



FORUM INCERTITUDES  
CEA/DAM  
01 OCTOBRE 2014  
TGCC, Bruyères-le-Châtel (91)

Le Forum 2014 sur les Méthodes de Quantification des Incertitudes est organisé par le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Direction des applications militaires Île-de-France (CEA/DIF) au Très Grand Centre de Calcul (TGCC) situé à Bruyères-le-Châtel le mercredi premier octobre 2014.

Cette manifestation a pour objectif de favoriser les liens entre les différents acteurs de la DAM, le monde académique et les industriels autour de la thématique de la quantification des incertitudes dans les codes de simulation, dans les expériences, dans la métrologie et dans les procédés de fabrication.

### Programme

- 8h30-9h10 : Accueil et enregistrement
- 9h10-9h30 : Jean Giorla (CEA/DIF) : Organisation de la journée.
- 9h30-10h00 : Nicolas Bousquet (EDF R&D, Chatou) : Quelques principes de modélisation bayésienne utiles en traitement des incertitudes.
- 10h00-10h30 : Paola Cinnella (Università del Salento, Lecce, and Laboratoire DynFluid Arts et Métiers ParisTech) : On the use of Bayesian inference for the quantification of turbulence modelling uncertainties.
- 10h30-10h50: Pierre Minvielle-Larrousse (CEA/Cesta) : Analyse séquentielle bayésienne pour le contrôle électromagnétique en grande dimension.
- 10h50-11h10 : Pause
- 11h10-11h40 : Christian Soize (Laboratoire Modélisation et Simulation Multi-Echelle, Université Paris-Est Marne-la-Vallée) : Identification statistique inverse de modèles probabilistes en Grande Dimension Stochastique : Quantification des incertitudes en dynamique et en vibroacoustique. Champ d'élasticité stochastique mésoscopique des microstructures hétérogènes.
- 11h40-12h10 : Olivier Talagrand (Laboratoire de Météorologie Dynamique, École Normale Supérieure, Paris) : Quantification d'Incertitude dans l'Atmosphère et l'Océan.

- 12h10-12h30 : Marc Offroy (CEA/DIF) : Caractérisation des éclairs et des phénomènes lumineux transitoires à l'aide de méthodes de chimiométrie en vue de l'exploitation des données satellitaires de TARANIS.
- 12h30-14h00 : Buffet et visite des ordinateurs du TGCC pour les personnes inscrites préalablement
- 14h00-14h30 : Virginie Ehlacher (Centre d'Enseignement et de Recherche en Mathématiques et Calcul Scientifique, École des Ponts ParisTech) : Greedy algorithms for parametric eigenvalue problems.
- 14h30-14h50 : Nicolas Guillot (CEA/Valduc) : Quantification des radionucléides d'un colis de déchet par métamodélisation du rendement de détection de la spectrométrie gamma.
- 14h50-15h10 : Guillaume Perrin (CEA/DIF) : Utilisation des métamodèles par processus gaussiens pour la quantification du risque associé à une agrégation de codes numériques.
- 15h10-15h30 : Pause
- 15h30-16h00 : Julien Tierny (Laboratoire Traitement et Communication de l'Information, Telecom ParisTech) : Scientific Visualization and Uncertainty.
- 16h00-16h20 : Bernard Pecqueux (CEA/Gramat) : Reliability and Sensitivity Analysis of Extreme Electromagnetic Events by considering Uncertain Parameters.
- 16h20-16h40 : Clément Walter (CEA/DIF) : Rare event simulation: a Point Process interpretation with application in probability and quantile estimation.

## Résumés

### **Quelques principes de modélisation bayésienne utiles en traitement des incertitudes**

*Nicolas Bousquet, Ingénieur-chercheur expert, EDF – R&D, Chatou, France*

Les problèmes statistiques de traitement d'incertitude doivent différencier, lors de la phase de modélisation des variables influentes du problème, ce qui relève de l'incertitude dite aléatoire, intrinsèque (ou par essence), de ce qui est empreint d'incertitude dite épistémique, réductible par apport d'information (données expérimentales, expertise technique...). La modélisation bayésienne permet d'apporter une solution à ce problème. L'exposé présentera succinctement quelques principes de modélisation utiles pour les études de traitement d'incertitude (représentation de la connaissance incertaine, calibration de méta-modèle, prise de décision) ainsi que des sujets de recherche actuels sur la question.

