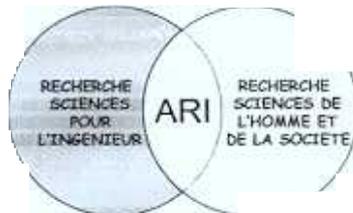


ATELIERS DE LA ROCHELLE - 10 et 11 juin 2004

## QUELLES METHODES POUR MIEUX MAITRISER LES RISQUES ?



APPROCHE SYSTEMIQUE DE LA COMPLEXITE :  
QUELQUES ELEMENTS POUR Y VOIR PLUS CLAIR !

\*\*\*

JEAN-FRANÇOIS VAUTIER - CEA

## Ateliers de La Rochelle

Cette manifestation s'adresse à tous ceux qui, enseignants, chercheurs, acteurs de la prévention des risques, sont intéressés par les évolutions méthodologiques récentes dans ce domaine. Elle devrait surtout interpeller et concerner ceux qui sont persuadés de la nécessité de réfléchir sur des approches nouvelles à mettre en place pour assurer une meilleure maîtrise des aléas affectant les systèmes complexes dans lesquels nous vivons.

Deux principaux thèmes seront abordés :

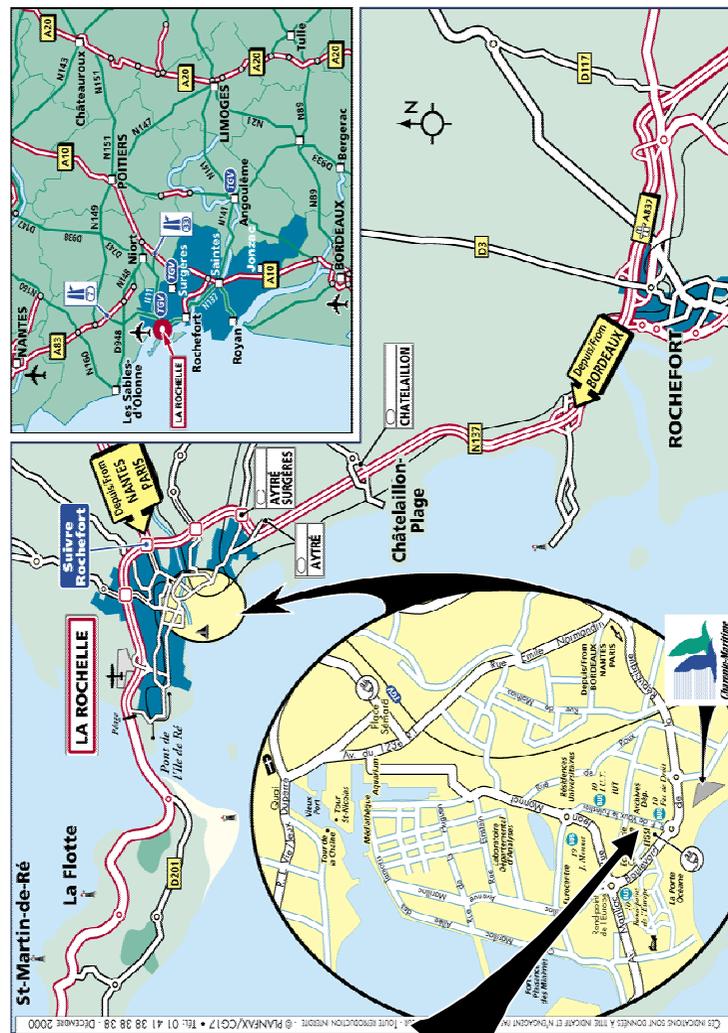
### 1 : Méthodes et outils pour l'analyse et la maîtrise des risques

Face au développement de méthodes et d'outils variés pour analyser et traiter les risques de toute nature (industriels, naturels, urbains, financiers, etc.) et cela depuis une trentaine d'années, il semble nécessaire aujourd'hui de faire le point de l'existant et d'en montrer l'intérêt et les limites.

