



λμ 21- Conférence introductive

**De la sûreté de fonctionnement à la maîtrise des risques :
un regard sur le passé pour mieux se projeter dans
l'avenir.**

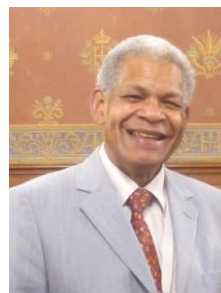
**Quelles que soient les sciences, leur progression est liée à l'évolution
des besoins humains.**

**From dependability to risk management:
a look at the past to better project into the future.**

**Whatever the sciences, their progression is linked to the evolution of
human needs.**



André Lannoy, IMdR



Guy Planchette, IMdR

Résumé

Après avoir rappelé quelques faits importants de l'évolution de la maîtrise des risques et de la sûreté de fonctionnement depuis l'Antiquité, la conférence s'intéresse de façon détaillée à la période 1937 à nos jours et y distingue plusieurs périodes : la naissance de la fiabilité moderne (1937-1948), le développement de la fiabilité (1948-1960), l'avènement des fiabilistes (1960-1974), la safety culture decade (1975-1990), maximiser efficacité- performances- et- profits (1990-2007), le retour à la sûreté- l'aversion au risque (2007-2015). Pour chacune de ces périodes, la conférence se réfère aux contextes (historique, social et économique) et fait le lien avec les évolutions méthodologiques et les progrès de nos disciplines. Aujourd'hui s'amorce une nouvelle période relative à l'arrivée de la transformation numérique dont l'impact sur le futur ne semble pas négligeable. La conférence liste les 4 défis majeurs qui, selon les auteurs, se posent à la communauté de la maîtrise des risques et de la sûreté de fonctionnement :

1. maîtriser les données,
2. modéliser et aller vers une vision globale intégrée,
3. optimiser et aider à la décision en contexte incertain,
4. anticiper l'après-événement, pour préparer l'avant-événement,

tout en rappelant que le bon sens de l'ingénieur, la compréhension physique et l'ouverture d'esprit vers la complexité restent des compétences clés qu'il ne faut surtout pas oublier.

Summary

After having recalled some important facts of the evolution of risk management and dependability since Antiquity, the conference is interested, in a detailed way, in the period 1937 to the present day and distinguishes several periods there: the birth of modern reliability (1937-1948), the development of reliability (1948-1960), the advent of reliability (1960-1974), the safety culture decade (1975-1990), maximizing efficiency- performance- profits (1990-2007), the return to safety and risk aversion (2007-2015). For each of these periods, the conference refers to the contexts (historical, social and economic) and makes the link with the methodological evolutions and the progress of our disciplines. Today is the beginning of a new period with the arrival of the digital transformation whose impact on the future does not seem negligible. The conference lists the 4 major challenges that, according to the authors, arise for the community of risk management and dependability:

1. master the data,
2. model and go towards an integrated global vision,
3. optimize and help decision making in uncertain context,
4. anticipate the post-event, to prepare the pre-event,

while recalling that the good sense of the engineer, the physical understanding and the open-mindedness towards the complexity remain key competences that one must not forget.

1. Un bref regard historique

Depuis des millénaires, l'être humain a toujours été confronté à de nombreux dangers et risques avec les effets dévastateurs de phénomènes telluriques, climatiques, technologiques, sanitaires, ...

Les populations anciennes, considéraient ces phénomènes comme l'expression d'une **punition divine**. Mais leur sédentarisation va créer de nouveaux besoins en abris, agriculture, méthodes et outillages. Ainsi les découvertes vont se succéder. « La sécurité/sûreté des structures a toujours été un besoin fort des sociétés. La tenue des maisons face aux menaces volcaniques ou sismiques fut une préoccupation forte ...Vers 1730 avant J-C, le roi Hammourabi développe un premier règlement visant à assurer un certain niveau de sécurité dans les maisons » (Lannoy, Lemaire, Delage *et al*, 2018).

Vitruvius (I^{er} siècle avant J-C) apparaît comme le **premier fiabiliste** de l'histoire (*De architectura*). Ses préoccupations sont bien des préoccupations d'ingénieur en sûreté de fonctionnement. Il semble être le premier à s'être préoccupé des besoins et de l'utilité (*utilitas*) (il fut le premier à réaliser une

analyse fonctionnelle), de la fiabilité et de la durabilité des structures (*firmitas*), de la capitalisation des connaissances existantes, de la codification de dispositions constructives, de la résistance aux agressions naturelles, et de l'esthétique (*venustas*).

Arnope l'Ancien (240-304 AD) dans son ouvrage (*Contre les gentils ou contre les païens*), va rédiger le **premier retour d'expérience** écrit en énumérant toutes les catastrophes historiques qui ont frappé le monde, depuis les invasions des sauterelles jusqu'à l'enlèvement de la belle Héléne ou les tremblements de terre, et à la chute de l'Atlantide, en faisant remarquer que les Chrétiens n'y sont pour rien (Vidal- Naquet, 2005).

Le mot **fiabilité**, apparaissant au cours de la deuxième moitié du XIII^e siècle, devient un mot très courant de la maîtrise des risques technologiques. Il provient du latin *fides*, foi, confiance, ce qui produit la confiance, la bonne foi, et du latin *fido*, se fier, avoir confiance, compter sur. Le mot « fiabilité » est reconnu par l'Académie des sciences en 1962.

Ce n'est qu'à partir de la « géométrie du hasard », initialisée en 1654 par Blaise Pascal, qu'une première étape **d'études probabilistes** s'intéresse aux risques engendrés par les jeux et entraîne l'établissement de statistiques de mortalité. Le risque va se connoter positivement dans la recherche de la maximisation des gains.

Leibniz raisonne sur la vie humaine, il modélise des apparences de mourir, explicite le calcul de l'espérance de vie, attribue une juste valeur aux rentes viagères. Dans ses raisonnements, le hasard n'est que l'ignorance de l'enchaînement des causes. Leibniz concilie le rôle de la Providence avec une équiprobabilité des destins individuels (Rohbasser, Véron, 2001).

Durant le XVII^e siècle, le grand incendie de Londres en 1666, le commerce maritime confronté à l'incertitude des retours des navires aux ports d'attache initient les bases des assurances modernes. Au début du XVIII^e siècle, Daniel Bernoulli (1738) définit le risque comme une mesure à deux dimensions : la probabilité d'un évènement et la gravité de ses conséquences.

L'ouvrage posthume de Thomas Bayes, *An essay toward solving a problem in the doctrine of chance*, est publié en 1763. Cet ouvrage va bouleverser les études de risque du XX^e siècle ; la méthode Bayésienne est maintenant devenue incontournable.