### **On the use of Bayesian inference for the quantification of turbulence modelling uncertainties**

*Paola Cinnella, Professor, Università del Salento and Laboratoire DynFluid (EA 92)*

*Joint work with Wouter Nico Edeling, PhD candidate DynFluid/TU Delft, and Richard Dwight, assistant professor, TU Delft)*

Numerical predictions of continuum mechanics are affected by several sources of error: discretization error, parametric uncertainty, and physical modeling error, are the three most significant. Yet only the latter cannot be estimated and controlled with standard techniques. As such it represents the bottleneck to a robust predictive capability in many fields.

In industrial Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations, the Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) equations are the workhorse tool for modeling turbulent flow fields. The equations require a turbulence closure model, of which there are many, each of which requires empirical closure coefficients parameterizing modeling assumptions. Standard practice is to calibrate these coefficients against simple flow configurations (generally, incompressible homogeneous isotropic turbulence, free shear layers, and zero pressure gradient flat plate boundary layers) using available experimental data. Even so there is no consensus on the best coefficient values for most models, as evidenced by the wide range of coefficients seen in the literature. As a consequence model predictions can differ significantly, at such a point that the turbulence closure model represents the dominant source of error in most Reynolds Averaged Navier-Stokes simulations. Yet no reliable estimators for this error component currently exist.

Moreover, several alternative models have been developed through the years, based on physical reasoning. Even so, a widely accepted "best" turbulence model is still not available, and the choice of the specific model to be used for predicting accurately a new configuration is mostly based on mere expert judgment.

Here we develop a systematic stochastic approach, based on Bayesian inference, for model parameter estimation, model selection, and robust prediction based on multiple alternative model forms and calibration scenarios. The prediction is *robust* in such a sense that it takes into account the uncertainty about model parameters, the choice of the most appropriate calibration data for predicting the new configuration, and the model structure. Precisely, we try to find an *a posteriori* error estimate, calibrated to specific classes of flow. It is based on variability in model closure coefficients across multiple flow scenarios, for multiple closure models. The variability is estimated using Bayesian calibration against experimental data for each scenario, and Bayesian Model-Scenario Averaging (BMSA) is used to collate the resulting posteriors, to obtain a stochastic estimate of a Quantity of Interest (QoI) in an unmeasured (prediction) scenario. The scenario probabilities in BMSA are chosen using a sensor which automatically weights those scenarios in the calibration set which are similar to the prediction scenario. The methodology is applied to a class of flows, namely, turbulent boundary-layers subject to various pressure gradients. For all prediction cases we observe a good match between the model error with respect to measurement ground truth, and the standard-deviation of the stochastic estimate. Furthermore the mean of the estimate is more consistently accurate than the individual model predictions.

Perspectives will focus on the extension of the proposed approach to complex flow configurations of industrial interest.

### **Analyse séquentielle bayésienne pour le contrôle électromagnétique en grande dimension**

*Pierre Minvielle-Larrousse (CEA/Cesta), Nicolas Malléjac (CEA/Le Ripault), Adrien Todeschini (INRIA Bordeaux Sud-Ouest), François Caron (Oxford Univ.), Pierre Del Moral (UNSW)*

We consider the estimation of local radioelectric material properties from global electromagnetic scattering measurements. This inverse scattering problem requires going upstream a parallelized harmonic Maxwell solver, which provides the numerical solution to Maxwell's equations in free space. In a statistical viewpoint, it can be expressed as a general Hidden Markov Model, involving a dynamic state and a fixed hyper-parameter, related to a multiple components (Debye relaxation / Lorentzian resonant) material model. The sequential Bayesian analysis is performed by "particle Markov Chain Monte Carlo", an emerging important class of techniques in signal processing and

Bayesian statistics that combines MCMC and SMC (filtering). More precisely, a “particle Marginal Metropolis-Hastings” algorithm is designed, including Rao-Blackwellised Sequential Monte Carlo. And yet, it is a computationally intensive technique. Moreover, computation time increases with both state/observation dimensions. How to deal with high dimension? The issue is just partly solved by the Rao-Blackwellisation strategy as well as likelihood metamodeling (resulting from intensive training on a petaflop supercomputer). To go further, there are two main ways: high performance computing adaptations or/and high dimension oriented approximations.

