

Journée du 6 octobre 2009

Approches innovantes pour la
maîtrise des systèmes complexes

ESTP
Cachan

OBJECTIFS

Les démarches classiques d'analyse des systèmes complexes et de maîtrise des risques globaux ont montré depuis longtemps leurs limites :

- il est difficile de contrôler l'exhaustivité des interactions conditionnant le comportement souhaité ou non souhaité d'un système, même lorsque cette exigence d'exhaustivité est ramenée à une notion de complétude,
- les approches d'Analyse Fonctionnelle et Dysfonctionnelle permettent de cibler les flux d'interaction ou de dépendance qui ont un sens par rapport aux finalités du concepteur, mais elles ne couvrent pas la totalité des flux d'interaction potentiels susceptibles, par exemple, de contribuer à la production de situations dangereuses,
- ces analyses descendantes ou ascendantes, suivant le niveau d'avancement des projets auxquels elles s'intègrent, reposent sur la mise en oeuvre de logiques de découpages, et l'utilisation de langages de modélisation qui ont peine à appréhender des points de vue de granularité hétérogènes, tout en garantissant une cohérence absolue,
- la juxtaposition, voire l'intrication de composantes de natures extrêmement diverses : technologique, hardware ou software, humaine, organisationnelle, environnementale laisse peu présager de la réussite de modélisations "unifiées" intégrant ces couches de natures différentes qu'on voudrait soumettre à des référentiels formels, syntaxiques et sémantiques communs.

Cette énumération pourrait se prolonger sur d'autres aspects et met en évidence la nécessité d'explorer d'autres approches méthodologiques susceptibles de s'affranchir de ces limites.

Ce sera l'objectif de cette journée consacrée à la présentation d'autres démarches méthodologiques, notamment celles se situant dans le sillage de la Méthode de Conceptualisation Relativisée.

Ces approches "remettent à plat" la notion ontologique de système et de connaissances relatives à un système, notamment en mettant en évidence les aspects suivants :

- la préexistence d'un référentiel de connaissances absolu est un leurre majeur attaché aux méthodes classiques : le processus de construction d'une "représentation" attachée à un système est une démarche multiple, intégrant la notion de points de vue différenciés et nécessitant de "démêler" l'intrication des nombreux angles d'analyse applicables à ce système,
- ce processus de "co-constitution" exige plusieurs types de constructions élémentaires intégrant différentes parts de connus ou d'inconnus, notamment les "treillis" d'interaction décrivant les modalités d'échange et de partage de ces processus de construction.

Ces connaissances se construisent souvent au départ à partir d'un ensemble indifférencié "technique / science / culture", à travers la projection de points de vue "orthogonaux" projetés sur une réalité co-constituée ; en effet, sans la relativisation issue de la physique, l'intuition humaine souvent riche en enseignements devient un obstacle ; on est en présence de systèmes de représentation régulés, la connaissance technologique se situant en prolongement de la perception initiale des inter-acteurs humains (concepteurs, fabricants, maintenanciers, ...), mais se détachant et subissant des confrontations avec les systèmes d'attente mentale et psychique qui ont précédé leur production ...

Des questions concrètes seront traitées :

- qu'est-ce qu'un système : comment le co-constituer ?
- qu'est-ce qu'un état, quelle est la différence entre des approches statistiques et probabilistes ?
- comment procéder à l'invention de prise de connaissance et passer de modèles a-temporels à des probabilités factuelles ?



Ces remises à plat seront illustrées, pour être intelligibles, à l'aide d'exemples concrets traitant de modèles de dangers, d'artefacts techniques, en passant par les modèles d'usages ; les champs d'action seront évoqués à travers toute leur richesse, du point de vue industriel à la psychologie des concepteurs ou des utilisateurs, de l'évènement technique élémentaire à la situation de danger globale.

Ces exemples suivront une description mathématisée et formulée de manière précise qui montrera, entre autre, que ce processus de "tissage" des connaissances (modèles, données, informations ...) nous fait glisser d'un référentiel "euclidien" classique de description analytique des systèmes à un référentiel "hermitien" de construction de points de vue ciblés et d'ordonnement et d'exploitation de ces connaissances suivant des axes de projection pertinents.

Cette journée est destinée aux experts, ingénieurs, chercheurs, industriels, universitaires ou consultants confrontés à la maîtrise des risques et à la sûreté de fonctionnement de systèmes complexes et qui souhaitent développer de nouvelles approches d'évaluation des risques, les approches "classiques" s'avérant insuffisantes

PROGRAMME

- 8h30 Accueil
- 9h **Ouverture**
Jean-Paul LANGLOIS, Président de l'IMdR
- 9h10 **Cadre général et présentation de la journée**
Emmanuel ARBARETIER (APSYS)
- 9h15 **Méthode innovante pour la maîtrise des risques de systèmes complexes**
Carole DUVAL (EDF R&D)
- 10h15 Pause
- 10h30 **Enjeux industriels d'une démarche formalisée, fondée scientifiquement**
Philippe GICQUEL (PSA Peugeot Citroën)
- 10h45 **Les fondements de la Méthode de Conceptualisation Relativisée**
Mioara MUGUR-SCHACHTER, Physicienne et épistémologue, Fondatrice du Laboratoire de Mécanique Quantique et Structure de l'Information de l'Université de Reims, Présidente de l'Association pour le développement de la Méthode de Conceptualisation Relativisée, Présidente du CeSEF)
- 11h45 **L'ingénierie Système Relativisée : conceptualisation de l'usage et conception technique – Analyses de dangers et enjeux de sûreté de fonctionnement associées**
Henri BOULOUET, Concepteur d'ISR & Vincent BRINDEJONC (PSA Peugeot Citroën)
- 12h30 Déjeuner
- 14h **Eléments d'application de la Méthode de Conceptualisation Relativisée en santé publique**
Jean-Marie FESSLER (MGEN)
- 15h Pause
- 15h15 **Application à l'étude du réchauffement climatique**
Jean-Paul BAQUIAST (Directeur de la revue « Automates Intelligents »)
- 16h15 Table ronde : **"De nouveaux principes de formalisation et d'exploitation de la connaissance et de l'information pour maîtriser la complexité ?"**
Animateur : Mioara Mugur SCHÄCHTER
Avec Carole DUVAL, Jean-Marie FESSLER, Jean-Paul BAQUIAST, Henri BOULOUET & Vincent BRINDEJONC.
- 17h Fin de la journée

SOMMAIRE

Méthode innovante pour la maîtrise des risques de systèmes complexes	P 1
Enjeux industriels d'une démarche formalisée, fondée scientifiquement	P 19
Les fondements de la Méthode de Conceptualisation Relativisée	
L'ingénierie Système Relativisée : conceptualisation de l'usage et conception technique Analyses de dangers et enjeux de sûreté de fonctionnement associées	P 21
Eléments d'application de la Méthode de Conceptualisation Relativisée en santé publique	P 31
Application à l'étude du réchauffement climatique	P 55



Méthode innovante pour la maîtrise des risques de systèmes complexes

Journée du 6 octobre 2009
'Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes'
6 Octobre 2009



Midi Institut pour la Maîtrise des Risques
Sûreté de Fonctionnement - Management - Cindyniques



EDF
CHANGER L'ÉNERGIE ENSEMBLE



Sommaire

1. Vers des systèmes de plus en plus complexes
 - définitions
 - verrous à lever
2. Une méthode développée pour analyser les risques d'un système socio-technique complexe pris dans son environnement
3. Conclusion :
Récapitulatif des besoins en méthodes innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes (verrous complémentaires)

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir





Vers des systèmes de plus en plus complexes...

Définition de la complexité
Verrous à lever

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Définition de la complexité (1/3)

- Du latin 'cum plexus' → 'attaché avec'
- D'après Von Bertalanffy¹, système qui :
 - d'une part, contient beaucoup d'enchevêtrements, où tout est lié et pour lequel l'analyse d'une petite partie de l'objet d'étude de façon isolée n'est pas envisageable,
 - et qui, d'autre part, implique la notion d'imprévisible possible, d'émergence plausible du nouveau et du sens au sein du phénomène que l'on tient pour complexe.
- Différent d'un système compliqué, d'après Le Moigne² :
 - dans lequel les éléments s'empilent les uns sur les autres et s'enchaînent de façon linéaire
 - compréhensible en le décomposant en pièces élémentaires dont chacune est expliquée en détail pour reconstituer ensuite le fonctionnement global du système
 - comportement déterministe : capacité à prévoir leur réaction hors aléas
 - système explicable Simplifiable pour pouvoir l'expliquer
 - cas des systèmes techniques.

¹ Von Bertalanffy, L. (1968). *General System theory*, G. Braziller, New York.

² Le Moigne, J.L. (1990). *La modélisation des systèmes complexes*. Dunod éditions.

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Définition de la complexité (2/3)

- **Système complexe, d'après Le Moigne¹ :**
 - Pas directement décomposable
 - Quasi-décomposable lorsqu'on peut y identifier des sous-systèmes quasi-isolés reliés entre eux et avec l'environnement.
 - Non déterministe
 - Doit être modélisé pour construire son intelligibilité → compréhension
 - Modélisé par un observateur → **nœud du problème**
- **Notion partagée avec l'INERIS et le CRAN pour les systèmes socio-techniques → Systèmes complexes :**
 - d'une part, par le nombre et la nature des relations existant entre les composants qu'ils soient techniques, humains et organisationnels
 - et, d'autre part, par la nature même des comportements humains et organisationnels : synchronique, diachronique et réursive³
 - Description de son organisation en niveaux⁴
- **On se réfère à Le Moigne² pour considérer les systèmes socio-techniques étudiés comme quasi-isolés :**
 - influencés par leur environnement sur leurs entrées
 - influençant leur environnement par leurs sorties
 - en partie décomposables (en sous-systèmes liés entre eux et avec l'environnement et quasi-isolés)

³ Francis Le Gallou
'Activités des systèmes'
dans Systémique,
Théorie et application,
op.cit. p.73

⁴ Pierre
Auger, 'Hiérarchie et
niveaux de complexité'
AcadAcadémie des
Sciences, Centre IRD de
l'île de France, Bondy

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Définition de la complexité (3/3)

- **Degré de complexité d'un système :**
 - du nombre
 - de niveaux d'organisation
 - d'éléments par niveaux
 - de relations entre niveaux
 - de relations entre éléments par niveaux
 - de la nature ou de la complication
 - des relations entre éléments
 - des relations entre niveaux

⁴ Pierre
Auger, 'Hiérarchie et
niveaux de complexité'
AcadAcadémie des
Sciences, Centre IRD de
l'île de France, Bondy

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Verrous à lever pour traiter cette complexité

■ Verrous scientifiques :

- Savoir représenter ces systèmes complexes
 - Grands nombres de composants
 - Interactions
 - Reconfigurations
 - Imprévisible?
- Pour mieux les comprendre et prédire leur comportement → savoir les modéliser
- Savoir estimer des risques de natures différentes, les agréger (à partir de statistiques et de jugement d'experts), risques émergents (pas de REX), ...

■ Verrous techniques :

- Méthodes/outils de représentation
- Méthodes/outils de traitement : dynamiques, traitant des corrélations
-

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Dans quels domaines pour EDF?

■ Production Nucléaire :

- Systèmes socio-techniques complexes : intégration des hommes dans leur organisation au système technique pris dans son environnement physique et réglementaire → à suivre...
- Systèmes de contrôle-commande : **intégration des composants avec le logiciel**
 - Approche en cours de développement
 - Rapprochement des approches de vérification logicielle avec la SdF du volet technique du système de CC
 - EDF investigate la technique de Model Checking qui est applicable à ces deux volets → intégratrice

■ Autres domaines de production : thermique et hydraulique

■ Réseaux électriques

■ ...