La théologie et la philosophie du XVIII^e siècle ne pouvant justifier une telle manifestation de colère divine, ce n'est qu'à l'issue du séisme qui a frappé Lisbonne le 1^{er} novembre 1755, que la notion de **responsabilité** quant aux conséquences positives et négatives découlant de décisions personnelles ou collectives apparaît. Le concept de **risque** prend alors naissance avec la querelle Voltaire-Rousseau.

Les premiers essais de fiabilité sur la force et la résistance de poutres en bois sont publiés en 1776 par Buffon.

Et ce n'est qu'à compter des années 1930 que les études d'évaluation du risque se développent à partir des besoins liés aux industries aéronautique et électrique. « En 1932, John R. Freeman établit l'historique des séismes (et de leurs effets) survenus aux États-Unis ...et propose des solutions d'atténuation des effets d'un séisme » (Lannoy, Lemaire, Delage *et al*, 2018). Entre 1930 et 1940, sir Alfred Grenville Pugsley va exprimer les premiers objectifs quantifiés de risque. Il « demande que le taux d'accident d'un avion « en considérant toutes les causes de pannes susceptibles d'entraîner un accident » ne puisse dépasser 10^{-5} par heure, dont 10^{-7} par heure pour les causes liées à la structure de l'avion » (Villemeur, 1988). Pugsley appliquera aussi les objectifs probabilistes pour dimensionner le génie civil à la fin des années 1940.

2. La naissance de la fiabilité moderne

Cette période s'étend de 1937 à 1948 et les années de guerre vont créer un formidable essor des recherches en fiabilité.

Bruno De Finetti (1937) va s'imposer pour la conception « subjective opérationnelle » de la probabilité.

En 1939, l'ingénieur et mathématicien suédois Weibull publie ses travaux sur la distribution dite de Weibull, utilisée pour les essais mécaniques, notamment en fatigue. Maintenant elle est aussi très

utilisée en probabilités. On peut remarquer que Weibull pensait que sa loi ne pouvait pas être pratiquée en fiabilité. D'autres distributions seront ensuite utilisées dans le domaine de la fiabilité. C'est alors la seconde guerre mondiale. L'industrie doit faire face à une production intense pour les besoins militaires. Et l'idée que la fiabilité d'une chaîne de production est celle de son maillon le plus faible est remise en question. Collaborant avec Wernher Von Braun sur les chaînes de fabrication des V1, Eric Pieruschka, en collaboration avec Robert Lusser, vont mettre au point le calcul de la fiabilité d'une chaîne, comme étant le produit des probabilités de survie de chacun des composants de la chaîne. La recherche opérationnelle apparaît en 1940 en Angleterre puis aux États-Unis à des fins de recherche militaire : il s'agissait pour le Royaume Uni d'utiliser au mieux ses moyens militaires, insuffisants à l'époque (avions, forces antiaériennes, moyens maritimes). L'idée fondamentale était de mettre autant de soin dans l'emploi des moyens qu'on en avait mis pour les concevoir et les construire.

3. Le développement de la fiabilité moderne 1948-1960

En 1949 est énoncée la loi de Murphy, peut-être mieux connue sous le nom de "loi de l'empoisonnement maximal" ou "loi de la tartine beurrée" : dès qu'il existe une possibilité que les choses tournent mal, elles tournent mal ! Une loi jamais démontrée mais expérimentalement toujours vérifiée.

Au début des années 1950, B. Epstein et M. Sobel vont présenter leurs travaux relatifs aux différentes formes de distribution de la durée de vie d'un matériel. La loi exponentielle des durées de vie correspond au cas particulier de l'hypothèse d'un taux instantané de défaillance constant, particulièrement bien adaptée aux équipements électroniques, et bien commode pour la modélisation.

Par ailleurs, les menaces de la guerre froide vont, d'une part faire redoubler le développement de systèmes d'armes performants pour la dissuasion et d'autre part créer une vive émulation entre les États-Unis et l'URSS pour des questions de prestiges nationaux. Les retombées de la technologie militaire et spatiale sur les télécommunications sont nombreuses (satellites de renseignements pour la transmission des images, géolocalisation, données mobiles, téléphonie mobile, ...).

L'armée américaine développe l'AMDE puis l'AMDEC. La référence militaire Mil-P-1629, intitulé "Procédures pour l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticités, est datée du 9 Novembre 1949. Cette méthode était employée comme une technique d'évaluation des défaillances afin de déterminer la fiabilité d'un équipement et d'un système, notamment les systèmes électroniques. Cette méthode est maintenant universellement utilisée dans tous les secteurs d'activité. La méthode a été élaborée par l'industrie de l'aviation et l'armée américaine à la fin de la seconde guerre mondiale, dans le but de fiabiliser et sécuriser les matériels volants (aéronautique, spatial). Son utilisation s'est d'abord étendue dans l'industrie, afin d'optimiser la sûreté de fonctionnement de matériels et systèmes représentant un risque important pour les personnes et l'environnement. Trois concepts vont venir compléter celui de la fiabilité : la disponibilité, la maintenabilité et la logistique de soutien, exprimant ainsi la sûreté de fonctionnement (*dependability*).

Les premières études relatives au facteur humain sont lancées aux États-Unis.

L'AIEE (*American Institute of Electric Engineers*), devenu l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) en 1963, tient en 1954 son premier congrès de fiabilité. On voit également les premières utilisations des processus de Markov dans l'industrie.

En 1955, en France, est publiée la première étude de fiabilité par le CNET (Centre National d'Études des Télécommunications), pionnier des études de fiabilité. C'est alors qu'apparaît le mot français « fiabilité », sous l'impulsion de Paul Blanquart et de Guy Peyrache » (Lannoy, 2008). Et l'Académie française va accueillir le terme « fiabilité » en octobre 1965.

4. L'avènement des fiabilistes 1960-1974

Avec la conception et la mise en œuvre des centrales nucléaires, les préoccupations de sécurité / sûreté deviennent alors importantes ... « Les accidents potentiels sont classés, hiérarchisés, analysés dans le détail, tant en gravité qu'en fréquence » (Lannoy, 1988). Ainsi naît le principe de la défense en profondeur.

Le développement d'autres types d'industries (automobile, chimie, pétrolier, ...) va profiter de l'élan donné par l'industrie nucléaire.