### **Identification statistique inverse de modèles probabilistes en Grande Dimension Stochastique : Quantification des incertitudes en dynamique et en vibroacoustique. Champ d'élasticité stochastique mésoscopique des microstructures hétérogènes**

*Christian Soize, Laboratoire Modélisation et Simulation Multi-Echelle, UMR 8208 CNRS, Université Paris-Est Marne-la-Vallée*

L'exposé [1] est constitué de trois parties :

- 1) Présentation des principaux concepts et formulations pour la modélisation stochastique des incertitudes et des champs stochastiques en mécanique.
- 2) Identification statistique inverse de l'approche probabiliste des incertitudes paramétriques et des incertitudes non paramétriques induites par les erreurs de modélisation, en dynamique et vibroacoustique numérique des systèmes complexes.
- 3) Identification statistique inverse en très grande dimension des modélisations stochastiques des champs d'élasticité à valeur tensorielle des propriétés apparentes à l'échelle mésoscopique des microstructures hétérogènes à comportement élastique linéaire.

[1] C. Soize, Stochastic Models of Uncertainties in Computational Mechanics, American Society of Civil Engineers (ASCE), Reston, 2012.

### **Quantification d'incertitude dans l'Atmosphère et l'Océan**

*Olivier Talagrand, Laboratoire de Météorologie Dynamique, École Normale Supérieure, Paris, France*

L'incertitude est omniprésente dans l'atmosphère et l'océan, avec des conséquences évidentes quant à notre capacité limitée à prévoir l'état futur de ces masses fluides. L'incertitude résulte du coût et de la difficulté des observations et, plus encore, du caractère chaotique de l'écoulement.

On présente les différentes méthodes utilisées pour quantifier l'incertitude dans l'atmosphère et l'océan. Les *méthodes d'ensemble*, dans lesquelles l'incertitude est représentée par un ensemble de points dans l'espace des états du système, se développent rapidement. Elles sont utilisées aussi bien pour l'assimilation des observations que pour la prévision. On présente ces méthodes et leurs performances actuelles, et on discute plusieurs des questions qu'elles soulèvent : validation objective, dimension des ensembles et coût numérique, limites.

### **Caractérisation des éclairs et des phénomènes lumineux transitoires à l'aide de méthodes de chimiométrie en vue de l'exploitation des données satellitaires de TARANIS**

*Marc Offroy, Thomas Farges, Pierre Gaillard (CEA/DIF)*

La mission satellitaire TARANIS est une mission spatiale entièrement dédiée à l'étude des phénomènes lumineux transitoires. Ces événements se manifestent en haute atmosphère au-dessus des cellules orageuses et possèdent des durées comprises entre quelques millisecondes, voire même quelques centaines de millisecondes rendant leur détection complexe. Les méthodes d'analyse en composantes principales (ACP) et de PARAllel FACTor analysis (PARAFAC) montrent leur potentiel

pour la détection d'un certain type d'événement nommé « dim » elfes (elfes faibles) en post-traitement et sans à priori. Une caractéristique physique de ces événements est démontrée permettant ainsi d'entrevoir une future méthode de détection à l'aveugle de ces événements pour TARANIS.

### **Greedy algorithms for parametric eigenvalue problems**

*Virginie Erhlacher, CERMICS, ENPC*

In this talk will be presented a greedy algorithm for the computation of the lowest eigenvalue and associated eigenfunction of high-dimensional parametric eigenvalue problems. The aim of this algorithm is to approximate the eigenfunction  $u(x; \mu_1; \dots; \mu_d)$  (and the associated eigenvalue  $\lambda(x; \mu_1; \dots; \mu_d)$ ) depending on a possibly large number of parameters  $\mu_1; \dots; \mu_d$  in a separated form as a sum of pure tensor product functions

$$u(x, \mu_1, \dots, \mu_d) \approx \sum_{k=1}^n r_k(x) s_k^1(\mu_1) \cdots s_k^d(\mu_d)$$

where each term in the above sum is computed in an iterative way. As only pure tensor product functions are computed at each iteration of the algorithm, the resolution of the original high-dimensional problem is replaced by the resolution of a sequence of low-dimensional problems, thus circumventing the curse of dimensionality. Some theoretical convergence results about this algorithm will be presented and illustrated on some numerical examples, in particular the computation of the first buckling mode of a plate.

### **Quantification des radionucléides d'un colis de déchet par métamodélisation du rendement de détection de la spectrométrie gamma**

*Nicolas Guillot (CEA/Valduc), Claire Cannamela (CEA/DIF)*

Le traitement et la manipulation de la matière nucléaire génèrent des déchets nucléaires. Avant d'être envoyés vers les différents exutoires prévus à cet effet, il s'agit d'identifier et de quantifier les différents radionucléides présents dans les déchets. Dans ce cadre la technique de mesure par spectrométrie gamma est principalement utilisée. Elle permet de réaliser ces deux opérations en une seule mesure.

