nouveautés de la 0.14.0

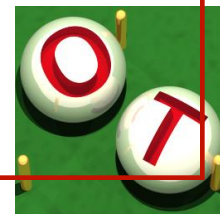
➤ Ajouts scientifiques

✓ Création et manipulation des modèles numériques:

- Différentiation symbolique des fonctions analytiques (basée sur la librairie EV3), dérivation des polynômes, gradient et hessienne exacts pour les polynômes multivariés
- Extraction de fonctions marginales
- Agrégation de fonctions
- Constructeurs simplifiés de fonctions analytiques
- Construction d'une fonction à partir d'une base de données (échantillons appariés)
- Accesseurs aux termes d'une composition de fonctions
- Evaluation de polynômes univariés sur le corps des complexes
- Combinaisons linéaires à coefficients vectoriels de fonctions à valeur 1D

✓ Nouvelles distributions et factories:

- 1 D continues: ArcSine, ArcSineFactory, Burr, BurrFactory, Chi, ChiFactory, FisherSnedecor, InverseNormal, InverseNormalFactory, NonCentralChiSquare, Rice, Trapezoidal, TrapezoidalFactory
- 1 D discrètes: Bernoulli, BernoulliFactory, Binomial, BinomialFactory, ZipfMandelbrot
- N D continues: Dirichlet, DirichletFactory
- N D discrètes: Multinomial, MultinomialFactory



Nouveautés de la 0.14.0

➤ Ajouts scientifiques

✓ Améliorations des distribution:

- Affichage des PDF et CDF améliorés pour les lois discrètes et les histogrammes
- LogNormalFactory basée sur le maximum de vraisemblance
- NormalCopulaFactory basée sur le tau de Kendall
- HistogramFactory basée sur l'estimateur de Scott
- Implémentation générique de la génération de réalisations pour les lois n D
- Fonction génératrice
- Test de support entier
- Implémentation générique de la transformation de Rosenblatt

✓ Sensibilité et facteurs d'importance:

- Calcul des facteurs d'importance classiques pour les résultats d'algorithmes FORM/SORM
- Calcul du point moyen dans l'espace de défaillance pour les méthodes FORM/SORM et les algorithmes de simulation
- Facteurs d'importance basés sur le point défaillant moyen pour les algorithmes de simulation

✓ Algorithmes:

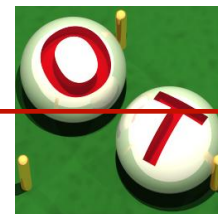
- Extension de la décomposition fonctionnelle aux modèles à valeur vectorielle
- Control des algorithmes de simulation par l'écart-type de l'estimateur
- Nouvelle fonction d'indexation pour les bases polynomiales (HyperbolicAnisotropicEnumerateFunction)



Nouveautés de la 0.14.0

➤ Ajouts scientifiques

- ✓ **Nouvelles fonctions spéciales et fonctions probabilistes (SpecFunc, DistFunc):**
 - LnBeta, LogBeta, LogGamma, DiGamma, DiGammaInv, TriGamma, fonctions d'Airy,
 - générateur aléatoire binomial, densité, fonction de répartition et générateur aléatoire de la loi chi2 non centrée
- ✓ **Nouveaux graphes:**
 - Pairs pour l'affichage des paires 2D d'un échantillon n D
 - Réglage des épaisseurs de ligne pour Staircase et BarPlot
 - Test visuel d'association (CobWeb plot)
 - Test visuel d'adéquation de copule (Kendall plot)
 - Construction de Cloud à partir d'une collection de nombres complexes
 - Ajout d'une collection de drawables à un graphe
- ✓ **Nouveaux services pour les données:**
 - Méthode de fusion d'échantillons, de réinitialisation, accesseurs matriciels (deux indices), accesseur linéaire
- ✓ **Nouvelles suites à discrétance faible:**
 - InverseHaltonSequence
 - FaureSequence



Nouveautés de la 0.14.0

- **Amélioration de la documentation :**
 - ✓ Documentation des nouveautés de la 0.14.0
 - ✓ Production systématique des versions html de l'ensemble des documents



Un nouveau module : Integral Compound Poisson Distribution

➤ Module Integral Compound Distribution

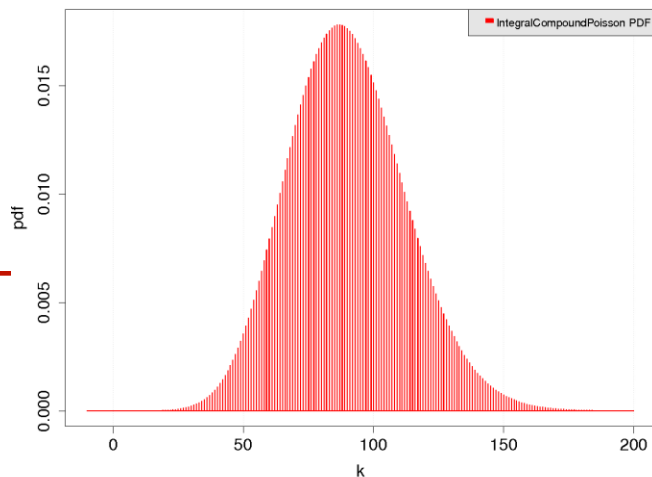
- ✓ Une « compound Poisson » distribution est la distribution d'une variable aléatoire définie par :