Ces avancées concernent donc les progrès méthodologiques : les connaissances, les démarches, les méthodes, ..., mais aussi de très nombreuses avancées pour la société tout entière (et considérables pour les sociétés industrielles) : la démocratie, l'augmentation de la durée de vie, des industries et des transports plus sûrs, le progrès scientifique, le progrès technique, le progrès médical, le progrès économique, une plus grande sécurité / sûreté associée à une meilleure politique de prévention et de protection, l'homologation nécessaire des industries de processus dites dangereuses (l'objectif étant de limiter les impacts éventuellement néfastes dès la conception), les démarches qualité, les actions vis-à-vis des consommateurs qui vont se généraliser dans les années 1970...

Barlow et Proshan (1965) montrent l'impact de la maintenance sur la fiabilité. La très célèbre Mil-Hdbk-217 (édition B) concernant la fiabilité électronique est publiée en 1974.

Citons également les faits marquants en France : les rencontres dès 1972 (Congrès National de Fiabilité, 1972, 1974, 1976), le $\lambda\mu 1$ en 1978 (dont les organisateurs sont le CEA, le CNES, le CNET, avec le support de la DGA), le $\lambda\mu 6$ à Strasbourg (1988) avec en 1989, la création de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement (ISdF) par Jean-Gérard Roussel du CNES, les premiers traités en français : la traduction en français du Bazovsky (1966), P. Chapouille et R. De Pazzis (1968), Schwob-Peyrache (1969), Ligeron-Marcovici (1974).

5. Les évolutions vers la maîtrise des risques

5.1. La « *safety culture decade* » 1975-1990

Les études de sûreté nucléaire s'intensifient grâce au rapport de N. Rasmussen (le Wash 1400 en 1975) où apparaît le concept d'arbre de défaillance (pour les causes) et d'arbre d'événement (pour les conséquences). Ces méthodes seront aussi utilisées pour l'étude du complexe pétrolier de Canvey Island (1978), qui voit également le développement de l'utilisation de modèles physiques. Ce sont les premières analyses de risque déterministes et probabilistes publiées. Ces types d'analyses vont se développer dans les industries de l'énergie (*oil&gas*, nucléaire). Ces analyses montrent l'intérêt du retour d'expérience qui commence à se développer dans la plupart des industries. Le retour d'expérience est en effet le matériau de base, la donnée d'entrée de toutes les études de sûreté de fonctionnement et de maîtrise des risques.

Tous ces progrès n'empêcheront pas, dans la décennie 70, les catastrophes industrielles, à commencer par le dramatique accident de Flixborough (1974) qui fait alors prendre conscience de la notion de risque technologique majeur, d'autant plus que cette catastrophe sera suivie de plusieurs autres (Seveso (1976), Amoco Cadiz (1978), Three Mile Island (1979), ...). Les années 80 vont accélérer le phénomène avec 24 catastrophes majeures répertoriées par la chronologie des catastrophes industrielles (publiée par Wikipedia), dont Bhopal (1984), Challenger (1986), Tchernobyl (1986), Piper Alpha (1988). La France se dote entre 1984 et 1986 d'un Secrétariat d'État chargé de la Prévention des risques technologiques et naturels majeurs tenu par le vulcanologue Haroun Tazieff. En 1986, Alain Carignon, Ministre chargé de l'Environnement, poursuivra la démarche.

Pourtant, malgré la parution en 1981 du livre de P. Lagadec *Le Risque Technologique majeur*, la notion de risque reste encore floue au début des années 1990 : risque et danger, risque et

incertitude sont souvent confondus. Mais, cette notion deviendra rapidement une variable centrale de la réflexion organisationnelle des entreprises.

Les retours d'expérience (REX) à la suite des accidents de Seveso et Three Mile Island ont donné lieu à un renforcement des exigences réglementaires (directive Seveso 1 en 1982), et à la mise en place de politiques de sécurité globale dans les grandes entreprises à risques. Ce formalisme s'est renforcé avec la directive Seveso 2 (1996), et la mise en place des Systèmes de Gestion de la Sécurité.

Les facteurs humains, dont l'importance avait déjà été signalée dans le Wash 1400, ont émergé dans les institutions françaises de la sûreté nucléaire peu après l'accident de la centrale nucléaire de Three Mile Island. Plusieurs analyses de cet accident ont mis en lumière l'importance du rôle de l'homme comme l'un des maillons essentiels de la sûreté. Apparaissent alors des ergonomes et des spécialistes des sciences humaines, de sûreté nucléaire et de facteurs humains. L'ouvrage le plus connu (Swain, Guttmann, 1983) est une référence de base pour tous les travaux ultérieurs. La méthodologie baptisée THERP (*Technology For Human Error Rate Prediction*) estime une probabilité d'erreur humaine (qui peut être définie par une action humaine qui a le potentiel de dégrader un système ou de rattraper une situation). L'homme est considéré comme l'un des composants du système. Ces données sont universellement utilisées dans les évaluations probabilistes de sûreté.

Aussi, les entreprises élargissent progressivement leur fonction sûreté à celle de gestion des risques. À ce titre, il s'agit d'une composante de la stratégie d'entreprise qui vise à réduire la probabilité d'échec ou d'incertitude de tous les facteurs pouvant affecter son projet d'entreprise.

C'est ainsi que divers écrits voient le jour sur les méthodes d'évaluation des risques, la préparation et la gestion des situations de crise :

- au tout début des années 1980, Alain Desroches ouvre la première formation de gestion des risques et de sûreté à l'Ecole Centrale.
- au mois d'octobre 1986, la revue spécialisée « Annales des Mines » consacre l'intégralité de son numéro aux risques technologiques majeurs.
- au début de l'année 1987, l'Association Française de Cadres Dirigeants pour le Progrès Social et Economique (ACADI) organise des travaux réunissant des experts venant d'horizons différents : aéronautique, chimie, nucléaire, pétrole, ... De ces réunions naît l'idée d'organiser un colloque d'envergure internationale sur le sujet. C'est ainsi que l'ACADI et l'UAP organisent ce type de colloque les 7 et 8 décembre 1987 à l'UNESCO à Paris, dans le but de confronter les expériences de différents secteurs industriels. De ces réflexions va naître une association qui prendra en 1990 l'appellation d'Institut Européen des Cindyniques (IEC) traitant de la science des dangers. Un livre *L'Archipel du danger* (Kervern, Rubise, 1991) propose une synthèse d'études d'accidents, tant dans les domaines technologiques, que domestiques.
- Alain Villemeur publie en 1988 son ouvrage synthèse sur les méthodes de sûreté de fonctionnement des systèmes industriels.