Quels besoins nouveaux sont ressentis par les divers acteurs du risque (industriels, décideurs publics, assureurs, "société civile", associations, etc.) pour garantir une bonne maîtrise des situations dangereuses et répondre aux exigences de la société ?

### 2 : De nouvelles méthodes pour intégrer les rôles de l'homme

Les méthodes classiques analytiques ont leurs limites : elles ne reflètent pas la complexité des systèmes socio-techniques. La place des facteurs humain et organisationnel dans les incidents est décisive dans nombre de cas. Beaucoup de mesures de réduction de risques reposent sur des réactions humaines ou des ajustements organisationnels. L'homme est par ailleurs une source d'évaluation préalable à toute politique de prévention des risques. Ces constats font émerger le besoin de nouveaux outils et de nouvelles approches associant, au travers de méthodes à développer, les sciences de l'ingénieur, les sciences humaines et les sciences du management.



## Ateliers de La Rochelle

# Quelles méthodes pour mieux maîtriser les risques ?

jeudi 10 et vendredi 11 juin 2004



26 rue de Vaux de Folletier  
17041 La Rochelle Cedex 1  
05 46 45 80 55  
ari-ateliers@eigsi.fr

#### Liens utiles

fr.federal-hotel.com  
www.larochellecity.com  
larochelle-tourisme.com  
www.charente-maritime.org

**Programme des journées**

Le réseau ARI (Analyse du Risque Industriel) a été mis en place en 1996 par des écoles d'ingénieurs avec le soutien de l'INRS et la participation de différentes structures (INERIS, CRAM, CEA).

L'objectif de l'INRS est de "Faire de la maîtrise du risque industriel pour l'homme au travail et son environnement une composante à part entière des cursus d'enseignement et des activités de recherche des écoles d'ingénieurs. "

Ce réseau associe diverses institutions, des experts des écoles et des experts de terrain.

Sur le thème de l'analyse du risque, il encourage le développement d'activités dans trois directions : pédagogie, recherche et accueil de stagiaires.

Face aux évolutions des exigences de la société dans ce domaine depuis une trentaine d'années, les outils et méthodes qui ont été développés pour répondre à cette problématique sont aujourd'hui nombreux. Mais sont-ils suffisants et quels sont les repères pour choisir ceux à mettre en œuvre en réponse à une situation donnée ?

Pour nous permettre d'y réfléchir, avec une attention particulière pour les risques professionnels et industriels, le réseau ARI organise :

**"Les Ateliers de La Rochelle"**

sur le thème

**"Quelles méthodes pour mieux maîtriser les risques ?"**

à

**L'Ecole d'Ingénieurs en Génie des Systèmes Industriels (EIGSI)**

les

**jeudi 10 et vendredi 11 juin 2004 à La Rochelle**

Les réflexions initiées à cette occasion seront poursuivies dans des groupes spécialement constitués et feront l'objet de publications ultérieures.

**Jeudi 10 juin 2004**

**Méthodes et outils pour l'analyse et la maîtrise des risques**

- 9h00 : Ouverture des ateliers par Olivier SALVI (INERIS)
- 9h15 : Jean-François VAUTIER (CEA)  
Approche systémique de la complexité : quelques éléments pour y voir plus clair !
- 10h00 : Pierre PERILHON (ENSAM Paris)  
Approche, démarche, méthodologie, méthodes et outils : comment s'y retrouver?
- 11h00 : Jérôme TIXIER (école des mines d'Alès)  
Classification et comparaison des méthodes. Quels grands axes?
- 11h45 : Fabrice NOILHAN (DRIRE Poitou Charentes)  
L'approche méthodologique des risques dans les études de danger, quelles réflexions de la part de l'administration ?
- 12h30 : Pause déjeuner
- 14h00 : Knowledge Café / Débat  
*Quelles limites aux méthodes existantes ?*
- 17h30 : Fin de la première journée

**Principe de déroulement**

Selon le principe du knowledge café qui sera servi par Marc de Fouchecour (ENSAM Paris), chaque après-midi sera consacrée à un débat en sous groupes de 10 participants maximum. Pour lancer le débat, les participants auront à répondre aux questions soulevées par les conférences de la matinée.

