



## Conférence

# La maîtrise des risques : La sûreté de fonctionnement – Les cindyniques Historique -Avancées – Perspectives

Guy PLANCHETTE, Jean-Pierre SIGNORET

### 1. Un bref regard historique

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

Les populations anciennes éprouvaient une certaine angoisse devant ces divers phénomènes. Mais leur sédentarisation va engendrer de nouveaux besoins en abris, agriculture, méthodes et outillages ainsi que de nombreuses découvertes.

Le mot **fiabilité** fait son apparition au cours de la deuxième moitié du XIII<sup>e</sup> siècle. Son origine provient du latin *fides*, foi, confiance, ce qui produit la confiance, et *fido*, se fier, avoir confiance, compter sur. Le mot « fiabilité » est reconnu par l'Académie des sciences en 1962. Historiquement vont se succéder :

- un ensemble **d'études probabilistes** s'intéressant aux risques engendrés par les jeux (B. Pascal) ;
- un projet de définition du risque par D. Bernouilli, comme étant une mesure à deux dimensions : la probabilité d'un évènement et la gravité de ses conséquences ;
- un ouvrage posthume de Thomas Bayes, *An essay toward solving a problem in the doctrine of chance*, qui va bouleverser les études de risque du XX<sup>e</sup> siècle ; la méthode Bayésienne est maintenant devenue incontournable ;
- des discussions philosophiques sur la notion de **responsabilité** quant aux conséquences positives et négatives découlant de décisions personnelles ou collectives. Le concept de **risque** prend alors naissance avec la querelle Voltaire-Rousseau.

### 2. La naissance de la fiabilité moderne et son développement

#### 2.1. Entre 1937 et 1948

Les années de guerre vont créer un formidable essor des recherches en fiabilité.

Les plus remarquables proviennent de :

- Bruno De Finetti (1937) qui va s'imposer pour la conception « subjective opérationnelle » de la probabilité ;
- Weibull (1939) qui publie ses travaux sur la distribution dite de Weibull ;

- Wernher Von Braun, Eric Pieruschka, en collaboration avec Robert Lusser (1939), 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 fiabilité d'une chaîne de composants en série ne peut pas être plus grande que celle de son maillon le moins fiable ;
- La recherche opérationnelle apparaît en 1940 en Angleterre puis aux États-Unis ;

## 2.2. Entre 1948 et 1960

Cette période de « la guerre froide » entraîne de nouvelles recherches.

Les retombées des technologies militaire et spatiale sur les télécommunications seront nombreuses (satellites de renseignements, géolocalisation, données mobiles, téléphonie mobile, ...).

L'armée américaine développe l'AMDE puis l'AMDEC. La référence militaire Mil-P-1629 est datée de novembre 1949. Cette méthode devenue universelle est utilisée dans tous les secteurs d'activité.

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.

En 1955, la première étude de fiabilité est publiée 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 accueillera le terme « fiabilité » en octobre 1965.

## 2.3 Période située entre 1960 et 1974

C'est dans cette période que la célèbre approche par arbres de défaillances a été développée aux États-Unis par les Bell Laboratories (Watson 1961) dans le cadre du projet Minuteman. C'est aussi cette période qui voit le développement et la mise en œuvre des centrales nucléaires. De ce fait, les préoccupations de sécurité / sûreté deviennent alors importantes. 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.

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 :

- le 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),
- les  $\lambda\mu$  à partir de 1978 à Paris,
- 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).

## 3. Les évolutions vers la maîtrise des risques

### 3.1. Développement de la culture de sûreté/sécurité - 1975-1990

Les études de sûreté nucléaire s'intensifient grâce au rapport de N. Rasmussen (le Wash 1400 en 1975) qui met en œuvre le concept d'arbre de défaillance (pour les causes) et introduit celui d'arbre d'événements (pour les conséquences). Des analyses de risques vont se développer dans les industries de l'énergie (*oil&gas*, nucléaire). Ces analyses montrent l'intérêt du retour d'expérience qui 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, une série de catastrophes industrielles (Flixborough (1974), (Seveso (1976), Amoco Cadiz (1978), Three Mile Island (1979), ...). Ces événements font prendre conscience de la notion de risque technologique majeur, d'autant plus qu'ils

seront suivis de plusieurs autres catastrophes : Bhopal (1984), Challenger (1986), Tchernobyl (1986), Piper Alpha (1988).

