



## Retour d'expérience sur 10 ans de projets ANR, FUI, Régionaux et par Souscriptions

### Rapport de synthèse du Groupement d'Intérêt Scientifique MRGenCi

**Auteurs** : F. Duprat (INSA Toulouse), F. Schoefs (Université de Nantes), A. Chateauneuf (Université Blaise Pascal), J. Baroth (Université Joseph Fourier), D. Breysse (Université Bordeaux 1), D. Boissier (Université Blaise Pascal)

#### 1. Contexte

Au cours des journées de fiabilité des matériaux et des structures JFMS'12 a été organisée une session consacrée aux projets de recherche soutenus par l'ANR, le FUI ou d'autres modes de financements (régionaux, partenariats directs par souscription,...), terminés ou en cours, en relation avec les problématiques de fiabilité et de risque. Les objectifs de JFMS'12 sont rappelés dans le dépliant annexé.

Cette session, à l'initiative du GIS MRGenCi (brochure annexée), avait pour objectifs :

- de mettre en évidence des thématiques communes aux différents projets,
- de favoriser un partage d'expérience dans la connaissance des thématiques et dans l'animation de projets avec de nombreux partenaires,
- de susciter de futures collaborations et synergies.

Les projets présentés à cette session sont listés ci-après.

VULCAIN	<b>Vulnérabilité</b> de structures soumises à des explosions et impacts
SBADFORM	State-based <b>decision</b> for road maintenance
SISBAT	Analyse <b>fiabiliste</b> de la vulnérabilité sismique de l'habitat avec toiture en charpentes industrialisées en bois
MEFISTO	Maîtrise durable de la fissuration des infrastructures en bétons
APPROFI	Approche <b>mécano-probabiliste</b> pour la conception robuste en fatigue
GEROM	Gestion par les <b>risques</b> des ouvrages maritime et fluviaux
MAREO	Maintenance et réparations d'ouvrages littoraux et fluviaux en béton : optimisation par <b>analyse de risque</b>
EVADEOS	Evaluation non destructive pour la prédiction de la dégradation des structures et l'optimisation de leur suivi
MIRADOR	Modélisation interactive et recalage par l'auscultation pour le développement d'ouvrages <b>robustes</b>
GERMA	Maîtrise des <b>risques</b> dans les projets de construction complexes
INCERDD	Prise en compte des <b>incertitudes</b> pour des décisions durables

## **2. Déroulement de la session**

Les porteurs de projet ont remis aux animateurs de la session une fiche descriptive de leur projet, demandées quelques semaines avant les journées. Sur la base de cette fiche ont été identifiées des thématiques communes, auxquelles les porteurs de projet ont attribué des notes selon la part du projet consacrée à chaque thématique, les difficultés soulevées et les innovations apportées. Ces thématiques sont :

- Estimation des incertitudes ;
- Erreurs de mesures expérimentales ou de données ;
- Méta-modèles ;
- Analyse de fiabilité ;
- Modèles de prévision avancés / d'ingénierie ;
- Actualisation probabiliste des modèles ;
- Propagation d'incertitudes ;
- Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain ;
- Couplage expérience / modélisation.

## **3. Résultat par projet**

Les résultats en termes de notation sont donnés ci-après. La notation est graduée de 1 (faible) à 5 (fort).

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center"><b>Projet VULCAIN</b></p> <p align="center">Public visé : industriels et comités de normalisation</p> <p align="center">Rapporteur : J. Baroth, UJF, Grenoble</p>			
Estimation des incertitudes (données matériaux et actions)			
Erreurs de mesures expérimentales ou de données			
Méta-modèles	1	2	2
Analyse de fiabilité (effet dominos)	2	2	3
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (explosions, chocs, dynamique rapide)	4	5	4
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes	1	2	3
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain			
Couplage expérience / modélisation	4	5	5