**Vendredi 11 juin 2004**

**De nouvelles méthodes pour intégrer les rôles de l'homme**

- 8h30 : Ouverture de la seconde journée par un intervenant de la MAIF (à confirmer)
- 9h00 : Jean-Louis POMIAN (INRS)  
Anticiper le risque: apport de l'analyse de l'action en situation
- 9h45 : Bertrand MUNIER (GRID, CNRS/ENSAM-Paris/ESTP)  
Le management des risques comme ingénierie du subjectif
- 10h45 : Emmanuel PLOT (INERIS)  
Prise en compte des Facteurs Humains dans les méthodes d'évaluation des risques
- 11h30 : Jean-François BEAUDOIN (EDF)  
Apport de l'Analyse Décisionnelle à la Gestion des Risques dans l'Entreprise : l'expérience d'un industriel
- 12h15 : Pause déjeuner
- 13h30 : Knowledge Café / Débat  
*Comment tenir compte des rôles de l'homme ?*
- 17h00 : Fin des ateliers

**Conditions de participation**

Le bulletin de réservation est à renvoyer avant le 10 mai 2004 à l'EIGSI :

**ari-ateliers@eigsi.fr**

Compte tenu du principe retenu pour l'organisation des journées, le nombre de participants est limité.

# Approche systémique de la complexité : quelques éléments pour y voir plus clair !

Jean-François VAUTIER (jean-francois.vautier@cea.fr)  
CEA/Saclay, MR/DPSN/SSN, 91 191 GIF sur YVETTE Cedex

## Introduction

Considérons un acteur et un système, c'est-à-dire un ensemble d'éléments en interaction en fonction d'une finalité. Un système possède donc trois caractéristiques fondamentales :

- une finalité ;
- une structure (l'ensemble des éléments qu'ils soient humains, matériels, moléculaires...);
- des interactions internes (entre les éléments) et des interactions externes (entre le système et l'environnement) résultant de la conjonction entre la finalité et la structure.

Ces trois caractéristiques vont nous permettre d'appréhender la complexité d'un système et ce, en prenant en compte, ou non, l'acteur qui est en relation avec lui.

Selon un premier point de vue, la complexité est considérée comme intrinsèque au système.

La complexité du système ne dépend donc, dans ce cas, que des caractéristiques de celui-ci.

Selon un second point de vue, la complexité est considérée comme extrinsèque au système. Elle est alors liée à la difficulté qu'a l'acteur, en relation avec le système, à comprendre précisément la structure de celui-ci ou à anticiper correctement son comportement. Cette conception est souvent résumée par la célèbre phrase de Klir : « *La complexité est dans l'œil de l'observateur* ». Il s'agit donc d'une perception, d'un ressenti de l'acteur qui observe ou travaille avec le système.

Dans les deux points de vue considérés, apparaît souvent un autre mot : la complication. Ce mot caractérise classiquement un système qui peut être connu en utilisant une approche analytique durant un temps, si nécessaire, très long. Cela signifie, qu'entre deux prises d'informations ou deux actions sur le système, ce dernier n'a pas changé. C'est la raison pour laquelle, des auteurs préfèrent conférer le terme de complexe à des systèmes ayant une structure composée d'éléments en interactions fortement bouclées. Ces derniers systèmes ne peuvent alors pas être caractérisés avec une approche uniquement analytique. Nous ne prendrons pas ce parti. Dans le cadre de cet article, la complexité sera considérée comme une variable. On trouvera alors des systèmes faiblement complexes et d'autres moyennement ou fortement complexes. En d'autres termes, nous ne chercherons pas à repérer de seuils à partir desquels les systèmes pourraient être vus comme complexes.

