



HAL
open science

Traitement des incertitudes à l'aide du logiciel Phimeca soft

Thierry Yalamas, Maurice Pendola, Bruno Sudret

► **To cite this version:**

Thierry Yalamas, Maurice Pendola, Bruno Sudret. Traitement des incertitudes à l'aide du logiciel Phimeca soft. 9e Colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2009, Giens, France. hal-01413167

HAL Id: hal-01413167

<https://hal.science/hal-01413167>

Submitted on 14 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Traitement des incertitudes

à l'aide du logiciel Phimeca Soft

T. Yalamas¹, M. Pendola^{1,2}, B. Sudret^{1,2}

¹ Phimeca
Centre d'Affaires du Zénith
24 rue de Sarliève
63800 Cournon
yalamas@phimeca.com

² LaMI, IFMA et UBP
Campus des Cézeaux – F-63175
Aubière Cedex France

Résumé –

Mots clés – Incertitudes, probabilités

1 Introduction

La modélisation des incertitudes et de leur propagation au travers d'un modèle physique (mécanique, hydraulique, chimique, etc.) a fait l'objet d'une forte activité de partages d'expériences entre acteurs français et internationaux (EDF, EADS, PHIMECA, CEA notamment) qui a conduit récemment à la parution d'un livre [De Rocquigny *et al.*, 2008].

Cette méthodologie se décompose en quatre étapes bien identifiées (Fig. 1)

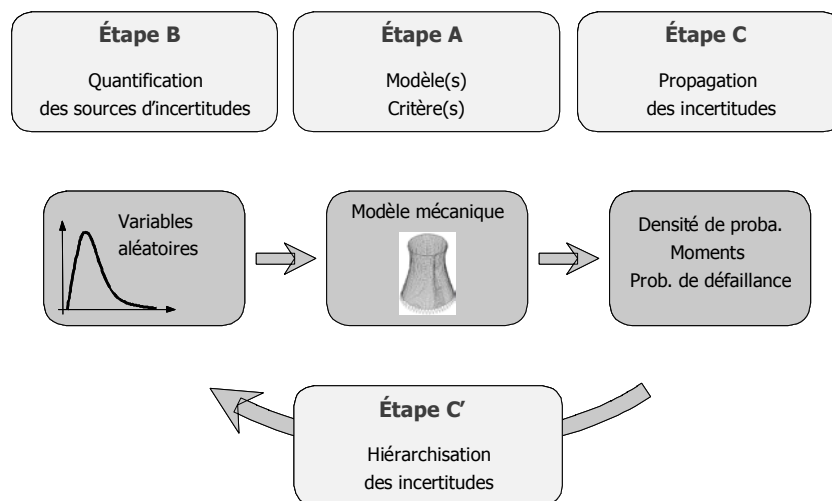


Figure 1: Méthodologie « incertitudes »

L'essentiel des méthodes nécessaires à la mise en place de cette méthodologie est disponible au sein du logiciel Phimeca Soft. Celui-ci est développé par la société Phimeca depuis 2001. Il est actuellement disponible en version 2.7 et passera en version 3.0 en décembre 2009.

Plus qu'une simple release, la version 3.0 marquera :

- Une redéfinition complète de l'IHM
- L'apparition d'un module d'optimisation déterministe
- L'apparition d'un module de traitement statistique des données
- L'utilisation du noyau de calcul Open TURNS pour de nombreuses fonctions (www.openturns.org).

Dans la suite de l'article nous balaierons chacune des étapes de la « méthodologie incertitudes » et nous illustrerons sa mise en œuvre à l'aide de Phimeca Soft.

2 Etape A : Modèle physique

Cette étape est la mieux connue des ingénieurs. Elle consiste à :

- Identifier le système étudié et le modéliser d'un point de vue déterministe (modèle analytique, modèle éléments finis, etc.). Dans le cas où les temps de calculs nécessaires pour une modélisation fine sont trop importants, il est également possible de remplacer à ce stade le modèle déterministe par un méta-modèle (ou surface de réponse) qui aura été précédemment déterminé, e.g. par chaos polynomial (Ghanem & Spanos, 2003), krigeage, réseaux de neurones (Pendola & al, 2000), Support Vector Machines (Deheeger, 2008).
- Identifier les *quantités d'intérêt* en sortie du modèle (contrainte maximale sur un domaine, contrainte en un point, composante de déplacement, etc.)
- Le cas échéant (e.g. pour une analyse de fiabilité), formuler un critère sur une ou plusieurs des quantités d'intérêt.