5.2. Maximiser efficacité, performances et profits 1990-2007

Bien que cette période ait également connu de nombreuses catastrophes (La Mède (1992), naufrages de pétroliers (1992, 1993, 1996, Erika 1999), AZF (2001), Columbia (2003), Jilin (2005), Buncefield (2005), ...), les retours d'expérience et de nombreuses approches scientifiques ont permis des progrès considérables en matière d'erreurs humaines, de facteurs organisationnels et de sûreté. Citons Reason (1990 et 1997) qui établit une classification des erreurs humaines en distinguant d'ailleurs les erreurs dites actives accomplies par l'opérateur des erreurs latentes liées à

l'organisation. Il contribuera avec l'ingénieur nucléaire J. Wreathall à populariser le modèle d'accidents organisationnels appelé « *Swiss Cheese Model* ». Ces travaux vont mettre en lumière l'importance des facteurs organisationnels venant en complément des facteurs humains (FOH).

Le leitmotiv auquel se réfèrent les responsables des entreprises à cette époque est clairement « toujours au moins aussi bien, voire mieux, et toujours moins cher » (*still as good or better and still cheaper*). Il s'agit de répondre aux attentes de l'économie de marché triomphante, toujours croissantes, et à la qualité des services et des produits. C'est une quête permanente d'une meilleure efficacité, de meilleures performances, d'une plus grande rentabilité. Le concept d'**Analyse de la valeur**, méthode venue des États-Unis et améliorée au Japon, puis arrivée en Europe vers 1960, se développe. AFNOR le définit comme « *une méthode de compétitivité, organisée et créative, visant à la satisfaction de l'utilisateur, par une démarche spécifique de conception, à la fois fonctionnelle, économique et pluridisciplinaire* ». Diverses normes NF X 50- 151-152 et 153 en explicitent les recommandations entre 1985 et 1991. Ce juste nécessaire recherché en conception est ensuite transposé, notamment en maintenance. La méthode RCM (*Reliability Centered Maintenance*) est développée et appliquée d'une part pour diminuer les coûts de maintenance préventive et augmenter la profitabilité, mais aussi pour mieux assurer la sûreté des systèmes industriels. A la fin des années 1990, de nombreux moyens sont dévolus à l'étude du vieillissement des systèmes, structures et composants compte tenu de l'importance des capitaux engagés dans le nucléaire, le raffinage ou dans les transports aérien et ferroviaire. De nouveaux concepts apparaissent avec la gestion du cycle de vie LCM (*Life Cycle Management*). Les reconceptions, les remplacements, les rénovations, les programmes de maintenance, les investissements sont optimisés par la gestion des actifs industriels (*asset management*). Ces études sont les premières actions de maintenance prévisionnelle.

Par ailleurs, les méthodes existantes permettant les calculs de fiabilité prévisionnelle des composants électroniques n'étant plus maintenues depuis plusieurs années, divers industriels souhaitent disposer d'une nouvelle méthodologie qui soit à la fois précise et réaliste. C'est en 1999 qu'est alors spécifiée une étude dénommée FIDES qui sera développée durant trois ans pour devenir une référence dès 2005.

De nouveaux regards explorent les méthodes d'aide à la décision. Les méthodes multicritères apparaissent et progressivement remplacent les méthodes coûts – bénéfiques utilisées jusqu'alors. Le *Health and Safety Executive* (1992) définit le principe ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) fondé sur l'analyse de risque, qui nous apparaît bien mieux adapté que les méthodes utilisées jusqu'alors (qualitatives ou subjectives, matrice de criticité).

Cette période est aussi la période de la guerre du golfe au Koweït. Le monde remarque les capacités logistiques de l'armée américaine. Le soutien logistique redevient brusquement un enjeu industriel fort et les processus de conception intègrent le soutien logistique qui est optimisé, comme la maintenance, dès la conception.

Cette période est marquée par le succès du passage à l'an 2000, montrant l'utilité et l'efficacité des méthodes de sûreté de fonctionnement.

En France, les congrès $\lambda\mu 11$ (Arcachon 1998), $\lambda\mu 12$ (Montpellier 2000), $\lambda\mu 13$ -ESREL (Lyon 2002) sont organisés par l'ISdF. Peu après le congrès de Lyon, l'IMdR-SdF, fondé par Guy Planchette avec le support de 14 membres fondateurs, se crée en reprenant les activités de l'ISdF, puis s'enrichit en 2006, grâce à la fusion avec l'IEC, devenant ainsi l'Institut pour la Maîtrise des Risques (IMdR).

Répondant aux questionnements et aux besoins engendrés par l'explosion de l'usine AZF, plusieurs organismes dont Total, créent en 2003 un Institut pour une culture de sécurité industrielle (ICSI) en lui confiant une mission de réflexion, de recherche et de formation sur les risques. Une fondation

(FONCSI) verra le jour en 2006 dans le but de développer cette culture de sécurité industrielle en finançant des projets de recherche autour des activités à risque.

5.3 Le retour à la sûreté, l'aversion au risque 2007-2015

Cette période est marquée par une aversion toujours plus forte vis-à-vis du risque. Déjà au début des années 2000, des évènements hors norme se sont produits : l'attentat du 11 septembre 2001, le tsunami de 2004 dans le sud-est asiatique, ... Le grand public perd confiance dans la compétence, les capacités et le sérieux des scientifiques, experts, hommes politiques, économistes, ..., à maîtriser ces évènements impensables et les rend tous responsables de ces catastrophes. On constate une défiance entre ce grand public et cette élite intellectuelle qui décide des grands projets. L'aversion s'accroît encore avec la crise des *subprimes* en 2008, Xynthia en 2010, Deep Water Horizon en 2010, Fukushima en 2011, les catastrophes ferroviaires de 2013, Tianjin en 2015, ...

Pour faire face à cette perception négative du progrès technique, de nombreux travaux en économie et psychologie ont, dès les années 80, porté sur la perception des risques et sa relation avec la prise de décision. La perception du risque par le public devient donc un élément de politique de gestion, d'information et de communication sur les activités présentant des risques pour l'humain. Citons la création, dès 1977 par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), d'un baromètre sur la perception des risques et de la sûreté dans le domaine du nucléaire.

A partir de l'effondrement meurtrier d'un pont autoroutier à Minneapolis en 2007, la prise de conscience que les budgets disponibles ne permettent plus de réaliser de grands projets va conduire au développement d'études sur la maintenance prévisionnelle des systèmes – structures – composants, sur le vieillissement et la durabilité, sur la gestion optimisée des actifs industriels tout au long du cycle de vie, de l'avant-projet de conception à la déconstruction.