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. 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 tout en tenant compte des possibilités 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 de fonctionnement 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.

Sous l'impulsion des industriels (CNES, CNET et CEA) et avec le concours du Ministère de l'Industrie, l'Institut de Sûreté de Fonctionnement est créé en 1989 et rattaché administrativement au MFQ.

Il faut également citer la parution de divers événements et écrits sur les méthodes d'évaluation des risques, la préparation et la gestion des situations de crise :

- Alain Desroches ouvre en 1980 la première formation de gestion des risques et de sûreté à l'École Centrale.
- la revue spécialisée « Annales des Mines » consacre en octobre 1986 l'intégralité de son numéro aux risques technologiques majeurs.
- un colloque est organisé 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. *L'Archipel du danger* (Kervern, Rubise ) paraît en 1991.
- Alain Villemeur publie en 1988 son ouvrage synthèse sur les méthodes de sûreté de fonctionnement des systèmes industriels.

### 3.2. Améliorer l'efficacité - 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).

Toutes ces recherches s'orientent vers une quête permanente d'une meilleure efficacité. Le concept d'**Analyse de la valeur** se développe. 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 rentabilité, 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 les industries. De nouveaux concepts apparaissent avec la gestion du cycle de vie LCM (*Life Cycle Management*).

C'est en 1999 qu'est alors spécifiée une étude de calculs prévisionnels des composants électroniques - en remplacement de celles non maintenues à jour - dénommée FIDES - qui sera développée durant trois ans pour devenir une référence dès 2005 puis une norme (IEC 63142 actuellement en cours de développement).

Le soutien logistique redevient brusquement un fort enjeu industriel et les processus de conception intègrent le soutien logistique qui est optimisé, comme la maintenance, dès la conception.

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).

La science du danger mise en valeur par G-Y Kervern redevient importante et l'IMdR va organiser un groupe de travail et de réflexion pour mettre les cindyniques à la portée de tous.

**Désormais, l'IMdR s'appuiera sur deux piliers : la sûreté de fonctionnement et les cindyniques afin de mieux répondre aux exigences de sûreté/sécurité.**

En effet, pour la sûreté de fonctionnement, l'homme n'est considéré que comme l'un des composants du système. Or, la présence d'humains génère également des interactions qui font pénétrer dans le domaine de la complexité avec l'apparition de boucles de rétroaction et de phénomènes d'émergence. En conséquence, si la sûreté de fonctionnement apporte une réponse aux dangers « techniques », elle n'intègre pas les dangers liés à ces interactions humaines. La science du danger a donc permis de prendre en considération d'autres sources de risques pour rendre compte des finalités de l'œuvre collective, des aspects méthodologiques, des questions philosophiques, éthiques et déontologiques, propres à tout organisme, par définition complexe.

C'est la raison pour laquelle les cindyniques ont ajouté aux « aspects » scientifiques de la sûreté de fonctionnement, représentés par des données et des modèles, des qualificateurs complémentaires relatifs aux sciences humaines, intégrant les réglementations ou règles subies ou imposées, les valeurs qui guident les actions vers des buts et les finalités qui sont les buts visés par l'organisme. Grâce à ces cinq aspects qualifiants, des sources de risques non identifiables jusqu'ici sont devenues accessibles à la description.

Par ailleurs, 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.

### **3.4 La transformation numérique - 2015 à aujourd'hui**

Dans cette période on assiste à une mutation liée à l'énorme augmentation de la puissance des calculs numériques : partis de quelques kiloflops ( $10^3$  opérations en virgule flottante par seconde) on parle maintenant en tera ( $10^{12}$ ) voire en petaflops ( $10^{15}$ ) ! Des calculs nécessitant autrefois un centre de calcul sont maintenant réalisables sur un simple PC de bureau.

L'introduction de l'informatique dans les composants les plus simples qui deviennent tous plus ou moins "*intelligents*" engendre encore plus de complexité dans les nouveaux systèmes qui utilisent lesdits composants.

Les échanges numériques, l'interconnexion des systèmes par Internet et la mise en œuvre de techniques "à distance" (*téléopération, télémaintenance*) se généralisent et induisent de nouveaux problèmes liés à la cybersécurité.

De nouvelles technologies 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 risque de passer de la pénurie au trop-plein !

Ces technologies vont permettre d'aborder la complexité avec plus de possibilités. 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.