Phimeca Soft permet, au choix de l'utilisateur, de définir un modèle physique analytique ou bien de faire appel à un code de calcul externe: code de calcul aux éléments finis, code de calcul de mécanique des fluides, application métier, logiciel de développement mathématique (Matlab, Scilab, etc.). L'utilisateur peut donc avoir recours aux modèles déterministes qu'il a l'habitude d'utiliser et aucune modification n'est ainsi apportée dans la modélisation physique du phénomène étudié.

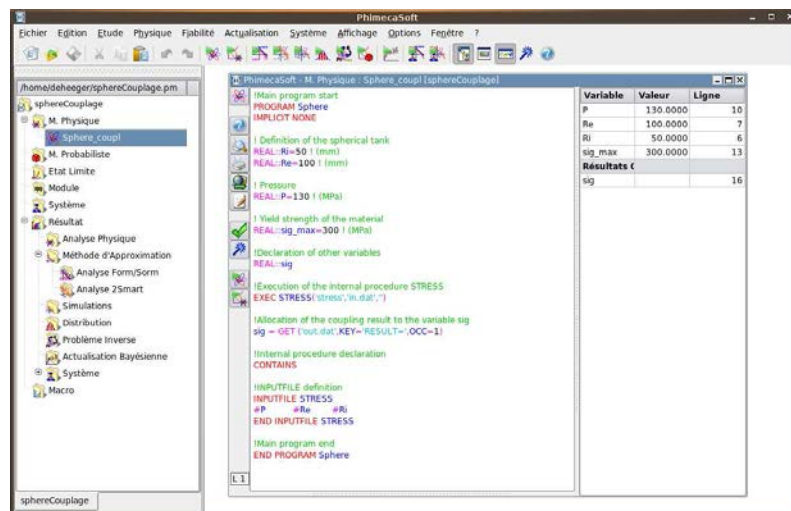


Figure 2: Définition d'un modèle physique

3 Etape B : Quantification des sources d'incertitudes

Deux cas de figure peuvent se présenter à ce stade selon que l'on dispose ou non de données pour construire le modèle probabiliste.

- En présence de données (expérimentations, base de données) : il est alors possible d'utiliser les méthodes usuelles de la statistique pour identifier les lois de variables aléatoires les plus adaptées (Saporta, 2006) ;
- En l'absence de données : il est alors important de combiner la connaissance physique a priori du paramètre que l'on cherche à modéliser avec l'expérience de l'ingénieur probabiliste afin de construire un modèle probabiliste censé.

Il est à noter que les *méthodes d'actualisation* de modèles (Sudret *et al.*, 2006) permettent d'utiliser des mesures réalisées *a posteriori* pour affiner un modèle probabiliste construit *a priori* afin d'améliorer son caractère prédictif.

La définition d'un modèle probabiliste à l'aide de Phimeca Soft est très simple. Il est attaché à un modèle physique précédemment défini et l'ensemble des variables non dépendantes est par défaut considéré comme déterministe. Il est alors aisé pour l'utilisateur de composer un modèle en modifiant la définition des variables voulues par simples « clics ».