Les réflexions sur les risques sont nouvelles :

- en 2007 Taleb définit le domaine des risques courants ou médians par médiocristan (ou médianistan pour les Français (Lemaire, (2014)) et le domaine des risques extrêmes, impensables ou imprévisibles par extrémistan, La norme ISO 31000 donne une nouvelle définition du risque, insistant sur l'impact de l'incertitude (ne faudrait-il pas dire des incertitudes) et fondée sur la définition préalable d'objectifs, validés et partagés. Beaucoup de travaux concernent les traitements des incertitudes aléatoire et épistémique, sur la robustesse en conception. En France, outre l'ouvrage de Lemaire (2014), on peut signaler le livre de De Rocquigny *et al* (2008), à notre connaissance le seul à traiter des incertitudes, et le livre de Procaccia (2009) réalisant une synthèse des approches probabilistes fréquentielle et bayésienne pouvant être utilisées en analyse de risque.

- à partir de fin 2012, l'IMdR reprend les travaux de G-Y. Kervern sur les cindyniques afin de les rendre plus accessibles aux gestionnaires de risque ; ces travaux font apparaître la nécessité de travailler sur deux niveaux :

- redonner ses lettres de noblesse au concept de danger, de façon à intégrer la complexité des systèmes et d'autres types d'éléments pathogènes (complémentaires à ceux déjà connus), comme des ambiguïtés ou des flous, des lacunes et des dissonances,
- s'intéresser à la vulnérabilité des situations explorées avant de procéder à la vraisemblance et à la gravité des conséquences des évènements redoutés.

5.4 Aujourd'hui, la transformation numérique, de 2015 à ?

La sécurité / sûreté est toujours en développement. Beaucoup de thèmes apparaissent liés à la cybersécurité, même si les préoccupations maintenant traditionnelles des méthodes de sûreté de fonctionnement, de maintenance ou de facteurs humain et organisationnel demeurent.

De nouvelles technologies, aux noms souvent anglo-saxons, apparaissent : *open data*, *big data*, *data science*, *machine learning*, intelligence artificielle, analyse sémantique... et concernent des innovations dans les systèmes d'information et donc dans les données d'entrée. Le retour d'expérience va être profondément perturbé par l'arrivée de données massives, notamment de surveillance (les données dites HUMS, *Health and Usage Monitoring Systems*). On va passer du trop peu au trop plein, du statique au dynamique.

En aval toutes les méthodologies seront elles aussi, peu ou prou, perturbées. Certes on va bénéficier d'opportunités de développement, par exemple aborder la complexité, avec plus de possibilités et peut-être de pertinence. On aura assurément des données plus nombreuses et plus fiables, qui permettront de prendre en compte des données diverses hétérogènes et donc d'anticiper les conséquences et les politiques de prévention. Cependant il y aura aussi de nouveaux risques, des insécurités nouvelles et le développement des attaques cyber. La modélisation va aussi profondément changer. Devraient se développer les modèles dépendant du temps, les modèles de simulation, les modèles supervisés types boîtes noires, les réseaux neuronaux, les réseaux probabilistes, les modélisations physico-fiabilistes.

6. Et maintenant quel futur à la SdF et à la maîtrise des risques ?

Il n'est guère évident d'anticiper. « *Les prévisions sont difficiles surtout lorsqu'elles concernent l'avenir* » (selon Jacques Chirac dans le domaine politique). Aujourd'hui prévoir le futur n'a jamais été aussi difficile. Là, prévoir pourrait être remplacé par prédire. La transformation numérique est en plein développement, exponentiel, et on ne sait pas ce qu'elle va apporter à notre discipline, tant sur le plan des opportunités que de l'apparition de nouveaux types de risques. Il est sûr qu'elle apportera des éclaircissements, de nouvelles méthodes, de nouveaux modèles, de nouvelles innovations, elles vont faciliter les décisions, plus rapides, car plus documentées. Cependant toute avancée présente des incertitudes et donc des risques, que nous ne connaissons pas, dont nous ne connaissons pas les conséquences, peut-être des risques imprévisibles, auxquels nous ne sommes pas préparés.

Quatre défis nous paraissent aujourd'hui des domaines prioritaires. Les *trois premiers* suivent les grandes phases proposées par De Rocquigny *et al* (2008) et Lemaire (2014) : **(1) traiter les données incertaines, (2) modéliser, propager l'incertitude et acquérir une vision globale, (3) aider à la décision en contexte incertain.** Le *quatrième défi* est plus spécifique, **précisant un domaine où des efforts importants sont à réaliser.**

Néanmoins insistons sur les **trois compétences clés** des personnes en charge ou en lien avec la maîtrise des risques ou la sûreté de fonctionnement :

- la première est le **bon sens de l'ingénieur** (ce que rappelait fréquemment Jean-Claude Ligeron) ; cela concerne l'ingénieur, l'expert, l'analyste comme le décideur ; tout résultat doit être jugé à l'aune du bon sens ; il ne faut pas juger et décider sur un critère, un calcul, une donnée, une thématique, une croyance ; notre domaine est multidisciplinaire ; il n'y a pas de décision optimisée au sens propre du terme, toute décision ne peut être qu'un compromis que l'on choisit le plus judicieux, le plus rigoureux, le plus documenté, le plus honnête possible et le plus « acceptable » par les autres ;
- la seconde est la **compréhension physique des phénomènes** ; indispensable en phase de conception pour développer un nouveau produit ou une nouvelle installation, elle est aussi indispensable en phase d'exploitation – maintenance ; on a pu constater de nombreuses fois que les incidents – accidents empiraient lorsque les opérationnels ne comprennent pas les évolutions, les phénomènes physiques ; on ne doit pas accepter les résultats des « boîtes noires » sans avoir interprété et compris physiquement les phénomènes et leurs évolutions ; il faut toujours en chercher le sens ;
- la troisième est **l'ouverture d'esprit vers la complexité**, vers la capacité de réconcilier les savoirs, de jeter des ponts, d'établir des correspondances entre des disciplines (sciences techniques, sociales, biologiques, écologiques, économiques, ...) qui jusqu'à ce jour évitent

de communiquer entre elles ; il est aujourd'hui nécessaire d'acquérir la capacité de comprendre à la fois, l'unité et l'interdépendance des sous-systèmes composant les systèmes sociaux-techniques, afin de respecter le principe de Pascal : « *Je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus de connaître le tout sans connaître les parties ...* ».