#### **4. Les challenges**

Comme évoqué ci-dessus, un des premiers challenges va être de faire face à cette mutation numérique qui ouvre des possibilités de modélisation et calcul irréalisables il y a seulement quelques années mais introduit des problèmes de plus en plus complexes à résoudre.

Parmi les autres challenges on peut évoquer :

- L'amélioration des techniques existantes :
  - . Développement d'approches globales permettant d'appréhender dans le même modèle les aspects technologiques, cindyniques, informatiques et humains qui sont traités séparément à l'heure actuelle.
  - . Traitement des aspects séquentiels (par exemple, arbres d'événement).
  - . Calcul des facteurs d'importance sur des modèles complexes et de grande taille.
  - . Prise en compte des événements dépendants (par exemple, défaillances de cause communes, corrélations).
  - . Prise en compte des incertitudes sur les données d'entrée pour en évaluer l'impact sur les résultats de calcul.
- La prise en compte et la modélisation de la maintenance prédictive pour être plus proche de ce qui se pratique dans la réalité où on essaye de maintenir les composants avant même qu'ils ne tombent en panne.
- La génération automatique de modèles :
  - . à partir de systèmes experts et de l'intelligence artificielle
  - . à partir de langages de modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle
- Le développement des approches MBSA (Model Based Safety Analysis)
- La généralisation des calculs par simulation de Monte Carlo seule à même de prendre en compte les interactions complexes
- etc.

#### **5. Ouvrages relatifs à l'état de l'art actuel en SdF et cindyniques**

Comme avant de s'attaquer aux challenges il est sage de faire le point sur l'état de l'art afin ne pas réinventer ce qui est déjà acquis, l'IMdR a profité de la publication récente de deux ouvrages dans le

domaine de la maîtrise des risques pour demander à leurs auteurs de venir les présenter dans le cadre de son AG 2022 :

- Reliability Assessment of Safety and Production Systems (par J-P SIGNORET et A. LEROY).
- Cindynics, the Science of Danger (par G. PLANCHETTE)

Ces ouvrages sont consacrés à deux piliers de la maîtrise des risques : la SdF et les cindyniques. Le premier présente les techniques de calculs et de modélisation couramment utilisés en SdF et le second les approches cindyniques. Ayant pour but la diffusion à l'international de la vision de l'école française de la maîtrise des risques promue par l'IMdR, les deux ouvrages sont rédigés en anglais. Une version française est prévue pour le second.

## **5.1. CV des auteurs**

### **5.1.1. Parcours de Jean-Pierre SIGNORET**

Titulaire d'une maîtrise en physique nucléaire, c'est en faisant son service militaire comme scientifique du contingent au CEA à Saclay que J-P SIGNORET découvrit pour la 1ère fois le concept de fiabilité pour le contrôle-commande des sous-marins nucléaires. Trouvant le sujet innovant et intéressant, il décida de s'y investir. Il ne se doutait pas qu'il s'engageait dans un parcours qui allait durer 50 ans :

- 1972-1974 : CEA DAM
- 1974-1981 : CEA Bureau d'Etudes Probabilistes de Sûreté devenu IPSN puis IRSN
- 1981-2009 : ELF puis TOTAL
- 2009-2015 : TOTAL Technology Specialists (normalisation)
- 2009 -2022 : TOTAL Professeurs Associés (Cours SdF)

Il participa ainsi à l'introduction et au développement des techniques et approches utilisées couramment à l'heure actuelle et au passage de l'ère du papier-crayon à celui de l'informatique. C'est cette base qui lui a permis de participer au développement des codes de calcul SdF du CEA puis de lancer en 1982 le progiciel GRIF chez ELF. Continuellement amélioré depuis l'origine et associé aux données collectées par OREDA (lancé en 1980), ce progiciel est utilisé journalièrement chez TOTALÉnergies et de nombreuses licences ont été concédées.

Il est à noter que le groupe de travail "Fiabilité" constitué par des membres de l'industrie nucléaire en 1974 a été élargi à toutes les industries en 1981 ("*Groupe inter-entreprises*") pour devenir le GTR "*Recherche méthodologique*" en 1988 à la création de l'ISdF. Ce groupe a été animé pendant plus de 20 ans par J-P SIGNORET et c'est sans doute un des plus anciens de l'IMdR où il perdure encore.