$$Y = \left(\sum_{i=1}^{i=N} X_i \right) 1_{N \geq 1}$$

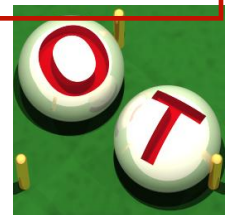
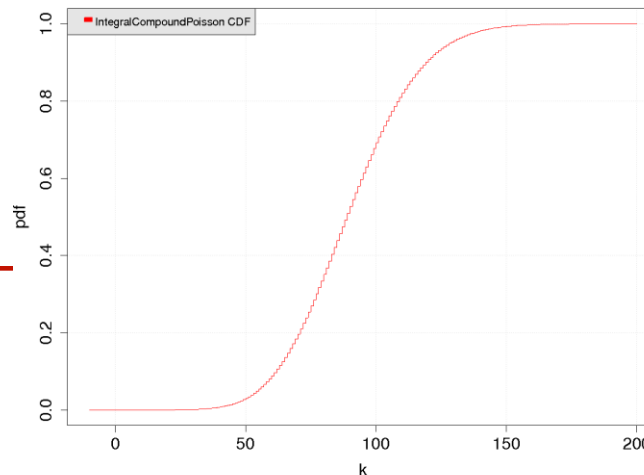
où N est une Poisson, (Xi) sont des variables aléatoires iid et indépendantes de N.

- ✓ Ce module ne traite que des variables (Xi) suivant une **loi discrete finie**.
- ✓ **Application** : N modélise le nombre de pannes d'un système sur une période donnée, les Xi sont des temps de réparation du système, modélisés par des durées forfaitaires selon la catégorie de la panne.
- ✓ Le module permet de créer un **nouveau type de Distribution** → on peut lui demander tous les services attachés à un tel objet : getMean, getCovariance, computeQuantile, drawPDF, drawCDF, ...
- ✓ Le calcul de la loi se fait via sur la fonction génératrice et repose sur la formule de Cauchy et la formule sommatoire de Poisson.

IntegralCompoundPoisson PDF



IntegralCompoundPoisson CDF



Open TURNS et les Polynômes de Chaos

- « Les polynômes de chaos : Introduction » : G. Blatman (EDF R&D MMC)
- « Intérêt et limitation de spolynômes de chaos » : J. Sen Gupta (EADS IW)
 - ✓ Chaos polynômial intégré dans Open TURNS 0.13.1 de juin 2009
 - ✓ Financement par le projet Mirador (post doc de B. Sassouh) + OPUS
- « Les polynômes de chaos creux et adaptatifs » : G. Blatman (EDF R&D MMC)
 - ✓ Chaos polynômial creux intégré dans la prochaine version d'OpenTURNS (cette semaine) : 0.14.0
 - ✓ Réalisation du partenariat sur financement propre de chacun des partenaires
- « Polynômes de chaos classiques creux / SVR / Krigeage : étude comparative » : Th. Yalamas (PhiMECA)



Exposés d'études Open TURNS

- **Exposé 1** : « Open TURNS pour l'identification et la quantification des leviers matériaux vis à vis de la performance structurée » : Ph. Lussou - **LAFARGE**
- **Exposé 2** : « Open TURNS et Cast3M : Calcul des structures de type assemblages mécanique avec contact et frottement » : L. Champaney – **ENS CACHAN**
- **Exposé 3** : « Open TURNS pour les avant-projets Dynamique Vibratoire » : Ph. Hericher – **ASTRIUM**
- **Exposé 4** : « Démarche Incertitudes pour les analyses d'impact en électromagnétisme : projets ANR Fetus et Kidpocket » – **ORANGE**



Perspectives (à plus ou moins long terme)

➤ Polynômes de chaos creux

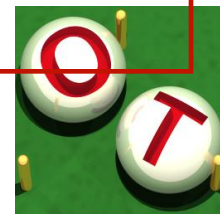
- ✓ Il s'agit de valoriser le **travail de thèse de Géraud Blatman**, qui a développé une technique adaptative creuse de décomposition en chaos polynomial.
- ✓ Ce travail a été l'objet de développements dans Open TURNS en 2010 2011 :
 - ❖ **Version 0.15.0 disponible pour l'été : logiciel + documentation**

➤ Processus stochastiques

- ✓ **L'objectif** est de pouvoir introduire dans OpenTURNS des capacités de modélisation, d'estimation et de propagation d'incertitudes décrites par des processus et champs stochastiques. Le périmètre envisagé est le suivant:
 - ✓ Processus stochastique à valeur scalaire, vectorielle, champ scalaire ou vectoriel
 - ✓ Champ stochastique à valeur scalaire ou vectorielle

➤ Approche bayésienne

- ✓ La modélisation d'une loi jointe par conditionnement en cascade
- ✓ La réactualisation bayésienne d'une loi à priori par assimilation de données
 - ❖ **Réflexions scientifiques en cours au sein du partenariat**



Discussion

➤ Quelques idées ...

- ✓ Club Industriel Open TURNS : lequel souhaiteriez-vous?
- ✓ Des idées d'évolution ?
- ✓ Des souhaits d'amélioration ?

La parole est à vous !



C'est fini

**Merci de votre participation ...
et à l'année prochaine!**