Les déchets sont regroupés, avant expédition vers l'exutoire, dans différents types de containers. La connaissance de la matrice, la configuration géométrique et la densité des éléments internes du container sont partielles voir inconnues dans certains cas. Cette connaissance est nécessaire pour la quantification de l'activité radiologique présente dans le container. Elle permet d'établir la loi d'atténuation photonique spécifique au container (coefficient d'étalonnage ou rendement de détection). Les techniques classiques (empiriques ou numériques) de détermination de la loi d'atténuation photonique de ces objets nécessitent la connaissance de paramètres physico-chimiques (matériaux constitutifs, densité et type de ces matériaux, répartition, mélange de matériaux, localisation de la contamination,...) ; paramètres difficilement accessibles ou inaccessibles dans la majorité des cas. Cette absence partielle ou totale de connaissance de l'objet implique un temps de traitement élevé. Une autre conséquence est la nécessité, lors du traitement de l'objet par un opérateur, d'introduire des hypothèses sur l'objet.

Afin d'éviter la définition d'hypothèses longues ou difficiles à établir par rapport à l'objet par l'opérateur, d'automatiser le processus de traitement et de réduire le temps de traitement de la mesure, l'idée serait de remplacer la loi d'atténuation (obtenue via un code de calcul), par un métamodèle en se basant sur un nombre limité de simulations. La principale difficulté ici est le caractère mixte des paramètres d'entrées (continues et catégorielles). Nous présenterons tout

d'abord quelques familles de métamodèles permettant de prendre en compte un tel mélange de paramètres d'entrées. Puis nous illustrerons les résultats obtenus sur des cas analytiques « réalistes » de difficulté croissante. Enfin, nous présenterons des résultats obtenus sur des objets expérimentaux.

## **Utilisation des métamodèles par processus gaussiens pour la quantification du risque associé à une agrégation de codes numériques**

*Guillaume Perrin (CEA/DIF)*

Intégrant de plus en plus de phénomènes physiques, les codes de calcul se complexifient et se multiplient. La zone de défaillance d'un système peut ainsi ne pas être seulement évaluée à partir des sorties d'un unique code de calcul mais comme agrégation d'une série de résultats provenant de codes différents aux coûts de calcul variables.

Pour un budget de calcul total fixé, et pour un objectif de précision sur l'évaluation du risque final donné, se pose alors le problème de la répartition des évaluations entre les différents codes.

Dans cette perspective, cette présentation propose une méthode numérique itérative d'évaluation du risque, permettant d'optimiser les appels aux codes en fonction de leurs coûts et de leurs interdépendances, en se basant sur la méta-modélisation par processus gaussiens.

Après avoir présenté les bases scientifiques d'une telle méthode, l'application à un exemple analytique inspiré d'une application proposée par un département du CEA/DAM permettra d'illustrer les avantages d'une telle démarche, et de mettre en lumière son caractère général pour d'autres applications.

## **Scientific Visualization and Uncertainty**

*Julien Tierny, CNRS Researcher, LTCI - Telecom ParisTech*

Scientific Visualization is establishing itself as an essential part of the simulation pipeline and of the modern scientific discovery process. A recent example is the discovery by French researchers in 2013 of the planar layout of dwarf galaxies orbiting Adromeda. Although the hypothesis of co-planarity is simple to verify, one still needs to have the idea to formulate such a hypothesis. It is precisely by visualizing the 3D geometry of their measures that these researchers formulated -- and later verified -- this hypothesis, which appears to be an important progress in the knowledge of galaxy structures. In the general case, the data to visualize can admit a very complex geometry, which challenges its interpretation by the users. Thus, research in Scientific Visualization aims at defining algorithms and techniques to help users represent, explore, analyze and interpret simulated or acquired geometrical data.

Among the existing classes of techniques, algorithms inspired by Morse theory have shown to be particularly useful in order to capture and summarize the structure of the data. In this setting, the data is typically represented by a piecewise-linear scalar field defined over a triangulation, whose critical points often correspond to features of interest application-wise: center of atoms and chemical bonds in chemistry, vortices in computational fluid dynamics (CFD), hot spots in thermodynamics, etc. Then, structures such as the Reeb graph or the Morse-Smale complex can encode at multiple scales the structural relation of these critical points.