Outre les activités mentionnées ci-dessus, on peut citer :

- 1988-2002 : vice-président de l'ISdF.
- 1999-2001 : Président de l'ESRA (European Safety and Reliability Association)
- 2009-2015 : Président de l'UF56 (AFNOR)
- 2002-2022 : Participation CEI, ISO, UTE, AFNOR, BNPé et leader de plusieurs normes SdF

### **5.1.2. Parcours de Guy Planchette**

Diplômé des Arts et Métiers (promotion Aix 1958) et de l'ENSEEIH (spécialité Électrotechnique), j'ai réalisé l'ensemble de ma carrière à la RATP de 1965 à 2001.

J'ai acquis des compétences dans les domaines de la sûreté de fonctionnement et du management des ressources humaines en occupant divers postes de responsabilité (matériel roulant ferroviaire, équipements et systèmes électriques des installations fixes, ...) :

- 1965-1967 : études des nouveaux matériels roulants venant en remplacement des anciens matériels dits Sprague,
- 1967-1968 : responsable en atelier de grand entretien des matériels sur pneumatiques,

- 1968-1971 : ouverture et responsable de l'atelier de Rueil permettant l'entretien des matériels roulants circulant sur la partie ouest du RER,
- 1971-1975 : responsable de l'ensemble des ateliers de maintenance des matériels roulants sur pneumatiques,
- 1975-1985 : pilotage de la très forte modernisation du parc de matériel roulant et des ateliers,
- 1985-1990 : directeur du Département du Matériel Roulant Ferroviaire (3000 personnes et 4500 voitures),
- mi 1990 à mi 1992 : Délégué du Directeur Général Adjoint pour le secteur Maintenance-Travaux et Politique Industrielle, préparation des politiques générales,
- mi 1992 à mi 1998 : directeur du Département Équipements et Systèmes Électriques (2500 personnes), en pilotant sa complète réorganisation. Également responsable des automatismes ferroviaires, j'ai orienté les approches Système, Sûreté de Fonctionnement, Certification et homologation du projet METEOR (ligne à conduite automatique n° 14 du métro parisien),
- mi 98 à mi 2001 : création de la Délégation Générale à la Maîtrise des Risques Systèmes avec pour mission de développer et promouvoir la culture de la maîtrise des risques au sein de la RATP, expérience rapportée dans un livre : « Et si les risques m'étaient comptés ! ».

L'ensemble des connaissances acquises m'a naturellement conduit vers l'ISdF pour assurer la continuité de la présidence du GTR 45 traitant de la maintenabilité et du soutien logistique.

En 2001, l'ISdF est une entité du MFQ et organise le  $\lambda\mu 13$  sous son égide. Ce  $\lambda\mu$  est réalisé à Lyon en mars 2002 en partenariat avec le congrès ESREL. La responsabilité de l'organisation de cette manifestation m'est confiée.

Toutefois, dès le début de l'année 2002, quelques signes avant-coureurs sur la pérennité du MFQ prennent forme.

Avec quelques membres de l'ISdF, nous décidons que notre Institut doit continuer à vivre. Et un petit groupe de travail se met en ordre de marche pour créer un nouvel Institut. Ce sera chose faite, puisque le 2 juillet 2002, je dépose les statuts de l'Institut pour la Maîtrise des Risques et de la Sûreté de Fonctionnement (IMdR-SdF) dont j'assume la présidence. A titre anecdotique, le MFQ dépose le bilan le 4 juillet 2002.

L'IMdR-SdF a donc fonctionné au départ, sans locaux, sans téléphone et pour couronner le tout, j'ai appris par le liquidateur que le MFQ avait déposé le nom de l'IMdR et que notre Institut ne pouvait l'utiliser. En conséquence, l'IMdR n'existait pas ! Il a fallu que l'AFAQ rachète le nom et nous le rétrocède pour l'euro symbolique. Ce qui explique qu'en échange, un représentant AFNOR participe à tous nos conseils d'administration.

Le premier  $\lambda\mu$  organisé par l'IMdR-SdF, sera le  $\lambda\mu 14$  qui se déroulera avec succès à Bourges.

Poursuivant l'acquisition de connaissances dans le domaine des cindyniques avec G-Y Kervern, je deviens Président en septembre 2003 de l'Institut Européen des Cindyniques. Cet Institut souhaite rejoindre l'IMdR et des travaux seront mis en œuvre pour atteindre cet objectif. Ce sera chose faite mi 2006. De ce fait, l'IMdR-SdF devient l'Institut pour la Maîtrise des Risques (IMdR) avec trois composantes (Sûreté de Fonctionnement – Management – Cindyniques).