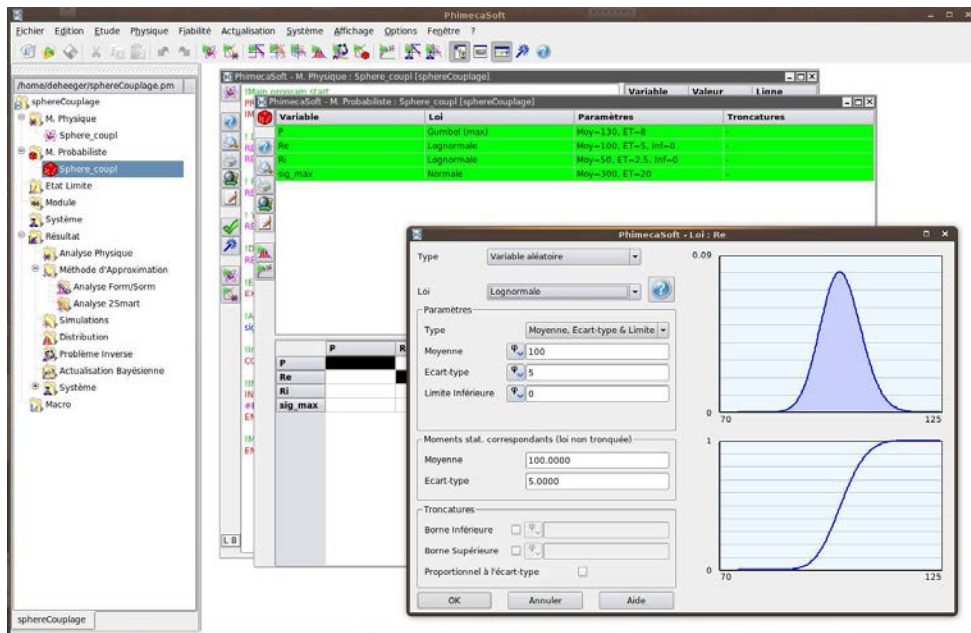


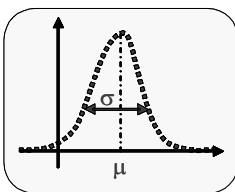
Figure 3: Définition d'un modèle probabiliste

Dans le cas où l'utilisateur dispose de données à partir desquelles il souhaite construire son modèle probabiliste un module spécifique sera proposé dans la prochaine version 3.0 du logiciel.

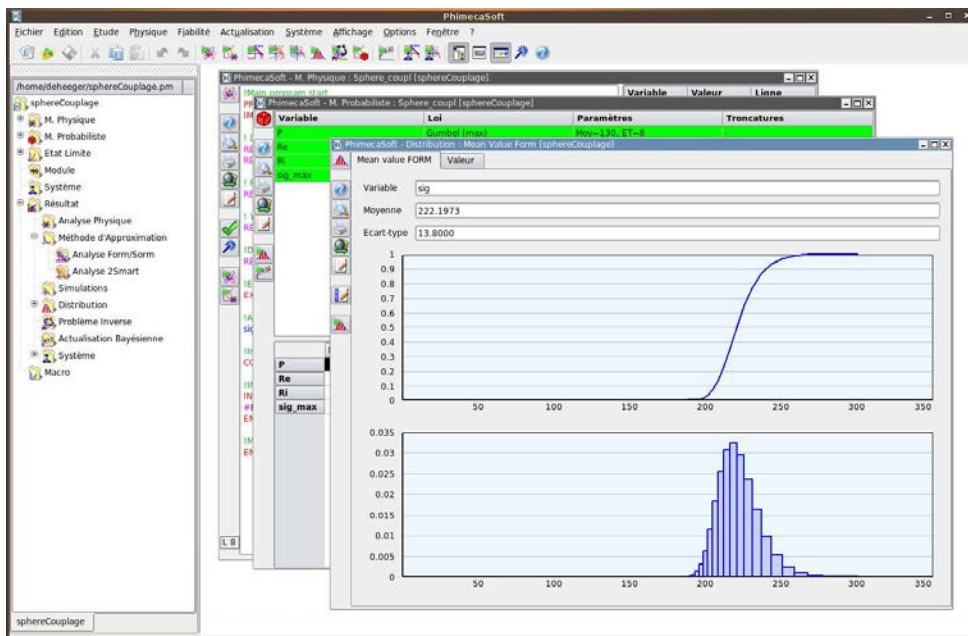
4 Etape C : Propagation des incertitudes

Trois types d'analyses sont usuellement distingués.

L'analyse de dispersion (figures 4) : l'objectif est ici de caractériser, au sens statistique du terme, une ou plusieurs quantités d'intérêts. Cela passe par la détermination des moments statistiques (e.g. moyenne et écart type) de cette quantité d'intérêt jusqu'à un ordre dépendant de la précision souhaitée et de la méthode utilisée ;



Figures 4a et 4b: Analyse de dispersion



L'analyse de fiabilité (figure 5) : l'objectif est alors d'estimer aussi précisément que possible la probabilité pour le paramètre considéré d'excéder une valeur seuil : c'est la *probabilité de défaillance* par rapport au critère de dimensionnement (Ditlevsen & Madsen, 1996 ; Lemaire, 2005) ;