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center"><b>Projet SBADFORM</b></p> <p align="center">Public visé : gestionnaires d'ouvrages linéaires</p> <p align="center">Rapporteur : B. Castanier, EM Nantes</p>			
Estimation des incertitudes (dépendance temps et espace)	1	1	1
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	1	1	1
Méta-modèles (constitutifs pour prédiction dégradation)	3	4	4
Analyse de fiabilité			
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (explosions, chocs, dynamique rapide)	1	1	1
Actualisation probabiliste des modèles (paramètres et prédiction)	1	1	1
Propagation d'incertitudes (champs aléatoires)	1	1	1
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain (maintenance)	4	4	3

Couplage expérience / modélisation.			
	Niveau relatif de 1 à 5		
Projet SISBAT  Public visé : industriels et comités de normalisation  Rapporteur : A. Chateauneuf, UBP, Clermont-Ferrand	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
Erreurs de mesures expérimentales ou de données			
Méta-modèle (construction de la distribution de la sortie)	2	2	1
Analyse de fiabilité (calcul avec grand nombre de variables)	2	3	2
Modèles de prévision avancés d'ingénierie (comportement sismique non linéaire)	4	4	3
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes (réduction de l'espace aléatoire)	3	5	4
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain			
Couplage expérience / modélisation	3	4	3

	Niveau relatif de 1 à 5		
Projet MEFISTO  Public visé : industriels et comités de normalisation  Rapporteur : B. Capra, Oxand	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
Erreurs de mesures expérimentales ou de données			
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité)	1	1	1
Analyse de fiabilité (indice de fiabilité dans le temps)	2	2	1
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (fissuration)	5	5	5
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes (champs et variables aléatoires)	3	2	2

Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain			
Couplage expérience / modélisation (fissuration et effet d'échelle)	4	4	4

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center">Projet APPROFI</p> <p align="center">Public visé : industriels</p> <p align="center">Rapporteur : T. Yalamas, Phimeca Engineering</p>			
Estimation des incertitudes (données matériaux et missions /route)	5	5	5
Erreurs de mesures expérimentales ou de données (identification)	3	3	2
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité - krigeage)	5	5	4
Analyse de fiabilité	5	5	5
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie	5	5	4
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes (champs et variables aléatoires)	5	5	4
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain			
Couplage expérience / modélisation (courbes SN)	4	4	3

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center">Projet GEROM</p> <p align="center">Public visé : maîtres d'ouvrage, gestionnaires</p> <p align="center">Rapporteur : F. Schoefs, U Nantes</p>			
Estimation des incertitudes (dépendance temps et espace, techniques END)	5	4	3
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	5	3	4
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité)	1	1	1
Analyse de fiabilité (indice de fiabilité dans le temps)	3	2	2
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (dégradations chimiques)	5	4	4
Actualisation probabiliste des modèles (paramètres et prédiction)	1	1	1

Propagation d'incertitudes (champs et variables aléatoires)	1	1	1
Estimation des incertitudes (dépendance temps et espace, techniques END)	3	2	2
Couplage expérience / modélisation (réseaux neuronaux et bayesiens)			

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center"><b>Projet MAREO</b></p> <p align="center">Public visé : maîtres d'ouvrage, gestionnaires d'ouvrages similaires</p> <p align="center">Rapporteur : F. Schoefs, U Nantes</p>			
Estimation des incertitudes (données matériaux et environnement)	5	4	3
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	3	3	3
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité – chaos)			
Analyse de fiabilité (indice de fiabilité dans le temps)	2	2	2
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (dégradations chimiques)	3	3	4
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes (champs et variables aléatoires)	1	1	1
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain (maintenance)			
Couplage expérience / modélisation	4	3	4

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center"><b>Projet EVADEOS</b></p> <p align="center">Public visé : maîtres d'ouvrage, gestionnaires d'ouvrages similaires</p> <p align="center">Rapporteur : F. Duprat, INSA Toulouse</p>			
Estimation des incertitudes (dépendance temps et espace, techniques END)	5	4	5
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	4	3	4
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité)	2	2	2
Analyse de fiabilité (indice de fiabilité dans le temps)	3	3	2
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (dégradations chimiques)	3	2	2