6.1 Défi n° 1 : maîtriser les données (du trop peu au trop plein)

L'arrivée des nouveaux outils technologiques (assistants virtuels pour la collecte, objets connectés (IoT), systèmes HUMS, industrie et maintenance 4.0, *big data*, TAL (traitement automatique des langues), ...) va profondément bouleverser la maîtrise des risques et la sûreté de fonctionnement. Le retour d'expérience (sa collecte et son traitement) est le premier affecté et va profondément influencer sur toutes les autres thématiques de la maîtrise des risques et de la sûreté de fonctionnement. Des données seront présentes en masse, d'autres (par exemple les défaillances) vont s'appauvrir, toutes seront très hétérogènes. Ces facilités technologiques, une collecte plus facile, de nouveaux outils de traitement vont nous faire passer d'une période au trop peu de données où la modélisation est plutôt statique, à une période au trop plein de données où une approche dynamique du comportement fiabiliste peut être envisagée. On passe d'un retour d'expérience statique à un retour d'expérience dynamique.

Il est probable que ces nouveaux outils vont nous conduire à une meilleure connaissance du profil d'usage (ou profil de fonctionnement), des dégradations de toute nature, des défaillances, des incidents et des dysfonctionnements. Ce bouleversement peut cependant remettre en cause, sous certains aspects, les méthodes d'analyse et d'interprétation de l'expérience, tous les modèles et toutes les approches actuellement utilisés, notamment les pratiques de validation.

Les données impactent trois aspects principaux de l'incertain : la variabilité intrinsèque (facteurs environnementaux, facteur humain, ...), le manque de connaissances (observations rares, imprécises, ...), la complexité (qui provient de l'union d'un grand nombre de sous-systèmes ou de la volonté d'anticiper un comportement futur ...), mais aussi l'ambiguïté, l'indétermination. On devrait dire les incertitudes, et toujours employer le pluriel.

On devrait voir se développer l'analyse de données, l'apprentissage automatique, le traitement du langage naturel... Ces techniques devraient permettre d'analyser à partir des données des comportements a posteriori, de détecter des signaux faibles, d'anticiper des défaillances, de lever des ambiguïtés, d'établir des pronostics d'évolution, de proposer des solutions, de faciliter le travail des experts pour l'analyse à l'interprétation.

Pour ce faire il faudra au préalable savoir gérer les données amassées, les valider, maîtriser les nouvelles connaissances, garantir une sécurité/sûreté plus élevée, tout en protégeant les données des attaques cyber.

6.2 Défi n° 2 : modéliser : aller vers une vision globale et intégrée

Un système socio- technique est composé de différents sous-systèmes (technique, documentaire, acteurs et organisation, connaissances et logiciels, juridique, environnemental, démographique, économique ...), baignés dans un environnement. Ces sous-systèmes sont des parties d'un tout et ont la particularité d'être tous reliés entre eux et avec l'environnement par des interactions (quelquefois aussi des rétroactions), celles-ci possédant la propriété de faire émerger le système global.

Le défi de la globalité nous mène au défi de la complexité. Il nous faut donc tenir compte des interactions existant entre ces différentes parties et ainsi compléter nos études actuelles qui ont tendance à étudier isolément chacun des sous-systèmes. Ceci nous conduira à mieux relier toutes les disciplines entre elles (sciences techniques, humaines, sociologie, ...) afin d'acquérir une vision globale du système.

De plus, contrairement aux interactions « linéaires » émanant des aspects techniques et documentaires, la présence d'acteurs multiplie des interactions sociales intégrant des notions

d'objectifs, de valeurs, d'éthique, ... Cette remarque confirme la nécessité d'aborder nos études sous l'angle de la complexité.

Modéliser le comportement des systèmes socio- techniques dans leur contexte (technique, logistique, humain, organisationnel, environnemental, démographique, économique juridique, ...) pourrait être appréhendé *a priori* (par réseaux de Petri, simulation, réseaux probabilistes, ..., copules si la structure n'est pas connue), ou *a posteriori* (par surveillance, analyse du retour d'expérience, analyse de données, *big data*, réseaux neuronaux, apprentissage supervisé, ...). L'objectif est ainsi de permettre d'aborder la complexité avec plus de possibilités et de pertinence, de pouvoir mieux anticiper les risques et donc de développer et renforcer la prévention.

L'approche déterministe seule, nécessaire, incontournable, n'est plus concevable pour un dimensionnement sûr et robuste. Il faut développer les approches à la fois déterministes et probabilistes, les réseaux probabilistes, l'analyse de robustesse, l'analyse de sensibilité, les modèles dépendant du temps, les incertitudes de modèles ainsi que les aspects liés aux comportements humains (valeurs, croyance, éthique, ambiguïtés, dissonances, ...)

Il est manifeste que les modèles de sûreté de fonctionnement, les modèles en similitude, les modèles dynamiques vont être profondément affectés par l'afflux des données de surveillance. Ces problèmes seront principalement rencontrés dans les phases de conception, d'exploitation et de maintenance prévisionnelle.

6.3 Défi 3 : optimiser et aider à la décision

Les méthodes d'aide à la décision ont fortement progressé lors des années 2000.

Même si les méthodes coûts-bénéfices sont toujours amplement utilisées, les méthodes multicritères (dites MAUT, *MultiAttribute Utility Theory*) et les méthodes dites de gestion des actifs industriels (ou *asset management*) semblent commencer à s'imposer dans les études de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement.

La première difficulté à lever reste à définir des critères d'acceptation pertinents, validés et partagés par tous, l'objectif étant de rendre acceptables, donc acceptés, les nouveaux projets ou les projets innovants. Ces critères sont utilisés dans les analyses de risque.

Naturellement, parce qu'on privilégie la prévention, on s'oriente d'abord vers des critères probabilistes comme le font de très nombreux secteurs industriels. Mais on pourrait imaginer d'autres critères techniques, sociétaux, éthiques, économiques, ... Les critères probabilistes sont eux-mêmes difficiles à définir, soit par comparaison avec d'autres risques, soit en utilisant le retour d'expérience. *How safe is safe enough ?* Quel est le niveau optimal ? La méthode ALARP (*As Low As Reasonably Practicable* ; (HSE, 1992)) qui associe les coûts et bénéfices aux critères probabilistes nous paraît la méthode à retenir au détriment de la courbe de Farmer ou surtout de la matrice de criticité.

Une autre priorité est de comprendre comment se fait la décision, individuelle ou collective, sur la base des résultats des analyses de risque réalisées, des modèles et des données utilisées. Quels sont les rôles des objectifs, des croyances, des compétences, de l'expérience, des analyses probabilistes dans le choix des décisions ?

Tous ces points sont essentiels, car ils vont influencer sur les moyens de prévention et de précaution que l'on prendra pour supprimer, réduire ou différer les risques.