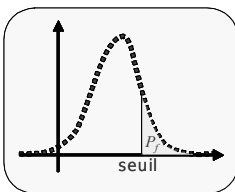
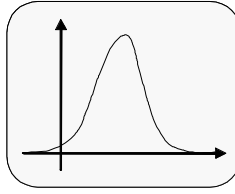
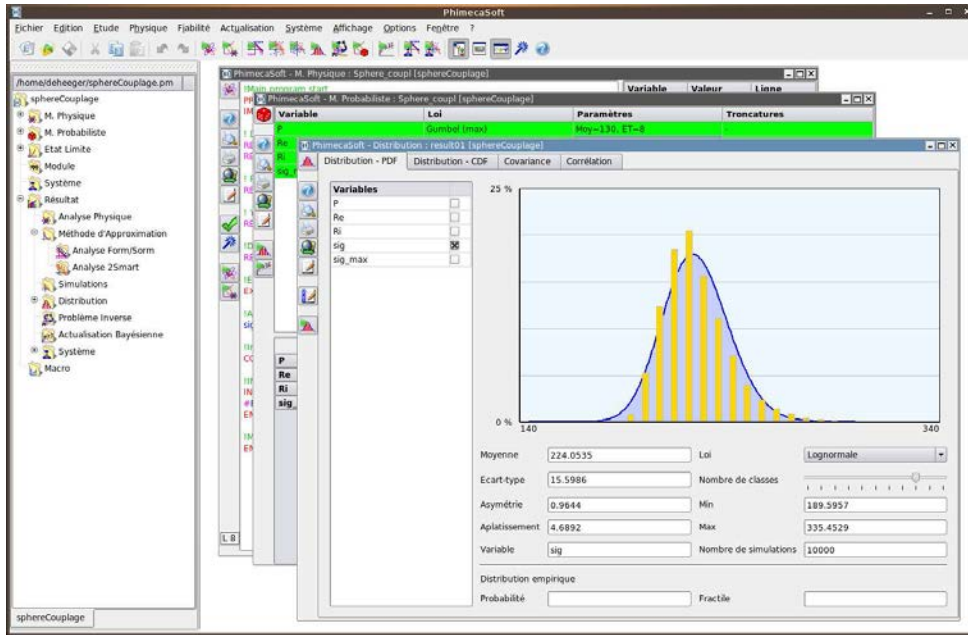


Figure 5: Analyse de fiabilité

L'analyse de distribution (figures 6a et 6b) : l'objectif est ici d'estimer la densité de probabilité complète des quantités d'intérêts.