However, with the recent development of computational resources, new types of data appeared and yielded multiple difficulties which challenge these techniques. In particular, as uncertainty is more and more investigated in scientific computing, uncertain scalar fields -- mapping each point of the triangulation to a random variable -- need to be analyzed and visualized.

In this talk, I will give a brief overview of existing algorithms inspired by Morse theory for the analysis and visualization of scalar data. Then I will discuss the major scientific challenges for these techniques. Last, I will present our recent work on the topological analysis of uncertain scalar fields.

In particular, given reliable estimations of the bounds of the support of the probability density functions of each vertex of the triangulation, our algorithm identifies minimal connected components and value-intervals for which critical points must appear for any realization field of the input uncertain scalar field. Thus, despite the uncertainty, our technique enables to precisely identify admissible regions for atoms in chemistry, vortices in CFD, etc. I will conclude on the perspectives of this work and the remaining scientific challenges.

## **Reliability and Sensitivity Analysis of Extreme Electromagnetic Events by considering Uncertain Parameters**

*Mourad Larbi<sup>1,2</sup>, Philippe Besnier<sup>1</sup>, Bernard Pecqueux<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IETR-UMR CNRS 6164, INSA : Institut d'Électronique et de Télécommunications de Rennes

<sup>2</sup> CEA/Gramat

Since few years, many statistical approaches have been introduced in ElectroMagnetic Compatibility (EMC). It becomes a rather natural approach when dealing with physical phenomena that depends on numerous uncertain variables conditioning the interference levels. The development of these statistical techniques in the EMC area allowed for example to estimate the expectation and the standard deviation of an observable depending on various random variables [1]. Only few approaches deal with estimation of extreme values in EMC [2]. However, it is a very relevant way to look at risk analysis. A typical case would be a detection of malfunction of a device connected to a wire end when illuminated by an electromagnetic field. Moreover, such a device may differ from one to another due to manufacturing conditions. In this case, a set of devices would be ideally represented by a probability density function (pdf) of failure with regard to, for instance, the level of current applied to its input. Thus, a reliability analysis of an EMC system has to take into account the probability that the interfering current reaches a certain value and the probability of having a device failure for the specific current magnitude.

In this work, we will propose various reliability methods (from the probabilistic mechanics [3], [4]) allowing to estimate a failure probability denoted  $P_f$  defined as the probability of exceeding a certain threshold value. These techniques called first- and second order reliability methods (FORM, SORM), importance sampling (IS) and subset simulation (SS) allow us to compute  $P_f$  and to provide factors indicating the sensitivity of  $P_f$  with respect to input parameters of the physical phenomenon. We will apply these tools to analyse a risk of an EMC default by taking into account the uncertainty on input parameters influencing levels of interference for a simple example of crosstalk in a two wires transmission line.

These reliability methods at a low computational cost compared to Monte Carlo simulation, enable a quick estimation of risks starting from “vague” information on input parameters such as cable positions or input impedances, which is believed to be useful for EMC engineers.

ACKNOWLEDGMENT. This work was done during the Ph.D. thesis of M. Larbi supported by CEA, DAM, GRAMAT for the benefit of DGA/UM NBC.

## REFERENCES

[1] O. Sy, J. Vaessen, M. van Beurden, A. Tijhuis, and B. Michielsen, “Probabilistic study of the coupling between deterministic electromagnetic fields and a stochastic thin-wire over a pec plane,” in *Electromagnetics in Advanced Applications*, 2007. ICEAA 2007. International Conference on, Torino, Italy, Sept. 2007.

- [2] C. Kasmi, M. Hélier, M. Darces, and E. Prouff, "Modeling extreme values resulting from compromising electromagnetic emanations generated by an information system," *Comptes Rendus Physique*, Apr. 2014.
- [3] O. Ditlevsen and H. Madsen, *Structural reliability methods*. J. Wiley and Sons, Chichester, 1996.
- [4] M. Lemaire, A. Chateaneuf, and J.-C. Mitteau, *Structural reliability*. J. Wiley and Sons, 2010.

## Rare event simulation: a Point Process interpretation with application in probability and quantile estimation

*Clément Walter (CEA/DIF)*

In the context of reliability analysis, complex models representing physical experiments are used to estimate the probability of a failure, where failure is defined as the model output exceeding a given threshold. These models are often very time consuming and no analytical expression is available. Thus the evaluation of a probability of failure given a threshold or the estimation of a quantile given a targeted probability cannot be done by usual computational tools, especially when the failure event is rare.

