



Managements des risques industriels : quelques verrous scientifiques et techniques à résoudre pour le futur.
Le point de vue d'un industriel.

Workshop du GIS 3SGS

Reims, 29 septembre 2010



CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE

Sommaire

► Missions et compétences du département « Management des Risques Industriels » d'EDF R&D

► Identification des verrous, pourquoi?

► Quelques exemples

- Intégrer et articuler les méthodes d'évaluation du FH de la conception à l'exploitation
- Pouvoir modéliser des systèmes dynamiques discrets et/ou hybrides industriels
- Prendre en compte l'expertise dans l'estimation statistique bayésienne des fonctions d'intérêt fiabiliste
- Prendre en compte les conditions d'exploitation dans les modèles de risque
- Approche globale de la robustesse des décisions

► Conclusions

EDF R&D MRI en une phrase :

« Développer et fournir pour EDF des méthodes et outils en vue de contribuer à maîtriser la **sécurité industrielle** et la **performance des systèmes socio-techniques** à risque, dans la **durée** »

...**sécurité industrielle** : **sûreté nucléaire et hydraulique**

...**performance** : **disponibilité et maintenance des installations**

...**systèmes socio-techniques** : **complexité → matériel et humain indissociables**

...**dans la durée** : **durée de fonctionnement des installations ; « Asset Management »**

Les compétences du département

✓ Compétences transverses pluri-disciplinaires :

- Analyse de risques / sûreté de fonctionnement
- Aide à la décision
- Facteurs humains et organisationnels
- Simulation numérique des procédés : usinage, soudage, ...