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir





EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir

**Une méthode
développée pour
analyser les risques
d'un système socio-
technique complexe
pris dans son
environnement**



De l'Analyse De Risques à l'Analyse intégrée Des Risques

◆ **Comment prendre en compte la complexité, l'interdisciplinarité?**

- **Le système technique**
- **Son contexte environnemental : physique, réglementaire**
- **Les hommes et leurs organisations**

... **pour assurer un développement durable au sens**

- **Impacts sur l'environnement, l'image, l'acceptabilité**
- **En garantissant la sûreté, la disponibilité, le maintien dans la durée**

→ **Objectifs conjoints : approche FH/FO
'défaillance' et 'ressources' selon C. Dejours ³**

³ C. Dejours, „Le facteur
humain. Que sais-je?“,
Puf 2007

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Challenges de l'Analyse intégrée Des Risques

◆ Challenges de l'Analyse Intégrée des Risques

- Développer les méthodes et outils pour l'Analyse de Risques de :
 - Systèmes complexes intégrant des aspects techniques, humains et organisationnels
 - Systèmes pris dans leur environnement (aléas corrélés)
- ... pour :
 - hiérarchiser les risques
 - aider au choix de barrières pour réduire ces risques, contribuer à un meilleur contrôle
 - aider à la communication sur ces risques et les choix de barrières
- Mettre en œuvre ces avancées sur des AdR importantes vis-à-vis des enjeux Sûreté, Disponibilité, Maintien du patrimoine dans la durée

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Des étapes de l'ADR à l'AiDR

Etapes de l'analyse intégrée des risques

Spécification du besoin :

- nature de l'étude
- objectif de l'étude
- périmètre de l'étude
- identification des enjeux et des risques
- identification des résultats attendus
- définition du niveau de détail



Cadrage de l'analyse :

- vérification de l'adéquation de l'approche choisie à la problématique

Description du système :

- compréhension du fonctionnement
- compréhension du dysfonctionnement
- qualification des risques et des barrières de prévention/mitigation de ces risques
- construction du modèle associé
- qualification d'autres critères (gravité, niveau de traitement...)

Estimation des risques :

- analyse des données
- représentation du modèle de risques
- exploitation de cette représentation (simulation de scénarios, facteurs d'importance, études de sensibilité)

Communication sur les résultats de l'analyse de risques et sur les barrières :

- communication des résultats et des incertitudes sur l'ensemble du processus d'analyse de risque

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Développement méthodologiques réalisés

► L'analyse intégrée des risques doit :

- **définir et valider un cadre pour uniformiser les connaissances de natures différentes** : techniques, humaines et organisationnelles, environnementales
- **choisir un outil pour la représentation de ces modèles de risques**
- **définir une plate-forme pour évaluer l'efficacité des barrières**

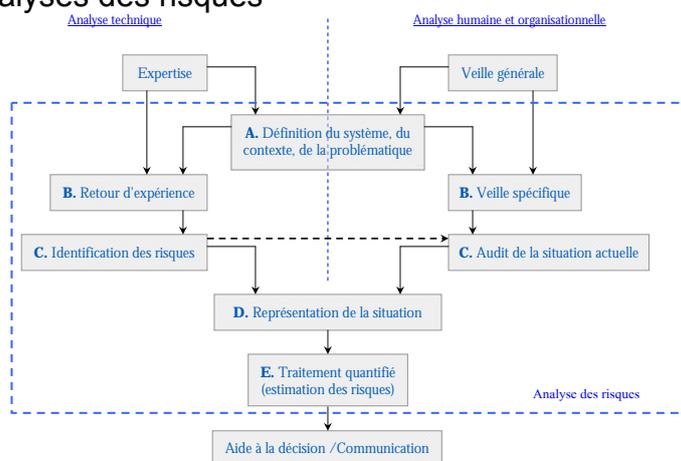
Description de ces différents axes dans la suite...

Références :

publications lambda-mu, IFAC, revues REE, JRR, thèse d'Aurélié Léger

Définir et valider un cadre pour uniformiser les connaissances de natures différentes (1/3)

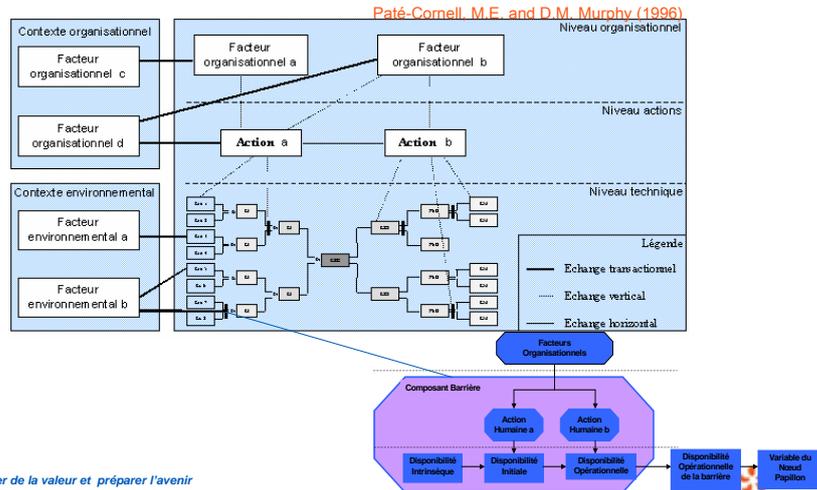
► Intégration → faire communiquer les deux processus d'analyses des risques



Étapes de la démarche d'analyse de risques globale dans une optique d'aide au choix de barrières

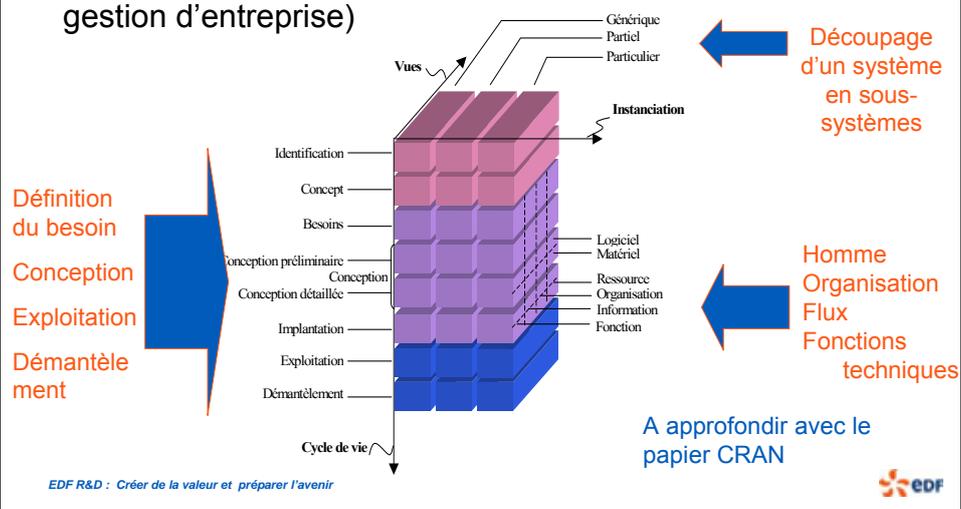
Définir et valider un cadre pour uniformiser les connaissances de natures différentes (2/3)

Choix d'un schéma conceptuel pour les modèles de risques



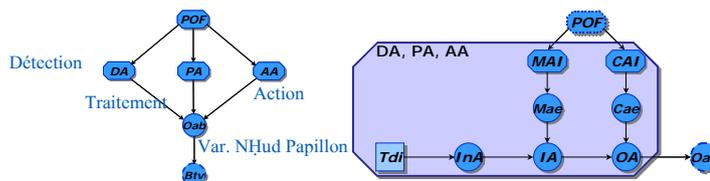
Définir et valider un cadre pour uniformiser les connaissances de natures différentes (3/3)

Validation fondée sur l'approche GERAM (appliquée à la gestion d'entreprise)



Caractérisation du niveau 1 : technique

- Objectif 1 : définir des structures pour une barrière technique sur laquelle s'applique une action de maintenance ou de conduite



- Objectif 2 : définir les caractéristiques de l'efficacité d'une barrière

- caractéristiques d'un composant technique :

à partir des caractérisations faites dans les omégas 10 et 20 (INERIS) :

composantes de Détection, Traitement, Action

Caractérisation du niveau 2 : humain

- Objectif 2 (suite) : définir les caractéristiques de l'efficacité d'une barrière

- caractéristiques d'une action humaine : à partir des caractérisations faites dans l'oméga 20 et des travaux d'EDF sur la maintenance

- Distinction entre une action de maintenance et une action de conduite
 - ✓ **action de maintenance** : ensemble d'activités coordonnées qui participent à la gestion des risques industriels, notamment en contribuant à leur appréciation et à leur traitement
 - ✓ **action de conduite** : tâches de surveillance, de diagnostic, de limitation des contraintes de fonctionnement et d'approvisionnement en matières consommables (modification de l'état d'une vanne), qui permettent le maintien d'une installation en conditions opérationnelles
 - Caractérisation issue du PGCD entre fiabilité humaine et méthode INERIS ATHOS :

Délégation

Aides : procédures, outils, gestion collective des objectifs

Formation : ensemble des activités mises en place par l'entreprise visant à assurer l'acquisition des connaissances, capacités pratiques et attitudes requises pour occuper un emploi

Expérience : interventions précédentes, exercices

Respect du cahier des charges : capacité à respecter ce CDC

Facteurs d'environnement : éléments influençant l'action mais en étant externe à cette action

Gestion collective et dynamique de groupe : communication, coopération, capacité à récupérer des erreurs d'intervention, adéquation des documents, adéquation de la formation, coordination en local/salle de commande/sous traitants

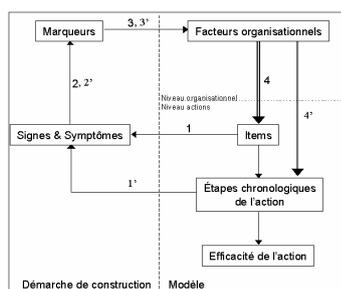
Contrôle et atteinte des objectifs : redondance, surveillance de fin de chantiers

REX

Caractérisation du niveau 3 : organisationnel

Objectif 2 (suite) : définir les caractéristiques de l'efficacité d'une barrière

- caractéristiques de l'organisation, contexte de réalisation de l'action humaine
 - Reprise des Facteurs Organisationnels Pathogènes, marqueurs, signes et symptômes développés dans l'analyse organisationnelle partagée entre EDF et INERIS
 - Établissement de liens entre ces FOPs et les indicateurs précédents en se basant sur les définitions



Facteurs organisationnels pathogènes							
Items	COS	GQS	OC	MT	REX	PP	AR
De				X		X	
Ai	X		X	X	X	X	X
Fo		X	X	X	X	X	
Ex		X				X	
Roc	X	X	X	X		X	
Fe				X	X	X	X
Gcdg	X	X		X	X	X	
Ctr			X		X	X	X
Resc	X	X		X	X	X	X

Facteurs organisationnels pathogènes							
Phases d'une action humaine	COS	GQS	OC	MT	REX	PP	AR
Préparation	X	X	X	X	X	X	X
Réalisation	X	X		X	X	X	X
Closure		X	X	X	X	X	X

Exemple de justification de la présence/absence de lien :

- présence du lien Pressions Production - Formation,
- absence du lien Gestion quotidienne de la sûreté – facteurs d'environnement.