Actualisation probabiliste des modèles (paramètres et prédiction)	5	5	5
Propagation d'incertitudes (champs et variables aléatoires)	4	5	5
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain (suivi)	4	5	5
Couplage expérience / modélisation			

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center">Projet MIRADOR</p> <p align="center">Public visé : maîtres d'ouvrage, gestionnaires</p> <p align="center">Rapporteur : T. Yalamas, Phimeca Engineering</p>			
Estimation des incertitudes (données matériaux et environnement)	5	4	3
Erreurs de mesures expérimentales ou de données (actualisation)	2	2	2
Méta-modèle (auxiliaires pour analyse de sensibilité et de fiabilité – chaos)	4	4	4
Analyse de fiabilité (applications "académiques")	3	5	3
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie (fluage)	3	3	2
Actualisation probabiliste des modèles (paramètres et prévision)	5	1	1
Propagation d'incertitudes (variables aléatoires)	4	3	3
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain			
Couplage expérience / modélisation (réseaux neuronaux et bayesiens)	4	4	3

	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center">Projet GERMA</p> <p align="center">Public visé : gestionnaires de projet, bureaux d'études, maîtres d'ouvrages</p> <p align="center">Rapporteur : D. Boissier</p>			
Estimation des incertitudes (identification et formalisation des aléas)	5	5	4
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	2	3	3
Méta-modèle	5	3	3
Analyse de fiabilité			

Modèles de prévision avancés / d'ingénierie	5	5	5
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes	3	3	5
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain	5	5	4
Couplage expérience / modélisation	3	4	2

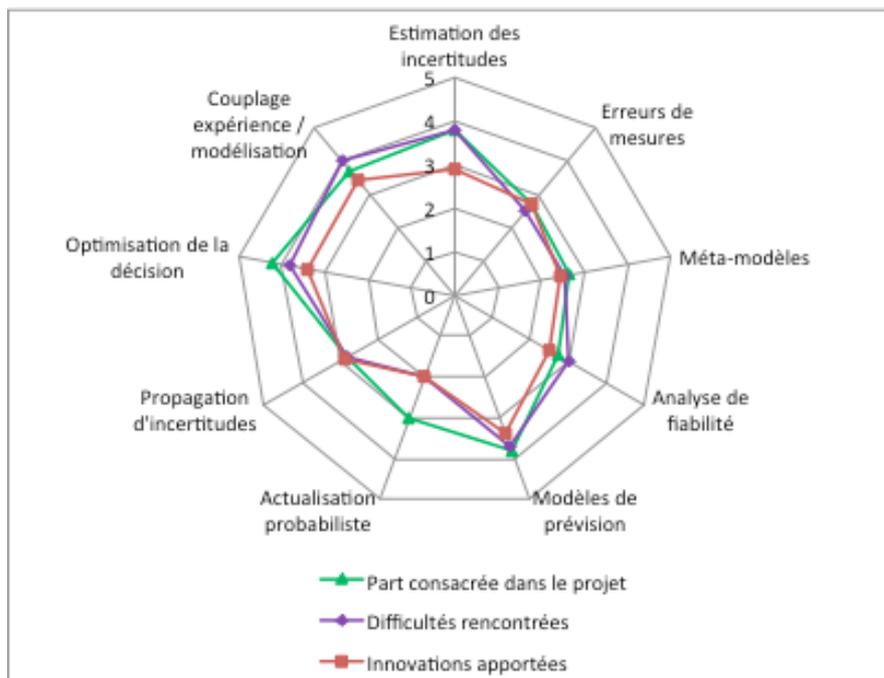
	Niveau relatif de 1 à 5		
	Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
<p align="center">Projet INCERDD</p> <p align="center">Public visé : gestionnaires d'ouvrages linéaires et collectivités</p> <p align="center">Rapporteur : O. Deck, EM-INPL Nancy</p>			
Estimation des incertitudes (données et modèles d'affaïssement)	3	5	1
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	2	2	3
Méta-modèle			
Analyse de fiabilité			
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie			
Actualisation probabiliste des modèles			
Propagation d'incertitudes (champs et variables)	5	3	3
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain (réseaux)	5	3	3
Couplage expérience / modélisation			