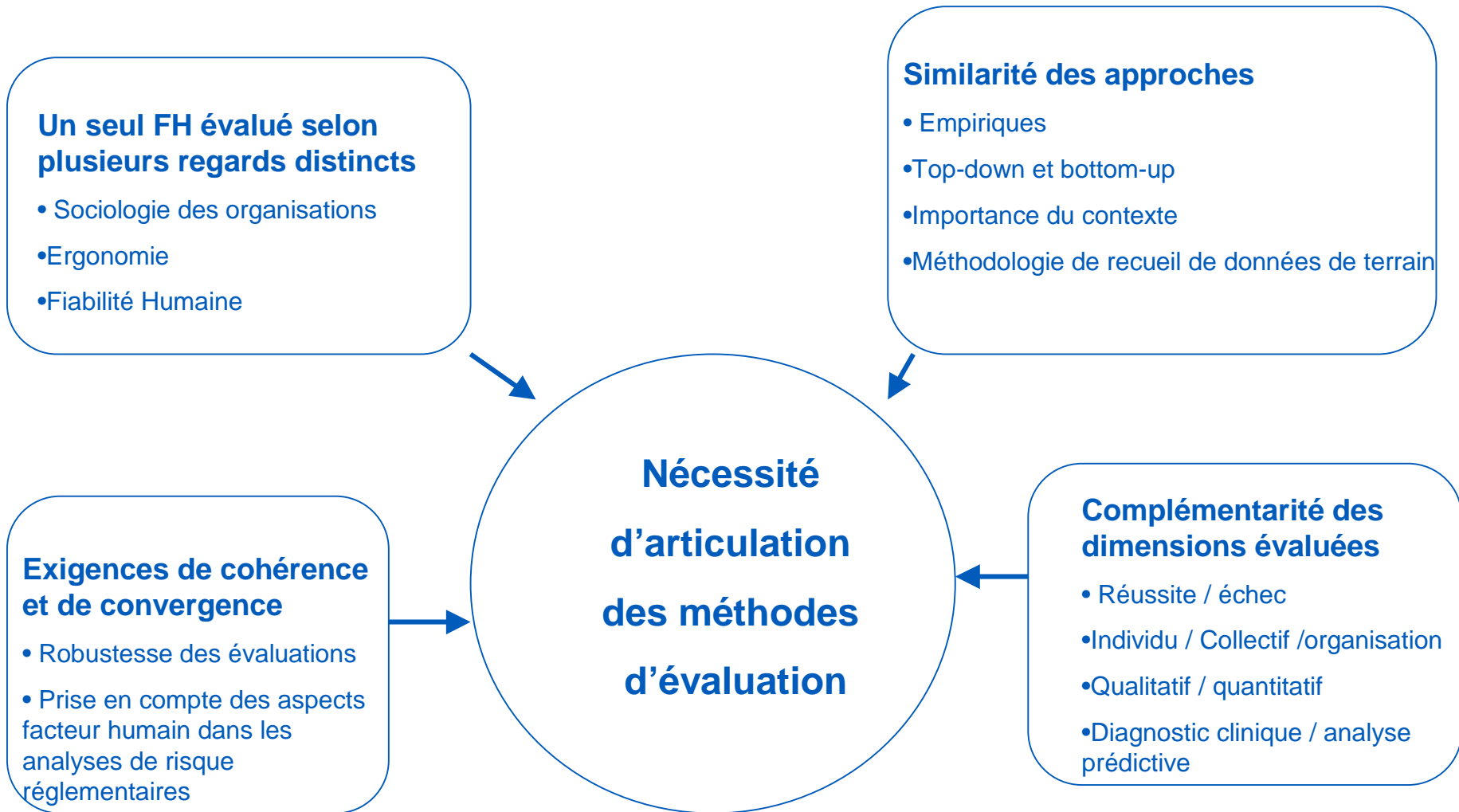
✓ Compétences métiers EDF

- Sûreté nucléaire
- Maintenance nucléaire et hors nucléaire
- Procédés, solutions robotisées pour l'inspection et la maintenance
- Fonctionnement des installations de production

Pourquoi une démarche d'identification des verrous scientifiques et techniques?

- ▶ Identifier des difficultés scientifiques, techniques, méthodologiques voire culturelles dont le dépassement amènerait de la valeur ou des solutions techniques pour le groupe EDF en vue de :
 - Structurer les activités de R&D moyen / long terme dans le projet scientifique du département
 - Fédérer en interne les chercheurs de différentes disciplines
 - Nourrir la communication externe pour faire émerger des travaux en partenariat
- ▶ La présentation sera centrée sur les thématiques proches de celles du GIS 3SGS

Contexte : des besoins d'évaluation FH croissants dans les industries à risque



Articuler et intégrer les méthodes d'évaluation du FH de la conception à l'exploitation

► Problèmes à résoudre

- Combiner en pratique des approches théoriques différentes de façon cohérente
 - Cadre méthodologique multidisciplinaire / Équipes multidisciplinaires
- Partage des ressources d'évaluation
 - Modèles amont / Recueil de données / Critères

► Finalité

- Proposer un processus et un cadre méthodologique général permettant des évaluations du FH :
 - Couvrant toutes les dimensions du FH de façon justifiée
 - Respectant les standards internationaux
 - Apportant une réponse intégrée pour l'aide à la décision

► Axes de recherche

- S'appuyer sur le modèle de la résilience en situation comme modèle pour l'articulation des approches
- S'appropriier les méthodologies globales existantes (Integrated System Validation)
- Proposer un cadre méthodologique pour des évaluations à la conception

Évaluer la fiabilité des systèmes dynamiques hybrides

► Un système dynamique hybride couple :

- Des phénomènes physiques déterministes « continus »
 - Ex : le remplissage d'un réservoir, l'échauffement d'un local
- Des événements stochastiques discrets
 - Ex : la défaillance d'un capteur, d'une vanne

► Activité intense de R&D sur ce thème connu sous le terme « fiabilité dynamique »

- mais les approches sont limitées à des cas-tests

► Pour traiter des cas industriels, les méthodes actuelles se heurtent à des problèmes :

- De nature dimensionnelle
- D'explosion combinatoire
- De temps de calcul

Systemes hybrides : quels axes de recherche ?

▶ A moyen terme, peu d'espoir d'aboutir à des méthodes industrielles généralisables à un ensemble de problèmes

- EDF se limite dans un premier temps à des développements ciblés sur des applications particulières

▶ 3 axes sont envisagés :

- Théorique : connaissance des propriétés mathématiques des lois de probabilité des processus discrets et des phénomènes physiques en jeu
- Technique : amélioration du langage déclaratif FIGARO
 - Transposition des concepts de base dans un environnement capable de traiter des phénomènes continus par des moyens procéduraux
- Heuristique : formulation d'hypothèses suffisantes pour rendre quantifiable la fiabilité des systèmes dynamiques

Systemes dynamiques discrets

► Un systeme dynamique à evenements discrets est un cas particulier de systeme evolutif ou dynamique

- Systemes sujets à de nombreuses reconfigurations et changements de conditions d'exploitation et de maintenance
- Ex : architecture de controle-commande d'une installation industrielle, grands reseaux de transport

► Contexte academique

- Nombreuses methodes à fort potentiel mais peu industrialisees
 - Reseaux de Petri stochastiques
 - Information Flow Diagram
 - Automates Stochastiques Hybrides
 - Reseaux bayesiens dynamiques
 - Processus markoviens deterministes par morceaux (PDMP)

Systemes dynamiques discrets –principaux axes de recherche

► Axe interne

- Arbres de défaillances dynamiques (ADD) alliés au BDMP
- Par rapport aux arbres statiques, les ADD permettent de traduire des comportements de type séquentiel
- Exploration des structures d'ADD par *model-checking*, technique de preuve utilisée dans les sciences informatiques
- Réalisation d'analyse qualitative :identification des événements, combinaison et séquences d'événements qui conduisent à un événement indésiré

► Axe externe

- Veille active sur les méthodes alternatives via notamment un benchmark d'applications de méthode sur un cas industriel dans le cadre du projet GIS 3SGS APPRODYN