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Caractérisation du niveau 3 : organisationnel – zoom FOPs

Facteurs organisationnels pathogènes

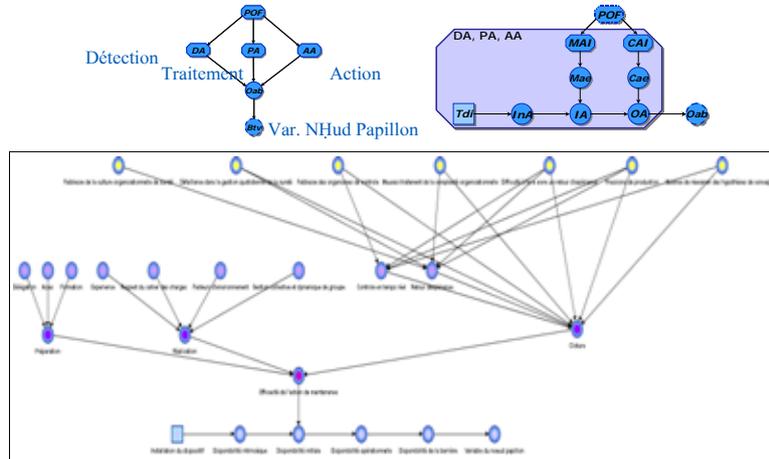
- Issus de l'analyse d'événements incidentels et accidentels
- Liste des FOPs :
 - difficulté à faire vivre un Retour d'Expérience (REX)
 - défaillance de la Gestion Quotidienne de la Sûreté (GQS)
 - faiblesse des Organismes de Contrôle (OC)
 - Mauvais Traitement de la complexité organisationnelle (MT)
 - Pressions de Production (PP)
 - faiblesse de la Culture Organisationnelle de Sûreté (COS)
 - Absence de Réexamen des hypothèses de conception (AR)

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Représentation de l'ensemble des 3 niveaux

- Objectif 3 : évaluer ces éléments pour aboutir à l'efficacité d'une barrière (modèle RB)



EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Mise en œuvre sur un cas important pour l'industriel EDF

Système assurant une partie du refroidissement d'une centrale nucléaire

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Mise en œuvre sur un système EDF

◆ Système étudié :

- Station de pompage en mer
- Assurant une partie du refroidissement
- Soumise à des arrivées massives d'algues
- Impact potentiel sur la sûreté, la disponibilité et le maintien du patrimoine dans la durée
- Reprise de l'analyse de risques de ce système

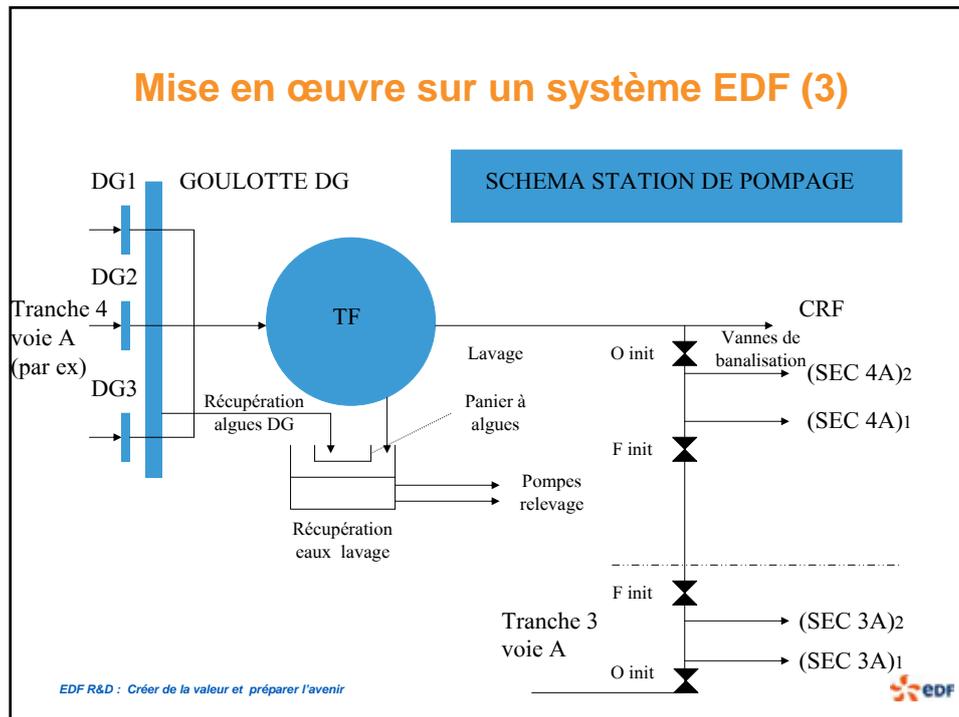
Mise en œuvre sur un système EDF (2)

◆ Soutien à une Affaire Parc dédiée aux Prises d'eau et aux Stations de pompages

◆ Etude menée en 4 phases :

- Phase 1 : Analyse Préliminaire des Risques vus par les équipements de la Station de Pompage (SP) en cas d'arrivée de colmatants
 - Objectif : **Identifier les défaillances possibles** de la SP dans le but d'établir une 1ère liste des points sensibles vis à vis de la sûreté, de la disponibilité et du maintien du patrimoine en présence de colmatants
 - Résultat marquant : points sensibles de SP : grilles et dégrilleurs, tous les capteurs (niveau, perte de charge, ...), moto-pompes de lavages, panneaux filtrants et les buses de lavage du Tambour Filtrant...
 - Intérêt d'établir un point de départ des analyses à venir partagé par les différents acteurs : site, ingénierie, service central d'exploitation

Mise en œuvre sur un système EDF (3)



Mise en œuvre sur un système EDF (4)

Phase 2 : Modélisation de l'Analyse de Risques

- Objectif : à partir des risques identifiés, produire un **modèle mettant en évidence les liens de causalités** risques/impacts sur les 3 enjeux, corrélés avec les arrivées d'algues et aboutir à une première hiérarchisation
- Résultat marquant : modèle construit
- Intérêt d'aboutir à une structure servant de base au recueil de données dans l'étape suivante.

Phase 3 : Recueil des données

- Objectif : **quantifier le modèle en y introduisant des données issues du REX et des avis des différents experts**
- Résultat marquant : le recueil des données a été réalisé auprès des experts du site et de l'ingénierie (probabilisation des défaillances matérielles, identification des parades, leur efficacité et leur difficulté de mise en œuvre), R&D (paramètres hydro-météo et 1ère probabilisation des arrivées d'algues en SP) et validé par les acteurs
- Intérêt d'aboutir à une quantification des données du modèle et une vision des parades partagées par les acteurs.

Mise en œuvre sur un système EDF (5)

Phase 4 : Exploitation du modèle et validation des résultats

Objectif :

- hiérarchiser les éléments sensibles assurant la fiabilité de ce système vis à vis d'arrivées de colmatants
- et hiérarchiser les parades envisagées pour réduire ces vulnérabilités

Résultats marquants :

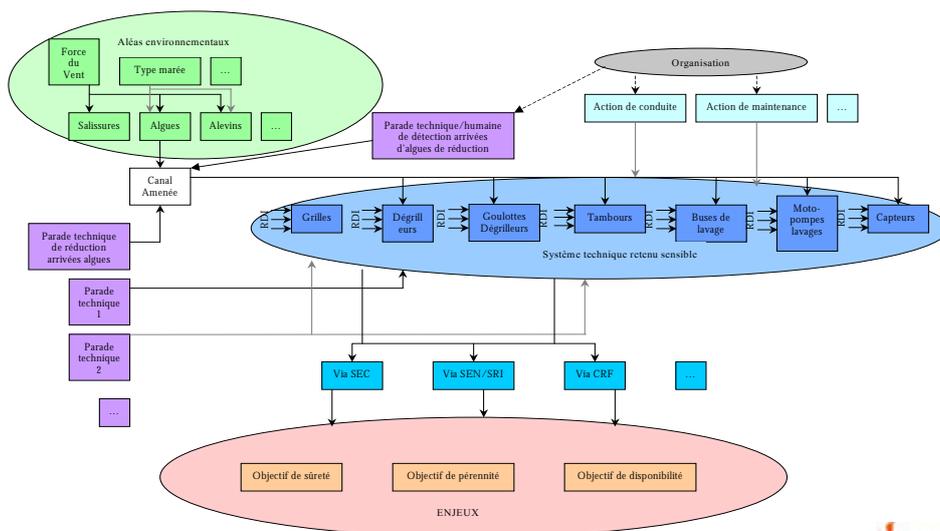
- Validation du modèle** de façon unitaire puis global par comparaison aux jugements d'experts
- Exploitation du modèle** par **simulation de scénarios et diagnostic** (voir suite)
- Les résultats obtenus permettent de :
 - hiérarchiser les éléments sensibles vis à vis des enjeux de sûreté, disponibilité et maintien du patrimoine dans la durée,
 - et de hiérarchiser les différentes barrières de réduction de risques envisagées.
- Donc d'identifier les actions de maintenance et de conduite, les modifications matérielles, prioritaires pour faire face à des arrivées d'algues vertes/rouges et brunes vis à vis des trois enjeux
- Résultats présentés en Revue de Direction Production Nucléaire : appui à la décision de modifications

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Mise en œuvre sur un système EDF (6)

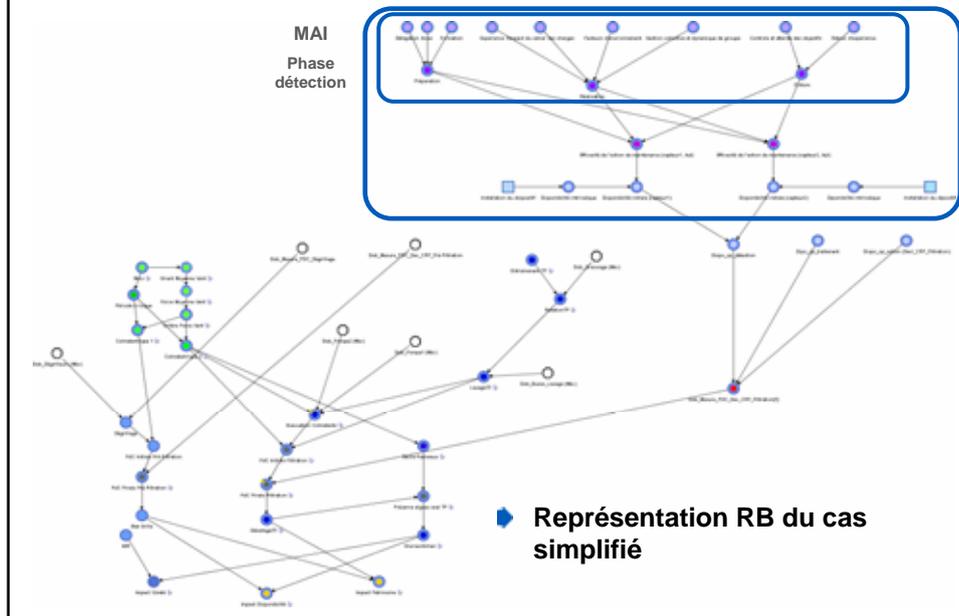
Schématisation de la modélisation retenue



EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Mise en œuvre sur un système EDF (7)



Mise en œuvre sur un système EDF (8)

► Hiérarchisation à partir des facteurs d'importance suivants

- Facteurs d'Accroissement de Risques :

$$FAR (E) = [P(\text{Impact}/E=\text{Oui}) - P(\text{Impact})] / P(\text{Impact})$$

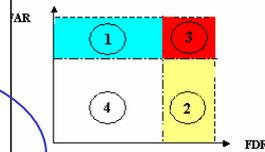
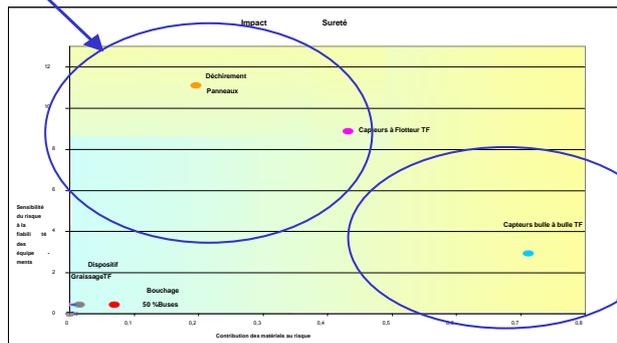
- Facteurs de Diminution de Risques :

$$FDR (E) = [P(\text{Impact}) - P(\text{Impact}/E=\text{Non})] / P(\text{Impact})$$

Mise en œuvre sur un système EDF (9)

Hiérarchisation obtenue

Fort impact relatif sur la sûreté d'une défaillance sur un matériel 'sûr' => à surveiller



Forte contribution au risque de perte de la station de pompage => à fiabiliser

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Mise en œuvre sur un système EDF (10)

Intérêt :

- Hiérarchisation des risques partagée par les acteurs concernés
- Hiérarchisation des parades de réduction de risques
 - partage de ces solutions
 - Solutions techniques : décision de changer de technique de capteur
 - Solutions organisationnelles
 - sensibilisation des équipes à l'importance des matériels les plus critiques, importance de la maintenance/surveillance réalisée
 - poursuite de cette sensibilisation lors des rondes
 - via la réorganisation d'un tableau de contrôle de ces matériels

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir





EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir

CONCLUSION

Récapitulatif des besoins en méthodes innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes (verrous complémentaires)



CONCLUSION

▀ Développement d'une méthodologie outillée pour l'analyse de risques de systèmes socio-techniques complexes pris dans leur environnement

- Pour hiérarchiser les risques
- Pour orienter la caractérisation approfondie sur les risques les plus critiques (analyses spécifiques)
- Pour orienter les moyens alloués à la réduction des risques

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Récapitulatif des besoins en méthodes innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

Sur la base d'hypothèses :

- **Systemes hiérarchisés, à niveaux**
 - + : Liens d'influence bien identifiés
 - - : hiérarchie au sens classique → influence haut vers bas
→ du système organisationnel sur le système technique via les hommes
- **Analyse portée par un binôme**
 - + : portage partagé entre technique et H&O
 - - : il y a toujours un pilote → risque de biais dans la représentation du système
→ biais dans la modélisation

→ Importance des exposés suivants

Autres pistes :

- **Nécessité de prendre en compte les reconfigurations → intérêt de faire évoluer les outils dynamiques (réseaux Bayésiens pour les systèmes complexes ...)**
- **Nécessité d'améliorer la robustesse de ces représentations (comment les valider? Comment estimer ces risques? Comment prendre en compte les incertitudes?)**

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



Alerte...