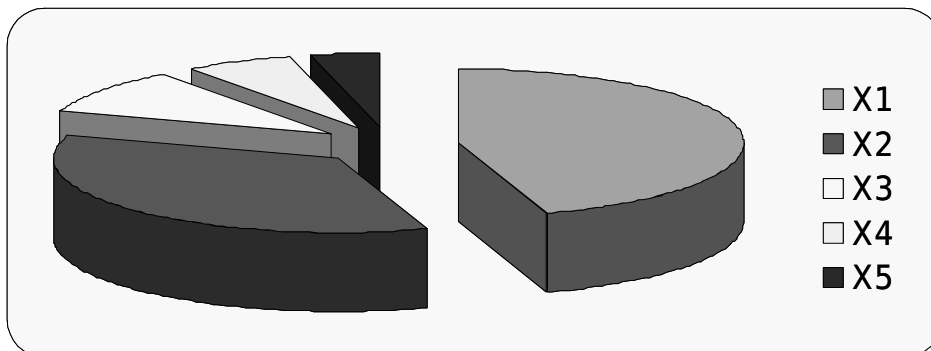


Figures 6a et 6b: Analyse de distribution

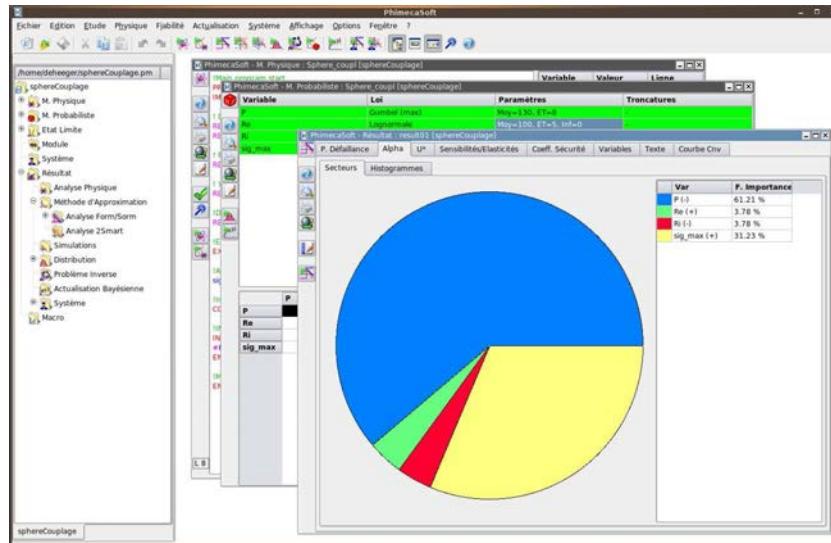


5 Etape C' : Hiérarchisation des incertitudes

Le but est d'identifier les paramètres, ou combinaisons de paramètres, dont la variabilité influe le plus sur la quantité d'intérêt (figures 7a et 7b). Cette étape est le plus souvent associée à l'étape C, les méthodes utilisées pour l'étape C permettant d'obtenir, en sus, des informations sur la hiérarchisation. On distingue les indices de sensibilité locaux généralement associés à une analyse de fiabilité et les indices de sensibilité globaux plus souvent associés à une analyse de décomposition de variance dite *ANOVA* (Saltelli *et al.*, 2004).



Figures 7a et 7b : Analyse de sensibilité : facteurs d'importance



6 Conclusion

Les méthodes probabilistes font l'objet de développements incessants et d'applications toujours plus importantes dans l'industrie. Ce transfert a permis le développement d'un outil performant et accessible qui permet de guider l'utilisateur au travers des différentes étapes de la méthodologie incertitudes. Il contient des méthodes éprouvées et robustes et son interface permet aussi bien une utilisation par des novices qui souhaitent découvrir les apports des méthodes que des experts qui souhaitent aller plus loin dans leurs analyses avec efficacité.

PHIMECA Soft est utilisé dans plusieurs universités et entreprises et fait l'objet d'améliorations incessantes programmées à un rythme annuel sur la base des expériences des utilisateurs et ingénieurs et des développements méthodologiques les plus récents. Les développements en cours permettront d'intégrer de nouvelles fonctionnalités très rapidement : optimisation déterministe et traitement statistique de données. A plus long terme, et maintenant que les problèmes statiques ou indépendants du temps et que les variables aléatoires sont bien ancrées dans les applications, les problèmes dynamiques et faisant intervenir des champs aléatoires sont en cours de développement dans le logiciel.

Références

- [1] M. Pendola, E. Chatelet, P. Hornet. "Structural Reliability Using Finite Element Analyses and Artificial Neural Networks"- Mathematical Methods in Reliability, Bordeaux 2000
- [2] Berveiller, M. (2005). Stochastic finite elements : intrusive and non intrusive methods for reliability analysis. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- [3] F. Deheeger, M. Lemaire, J.-M. Bourinet, M. Pendola. (2008) Apprentissage stochastique pour les calculs de fiabilité de systèmes représentés par des modèles complexes. Congrès LambdaMu16, Avignon 2008
- [4] de Rocquigny, E., N. Devictor, and S. Tarantola (Eds.) (2008). *Uncertainty in industrial practice: a guide to quantitative uncertainty management*. John Wiley & Sons.
- [5] Ditlevsen, O. et H. Madsen (1996). *Structural reliability methods*. J. Wiley and Sons, Chichester.
- [6] Ghanem, R. and P. Spanos (1991). *Stochastic finite elements – A spectral approach*. Springer Verlag. (Reedited by Dover Publications, 2003).
- [7] Lemaire, M. (2005). *Fiabilité des structures – Couplage mécano-fiabiliste statique*. Hermès.
- [8] Saltelli, A., S. Tarentola, F. Campolongo, et M. Ratto (2004). *Sensitivity analysis in practice – A guide to assessing scientific models*. J. Wiley & Sons.
- [9] Saporta, G. (2006). *Probabilités, analyse des données et statistique (2nd éd.)*. Editions Technip.
- [10] Sudret, B., F. Perrin, M. Berveiller, and M. Pendola (2006). *Bayesian updating of the long-term creep deformations in concrete containment vessels*. In Proc. 3rd Int. ASRANet Colloquium, Glasgow, United Kingdom.