## 4. Bilan global

Les thématiques identifiées ont été globalement partagées sur l'ensemble des projets, même si elles sont comprises différemment en fonction des projets. Il est apparu que les approches et méthodes probabilistes portent des concepts encore perçus de façon craintive par les décideurs.

Le tableau ci-dessous donne les notes moyennes et le graphique radar ci-dessous permet de les visualiser.

	% de projets impliqués	Niveau moyen relatif de 1 à 5		
		Part consacrée dans le projet	Difficultés rencontrées	Innovations apportées
Estimation des incertitudes	91	3,8	3,8	2,9
Erreurs de mesures expérimentales ou de données	73	2,8	2,5	2,8
Méta-modèle	82	2,7	2,6	2,4
Analyse de fiabilité	73	2,8	3,0	2,5
Modèles de prévision avancés / d'ingénierie	91	3,8	3,7	3,4
Actualisation probabiliste des modèles	36	3,0	2,0	2,0
Propagation d'incertitudes	100	2,8	2,8	2,9
Optimisation de la décision multicritère en contexte incertain	45	4,2	3,8	3,4
Couplage expérience / modélisation	65	3,7	4,0	3,4



## **Quelques-unes des remarques faites au cours de la session : suggestions scientifiques et organisationnelles pour les futurs projets**

D. Boissier :

- Les méthodes développées pour l'aide à la décision ne couvrent pas pour l'instant des projections à long terme cohérentes, qui sont typiquement de 50 ans en particulier pour les collectivités locales. D'autre part, elles n'intègrent pas les aspects de dynamique des systèmes qui est certainement un thème majeur de recherches futures.

- Les montages des projets font souvent appel à un trop grand nombre de partenaires, ce qui rend difficiles les liens entre partenaires et l'organisation du projet.

F. Taillandier :

Les critères de décision lors de changement d'échelle (temps et/ou espace et/ou dimension) ne sont pas de simples agrégations des critères pris à une échelle moindre, ils doivent tenir compte des interactions entre effets des décisions à différentes échelles.

J.M. Tacnet :

Il est étonnant de voir dans les projets que le recours de la science de l'aide à la décision soit relativement minime.

T. Verdel :

Les indicateurs utilisés pour les critères d'aide à la décision sont quelquefois décalés voire différents de ce que peuvent utiliser les décideurs : il faut favoriser la formalisation des besoins par les décideurs.

J. Baroth :

La multiplicité des partenaires peut être aussi être un avantage en particulier pour les éventuels apports financiers.

Enfin un point commun des projets est la difficulté de surmonter en trois ans l'attente d'industriels en termes de livrables et d'exigences de validations et de preuves scientifiques.

F. Schoefs et A. Chateauneuf :

Etant donné la spécificité des outils et techniques dans le champ de l'aléa et de l'incertain, il est suggéré à l'ANR et aux autres financeurs que les partenaires puissent inclure dans les projets de type collaboratifs deux jours de formation en début de projet, obligatoires pour tous les partenaires et destinés à :

- valider que les concepts et outils de chaque partenaire ont bien été intégrés dans le détail par les autres, notamment travaillant au sein d'autres tâches ;
- vérifier que tous travailleront sur un langage commun. Un glossaire peut être établie à l'issue de ces journées.

Ces remarques sont le fruit d'un retour d'expérience d'une décennie sur les projets collaboratifs impliquant le GiS MRGenCi.