Importance de savoir représenter ces systèmes complexes

L'enjeu est de faire passer cette méthode dans l'industrie :

- la R&D de l'industriel va-t-elle se l'approprier? décider d'aller vers cette industrialisation ?

Difficulté culturelle, organisationnelle, financière...

Challenge de l'intégration du technique et de l'organisationnel :

- contribue à la maîtrise de l'innovation dans un système nouveau
- pose la question : Comment valoriser toutes ces techniques pour montrer au décideur qu'il peut en tirer partie?
- éléments de réponse : pour pérenniser les évolutions de ses systèmes, la pérennité de ses marchés, sa compétitivité sur ses marchés.

EDF R&D : Créer de la valeur et préparer l'avenir



ENJEUX INDUSTRIELS D'UNE DEMARCHE FORMALISEE FONDEE SCIENTIFIQUEMENT

Philippe Gicquel,
Responsable du pôle de Conception Fonctionnelle Sûre
au sein de la direction de l'Ingénierie de l'Architecture du Système Véhicule
PSA Peugeot Citroën

L'industrie automobile, plus que centenaire, est confrontée comme d'autres à la révolution mécatronique. La quasi-totalité de l'innovation est tirée par la mécatronique et la complexité des systèmes mis en œuvre croît de manière exponentielle.

L'organisation, les processus, les méthodologies de développement peinent à s'adapter au bon rythme. Certes, le consensus s'élargit autour de la nécessité de se tourner vers des approches « objets » mais cette perception de la nécessité d'une rupture dans les méthodes reste inégalement partagée selon les secteurs et les niveaux de l'entreprise. Des expérimentations locales s'engagent visant à démontrer le bien-fondé de telles approches mais le chemin est semé d'embûches. Comment choisir une voie qui conduira au succès ?

En choisissant de s'appuyer sur la Méthode de Conception Relativisée (MCR) de Miora Mugur-Schächter pour trouver un chemin valide, Henri Boulouet décide de ne pas laisser faire le hasard. Il maximise ainsi nos chances de réussite.

Revenons quelques instants au siècle dernier : les bases de données relationnelles auraient-elles pu connaître un tel essor sans s'appuyer sur une algèbre rigoureuse permettant d'en maîtriser la cohérence ?

MCR propose, je cite ^[1] : « [...] un système d'algorithmes de création de sens, normé de manière à exclure a priori toute possibilité d'émergence de paradoxes et de problèmes illusoire [...] ». Alors que la modélisation des systèmes mécatroniques complexes connaît un essor important, je n'ai pour ma part pas connaissance de méthodes structurées pouvant prétendre à une telle ambition. C'est pourquoi, parmi toutes les voies possibles, l'application de MCR à l'ingénierie système est particulièrement prometteuse.

Il est proposé en outre à l'intérieur de MCR l'unification des conceptualisations logique et probabiliste. Or la maîtrise de produits complexes fabriqués en grande série et notamment la maîtrise de leur sûreté de fonctionnement, s'appuie nécessairement sur une approche probabiliste. Appliquer MCR à l'ingénierie système c'est donc aussi l'ambition de comprendre et de contrôler comment nos validations couvrent les usages de nos clients.

Les constructeurs automobiles doivent assurer la sécurité de leurs clients et des autres utilisateurs du réseau routier (art3 directive 2007/46/CE : « Le Constructeur est tenu de ne mettre sur le marché que des produits sûrs »). C'est essentiellement l'état de l'art qui fait foi en la matière et il n'y a pas dans l'automobile contrairement à l'aéronautique de processus de certification. Cependant, la norme ISO26262 portant sur la sécurité des systèmes électriques et électroniques dans l'automobile est en cours de publication. Elle va, d'une part devenir une référence pour juger de l'état de l'art, d'autre part elle intéresse les organismes réglementaires qui pourraient exiger à terme des constructeurs qu'ils démontrent leur conformité à cette norme. Cette norme préconise l'utilisation de méthodes formelles pour le développement des systèmes. Elle constitue donc un argument supplémentaire pour avancer.

L'autre argument majeur est bien entendu celui de la maîtrise économique de développements complexes. L'enjeu d'efficacité en conception et validation est colossal.

En synthèse, nous avons face à nous un enjeu majeur et une proposition particulièrement prometteuse... mais encore de nombreuses difficultés à surmonter dont notamment :

- la nécessité absolue d'arriver à engager les évolutions en tenant compte de l'environnement existant car tout big-bang est irréaliste
- le besoin de convaincre jusqu'au plus haut niveau de l'entreprise pour obtenir les moyens nécessaires à des avancées plus rapides.

[1] Miora Mugur Schachter : « Sur le tissage des connaissances »



Analyses de Danger dans ISR

Henri Boulouet
Vincent Brindejonc
(AdMCR - PSA)

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 1



Ingénierie Système Relativisée

- ISR (Ingénierie Système Relativisée) est une application conceptuelle, appliquée et outillée de MCR. Elle se développe:
 - sur un plan épistémologique et formalisé
 - tout concept ISR est défini dans le cadre formalisé de MCR,
 - L'infrastructure renvoie à des concepts mathématiques,
 - sur un plan informatique: développement des outils,
 - sur un plan industriel: application à des projets réels.
- ISR étend le champ d'application du concept de description MCR aux activités innovantes conduisant à l'émergence d'une nouvelle réalité.
- Ceci entraîne qu'ISR:
 - Couvre le domaine des **représentations psychologiques d'usage** et leur articulation avec le domaine des **représentations physiques**.
 - Formalise dans sa structure et sa démarche les **études de dangers** liés aux usages et les **études de sûreté de fonctionnement** liées à la réalité physique
- ISR permet de construire un référentiel commun:
 - Aux activités d'analyse, de spécifications et de conception
 - Aux activités de simulation
 - Aux activités de validation (usage) et de vérification (réalité physique):- (tests automatisés)

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 2

Produit et objet technique

- L'objet de l'ingénierie système est l'étude ou la conception d'un produit: Un produit est quelque chose que nous vivons comme un **ensemble de possibilités** d'agir et de percevoir dont nous ne disposerions pas sans ce produit.
 - Un usage est une vue finalisée sur une certaine phase de vie du produit.
 - Cette réalité psychologique est portée par une réalité physique dont elle génère le cadre descriptif et conditionne l'acceptation (système).
 - Chaque système physique utilise des ressources spécifiques ou partagées (complexité), préexistantes ou à concevoir, définissant la structure matérielle du produit.

Au face à face entre Usage et Réalité Physique répond une analyse de risques structurée en étude de dangers et études de Sûreté de Fonctionnement



6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 3

La sécurité

- Dans les normes (hors automobile) la sécurité est définie par rapports aux dommages subits par les personnes, animaux, environnement et biens
 - *Freedom from those conditions that can cause death, injury, occupational illness, damage to or loss of equipment or property, or damage to the environment.* (MIL-STD 882D)
- Dans ces conditions l'opposition Safety/Dependability n'est pas frontale comme est souvent porté à le croire (safety : risque pour l'homme / dependability: incapacité du matériel à remplir sa fonction).
- Dans le cadre ISR
 - la sécurité reflète un système de valeurs, de finalités portés par le produit. Ce système de valeur reflète également le préjudice lié à la dégradation ou l'indisponibilité d'items physiques qui matérialisent le produit,
 - la dependability qualifie la capacité de l'item physique à assurer le service pour lequel il a été conçu.
- Note: Ce concept ISR de sécurité couvre le concept de sécurité de l'ISO 26262 mais ne s'y limite pas.

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 4



L'analyse préliminaire de danger

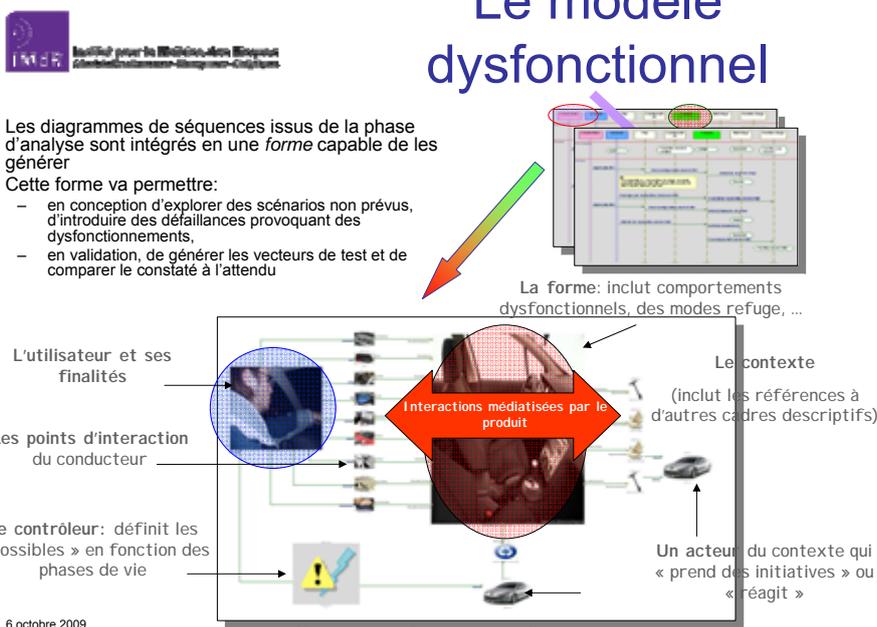
- Exemple
 - Diagrammes de séquence d'analyse préliminaires de danger fondé sur le fonctionnement nominal
 - Exemple PSA non diffusable – présenté en séance.



L'analyse de danger

- Exemple
 - Analyse de danger structurée
 - Exemple PSA non diffusable – présenté en séance.

Le modèle dysfonctionnel



- Les diagrammes de séquences issus de la phase d'analyse sont intégrés en une *forme* capable de les générer
- Cette forme va permettre:
 - en conception d'explorer des scénarios non prévus, d'introduire des défaillances provoquant des dysfonctionnements,
 - en validation, de générer les vecteurs de test et de comparer le constaté à l'attendu

La forme: inclut comportements dysfonctionnels, des modes refuge, ...