Transmettant la fonction de Président de l'IMdR en juillet 2009, je suis nommé Président d'honneur de l'IMdR.

## 5.2. Reliability Assessment of Safety and Production Systems

L'idée de rédiger cet ouvrage est issue de la réflexion suivante :

- "*Dependability*" en anglais est traduit par "*Sûreté de fonctionnement*" en français mais le premier concept ne couvre que les aspects économiques alors que le second couvre aussi la sécurité. Il en résulte un problème en France (avec l'IMdR) et à l'international car, du point de vue normatif, les versions anglaise et française sont réputées équivalentes.

- Les visions française (plutôt scientifique) et anglo-saxonne (plutôt pragmatique) bien que complémentaires engendrent des incompréhensions entre partenaires lors des projets internationaux.
- Les cours SdF dispensés à l'international manquent d'un support pour présenter la vision française sur le sujet.

Le besoin d'un ouvrage à large diffusion (en anglais) pour présenter la vision de l'école française de SdF se faisait de plus en plus pressant et en 2018 il a été décidé de réaliser un ouvrage pour combler cette lacune :

- Auteurs : J-P SIGNORET (auteur principal) et Alain LEROY, experts fiabilistes
  - Garant scientifique : Yves DUTUIT, expert fiabiliste
  - Qualité de l'anglais : Odile SIGNORET, traductrice technique
- Tous les participants sont à la retraite et cumulent plus de 130 d'expérience dans le domaine concerné. L'ouvrage a été publié par SPRINGER.

Selon le découpage ISO 31000 de la gestion des risques, l'objet de l'ouvrage entre dans le cadre de l'analyse de risque et plus particulièrement la modélisation et les calculs réalisés pour les analyses fiabilistes.

Le titre "*Reliability assessment*" a été choisi pour être compris du plus grand nombre (*dependability* étant restrictif et peu connu). Le titre français pourrait être : "*SdF des systèmes de sécurité et de production – Analyse, modélisation, calculs et études de cas*".

L'ouvrage comporte 887 pages réparties en 38 chapitres et 6 parties :

- 1 - Introduction, contexte et vue générale (15% du livre) :
  - . Histoire et vue d'ensemble.
  - . Concepts de base.
  - . Défaillances indépendantes et défaillances de cause commune (DCC).
  - . Extension à la disponibilité de production.
- 2 - Identification des risques et analyses qualitatives (5% du livre) :
  - . Approches inductives (PHA, HAZOP, AMDEC).
  - . Autres approches inductives.
  - . Comparaison des approches.
- 3 - Systèmes statiques et approches booléennes (32% du livre) :
  - . Mathématiques de base.
  - . BDF, ADD, ADE, diagrammes causes-conséquences, nœud papillon.
  - . Modélisation des défaillances de cause commune (DCC).
  - . Analyses qualitatives (coupes minimales).
  - . Analyses quantitatives, statiques / en fonction du temps (*binary decision diagrams* BDD).
  - . Cohérence / non-cohérence.
  - . États critiques et facteurs d'importance.
  - . Modélisation et traitement des incertitudes.
  - . Génération automatique des arbres de défaillance (ADD).
  - . Exercices.
- 4 - Systèmes dynamiques et processus stochastiques (29% du livre)
  - . Processus de Markov mono / multi phases.
  - . Simulation de Monte Carlo.
  - . Réseau de Petri stochastiques (RdPS).
  - . Markov / RdP pilotés par ADD / BDF. Principes de calculs.
  - . Propagation des incertitudes.
  - . Modélisation des DCC.
  - . Transitions dynamiques.
  - . Précision des calculs.
  - . Comparaisons des résultats et exercices.



## 5 - Disponibilité de production et Sécurité fonctionnelle (13% du livre) :

- . Analyse.
- . Modélisation.
- . Calculs et exercices.