6.4 Défi n°4 : anticiper l'après évènement, pour préparer l'avant évènement

Il s'agit d'aller au-delà de la gestion de crise. Le sujet de la résilience dans le contexte des systèmes socio- techniques, notamment des systèmes complexes et des infrastructures critiques, est un sujet d'actualité depuis plusieurs années, notamment à la suite du très grave séisme d'Haïti en 2010. Être résilient se prépare avant la crise.

La résilience peut être définie rapidement comme étant la faculté d'anticiper, de se préparer, de s'adapter à des conditions changeantes, d'y résister, d'affronter et de piloter la crise, de répondre et

de retrouver rapidement l'état avant évènement ou du moins un nouveau niveau jugé acceptable de cet état (Linkov, 2017), optimiser le délai de retour et les coûts de préparation.

L'objectif est de définir les différentes notions apparaissant dans la problématique de la résilience des systèmes socio- techniques, de définir des indicateurs de résilience, de faire un état des travaux, modèles et outils existants et des applications traitées à ce jour, et de mettre en évidence les pistes de développement nécessaires à la quantification de la résilience.

Il convient d'évaluer les vulnérabilités, de réaliser les analyses de risque des systèmes, de modéliser installations, infrastructures critiques, réseaux dans le but de quantifier la résilience, afin de minimiser les coûts de préparation tout en optimisant le délai du retour.

Cet enjeu très particulier nous paraît à développer pour les risques industriels comme pour les risques naturels, les actions en France nous semblent insuffisantes à l'heure actuelle. Ce sont les raisons pour lesquelles, l'IMdR propose actuellement de lancer deux projets : l'un relatif au concept de vulnérabilité, le deuxième sur les méthodes de caractérisation et de quantification de la résilience.

7. Conclusion

Cette conférence fait le survol des activités de maîtrise des risques et de sûreté de fonctionnement, avec l'objectif de montrer les évolutions au cours du temps de nos disciplines. Comprendre le passé prépare le futur.

La maîtrise des risques et la sûreté de fonctionnement proposent des approches permettant de mieux comprendre le comportement des systèmes socio- techniques et de gérer l'incertitude. Ces approches sont multidisciplinaires et permettent de prévoir l'aptitude des systèmes aux fonctions requises, d'estimer les éventuelles conséquences si ces fonctions ne sont pas remplies. Faire une analyse de risque nécessite de procéder à des analyses qualitative et quantitative, déterministe et probabiliste. L'analyse qualitative est incontournable, mais se limiter à cette analyse serait dangereux, la vie réelle est probabiliste. Ces approches fournissent en outre une aide au décideur en contexte incertain. Elles permettent de comparer différentes options, d'optimiser les coûts. Elles sont à ce jour largement utilisées en Europe même si elles relèvent encore bien souvent du domaine de la R&D. La maîtrise des risques et la sûreté de fonctionnement ont clairement un avenir radieux.

8. Principales références bibliographiques

- Annales des Mines (1986), *Les Risques technologiques Majeurs*, Conseil Général des Mines, Revue, 193^e année, n°10-11, octobre-novembre 1986, France.
- Baillif L., Planchette G. (2013), *AFNOR-BIVI-Maîtrise des risques- I-30-60*.
- Barlow R.E., Proshan F. (1965), *Mathematical Theory of Reliability*, John Wiley&Sons, Inc. New York.
- Bayes Thomas (1763), *An essay toward solving a problem in the doctrine of chances*, Philosophical Transactions Essay LII, p. 370-418.
- Bazovski I. (1966), *Fiabilité – Théorie et pratique de la sûreté de fonctionnement*, Dunod.
- Bedford T., Cooke R. (2001), *Probabilistic risk analysis – Foundations and methods*, Cambridge University Press.
- Bernoulli Daniel (1738), *Specimen theoriae novae de mensura sortis*.
- Buffon (1776), *Histoire naturelle, générale et particulière*, servant de suite à la Théorie de la terre & d'introduction à l'histoire des minéraux, Imprimerie Royale, Supplément, Tome Troisième, voir le Onzième Mémoire : expérience sur la force des bois, pp 158-261.
- Chapouille P., De Pazzis R. (1968), *Fiabilité des systèmes*, Masson.
- De Finetti B. (1937), *La prévision : ses lois logiques, ses sources subjectives*, Annales de l'Institut Henri Poincaré.
- De Rocquigny, E., Devictor, N., Tarantola, S. et al (2008), *Uncertainty in Industrial Practice – A guide to quantitative uncertainty management*, Wiley.

- Desroches A., Leroy A., Vallée F. (2003), *La gestion des risques- Principes et pratiques*, Hermès Lavoisier.
- Epstein B., Sobel M. (1953), *Life testing*, Journal of the American Statistical Association, 48, 486-502.
- Health and Safety Executive (1978), *Canvey: an investigation of potential hazards from operations in the Canvey-Island/ Thurrock Area*, HMSO.
- Health and Safety Executive (1988), *The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations*. Discussion Document, HMSO, London. Revised edition, 1992.
- Kervern G.-Y., Rubise P. (1991), *L'archipel du danger – Introduction aux cindyniques*, Economica, Paris.
- Kervern G.-Y., P. Boulenger (2007), *Cindyniques – Concepts et modes d'emploi* – Economica, Paris
- Kobi A. (2008), *30 ans de λμ*, IMdR (Paris).
- Kobi A., Kahn P. (2008), *De la fiabilité à la maîtrise des risques : trente ans d'histoire*, REE N°8, septembre 2008.
- Lagadec P., (1983), *Le Risque Technologique Majeur et les situations de crise – Groupe de Prospective*, Secrétariat d'État à l'Environnement, Ministère de l'Urbanisme et du Logement.
- Lannoy A., Procaccia H. (1994), *Méthodes avancées des bases de données du retour d'expérience industriel*, Préfaces de Jean-Gérard Roussel et Yves Bertrand, 86, Eyrolles, Paris.
- Lannoy A. (2008), *Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement : repères historiques et méthodologiques*, Lavoisier, Paris.
- Lannoy A. (2016), *Limites, insuffisances et apports des approches probabilistes actuelles – Quelles leçons tirer ?*, in *Risques Majeurs, incertitudes et décisions*, sous la coordination de M. Merad, N. Dechy, L. Dehouck, M. Lassagne, MA Editions, Paris.
- Lannoy A., Lemaire M., Delage A. et al (2018), *La Fiabilité en mécanique- Des méthodes aux applications*, Presses des Mines, Paris.
- Lemaire M., en collaboration avec Chateaufort A., Mitteau J-C (2005), *Fiabilité des structures – Couplage mécano-fiabiliste statique*, Hermès – Lavoisier.
- Lemaire M. (2014) *Mechanics and Uncertainty*, iSTE/ Wiley, Mechanical Engineering and Solid Mechanics Series.
- Ligeron J-C, Marcovici C. (1974), *Utilisation des techniques de fiabilité en mécanique*, Technique & Documentation, Paris.
- Linkov Igor (2017), *The risk of not being resilient*, journée IMdR du 11 avril 2017, ENGREF, Paris.
- Procaccia H., Piepszownik L., Clarotti C. A. (1992), *Fiabilité des équipements et analyse statistique décisionnelle fréquentielle et bayésienne*, collection de la direction des études et recherches d'Electricité de France, 81, Eyrolles.
- Procaccia H. (2009), *Introduction à l'analyse probabiliste des risques industriels*, Collection sciences du risque et du danger, Editions Tec&Doc, Lavoisier.
- Reason J. (1997), *Managing the risks of organizational accidents*, Ashgate Publishing Ltd.
- Rohrbasser J-M., Véron J. (2001), *Leibniz et les raisonnements sur la vie humaine*, Institut National d'Études démographiques, Paris
- Rolina G. (2009), *Sûreté nucléaire et facteurs humains : la fabrique française de l'expertise*, Presses des Mines, Paris
- Schwob M., Peyrache G. (1969), *Traité de fiabilité*, Masson.
- Swain A.D., Guttman H.E. (1983), *Handbook of Human Reliability Analysis with emphasis on Nuclear Power Plant Applications*. NUREG/CR-1278, Washington, D.C., US Nuclear Regulatory Commission.
- Taleb N. N. (2010), *The Black Swan - The Impact of Highly Improbable*, The Random House Publishing Group, Second edition.
- US NRC (1975), *Reactor Safety Study: an Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants*, WASH-1400, NUREG 675/014, 1975.
- Vidal-Naquet, P. (2005), *L'Atlantide : Petite histoire d'un mythe platonicien*, Paris, Belles Lettres.

