

UQLab : une plate-forme pour la quantification des incertitudes sous Matlab

B. Sudret & S. Marelli

ETH Zürich – Chair of Risk, Safety & Uncertainty Quantification

8èmes Journées Fiabilité des Matériaux et des Structures

9 Avril 2014

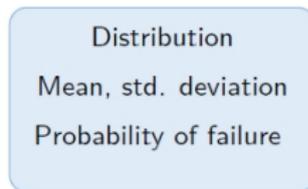
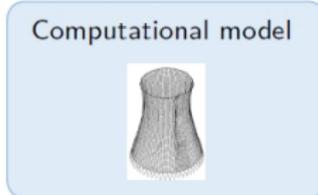
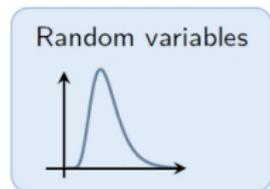


Quantification d'incertitudes

Step B
Quantification of
sources of uncertainty

Step A
Model(s) of the system
Assessment criteria

Step C
Uncertainty propagation



Step C'
Sensitivity analysis

Objectifs de la plate-forme

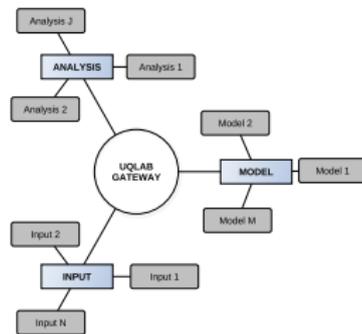
- Proposer un ensemble d'outils pour la quantification d'incertitudes en ingénierie dans un **environnement homogène et facile d'accès**
- Faciliter la prise en main de la plate-forme par **différents publics** (étudiant, ingénieur, doctorant/chercheur)
- Proposer une **architecture modulaire**, extensible aisément par des ingénieurs, sans connaissance approfondie du calcul scientifique
- Permettre un **couplage facile à des codes de calcul externes** (e.g. par éléments finis)
- Utilisation quasi-transparente du **calcul haute performance**

- Dédié à un type d'analyse en particulier:
 - **Fiabilité**: FERUM (Matlab)
 - **Krigeage**: DACE (Matlab), DiceKriging (R)
 - **Sensibilité**: Sensitivity (R)
- Commerciaux et non ouverts pour la recherche: PhimecaSoft, COSSAN, Optimus, etc.
- Ouvert, mais difficile d'accès: Dakota (C++), OpenTurns (C++ / python)

Choix d'une nouvelle plateforme sous Matlab

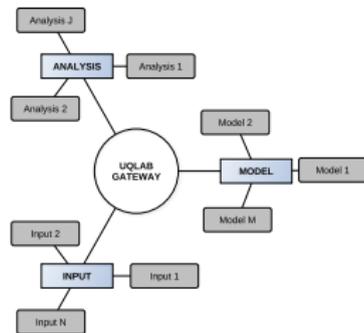
Conception calquée sur la méthodologie générique de traitement des incertitudes

- Un ensemble de modules reliés entre eux par un **portail central** (GATEWAY)
- Trois types de modules:
 - **Model** Step A
Modèle de simulation: fonction Matlab simple, **wrapper** d'un code externe, **méta-modèle**
 - **Input** Step B
Modèle probabiliste de données: **lois marginales + copule**
 - **Analysis** Step C/C'
Type d'analyse: **fiabilité, sensibilité, construction de méta-modèles**



Des modules supplémentaires peuvent être définis:

- **Workflow**: permet de gérer de façon non ambiguë plusieurs modèles probabilistes ou plusieurs analyses
- **Dispatcher**: permet de transférer un calcul prototypé localement vers un serveur de calcul de façon transparente

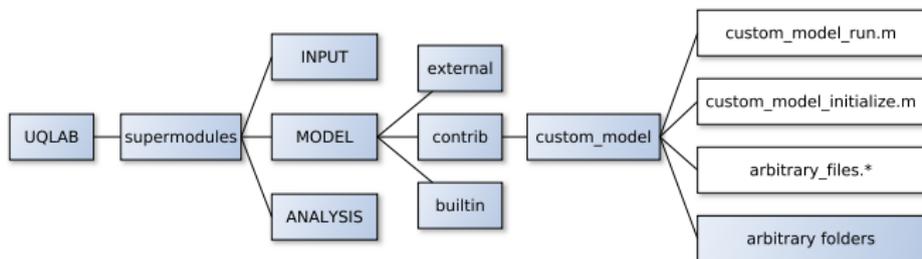


Objectifs:

- Développement concomittant de nouveaux algorithmes au sein d'un même groupe de recherche
- Permettre à l'utilisateur de définir "naturellement" sa propre branche locale de développement
- A long terme, identifier clairement les contributions externes

Outils

- Un gestionnaire de contenus (*Content Management system (CMS)*)
- Un serveur `svn` de développement collaboratif