## 6 - Normalisation (1,2% du livre) :

- . Organisation nationale (e.g., AFNOR), régionale (e.g., CEN) et internationale (e.g., IEC, ISO).
  - . Comités spécifiques à la sûreté de fonctionnement (IEC TC56), à la sécurité fonctionnelle (IEC TC65, ISO TC67), à la disponibilité de production (ISO TC67), etc.
  - . Inventaire des principaux documents relatifs à la SdF
  - . Appel pour une meilleure participation : "*Normalise toi-même où d'autres vont s'en charger pour toi !*"
- Collecte du retour d'expérience et incertitudes (2,8% du livre) :
- . De la nécessité des données pour faire des calculs.
  - . Normalisation de la collecte (ISO TC67).
  - . Estimation des données.
  - . Modélisation des incertitudes.

## Index. Termes apparaissant dans le livre (2% du livre)

Les 3/4 de l'ouvrage sont consacrés aux approches probabilistes et de nombreux exercices sont proposés et réalisables en utilisant la version de démonstration du logiciel GRIF mentionné plus haut. Cela inclut leur application aux cas particuliers de la "*disponibilité de production*" – qui gagnerait à être développée à l'IMdR - ainsi qu'à la "*sécurité fonctionnelle*" pour combler les lacunes des normes sur le sujet (e.g. IEC 61508).

A la fin de l'ouvrage, l'avant-dernier chapitre est consacré à la normalisation et un appel à une meilleure participation des ingénieurs fiabilistes peu attirés par cette activité alors qu'un GTR s'en préoccupe depuis quelques années à l'IMdR. Le dernier chapitre est, lui, consacré au nerf de la guerre nécessaire pour réaliser des évaluations pertinentes : la collecte du retour d'expérience. Domaine, qui comme la normalisation, est souvent un peu laissé de côté (surtout en sécurité fonctionnelle).

En résumé, cet ouvrage présente l'état de l'art des méthodes abordées, identifie les principales difficultés, alerte sur les problèmes insoupçonnés et propose des solutions rigoureuses. Le résumé de chacun des chapitres est visible à l'adresse : <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-64708-7>

Après un an de publication, les ventes dépassent 100 livres papier et environ 20 000 téléchargements de chapitres individuels ont été observés : ces résultats sont plutôt prometteurs !

### 5.3. Cindynics, The Science of Danger

Les puissantes intuitions de G-Y Kervern, tirées de retours d'expériences effectués sur les grandes catastrophes technologiques survenues au cours de la période 1970-1990, ont conduit à découvrir que les catastrophes ne sont pas des fatalités. L'analyse de ces événements montre « qu'il existe des points communs évidents dans les situations qui ont précédé l'apparition des grandes catastrophes ». Ce sont des déficits systémiques existant dans les organismes qui seraient des affaiblissements des défenses des organismes. Il les dénomme « déficits systémiques cindynogènes (DSC) » à partir du grec κίνδυνος (danger) et il les classe en 4 facteurs issus de la culture de l'organisme, 2 facteurs liés aux modes organisationnels et 4 provenant des processus de management. Par la suite, il découvrira l'existence d'autres types de déficits issus des interactions entre les êtres humains composant un organisme. Tous ces facteurs expliquent l'existence de **dangers** qui étaient inconnus des approches techniques et que nous ne savions pas décrire. G-Y K profitera des découvertes réalisées en mécanique quantique pour décrire des éléments non visibles au sein de la matière. C'est ainsi qu'il

est parvenu à décrire ces nouveaux dangers grâce à un outil qu'il a dénommé **hyperespace du danger**.

Ces nouvelles réflexions ont bouleversé nos connaissances et nos habitudes. De plus, le vocabulaire utilisé par G-Y K était difficilement accessible à tout le monde.

Partant de cette analyse qui faisait apparaître la puissance des découvertes dans un climat d'incompréhension par les scientifiques et les managers, l'IMdR a décidé de ré-adapter la démarche cindynique avec trois objectifs : décrypter, simplifier et partager, sans toutefois trahir l'esprit.

Un groupe de travail a été créé en 2012 et a conduit ces travaux jusqu'au début 2019.

Le livre paru en version anglaise « Cindynics – The Science of Danger – A wake-up call » présente l'ensemble des travaux du groupe. Une version française est en cours d'édition.

L'ouvrage comporte 213 pages réparties en un avant-propos, 7 chapitres et 13 annexes.

La préface est signée par André Lannoy et la postface par Jean-Marie Fessler.

#### 1. Avant-propos

Cette partie décrit d'une façon sommaire l'histoire du danger, des accidents et catastrophes. Après analyse de ces événements douloureux, G-Y K va découvrir l'existence de dangers d'un autre type que ceux utilisés au cours des analyses actuelles de risque. Cette nouvelle science des dangers sera dénommée cindynique.