L'utilisateur et ses finalités

Les points d'interaction du conducteur

Le contrôleur: définit les « possibles » en fonction des phases de vie

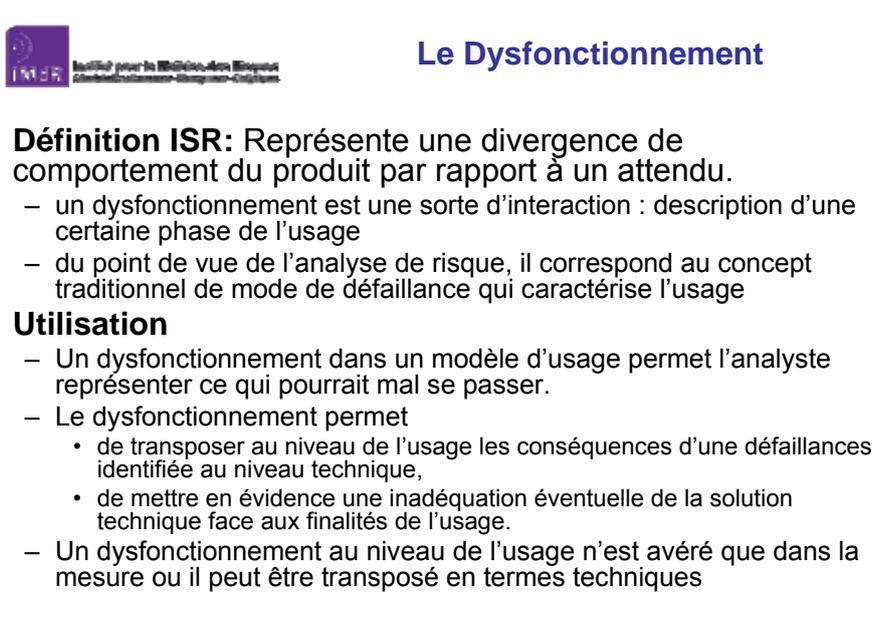
Interactions médiatisées par le produit

Le contexte (inclut les références à d'autres cadres descriptifs)

Un acteur du contexte qui « prend des initiatives » ou « réagit »

6 octobre 2009 complexes HBO VBR 7

Le Dysfonctionnement



- **Définition ISR:** Représente une divergence de comportement du produit par rapport à un attendu.
 - un dysfonctionnement est une sorte d'interaction : description d'une certaine phase de l'usage
 - du point de vue de l'analyse de risque, il correspond au concept traditionnel de mode de défaillance qui caractérise l'usage
- **Utilisation**
 - Un dysfonctionnement dans un modèle d'usage permet l'analyste représenter ce qui pourrait mal se passer.
 - Le dysfonctionnement permet
 - de transposer au niveau de l'usage les conséquences d'une défaillances identifiée au niveau technique,
 - de mettre en évidence une inadéquation éventuelle de la solution technique face aux finalités de l'usage.
 - Un dysfonctionnement au niveau de l'usage n'est avéré que dans la mesure où il peut être transposé en termes techniques

6 octobre 2009 Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes HBO VBR 8



Concepts ISR d'Événement redouté (Threaded Events)

- Événement redouté
 - Vue sur une interaction (dysfonctionnelle ou nominale) qui, relativement à un contexte « exposé », est susceptible d'entraîner des dommages (=> événement craint)
- Période d'exposition
 - Phase de vie pendant laquelle un dysfonctionnement *envisageable* peut conduire à des conséquences dommageables
 - ⇔ partie du cycle de vie au cours de laquelle un événement redouté peut survenir
 - Note: un dysfonctionnement peut être généré soit par une défaillance, soit par un usage erroné.
- Période critique:
 - Phase de vie consécutive à l'occurrence d'un événement redouté au cours de laquelle ce dernier est susceptible de conduire à l'événement craint.

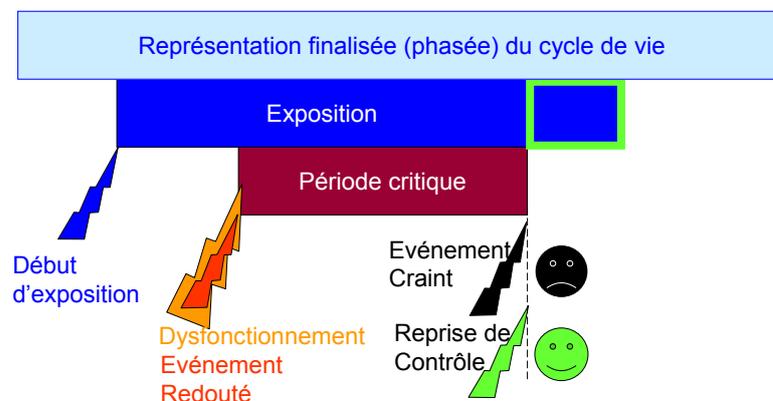
6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 9



Exposition aux risques (1/2)



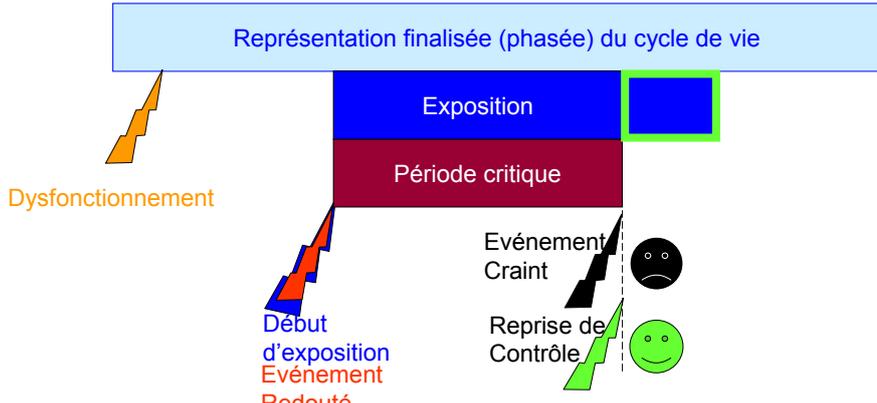
6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 10

Exposition aux risques (2/2)

Représentation finalisée (phasée) du cycle de vie



6 octobre 2009
Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes
HBO VBR 11

La Défaillance

- Définition ISR
 - La défaillance transpose dans l'analyse de danger une description technique.
- Utilisation:
 - La défaillance permet de poser comme objet d'étude le produit modifié physiquement: Initialise une chaîne d'événements observables conduisant à un ER.
 - La défaillance sert de point d'articulation entre le modèle d'usage et la conception technique (physique).
 - Associée à une procédure spécifique, la défaillance permet de reproduire en validation un usage dysfonctionnel.
 - Exemple: insertion de faute technique pour valider une contrôlabilité via un dispositif spécifique.

6 octobre 2009
Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes
HBO VBR 12

La gravité

- La gravité n'a de sens que dans un modèle d'usage (porteur du système de valeurs). Elle se transpose en une criticité dans le domaine technique.
- Elle qualifie l'événement redouté (une Vue) du point de vue de l'évaluation des dommages auxquels il peut conduire.
- La gravité pose un lien direct entre l'événement redouté et ses conséquences, négligeant le fait que celles-ci sont seulement potentielles.
- La sévérité (au sens ISO26262) est un raffinement du concept de gravité applicable aux dommages humains qui est notée relativement à une grille standard de qualification.

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 13

Niveaux de sécurité - (A)SIL

- Le niveau de sécurité exprime le niveau de crainte lié à l'Événement Redouté dans le contexte de l'usage
- La sécurité est formalisée comme une méta description:
 - De l'Événement Craint qualifié en termes de Gravité (inclue la sécurité): dommages et enjeux,
 - De la fréquence d'exposition: proportion du cycle de vie au cours de laquelle un événement redouté peut survenir,
 - De la contrôlabilité, vue comme la capacité de l'ensemble utilisateur/produit à prévenir les conséquences d'un événement redouté.
- Le niveau SIL – Safety Integrity Level (ASIL en automobile) est une quantification qualitative (consensuelle) standardisée du niveau de sécurité

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 14



Safety Concept

- Le **safety concept** correspond habituellement à une **stratégie technique** qui vise à assurer un certain niveau d'**intégrité** (capacité à répondre aux finalités qui président à la conception technique)
 - Ces finalités sont définies par un usage habituellement inextricablement mêlé à la conception technique
 - Du point de vue ISR, le niveau d'intégrité physique est la transposition des exigences de sécurité définies au niveau de l'usage.
- ISR appréhende la notion de **safety concept** (telle que défini par exemple dans l'ISO 26262) au travers de la mise en rapport des notions:
 - de **safety concept** au niveau de l'usage
 - Non présent dans des normes comme l'ISO26262
 - d'**integrity concept** au niveau technique
 - Appelé **safety concept** dans les normes comme l'ISO26262

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 15



Safety goals

- Les **safety concepts** déterminent les **safety goals** définis en réponse aux ER.
 - Exigences portant sur des comportements fonctionnels :
 - performances (temps, couverture, ...) des mécanismes de maîtrise de dangers
 - « 90% des défaillances pouvant conduire à l'ER doivent conduire à une alerte »
 - « L'alerte devra être déclenchée moins de 500ms après l'apparition du dysfonctionnement »
 - ergonomie
 - ...
 - Exigences sur l'occurrence des dysfonctionnements du type « le dysfonctionnement <...> ne devra pas se produire avec une occurrence supérieure à xxx sur la durée de vie du produit »
 - Objectifs sur les défaillances, modes communs de plusieurs dysfonctionnements

6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 16

Synthèse

- L'existant s'applique à des objets d'étude mal définis:
 - Les notions existantes font référence soit au domaine technique soit au domaine de l'usage
- MCR oblige à préciser les cadres descriptifs et les processus qui conduisent à observer certains résultats face aux finalités
- Dans ce cadre, ISR spécialise et adapte les notions courantes de Maîtrise des Risques soit au domaine de l'usage, soit à celui technique en leur donnant une grammaire commune définie sur le fondement de MCR.

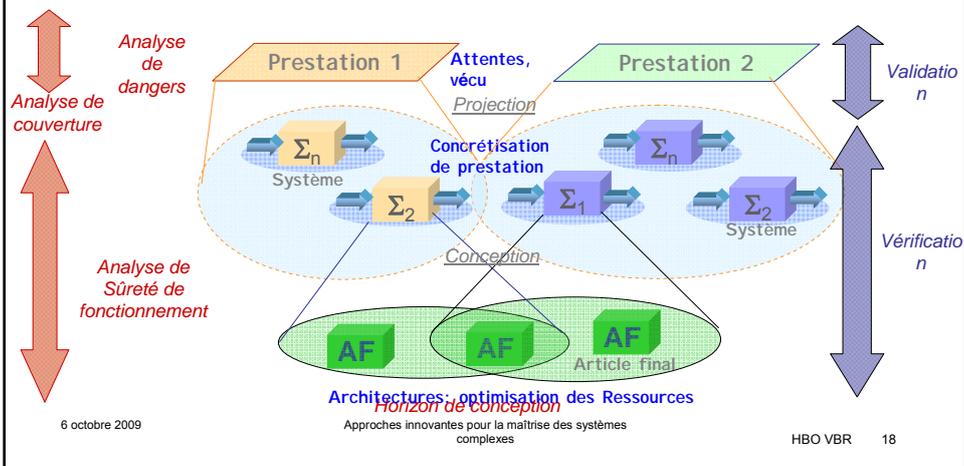
6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 17

Du danger à la sûreté de fonctionnement

- L'identification d'un ensemble de ressources physiques qui contribuent collectivement à la définition d'un comportement qualifiable physiquement tient compte :
 - de la logique d'intégration et de validation (négociation)
 - de la concertation entre acteurs (Bureaux d'Etudes et testeurs)
 - de l'optimisation des architectures (topologie)



6 octobre 2009

Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes

HBO VBR 18



Approches innovantes pour la maîtrise des systèmes complexes ESTP, 6 octobre 2009

Eléments d'application de la Méthode
de Conceptualisation Relativisée en santé publique
Jean-Marie FESSLER
Directeur d'hôpital et des établissements de soins de la MGEN
Docteur en éthique médicale et en économie de la santé

1

A la mémoire des professeurs Georges-Yves KERVERN et
Emile PAPIERNIK et d'Yves VINCENOT.