- Fonctions simples sous forme de chaînes de caractères
- Fonctions Matlab (*vectorisées* ou non)
- *Wrapper* d'un code externe
- *Méta-modèles*:
 - Chaos polynomial de Legendre et Hermite, classique et creux
 - Krigeage
 - *Support vector regression*

Définition

Un **modèle probabiliste** est défini par un **ensemble de lois marginales** et **une copule**

Contenu

- Lois marginales uniforme, gaussienne, lognormal, Student, beta, Gamma, Weibull, Gumbel (+ **constantes**), lois tronquées
- Copules: gaussienne, Student, archimédiennes en dimension 2
- **Transformation isoprobabiliste** générique (utilisée pour FORM/SORM, chaos polynomial, etc.)
- **Méthodes d'échantillonnage**: Monte Carlo, Latin Hypercube Sampling, suites quasi-aléatoires de Sobol et Halton

Chaos polynomial

(méthodes non intrusives)

- Projection (quadrature, *sparse grids*)
- Méthode des moindres carrés (*régression*)
- *LARS* (*Least Angle Regression*)

Krigeage

- Ordinaire avec noyau exponentiel, gaussien et de Matérn
- Tendence polynomiale de degré quelconque
- Ajustement des paramètres par *maximum de vraisemblance* ou *validation croisée*
- Algorithmes d'optimisation BFGS, génétique ou hybride
- Wrapper du package R *DiceKriging*

Module Analysis/Reliability

- Monte Carlo classique
- FORM, SORM
- Tirages d'importance
- *Subset simulation*
- *Wrapper* du package FERUM

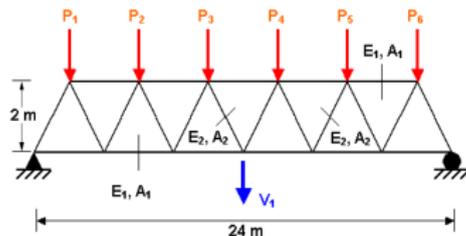
Module Analysis/Sensitivity

- Méthode de Morris
- Corrélation entrée/sortie, coefficients SRC
- Indices de Sobol' par simulation de Monte Carlo et par chaos polynomial
- *Wrapper* du package R Sensitivity

Fonction de performance

$$g(\mathbf{X}) = v_{max} - |\mathcal{M}_{EF}(\mathbf{X})| \leq 0$$

avec $v_{max} = 13 \text{ cm}$



Variable	Distribution	Moyenne	Écart-type
E_1, E_2 (MPa)	Lognormale	210 000	21 000
A_1 (cm ²)	Lognormale	20	2
A_2 (cm ²)	Lognormale	10	1
$P_1 - P_6$ (kN)	Gumbel	50	7,5

```
% (a) Analyse de fiabilité
uqlab
Marg(1).Name = 'E1';
Marg(1).Type = 'Lognormal';
Marg(1).Moments=[2.1e11 2.1e10];
Marg(2).Name = 'E2';
...
myInput = uq_create_input(Marg);

Model.Type='mfile';
Model.Function = 'uq_truss';
myModel=uq_create_model(Model);

Analysis.Type='uq_reliability';
Analysis.limit_state = 0.13;
Analysis.Method = 'IS';
Analysis.MaxSamples = 1e4;
uq_create_analysis(Analysis);

uq_runAnalysis;
```

% (a) Analyse de fiabilité

```
uqlab
Marg(1).Name = 'E1';
Marg(1).Type = 'Lognormal';
Marg(1).Moments=[2.1e11 2.1e10];
Marg(2).Name = 'E2';
...
myInput = uq_create_input(Marg);

Model.Type='mfile';
Model.Function = 'uq_truss';
myModel=uq_create_model(Model);

Analysis.Type='uq_reliability';
Analysis.limit_state = 0.13;
Analysis.Method = 'IS';
Analysis.MaxSamples = 1e4;
uq_create_analysis(Analysis);

uq_runAnalysis;
```

%(b) Chaos polynomial distribué

% Analyse de sensibilité

```
HPCopts.nCPU = 4;
HPCopts.Profile='credentials.txt';
uq_create_dispatcher(HPCopts);

Metaopts.Type = 'uq_metamodel';
Metaopts.MetaType = 'PCE';
Metaopts.ExpDesign.Sampling = 'LHS';
Metaopts.ExpDesign.NSamples = 200;
Metaopts.Input = myInput;
Metaopts.FullModel = myModel;
PCmodel=uq_create_model(Metaopts);
uq_calculate_metamodel;

Analysis.Type='uq_sensitivity';
Analysis.Method = 'Sobol';
uq_create_analysis(Analysis);

uq_runAnalysis;
```

- Fonctionnalités figées pour la première version
- Documentation ... en cours
- Envoi aux beta-testeurs intéressés en mai
- 1ère release officielle en septembre

- Fonctionnalités figées pour la première version
- Documentation ... en cours
- Envoi aux beta-testeurs intéressés en mai
- 1ère release officielle en septembre

Merci pour votre attention !



**Chair of Risk, Safety & Uncertainty
Quantification**

<http://www.rsuq.ethz.ch>