Dans chaque point de vue, des méthodes vont être évoquées. Elles visent à évaluer la complexité du système et à la faire évoluer. Ainsi, pour appréhender de manière systémique la complexité, on distinguera pour chacun des deux points de vue : la finalité, la structure et les interactions du système.

# 1. Complexité : propriété intrinsèque au système

## 1.1. Finalité

### 1.1.1. Caractérisation de la complexité

Le nombre, la nature et/ou la variété des fonctions possibles d'un système caractérisent ici sa complexité. L'être humain peut être ainsi vu comme complexe car il est capable de courir, sauter, nager sous l'eau, se balancer de lianes en lianes .... Il en va de même de certaines montres qui proposent des fonctions chronomètre, réveil... indiquent la température ambiante et... l'heure.

### 1.1.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système

En phase de conception, la détermination du besoin satisfait par un système et de ses fonctions principales peut être réalisée avec des méthodes du type « bête à cornes ». Cette méthode met en relation les questions suivantes : « A qui le système rend-il service ? » avec « Sur qui ou sur quoi agit-il ? ». Citons par ailleurs les analyses dites « structurées » (les analyses fonctionnelles...) qui permettent d'identifier et d'ordonner les fonctions et sous-fonctions d'un système. Dans ce cadre, une analyse de la valeur peut conduire à la réduction de la complexité d'un dispositif technique. Cela se traduit alors par la suppression d'une ou plusieurs fonctions : on simplifie les modalités de fonctionnement d'un appareil comme on a pu le faire avec certains magnétoscopes.

## 1.2. Structure

### 1.2.1. Caractérisation de la complexité

Le nombre, la nature et/ou la variété des éléments font que le système est alors considéré comme complexe. Par exemple, une solution aqueuse comportant de nombreux éléments exotiques peut alors être considérée comme complexe. De nombreuses machines entrent aussi dans ce cadre (par exemple les voitures actuelles).

### 1.2.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système

Des méthodes mathématiques sont apparues, notamment au XX<sup>ème</sup> siècle, afin de mieux caractériser des éléments ayant des formes complexes c'est-à-dire difficiles à décrire mathématiquement... C'est la raison pour laquelle sont parfois utilisées aujourd'hui des formules mathématiques élaborées, par exemple, fractales. On retrouve ici aussi quantité d'approches mathématiques de la sûreté de fonctionnement, de la recherche opérationnelle ... pour caractériser, par exemple, les pièces d'une machine au travers de leur taux de défaillance.

## 1.3. Interactions

### 1.3.1. Caractérisation de la complexité

Le nombre, la nature et/ou la variété des interactions caractérisent ici la complexité. Les interactions entre les éléments peuvent, ainsi parfois, prendre la forme d'une dynamique qui est difficile à mesurer et à prédire. Le comportement du système est alors considéré comme complexe. Par exemple, la dynamique chaotique présente au sein des masses d'air fait que les prévisions météorologiques sont difficiles à réaliser plusieurs jours à l'avance. Il en va de

même pour la difficulté de prévoir la trajectoire d'une bille de flipper ou d'une balle de billard, et ce, même en essayant de contrôler « parfaitement » la force que l'on impulse. Pour ces trois exemples, c'est la sensibilité aux conditions initiales qui régit le comportement du système.

### **1.3.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système**

La dynamique des systèmes, le « bond graph » sont des méthodes qui permettent de représenter les interactions entre les éléments, en particulier lorsque les interactions sont bouclées ou circulaires. On retrouve aussi la plupart des méthodes mathématiques permettant de décrire la dynamique chaotique des systèmes.

L'évolution de la complexité d'un système peut alors passer par l'adjonction d'un élément supplémentaire ou l'amélioration d'un élément. Par exemple, pour réguler dans les villes les embouteillages dont l'ampleur est parfois difficilement prévisible, on peut proposer des voies de délestage ou construire des routes plus larges (en faisant attention aux effets pervers possibles comme l'augmentation de la quantité de voitures du fait de l'élargissement d'une route, ce qui ne fait alors que déplacer le problème).