Prendre en compte l'expertise dans l'estimation statistique bayésienne de fonctions d'intérêt fiabiliste

► Contexte :

- Rareté du REX pour estimer la loi du comportement T d'un phénomène
 - ex: T = durée de vie d'un composant ; T = hauteur d'eau d'une rivière
- Calcul de fonctions d'intérêt de T = grandeurs décisionnelles fiabilistes
 - ex: durée de vie moyenne, probabilité de sur-verse
- Quantification des incertitudes : T peut être un paramètre d'entrée d'un code de calcul

► Finalité :

- Amélioration *a posteriori* de l'estimation de ces fonctions d'intérêt en tenant compte de **toute l'information disponible en plus du REX**

Prendre en compte l'expertise dans l'estimation statistique bayésienne de fonctions d'intérêt fiabiliste

► Connaissances disponibles :

- Classe de modèles statistiques $T \sim M(\theta)$ pertinents
- REX t_1, \dots, t_n
- Expertise disponible sur des valeurs représentatives de T
- Connaissances physiques sur des valeurs pertinentes de θ

► Problèmes ouverts :

- Faire un choix de loi statistique *a priori* $\pi(\theta) = \pi(\theta | \phi)$ où ϕ est un vecteur de paramètres compréhensibles par l'expert et l'analyste (ex : taille de données virtuelles)
- Définir une typologie des expertises utilisables pour ce choix $\pi(\theta)$ et des stratégies d'interrogation axées sur les grandeurs observables de T

Prendre en compte les conditions d'exploitation dans les modèles de risque (1/2)

► **Connaissances actuelles**

- Composants actifs : modèles de durée de vie = estimation des paramètres de modèles statistiques élémentaires à partir de données de survie et de défaillance
- Composants passifs : modèles physiques simples (équations) ou évolués (éléments finis), modèles stochastiques à partir de mesures de dégradations (CND)

► **Ces modèles de fiabilité de type « processus stochastiques » sont en général estimés en tenant compte d'un seul paramètre (en général le temps de fonctionnement)**

- Alors qu'on sait que les conditions d'exploitation peuvent influencer fortement la fiabilité des composants
 - Conditions d'exploitation : température du local, fréquence et type de sollicitations,....

Prendre en compte les conditions d'exploitation dans les modèles de risque (2/2)

► Enjeu scientifique

- Développer des modèles de complexité intermédiaire : modèles de durée de vie avec des co-variables (variables d'influence)
- Travail en discussion dans **le projet GIS 3SGS DEPRADEM-2**

► Verrous

- Développer/adapter des modèles statistiques permettant la prise en compte des variables d'influence en tenant compte des contraintes liées au REX (faible nombre de données, prise en compte de la maintenance, ...)
- Identifier des types de modèles génériques pour les problèmes d'EDF

Une approche globale de la robustesse des décisions

► On définit une décision/recommandation fournie en univers incertain et risqué comme « robuste » si elle est peu sensible aux évolutions des connaissances

- Par exemple, sur un aléa climatique et/ou l'état de dégradation d'un composant
- La robustesse est ici associée aux notions de réversibilité et de flexibilité et peut conduire à des recommandations sous-optimales

► État de l'art

- Pas de démarche méthodologique rigoureuse et systémiques d'analyse, de quantification et de traitement de la robustesse
- Démarches actuelles parcellaires basées le plus souvent sur des études de sensibilité ou de scénarios multiples
- Des approches existent dans le monde financier pas nécessairement adaptées aux risques industriels

Robustesse des décisions – quels axes de recherche?

► Axes de recherche

- Réaliser une taxonomie des problématiques → canevas partagé d'interprétation et de structuration des problèmes de décision
- intégrer la préoccupation de robustesse dans les modèles décisionnels existants
- Formaliser les propriétés de robustesse des modèles existants aux sources de fragilités des données d'entrée

► Moyens

- Travaux internes : applications/élaboration de méthodologies à partir des cas d'études concrets
- Exploration des liens possibles avec les théories économiques (pricing d'options)
- Travaux collaboratifs en particulier avec des laboratoires académiques traitant de l'Aide à la Décision et de la Recherche Opérationnelle

Conclusions

▶ **Au-delà des verrous présentés, un foisonnement de thèmes et objectifs de recherche motivants :**

- Améliorer le traitement des incertitudes dans les analyses intégrées des risques
- Modélisation multi-physique d'un bain de fusion de soudage
- Résoudre les problèmes de taille, de temps de calcul et de modularité des modèles de risque de grande taille
- Quantifier les performances de la maintenance en phase d'exploitation
- Fournir une information large et efficace sur les risques aux décideurs
-

▶ **Une démarche qui aide à structurer les thèmes de recherche et à mettre en débat interne et externe les différentes pistes de résolution**