- « *Les codifications ne forment-elles pas le cœur radical de la cindynique sanitaire ?* » [Pr. Georges-Yves KERVERN]
- « *Je considère que la prévention est l'aboutissement le plus élaboré de la synthèse de la recherche, de la médecine et des sciences sociales. Prévenir, c'est d'abord comprendre les mécanismes pathogéniques, ou au moins suspecter leur origine.* » [Pr. Emile PAPIERNIK]
- « *Le patron d'un hôpital devrait pouvoir faire changer quelque chose dans le vécu des malades. Envers et contre des résistances, des habitudes, des opacités multiples. Et faire que le changement dure.* » [Yves VINCENOT]

2

- « *Dès la première enfance l'esprit crée des « objets » sur la base des impacts que le réel physique fait sur les terminaux de nos appareils sensoriels biologiques ... Les phénomènes émergent toujours par des processus de description transférée en manifestations enregistrées sur des récepteurs d'appareils ... Toutes les croyances ... émanent d'une pénurie d'information, sinon elles seraient des connaissances.* » [Pr. Mioara MUGUR-SCHACHTER]

3

Références bibliographiques

- Mioara MUGUR-SCHACHTER, *Sur le tissage des connaissances*, Lavoisier, 2006.
- Mioara MUGUR-SCHACHTER, *L'Infra-Mécanique Quantique*, Dianõia, 2009.
- Jean-Paul BAQUIAST, *Exemple d'application de la méthode de conceptualisation relativisée (MCR) aux problèmes du réchauffement climatique*, Automates-Intelligents, <http://www.automatesintelligents.com/echanges/2009/mar/climatologiemcr.pdf>
- Georges-Yves KERVERN, Patrick RUBISE, *L'Archipel du danger*, Economica, 1991.
- Georges-Yves KERVERN, Philippe BOULENGER, *Cindyniques. Concepts et mode d'emploi*, Economica, 2007.
- Pr. Emile PAPIERNIK, *La Maternité. Progrès et promesses*, Odile Jacob, 2008.
- Dr. Philippe ABASTADO, *L'impasse du savoir. Essai d'épistémologie médicale*, EDK, 2007.
- Emmanuel ARBARETIER, *Des défis futurs pour la maîtrise des risques*, 2009.
- Henri BOULOUET, Vincent BRINDEJONC, *Une approche des signaux faibles*, 16^{ème} congrès de Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, octobre 2008.
- Dr. Pierre FRUTIGER, Jean-Marie FESSLER, *La gestion hospitalière médicalisée*, ESF, 1991.
- Jean-Marie FESSLER, Dr. Pierre FRUTIGER, *La tarification hospitalière à l'activité*, Lamarre, 2003.
- Jean-Marie FESSLER, *Cindyniques et santé*, Economica, 2009.

4

Intentions

- Essayer de montrer que la Méthode de Conceptualisation Relativisée est indispensable en santé publique.
- Améliorer l'organisation de la santé publique, son savoir-faire d'assemblage, exige une méthode. [Pr. François LHOSTE]
- A défaut, les ruptures vont proliférer : entendement, adhésion, confiance, résultats.
- Les institutions régulatrices, les professionnels de santé sur le terrain et donc les malades seront confrontés à des difficultés croissantes.

5

Santé et santé publique

- La santé :
 - *Une histoire d'être ensemble.*
 - Un ensemble de systèmes anthropotechniques.
- La santé publique :
 - L'étude des déterminants physiques, psychosociaux et socioculturels de la santé de la population.
 - Les actions en vue d'améliorer la santé de la population.
- La Santé Publique contient 6 domaines :
 - Hygiène publique
 - Lutte contre les maladies transmissibles
 - Préoccupation d'autrui : administration sanitaire
 - Epidémiologie
 - Sociologie
 - Economie de la santé.

6

- « *C'est l'« Homo Sapiens » qui s'est complètement transformé depuis cinquante ans. Ce n'est pas la société qui a changé, c'est la condition humaine. Regardez l'espérance de vie qui est passée en quelques générations de 30 ans à 75 ans ... Le corps a changé, le rapport à la nature a changé, le rapport à la naissance et à la mort a changé et rien n'a changé dans nos institutions politiques et économiques ... Les philosophes n'ont pas vu l'ampleur des changements du monde.* »
[Michel SERRES]
- « *Tous les êtres humains naissent libres et égaux en dignité et en droits. Ils sont doués de raison et de conscience et doivent agir les uns envers les autres dans un esprit de fraternité* » - Article 1. Déclaration des Droits de l'Homme - ONU, 1948.

7

Les crises convergent

- Démographie.
- Environnement.
- Economie.
- Santé publique.
- Un paradoxe : les succès de la médecine et de l'industrie des biens et services de santé ; des déceptions et des inégalités.
- Conflits d'intérêts exacerbés.
- Montées aux extrêmes [René GIRARD, Patrick LAGADEC].

8

10 thèmes de santé publique prioritaires pour 2009 (OMS)

1. Qualité des soins de santé primaires.
2. Changements climatiques (populations vulnérables).
3. Santé et crise financière.
4. Crises humanitaires.
5. Déterminants sociaux de la santé : « *Les inégalités et l'injustice sociales tuent à grande échelle.* »
6. Tabagisme : une épidémie mortelle.
7. Sécurité sanitaire des aliments : un problème mondial.
8. Des lacunes dans les soins de santé mentale.
9. Résurgence de la tuberculose, menaces émergentes (1/2 million de nouveaux cas de tuberculose multirésistante par an).
10. Maladies non transmissibles en hausse (cardiopathies, accidents vasculaires cérébraux, cancers).

9

La santé publique en France

- En 30 ans, espérance de vie : + 7 ans
- 700 000 personnes sous traitement anticancéreux.
- 800 000 personnes âgées dépendantes.
- Maladies rares : 4 millions de personnes.
- Diabète type 2 : 2 millions de personnes.
- 200 000 IVG/an.
- Deux fois plus de médicaments que les Japonais.
- 15% examens, analyses, médicaments inutiles.
- Problèmes d'accès à des soins de qualité.
- « *Et si demain... la Sécurité sociale éclatait ?* »
[Jean-Michel LAXALT]

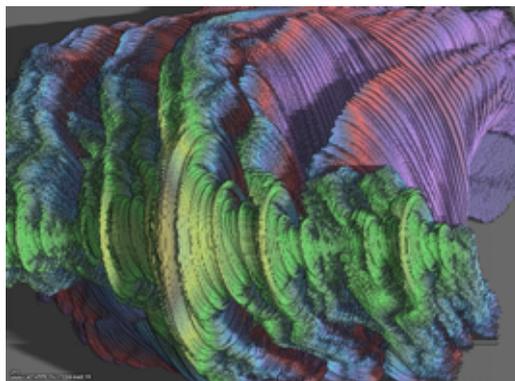
10

« *Nous ne pensons pas le monde que nous fabriquons.* » [Edgar PISANI]

- « *Mon rêve, voyez-vous, serait qu'un jour, le monde décide de faire une étude réelle du destin qu'il se prépare, en étudiant chaque facteur déterminant : démographie, santé, allongement de la durée de vie, explosion du budget social, disponibilité en eau, en énergie, en terres et en travail, dégradation des équilibres climatiques. Afin de chercher la meilleure route à suivre et les précautions à prendre.* » ...
« *Il ne faut pas essayer de croire que les choses vont s'arranger* ». *Il faut réfléchir, inventer, retrousser ses manches et vouloir que « ça réussisse ».* Et « *ça marche* ».

11

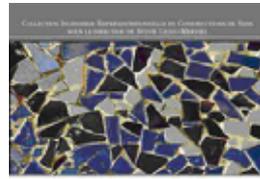
Enchevêtrement de niveaux et superposition des contextes



Jean-François COLONNA
CMAP (Centre de Mathématiques APpliquées), Ecole Polytechnique, CNRS
France Télécom R&D

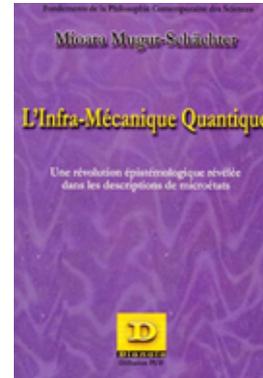
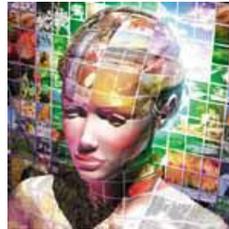
12

Le tissage des connaissances



Sur le tissage des connaissances

Mioara Mugur-Schächter



13

- **« Il m'est apparu très clairement que dans l'acte de décrire les traits de méthode ont rôle PROPRE, que l'on peut séparer de ce qu'on décrit, pour ne fixer l'attention que sur comment on décrit, et surtout, sur comment il faut décrire si l'on veut éviter tout danger de jamais s'empêtrer dans des problèmes illusoires. » [Pr. Mioara MUGUR-SCHACHTER]**
- **Etourdissement de la pensée, boue de sens mélangés, fausses absolutisations, ligotage de l'entendement, objets hypostasiés...**

14

La Méthode de Conceptualisation Relativisée (MCR)

1. « Une stratégie économique, financière, politique, concerne une entité créée en tant qu'un tout de potentialités, qu'on ne peut connaître, qualifier d'une manière objective, que via l'actualisation des potentialités qu'il contient. »
2. « Toutes nos actions découlent de notre pensée et celle-ci est frappée au sceau des structures logiques et probabilistes qui agissent dans nos esprits. Si elles y agissent sans être connues, leur action, comme les souvenirs refoulés hors du conscient, reste brute, non dominée ... »
3. « La mécanique quantique a creusé des canaux formels-conceptuels-opérationnels qui permettent aux actes épistémiques de l'homme de s'appliquer directement sur de l'inobservable et d'en extraire des prévisions observables qui se vérifient souvent avec des précisions troublantes. »

15

Une révolution épistémologique

- « Une révolution épistémologique révélée dans les descriptions de microétats. »
- **Les trompe l'œil conceptuel :**
 - La plupart des concepts naissent par abstraction, à partir de cas individuels.
 - « Chaque concept a un domaine de pertinence limité.
 - Il y a un appel muet d'une méthode générale et explicite de conceptualisation qui soit déterminée par les contenus sémantiques. Le règne du quantitatif dans les représentations scientifiques, a confiné en ghettos les qualités.
 - L'intuition, elle, perçoit les discontinuités sémantiques occultées par les trompe l'œil conceptuels. »



16

Une attitude cognitive radicalement active

- « *Les lois formulées dans les théories physiques modernes dépendent explicitement des buts et des contenus des actions cognitives de l'observateur-concepteur humain. C'est la situation cognitive qui a orchestré la construction de la mécanique quantique dont le but propre est d'offrir des descriptions mécaniques des états de micro-systèmes, entités hypothétiques qu'aucun humain ne perçoit.*
- *Dans les langages naturels, la connexion d'un mot avec un sens s'est installée par convention tacite.*
- *La philosophie et l'épistémologie [et l'économie] ne peuvent se moderniser à fond sans incorporer l'essence épistémologique des fondements de la mécanique quantique. »*

17

La stratégie descriptionnelle

$D_M/G, me_G, V_M/$

- **D, Description**
- **G, opération de génération d'état**
- **me_G , micro-état généré par l'opération G, effet de l'opération G**
- **V, grille de qualification, vues-aspect, regard**
- **On ne peut économiser aucune des trois relativités fondamentales de la description quantique d'un microétat : à G, à me_G , à la vue qualifiante V_M .**
- **Le *connaissable* est confiné à l'intérieur du domaine des qualifications qui relativisent.**

18

- « Examiner comment nos représentations ont été fabriquées et comment nous mélangeons des buts descriptionnels distincts.
- *Le méthodologique, les algorithmes notamment, prennent un poids écrasant face aux contenus descriptifs déclarés. Le contenu descriptif est piégé, alors que nos capacités de description excèdent nos capacités de perception.*
- *L'ensemble des descriptions de base transférées sur des instruments de perceptions et de mesure biologiques et artificiels constitue la strate primordiale de la conceptualisation humaine.*
- *Toute connaissance communicable est description, donc qualification. Il n'y a de science que de description.*
- *MCR explicite les buts qui motivent les actions descriptionnelles.*
- *Toute qualification est marquée de relativité à la grille de qualification psycho-physique ou instrumentale mise en œuvre. »*

19

« Certaines merveilles sont plus merveilleuses que les autres. »

- Il n'est simplement pas concevable de connaître le réel physique « tel qu'il est en soi ».
- Toute chaîne descriptionnelle est enracinée – via des descriptions primordiales, de base, transférées – dans du réel physique encore jamais conceptualisé (au moins face à telle ou telle vue-aspect), donc dans du réel physique encore a-conceptuel (au moins face à tel ou tel « aspect »).
- Nous disposons d'un énorme degré de liberté pour construire nos connaissances d'une façon rigoureuse, ciblée, nettoyée de faux problèmes de « vérité ».