Pour éclairer et rendre plus abordables les concepts cindyniques, un GTR de l'IMdR « Les cindyniques à la portée de tous » sera créé.

#### 2. **Chapitre 1** – Comprendre les Cindyniques

Pour une étude de risque, l'utilisation du modèle MADS-MOSAR explicite clairement la priorité donnée à la recherche des dangers. Mais ce modèle ne se limite qu'à l'exploration d'un tableau de dangers d'origine technique, sans prendre en compte les interactions humaines qui engendrent des dangers non connus actuellement. Pour ce faire, les Cindyniques utilisent une démarche, une méthode et des outils :

- la démarche ausculte l'émergence de nouvelles zones dangereuses créées par les évolutions inéluctables qui transforment silencieusement les **situations d'activités** ;

- la méthode utilisée est celle de la conceptualisation relativisée qui se fonde sur un nouveau processus de construction de la connaissance de l'inobservable, découlant des progrès de la physique quantique ;

- quant aux outils, ils permettent de cerner les dispositifs permettant de caractériser les situations d'activités et de qualifier les zones considérées comme dangereuses.

#### 3. **Chapitre 2** - De l'utilité de la démarche et de la méthode Cindynique

Les Cindyniques considèrent le concept de situation comme son élément fondateur qu'il faut caractériser, puis qualifier. La caractérisation s'effectue par une description objective de paramètres (horizons temporel-chronologique-spatial-géographique, contexte, réseaux d'acteurs parties prenantes). La qualification de la zone dangereuse se réalise en affectant des attributs, qualificateurs ou aspects, qui permettent une description relativisée de la situation.

Le choix des qualificateurs s'appuie sur les cinq caractéristiques de l'outil dénommé **hyperespace du danger** (données, modèles, règles, valeurs et finalités).

#### 4. **Chapitre 3** - De l'utilité des outils cindyniques

Ces outils permettent de décrire les dangers non encore identifiés. La description s'effectue en portant une succession de regards sur le comportement des parties prenantes retenues et ce à trois niveaux de l'organisme étudié :

- de son organisation globale, pour recenser les déficits systémiques ;
- de chacun des acteurs recensés dans le but de faire apparaître des déficits individuels ;
- des interactions entre les acteurs, mettant en relief des dissonances interindividuelles.

Les déficits et dissonances recensés constituent ces types de dangers.

#### 5. **Chapitre 4** - La réduction des sources de risques

Lister d'une part, les déficits systémiques, et d'autre part les déficits individuels et les dissonances interindividuelles en les rassemblant dans deux matrices, l'une pour les déficits l'autre pour les dissonances.

Il est alors possible de réduire les nouveaux dangers recensés en appliquant un plan d'actions capable de minimiser les conséquences possibles des déficits et dissonances mis en évidence.

## 6. Chapitre 5 - Regard comparatif entre Sûreté de fonctionnement et Cindyniques

La Sûreté de fonctionnement (SdF) est la science des défaillances techniques en explorant les dangers techniques. De plus, elle apporte les éléments indispensables au dimensionnement technique des équipements et à leurs aptitudes en matière de fiabilité, disponibilité et maintenabilité.

Les Cindyniques représentent la science du danger et élargissent leur regard à tous les dangers, qu'ils soient techniques ou d'origine complexe liée à toutes les interactions créées au sein des systèmes complexes (organisationnelles, managériales, culturelles, environnementales, ...). Elles s'attachent à explorer au sein des situations d'activités l'ensemble des vulnérabilités générées par ces dangers insuffisamment identifiés.

Même si ces deux démarches ont eu des histoires différentes et sont issues de cultures distinctes, sont-elles si concurrentes ou ne sont-elles pas plutôt complémentaires ?

## 7. Chapitre 6 – Perspectives

Des études, groupes de travail et formations sont pilotés par l'IMdR et l'IMC (Institut Méditerranéen des Cindyniques) aussi bien dans le domaine industriel que celui des collectivités territoriales. Mais aussi, en partenariat avec d'autres instituts, dans le secteur de la santé, de la famille et plus généralement dans les situations de crise graves, en insistant sur l'aide à la résolution des conflits que cette démarche peut apporter. Les perspectives visent à améliorer l'ensemble des outils mis à disposition dans les autres domaines des sciences sociales afin de les harmoniser dans des processus encore plus performants.