We introduce here a new approach to this problem through a point process framework. Indeed for every real random variable with continuous *cdf* (that can be the output of a complex numerical code with random input), we show that one can build a sequence of simulations whose distribution is related to a Poisson Process with parameter 1. More precisely, given  $X$  a random vector (modelling the input with known distribution),  $\phi$  a real valued function (giving the scalar output of the numerical model),  $q$  a threshold defining the event  $F = \{\phi(X) > q\}$  and  $p$  its probability, the number of samples (ie. simulations) required to get a realization of  $\phi(X)$  in  $F$  follows a Poisson law with parameter  $\log(1/p)$ ; this is to be compared with the usual geometric law with parameter  $p$  obtained with naive Monte-Carlo. Then simulating several processes in parallel allows us to derive an estimator for a probability of exceeding a threshold or a quantile (Walter 2014).

The probability estimator is unbiased, its distribution can be characterized and its coefficient of variation  $\delta^2 = -\log(p/n) + o(1/n)$  is always lower than the one of a naive Monte-Carlo  $\delta_{MC}^2 = (1-p)/(np)$ . Especially when  $p \ll 1$ ,  $\delta_{MC}^2 \approx 1/(np)$  and therefore our approach "add a log" to the  $1/p$  coefficient. It is also related to well-known Sequential Monte-Carlo methods or Adaptive Multilevel Splitting algorithms (Cérou et al. 2009, 2012; Guyader et al. 2011), also called Subset Simulation (Au and Beck 2001). We then show that our approach brings the optimal algorithm expected from these methods regarding the computational time required to achieve a given precision.

Like with a naive Monte-Carlo the quantile estimator satisfies a Central Limit Theorem and its bias is of order  $1/n$ , with the same "log attribute" as for the probability estimator. It is a very efficient parallel alternative to naive Monte-Carlo and a massive gain in quantile estimation can be achieved.

These new algorithms are challenged together with other standard methods on a real physical problem, a spherical tank under internal pressure.

### REFERENCES

- Au, S.-K. and Beck, J. L. (2001). "Estimation of small failure probabilities in high dimensions by subset simulation". *Probabilistic Engineering Mechanics*, 16(4):263–277.
- Cérou, F., Del Moral, P., Furon, T., and Guyader, A. (2012). "Sequential Monte Carlo for rare event estimation". *Statistics and Computing*, 22(3):795–808.
- Cérou, F., Del Moral, P., Furon, T., Guyader, A., et al. (2009). "Rare event simulation for a static distribution".
- Guyader, A., Hengartner, N., and Matzner-Løber, E. (2011). "Simulation and estimation of extreme quantiles and extreme probabilities". *Applied Mathematics & Optimization*, 64(2):171–196.



Walter, C. (2014). "Moving Particles: a parallel optimal Multilevel Splitting method with application in quantiles estimation and meta-model based algorithms". *ArXiv* 1405.2800 *e-prints*.

## **Organisation du FORUM**

Cette rencontre a été initiée par des membres de la communauté de savoir PRECISE (PRise En Compte et traitement des Incertitudes liées à la Simulation et à l'Expérimentation) du CEA/DAM.

**Comité d'Organisation** : Damien Aubert, Pierre Dos Santos-Uzarralde, Jean Giorla, Christophe Millet, Gaël Poëtte (CEA/DIF).

**Comité Scientifique** : Monsieur le Directeur Scientifique du CEA/DAM Thierry Massard, Hugues Dumont (CEA/DIF), Rémy Besnard (CEA/Valduc), Michel Boivineau (CEA/DIF), Daniel Bouche (CEA/DIF), Pierre Bruguière (CEA/GRAMAT), Denis Juraszek (CEA/DIF), Pierre-Henri Maire (CEA/CESTA).

**Comité Local d'Organisation** : Monique Bourgain, Claire Cannamela, Jocelyn Exare, Jean Giorla, Agnes Rodriguez (CEA/DIF).

### **Contact :**

Forum\_incertitudes\_dif\_2014@cea.fr

### **Informations :**

<http://www.gdr-mascotnum.fr/dam.incertitudes>

### **Remerciements :**

Les organisateurs remercient le Groupement de Recherche MASCOT-NUM pour l'hébergement sur le site du GdR et l'aide précieuse des webmasters, ainsi que la communauté de savoir PRECISE qui a financé la rencontre.

---

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, Centre DAM-Île de France  
Bruyères-le-Châtel - 91297 ARPAJON Cedex, Tél. : +33 (0)1 69 26 40 00  
Etablissement public à caractère industriel et commercial - RCS Paris B 775 685 019