20

MCR et santé publique

- On ne peut pas « réifier » la santé publique, notre bien commun, en un objet unique et bien défini.
- Chacun doit préciser ses référentiels épistémiques et les comparer à ceux des autres : industriels, professionnels de santé, malades et leurs proches, Etat, mutuelles et assurances, chercheurs...
- On créera ainsi un ensemble de définitions relativisées communicables et consensuelles, lavées des croyances, pétitions de principe, procès d'intention, abus de pouvoir et d'autorité.

21

- Déclarer quelle sorte d'entités-à-décrire nous voulons mettre en jeu face à la qualification santé et par quelle action de génération nous rendons ces entités-à-décrire disponibles pour être qualifiées en tant qu'objets d'étude, c'est-à-dire de connaissance.
- [Vues-aspect, valeurs, opérations et appareils de mesure] (enquêtes, sondages, expertises ...).
- La multiplicité inorganisée et incontrôlée des sens du mot « santé publique » sera éliminée.
- « Santé publique » est à relier à un ensemble de descriptions relativisées.

22

Le poids des fausses absolutisations de jugements déclaratifs

1. Epistémologie médicale.
2. La santé publique comme un iceberg.
3. Mesure des activités et tarification.

23

(1) Epistémologie médicale

- « *Médecine, progrès, XXe siècle, les mots sont liés ... L'essor des moyens diagnostiques et thérapeutiques a sauvé des millions de patients ... Les politiques et leurs discours, les philosophes et leurs idéologies, les économistes et leurs projections ont semé mort, misères et discordes.* »
[Dr. Philippe ABASTADO]
- La pratique médicale est orientée par la littérature.
- Mais le praticien est saturé. Le modèle [un symptôme, une cause] est insuffisant : les maladies fréquentes (diabète, cancers) sont plurifactorielles. La science médicale ne peut garantir les résultats qu'à travers un essai clinique à grande échelle, randomisé et en double-aveugle.
- Mais l'espérance de vie de l'expérimentateur est plus courte que la durée des effets de l'expérience.
- Il est difficile pour les médias de vulgariser la notion de risque relatif au sein d'un processus dynamique.

24

- **Essai clinique : la comparaison.**
 - Le traitement A est-il équivalent à B ?
 - Une hypothèse de travail.
 - Un groupe de médecins construit un protocole.
 - Des critères d'inclusion et d'exclusion sont définis, une méthode statistique retenue et un effectif de patients calculé *a priori*.
 - Une population homogène est scindée en groupes d'individus qui ne seraient différents que pour l'hypothèse testée.
 - Randomisation et double-aveugle (éthique ?)
 - Le but du test statistique est de conclure que les deux échantillons sont statistiquement différents.

25

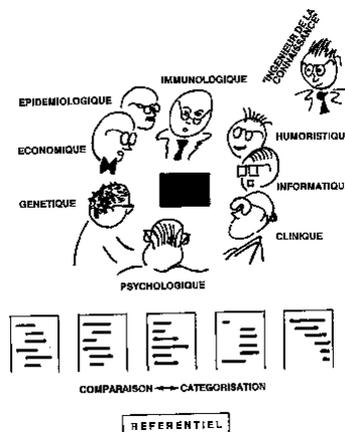
- Le fait médical est humain, il n'est pas un objet manipulable.
- Le fait médical est dépendant de la technique et de la mesure.
- Fait sauvage/Fait domestique dressé par l'expérience.
- L'élément scientifique n'est retenu que s'il alimente le paradigme.
- Le symptôme est la description faite par le patient.
- Le signe - interprétation de l'observation d'un sujet par un clinicien - s'enfonce dans le caché du savoir et s'intègre à un diagnostic.
- D'un mot, le praticien visualise son patient mais aussi toutes les complications habituelles, les explorations nécessaires, les pièges possibles et les traitements.
- C'est le savoir qui transforme un élément de l'examen médical en pathologie. La conceptualisation du fait permet sa comptabilité et cette mise en chiffres produit des faits dérivés. Une distance s'établit entre faits et observateurs.

26

- La moyenne dissimule l'erreur : il faut conserver les résultats élémentaires et analyser les discordances.
- Le succès des statistiques a généré des automatismes. Les hypothèses de base sont-elles pertinentes ?
- Primat de la distribution gaussienne et du test T de Student.
- *Evidence Based Medicine*, médecine par les preuves (culture du tribunal), médecine factuelle. Les faits évoqués ne sont que ceux d'essais. L'EBM a une puissance normative : tomber malade n'importe où dans le monde devrait conduire aux mêmes traitements (exigence de monotonie traduite en contraintes réglementaires).
- Norme : prend son sens par opposition et tend à déprécier ce qu'elle refuse de labelliser, notamment les médecins généralistes.
- L'EBM est un outil de savoir (lieu et espace dépendant) mais le soin dépasse sa production de connaissances.

27

Soigner ? Un savoir-faire qui échappe aux modes d'emploi ?

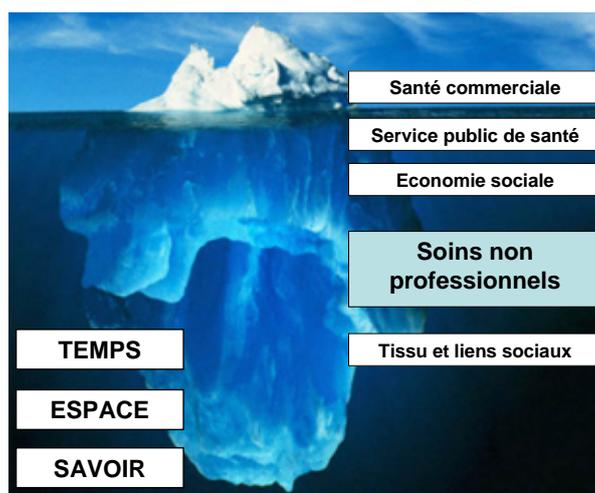


28

- **Quelle que soit l'importance des moyens matériels et humains mis à disposition, la qualité du soin est dépendante de l'individu médecin qui prendra en charge le patient. En matière de savoir, le médecin relève du microsystème mais ses connaissances résultent d'informations fabriquées à l'échelle macro. Le changement de dimension introduit des pertes de sens.**
- **Un malade s'inscrit dans un concret défini par un espace et le temps et dans une demande.**

29

(2) La santé publique comme un iceberg



30

Les 4 temps d'une politique de santé publique [Dr Bertrand GARROS]

Une vie humaine, c'est d'abord du temps de vie, une espérance de durée.

1. Un temps pour connaître et comprendre les enjeux.
 2. Un temps pour expliquer.
 3. Un temps pour agir.
 4. Un temps pour réussir.
- Effets différés (latence).
 - Solidarité intergénérationnelle :
 - Nous devons prendre en charge aujourd'hui ce qui n'a pas pu être évité hier.
 - Tout ce que nous n'évitons pas aujourd'hui devra être pris en charge demain.
 - Du colloque singulier de chaque personne avec les médecins et les soignants, sous l'empire de l'urgence relative ou absolue, au budget annuel et au mandat électoral.

31

(3) Mesure des activités et tarification

1. Un principe international : l'hôpital doit être financé en fonction de ses activités.
2. Deux questions :
 1. Comment mesurer les activités ?
 2. Comment fixer leurs tarifs ?
3. Deux réponses courantes :
 1. Au moyen du *Diagnosis Related Group* (DRG), système de regroupement des séjours (*Groupes Homogènes de Malades*, GHM, en France)
 2. Au moyen de données comptables et de règles permettant de fixer des tarifs par DRG.
USA : 1983. France : 2004, Tarification à l'Activité, T2A.

32

Enjeux

- La tarification par DRG sert à répartir des centaines de milliards de \$ et d'€ entre des centaines de millions de patients.
- *Via* cotisations, impôts, remboursements, le citoyen est concerné.
- L'industrie de l'information est impliquée.
- Sans débat ouvert, le domaine des tarifs en santé est propice :
 - *aux décisions absurdes*
 - *aux violences de l'abstraction.*
- Comprendre est une exigence de dignité.

33

Enjeux

- Plus les liens entre les patients et l'argent sont précis, plus la responsabilité de ceux qui calculent les tarifs est grande.
- En 2009, fixer le tarif du séjour hospitalier pour *accouchement par voie basse sans complication* à 2265 € (1320 € en clinique privée, hors honoraires) ou celui du séjour pour *insuffisances cardiaques et états de choc circulatoire, niveau 1* à 2961 € (1637 € en clinique privée, hors honoraires) et à 7893 € (3502 € en clinique) pour un *niveau 4*, porte du sens ou du non-sens, de la valeur ou de la distorsion.

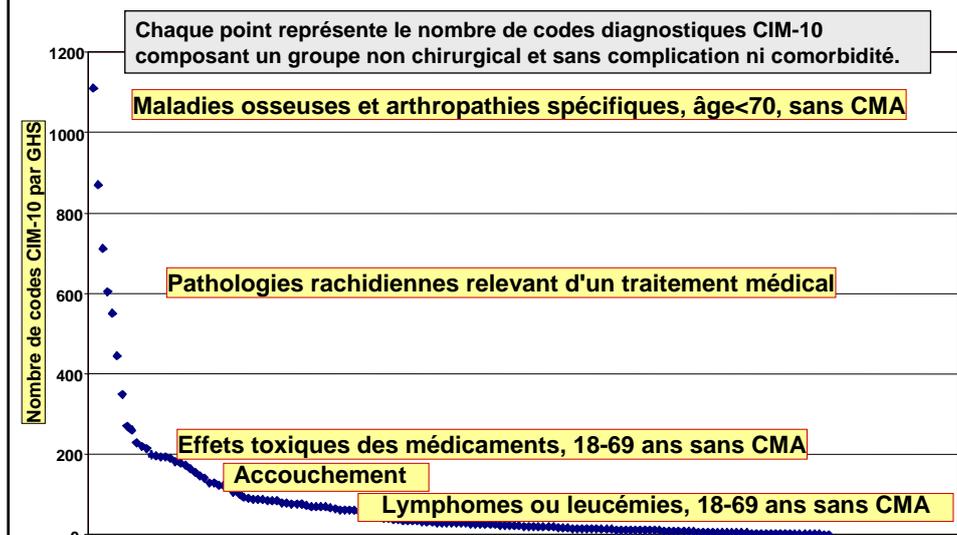
34

Le regroupement en DRG

- Un algorithme (1975) de regroupement de 13 000 codes diagnostiques + 4 300 codes des actes.
 - Un algorithme tronqué à ses débuts par la nappe rigidifiée des concepts-et-mots classiques.
1. Un résumé de sortie unique est classé dans un seul DRG.
 2. Durée : - 24 heures / + 24 heures.
 3. VIH, traumatismes multiples graves, transplantations sont classés à part.
 4. Un diagnostic principal (code ICD-10, OMS)
 5. Un acte classant opératoire (code ICD-9-CM, CCAM)
 6. Un diagnostic associé (complication et/ou morbidité associée(s).
 7. 3 classes d'âges.