## **2. Complexité : propriété extrinsèque au système**

Dans ce cas, la complexité du système varie en fonction de l'acteur. Elle est liée à sa difficulté à comprendre précisément la structure du système ou à anticiper correctement son comportement.

Les méthodes qui vont être évoquées permettent d'une part de mieux évaluer la complexité du système, ce qui revient donc ici à évaluer la difficulté de l'acteur, et d'autre part, de faire évoluer la complexité du système en agissant sur l'acteur et/ou le système lui-même.

### **2.1. Finalité**

#### **2.1.1. Caractérisation de la complexité**

Un système est vu comme complexe par l'acteur lorsque ce dernier n'est pas capable de savoir ce que va faire le système, où il va ... c'est-à-dire, en définitive, quelle va être la fonction remplie à un moment donné par le système.

C'est ce qui est arrivé à certains pilotes d'avion qui ne comprenaient pas bien le mode de fonctionnement particulier d'un pilote automatique et qui se sont littéralement « battus » contre le système automatique pour amener l'avion à bon port. De la même façon, toute personne habituée à une boîte de vitesse mécanique, éprouvera des difficultés lorsqu'elle conduira pour la première fois une voiture avec une boîte de vitesse automatique. Elle aura en effet l'impression que la voiture fonctionne de manière difficilement prévisible, du moins au début.

#### **2.1.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système**

On peut utiliser ici la notion de « quantité d'information » pour caractériser la difficulté de l'acteur face à ce type de problème ou alors procéder à des évaluations subjectives de sa difficulté.

Diminuer la difficulté en agissant sur le système : en le modifiant de manière à ce que l'acteur perçoive toujours bien ce qu'il est en train de faire (c'est-à-dire « maintenir l'homme dans la boucle »), on peut diminuer la complexité du système puisque l'on diminue la difficulté qu'éprouve l'acteur dans son interaction avec le système. Cela consiste notamment à intégrer dans les démarches projets des méthodes pour mieux prendre en compte les caractéristiques des futurs acteurs (approche Facteurs Humains, Soutien Logistique Intégré...).

Diminuer la difficulté en agissant sur l'acteur : la formation et l'entraînement sont des instruments qui vont permettre à l'acteur concerné de mieux maîtriser son système. Et, l'on doit être tout particulièrement vigilant dans ces processus car l'être humain est naturellement doué pour inférer des finalités qui peuvent parfois s'avérer inadéquates (intérêts et inconvénients des biais par confirmation).

## **2.2. Structure**

### **2.2.1. Caractérisation de la complexité**

Un élément matériel peut, ainsi, présenter des informations justes mais non adaptées à l'acteur. En effet, les caractères écrits sur l'élément matériel peuvent être, par exemple, trop petits pour être lus facilement alors qu'il n'y en aura qu'un faible nombre (les caractéristiques de la complexité selon le point de vue intrinsèque sont faibles). Par ailleurs, une procédure peut-être considérée comme complexe si l'on n'arrive pas à déterminer la signification des sigles. Enfin, à un niveau plus interprétatif, une notice de montage d'un matériel sera considérée comme complexe si l'on n'arrive pas à comprendre comment monter un meuble, ce qui arrive souvent lorsqu'elle ne contient que des dessins...

### **2.2.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système**

On peut par exemple demander à l'acteur de dessiner comment il se représente le système et voir les zones non représentées ou au contraire les connexions entre éléments qui ont été dessinées mais qui n'existent pas dans la réalité.

Diminuer la difficulté en agissant sur le système : l'ergonomie des interfaces acteur – système est une approche particulièrement adaptée dans ce cadre. Le design permet également d'atteindre ces objectifs en proposant des instruments dits « affordants » c'est-à-dire dont la forme suggère simplement la fonction qu'ils réalisent.