Villemeur A. (1988), *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, collection de la direction des études et recherches d'Electricité de France, 67, Eyrolles.

Weibull W. (1939), *A statistical theory of strengths of materials*, Ing. Vetenskaps Akad. Handl. N° 151; *The phenomena of rupture in solids*, Ing. Vetenskaps Akad. Handl. N° 153.

Note : La plupart des photos sont de source wikipédia.

Annexe 1 – Tableau des congrès $\lambda\mu$.

Annexe 2 – Carte de France des congrès $\lambda\mu$.

DMAR

		λμ	Lieu	Date	Président Comité d'organisation	Président Comité de programme	Thèmes
IMdR	Actes	21	Reims	2018	Christian GALIVEL (RATP)	Leïla MARLE (GRTgaz) Zohra CHERFI (UTC)	Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces
	Actes	20	Saint-Malo	2016	Philippe CORDAT (Thales)	Emmanuel LARDEUX (AIR LIQUIDE) Annie BRACQUEMOND (PSA)	La maîtrise des risques dans un monde en mouvement
	Actes	19	Dijon	2014	Jacques RAPOPORT (RFF)	Emmanuel ARBARETIER (APSYS-AIRBUS)	Décider dans un monde incertain : enjeu majeur de la maîtrise des risques
	Actes	18	Tours	2012	Pierre DUFOUR (Air Liquide)	Jean-François BARBET (SECTOR)	La maîtrise des risques des systèmes complexes
	Actes	17	La Rochelle	2010	Yves RAMETTE (RATP)	Elie FADIER (INRS)	Innovation et maîtrise des risques
	Actes	16	Avignon	2008	Philippe PRADEL (CEA - DEN)	André LANNOY (IMdR)	Les nouveaux défis de la maîtrise des risques
	Actes	15	Lille	2006	Jean-Louis RICAUD (Renault)	Laurent MAGNE (EDF)	Risques et Performances
	Actes	14*	Bourges	2004	Guy BOURGEOIS (INRETS)	Jean-Claude LIGERON (LIGERON SA)	Risques et Opportunités
ISdF	Actes	13 ESREL	Lyon	2002	Claude FRANTZEN (EDF)	Jean-Luc PELLETIER (TECHNICATOME)	Sûreté de Fonctionnement
	Actes	12	Montpellier	2000	Michel ETIENNE (SNCF)	Jean-Pierre SIGNORET (Total)	
	Actes	11*	Arcachon	1998	Jacques BOUCHARD (CEA - DAM)	André LANNOY (EDF)	
CEA CNES CNET	Actes	10	Saint-Malo	1996	J.P BARON (CNET) Vice-président : Yves BERTRAND (ISdF)	Jean-Claude LIGERON (LIGERON SA)	Fiabilité et maintenabilité
	Actes	9 ESREL	La Baule	1994	André REMONDIÈRE (CNES) Vice-président : Yves BERTRAND (ISdF)	Michel PAPAIX (CNES) Philippe LECLERCQ (MATRA)	
	Actes	8	Grenoble	1992	Philippe GARDERET (CEA)	P. KEIRLE (CEA)	
	Actes	7	Brest	1990	J. LE MEZEC (CNET)	Alain DOUGUET (CNET)	
	Actes	6*	Strasbourg	1988	Jean-Gérard ROUSSEL (CNES - ESA)	G. HAMEURY (CNES)	
	Actes	5	Biarritz	1986	Pierre THIERRY (CEA - DAM)	Jean-Marie SIMON (CEA - DAM)	
	Actes	4	Perros-Guirec	1984	J. JERPHANION (CNET LANNION)	R. GOARIN (CNET)	
	Actes	3	Toulouse	1982	ESA	André REMONDIÈRE (CNES)	
	Actes	2	Perros-Guirec	1980	A. PROFIT (CNET Paris)	R. GOARIN (CNET LANNION)	
	Actes	1	Paris	1978	Guy PEYRACHE (FIEE)	Michel CAMUS (SEE - GIEL, FIEE - CNES, CNET)	
CNET	?	0	Perros-Guirec	1976	André NIZERY (CNET)	?	Fiabilité électronique
	?	-1	Perros-Guirec	1974	André NIZERY (CNET)	?	
	?	-2	Perros-Guirec	1972	(CNET, SEE OUEST)	?	

λμ 6 Décision de fondation de l'ISdF (Jean-Gérard ROUSSEL)

λμ 11 Le λμ passe sous la responsabilité de l'ISdF

λμ 14 Premier λμ IMdR

TOUR DE FRANCE

λμ

QUARANTE ANS D'HISTOIRE