35

La structure sémantique des groupes. *Homogène ?*



La tarification à l'activité (T2A)

- **Méthode comptable :**
 - Echantillon d'établissements
 - Coût complet
 - Clé d'imputation sur-utilisée : la durée des séjours
 - Données comptables N-3, N-2, N-1 peu auditées
- **Aucun exemple concret du système T2A n'a été montré à nos parlementaires.**
- **Au nom de l'urgence et des améliorations ultérieures, aucune précaution politique et technique n'a été prise.**
- **L'expertise d'autres services publics, grandes entreprises et pays n'a pas été jugée utile.**
- **Aucune étude d'impact n'a été réalisée.**

37

Eléments critiques

- **Un sujet difficile : la détermination de tarifs dans un domaine où les prestations s'appliquent à une diversité quasi illimitée de situations cliniques et humaines.**
- **Ce n'est pas une tarification à l'activité, sauf à démontrer que les Groupes Homogènes de Malades (GHM) et de Séjours (GHS) représentent correctement l'activité, la production ou même les actes.**
- **Un discours macro, un pseudo-marché ... sans pratique des mécanismes et effets prix dont la puissance est considérable.**

38

Des conséquences lourdes

- Le contexte du patient (couple gravité-risque) ?
- Le primat des durées courtes et des actes *visibles*.
- Des tensions entre pôles et disciplines.
- Une pression sur les soins d'aval (rééducation, réadaptation).
- En 2009, la machine est folle : GHM V11 2000 GHM et 5000 complications et/ou morbidités associées.
- Statistiques officielles : « *La distribution est tronquée à 50 jours.* »
- Polémiques multiples public/privé : défauts de représentation-dissonances cognitives.
- Cour des Comptes, septembre 2009, T2A : « *Un modèle opaque d'allocation des ressources* », « *Une définition incertaine des tarifs* », « *Des redéploiements incessants.* »

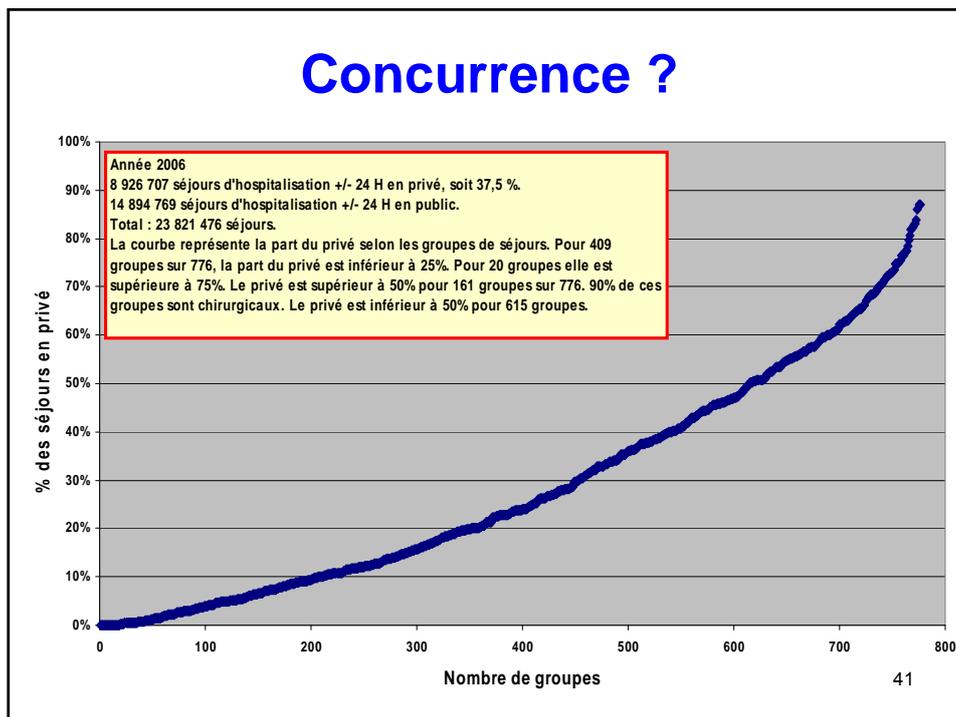
39

Les modificateurs

1. Les modificateurs des diagnostics
 - Stades des cancers (lourdeur) 1, 2, 3, 4
 - Nouveau diagnostic/Déjà connu N/C
 - (travail à faire ou non)
 - Suspicion ?
 - Séjours multi unités X
 - Précarité sociale (durée, suites) S
2. Les modificateurs des actes
 - Chirurgie programmée/Urgence P/U
 - Ré-intervention R
 - Actes multiples M
3. Échelles de charge de travail ---X----
4. Pyramide des âges
5. Transferts

40

Concurrence ?



La durée moyenne de séjour

- **Hôpital de ville moyenne :**
 - 26 478 séjours,
 - DMS 4.24 jours, écart-type 7.11 jours.
- **Dans ce cas, on recense 18 séjours d'une durée de 75 à 358 jours, pour un total de 2204 journées.**
- **Quel sens donner à ces situations réelles extrêmes ?**

42

La durée moyenne de séjour

- Si une distribution est du type Laplace-Gauss, la probabilité de s'éloigner de dix écarts-types de la moyenne est égale à l'inverse du nombre d'Avogadro, soit 10^{-23} .
- Dans l'exemple, si la distribution était du type Laplace-Gauss, la probabilité de séjours plus longs que 71 jours serait de 10^{-23} .
- Cependant, cet hôpital a assumé 18 séjours d'une durée de 75 à 358 jours. Si nous avons le choix entre ces très longs séjours et 2204 journées en chirurgie ambulatoire correctement rémunérées, que ferions-nous ?

43

Questions

- La *responsabilisation* consiste-t-elle seulement à adapter nos décisions – admissions, organisation du séjour, choix des protocoles – à l'*optimum* défini par les maîtres du système d'information ?
- S'agit-il d'une croyance dans les propriétés auto-organisatrices des *groupes homogènes* et des formes procédurales de remboursement conçues par quelques-uns, sans débat ?
- Pourquoi refuser de visualiser les réductions ?



- Quid de la valeur de nos activités ?
- Quid aussi du fait que tout euro gaspillé est une perte de chance pour quelqu'un ?

44

Propositions

- Les concepts et les pratiques tarifaires en santé doivent être soumises à la MCR.
- Les comparaisons internationales doivent être :
 - stabilisées sur le plan méthodologique
 - systématisées sur le plan statistique.
- Les échelles tarifaires françaises (ville et hôpital) doivent être évaluées.
- Leurs impacts sur les 4 fondamentaux que sont le temps, l'espace, le savoir et l'argent doivent guider la réflexion.

45

Propositions

- Adopter MCR comme standard de conceptualisation.
 - Classifications médicales
 - Descriptions de synthèse
 - Mesure des activités
 - Mesure des coûts
 - Systèmes d'évaluation
 - Simulation des impacts.
- Organiser des master classes MCR pour les enseigner dans les Ecoles et Disciplines politiques, économiques et sociales, notamment.
- Mutualiser les représentations.
- Promouvoir *le calcul épistémologique qualitatif*.
- Promouvoir *une culture de la description probabiliste prévisionnelle*.
- Briser *une habitude qui permet de ne pas voir ce qu'on regarde*.

46

Une application possible de MCR : le réchauffement climatique

Jean-Paul BAQUIAST

06/10/2009

Dans les sciences de la Terre "réalistes", c'est-à-dire qui présupposent la possibilité de décrire le réel physique "tel qu'il est en soi", indépendamment de l'homme, on a tendance à ériger en "faits" immuables ce qui n'est qu'effet relatif à des modes de se comporter, de parler, etc. Le réchauffement, la désertification, le dépeuplement des océans..., deviennent des absolus que l'on ne peut qu'étudier de l'extérieur, en tournant autour d'eux sans les modifier, comme on le fait en étudiant, par exemple, une éruption volcanique. Mais un peu de réflexion montre que le degré d'indépendance de l'entité-objet d'étude, par rapport aux observateurs/descripteurs, à leurs comportements, à leurs buts, à leurs langages, est loin d'être le même pour toutes les entités-objets.

Il est donc essentiel de définir le degré de relativité de nos descriptions et estimer la source, la nature et l'importance des marques qu'elles impriment sur la description globale. Ce qu'on appelle "réchauffement de la planète" n'est ni conçu ni qualifié de la même façon par les lobbies pétroliers, les écologistes, le ministère de l'environnement ou par tel ou tel scientifique travaillant sur un terrain d'un type donné: air, océan, continents terrestres. Il dépend aussi de fondamentalement, puisqu'il s'agit en principe d'un phénomène évolutif, des temps et durées de référence retenus. En d'autres termes, on ne peut pas "réifier" subrepticement le réchauffement en faisant de lui un "objet" unique et bien défini, simplement en utilisant dans tous les cas un même mot, comme s'il s'agissait d'une réalité dont la définition s'imposerait à tous de la même façon. Ce ne serait que fabriquer une illusion.

Que faire alors? Accepter passivement l'hétérogénéité des discours qui repose sur la diversité des personnes parlant du réchauffement et sur la non-compatibilité de leurs motivations ? C'est en général ce qui se passe. Mais on aboutit ainsi à une sorte de babélisation. Les différents locuteurs désignent sous le même mot des objets foncièrement différents, pas seulement parce qu'ils ne conçoivent pas la nécessité de faire autrement, mais souvent parce qu'ils veulent provoquer des réactions politiques différentes. Ceci explique pourquoi la science climatologique est généralement considérée comme inexacte sinon menteuse.

Mais si l'on voulait introduire de la rigueur dans les discours sur le réchauffement, il faudrait que toute personne qui en parle soit amenée à préciser son référentiel épistémique, le comparer à ceux des autres, et contribuer ainsi à faire ressortir un ensemble de définitions particulières relativisées communicables et **consensuelles** qui puissent ensuite être unifiées de quelque façon et rattachées à un concept unique de "réchauffement de la planète".

On constatera alors, probablement, que la plupart des gens qui parlent de réchauffement d'une façon prétendument scientifique, refuseront les procédures de relativisation consensuelle; pas parce qu'il s'agirait d'un processus trop complexe, mais parce qu'ils refusent d'admettre qu'ils ne veulent pas aboutir à un consensus intersubjectif. Car en fait, souvent, celui qui parle de

réchauffement s'appuie implicitement, afin de se crédibiliser, sur le « réalisme » des autres, c'est-à-dire la croyance des autres en "une manière d'être en soi" de cette entité: ils ne cherchent qu'à donner de la "réalité" à leurs propres discours, voire à leurs carrières quand il s'agit d'« experts » appointés. Nous sommes face à une tentative de prise de pouvoir sur ceux à qui ce discours est destiné. Le réchauffement de la planète est une question politiquement sensible et donne lieu à de multiples exploitations partisans.

Il paraîtra naïf d'espérer diminuer les divergences de stratégies en proposant une démarche scientifique susceptible de rétablir des consensus intellectuels. C'est cependant ainsi qu'au cours de l'histoire, la démarche de la science a réussi à s'imposer, malgré ses hésitations et erreurs. Les climatologues et au-delà d'eux les militants de la lutte contre le réchauffement climatique et la disparition de la biodiversité devraient donc porter un grand intérêt à la démarche MCR

MCR et le réchauffement climatique

Exemple simplifié d'application

6 octobre 2009

Jean-Paul Baquiast

1

Qui croire ?



Le problème

- **Le concept de réchauffement climatique est constamment utilisé aujourd'hui, par les scientifiques comme par les politiques**
- **Mais le réchauffement n'est pas un objet en soi**
- **Chacun en donne des définitions différentes, correspondant à des objectifs et instruments d'observation différents**

La babélisation

Diversité

- Des observateurs
- Des instruments
- Des milieux
- Des époques
- Etc.

Conflits de stratégies

- Non volontaires: les approches des diverses disciplines scientifiques
- Volontaires: les objectifs des acteurs économiques et des Etats

Que propose MCR

- Organiser un processus consensuel
- Déclarer les descriptions envisagées, les entités à décrire, les opérations permettant de les qualifier en tant qu'objets d'étude, les instruments à utiliser
- Définir leurs poids respectifs en termes de valeurs qualifiantes

Le résultat

- On obtiendra un ensemble de descriptions relativisées et consensuelles du « réchauffement »
- Elles seront nourries par des observations recueillies en permanence
- On harmonisera les spectres de valeurs obtenues au sein d'un modèle évolutif probabiliste
- Intérêt d'une informatisation (SMA?)



IMdR

Institut pour la Maîtrise des Risques
IMdR - 12, avenue Raspail - 94250 Gentilly
Tel : 01 45 36 42 10 • Fax : 01 45 36 42 14 • www.imdr.eu
N° ISBN 2-35147-017-6