Diminuer la difficulté en agissant sur l'acteur : la formation est un moyen qui permet d'éviter les plus gros problèmes. Une des causes de l'accident du DC10 de la Turkish Airlines, survenu le 3 mars 1974, résulte de la trop grande difficulté qu'a eu un bagagiste pour lire une procédure en anglais. Cette procédure indiquait clairement comment fermer une porte de soute mais le bagagiste était pratiquement illettré...

## **2.3. Interactions**

### **2.3.1. Caractérisation de la complexité**

Le système est difficile à piloter car l'acteur n'est pas capable de doser, d'anticiper l'importance des réactions du système avec lequel il interagit. Il en va ainsi de la conduite d'une voiture nerveuse sportive que l'on risque de faire caler au démarrage, par exemple.

### 2.3.2. Quelques méthodes pour mieux évaluer et faire évoluer la complexité du système

L'étude des défaillances de l'acteur permet souvent de bien appréhender les difficultés qu'il éprouve. On peut aussi utiliser des évaluations subjectives de sa difficulté.

Diminuer la difficulté en agissant sur le système : le travail sur le système lui-même peut consister en un ajout d'un dispositif afin que l'acteur soit plus à même de gérer cette entité. C'est ce qui se fait avec l'introduction de certains dispositifs de sécurité dans les voitures. Cependant, l'introduction de ces dispositifs engendre aussi corrélativement une augmentation de la confiance en soi chez l'acteur (notion d'homéostasie du risque) qui peut l'inciter à rouler plus vite. Dans ce cas, la complexité du système ne diminue pas in fine pour l'acteur puisqu'il le gère à vitesse plus grande.

Diminuer la difficulté en agissant sur l'acteur : l'entraînement est l'un des moyens importants. Par exemple, avec le travail sur simulateurs d'avion, l'interaction devient de plus en plus facile entre le pilote et les instruments de son cockpit. Les relations causales entre ses actions et les effets renvoyés par le système deviennent prédictibles pour lui. La complexité du cockpit diminue alors.

## Conclusion

Tout au long de l'Histoire des techniques, les points de vue intrinsèque et extrinsèque ont souvent évolué de manière concomitante. On a pu observer des « transferts de complexité » entre points de vue. Ainsi, le passage des appareils photos avec réglage manuel de la prise de vue vers des appareils à réglage automatique a entraîné une augmentation de la complexité intrinsèque et une diminution de la complexité extrinsèque pour l'utilisateur. On peut aussi assister à des évolutions parallèles. Considérant les mêmes exemples d'appareils photos précédents, c'est à ce type d'évolution parallèle que sont contraints de s'adapter, aujourd'hui, les réparateurs. Ceci amène cette profession, dans certains domaines, à une grande spécialisation (le secteur automobile) ou cela conduit à sa disparition (le secteur du petit électroménager). On préfère en effet, dans ce dernier cas, jeter le produit et en changer, plutôt que de le réparer.

Enfin pour terminer interrogeons-nous. Y a-t-il un point de vue sur la complexité à privilégier dans notre entreprise ? un point de vue sur lequel il est plus rentable de se focaliser en priorité ?

En fait, se poser cette question ne résulte-t-il pas déjà d'une vision par trop cartésienne privilégiant abusivement le « ou » ? vision que l'on retrouve lorsqu'on décide de placer, à un poste de travail, un robot ou un homme, même si la réalité du terrain nous rattrape souvent pour mettre un opérateur supplémentaire pour surveiller, maintenir... la chaîne de robots.

Alors, la réponse à la question semble plutôt être qu'il faut développer l'un et l'autre des points de vue car chacun d'eux a d'autant plus de valeur que l'autre est aussi promu (notion d'émergence).

Si tel est le cas dans une entreprise, cela indique une chose importante : cette entreprise n'est pas monolithique dans sa manière d'aborder les problèmes et les solutions, ce qui, d'après de nombreuses études, est peut-être l'un des meilleurs gages de sécurité.

Pour plus d'informations, vous pouvez consulter la rubrique « Systèmes complexes » dans l'Encyclopédie des Techniques de l'Ingénieur qui présente un grand nombre d'articles didactiques sur ce sujet.