## 8. Chapitre 7 – Des exemples de démarches

Les quatre exemples étudiés (Bhôpal ; Queen Mary ; Deep water ; Covid 19) ont été choisis pour leur propre spécificité et sont largement développés.

Cependant leur étude souligne des points communs dus à la complexité de leurs situations d'activité : besoin de comprendre leurs contextes ; d'approfondir ou réajuster les dimensions des horizons des situations ; d'être attentif aux transformations lentes, aux changements du rythme ou de nature, aux problèmes d'interface, aux évolutions organisationnelles.

## 9. Chapitre 8 – Conclusion

En bénéficiant de toutes les avancées scientifiques, philosophiques et sociologiques, cette démarche est complémentaire des autres analyses de risques en leur permettant d'approfondir d'autres dimensions. Elle permet d'expliquer comment se fabriquent les situations dangereuses et d'analyser a priori des dangers non aisément perceptibles.

L'ensemble de ces travaux permet de rendre résilientes les structures des organismes étudiés, soit pour retrouver un nouvel équilibre, soit pour s'adapter à des contextes évolutifs dans le temps et dans l'espace.

## 10. Annexes

Douze annexes complètent le corps du livre pour préciser les compléments d'informations nécessaires aux études des quatre exemples présentés.

## 6. Conclusion

Comme cela est clairement annoncé sur le logo de l'IMdR, *Sûreté de fonctionnement* et *Cindyniques* sont deux piliers de la maîtrise des risques :



Les ouvrages présentés ici décrivent l'état de l'art dans ces deux domaines et leurs auteurs nourrissent l'espoir que leur lecture aura un impact positif sur la participation aux travaux de l'IMdR qui leur sont associés, notamment en ce qui concerne des thèmes un peu sous-représentés comme la *disponibilité de production*, la *normalisation* ou les *cindyniques*.

Le lectorat visé est quiconque impliqué dans la maîtrise des risques et plus particulièrement dans les études SdF et les études de danger. Rédigés de manière rigoureuse et pédagogique, ces ouvrages devraient être utiles pour l'industrie (opérateurs, consultants, fabricants/fournisseurs), les organismes de régulation ou de certification et les universités délivrant des cours sur le sujet. Au-delà des ingénieurs fiabilistes proprement dits, ils concernent les acteurs des équipes techniques (maintenance) aussi bien que les managers, les professeurs ou les étudiants.

Ils ont pour vocation de devenir des documents de référence nationaux et internationaux pour la diffusion nationale et internationale de la vision française de la maîtrise des risques soutenue par l'IMdR. Ils constituent un tremplin incontournable pour les développements méthodologiques et informatiques nécessaires pour faire face aux futur défis dans ces domaines.

## 7. Principales références bibliographiques

- Annales des Mines (1986), *Les Risques technologiques Majeurs*, Conseil Général des Mines, Revue, 193<sup>e</sup> 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.
- Le Bras H. (2020), *Naissance de la mortalité. L'origine politique de la statistique et de la démographie*, Hautes Études, Gallimard-Le Seuil, Paris. <https://www.seuil.com/ouvrage/naissance-de-la-mortalite-l-origine-politique-de-la-statistique-et-de-la-demographie-herve-le-bras/9782020406444>.
- Lemaire M., en collaboration avec Chateauneuf 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.
- Planchette G. (2021), *Cindynics, The science of Danger – A wake-up call*, ISTE, British Library.
- 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.
- Signoret J-P, Leroy A. (1992), *Le risque technologique*, Collection "Que sais-je?", Presses Universitaires de France, Paris
- Signoret J-P, Leroy A. (2021), *Reliability Assessment of Safety and Production Systems – Analysis, Modelling, Calculations and Case Studies. Ouvrage papier et version électronique*, SPRINGER, Suisse. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-64708-7>.
- 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.

## **Annexe 1 – Tableau des congrès λμ.**

## **Annexe 2 – Carte de France des congrès λμ.**

		λμ	Lieu	Date	Président Comité d'organisation	Président Comité de programme	Thèmes
	Actes	22	e-congrès	2020		Pierre-Etienne LABEAU	Le risque au cœur des transitions
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 REMONDIERE (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 REMONDIERE (CNES)	
	Actes	2	Perros-Guirec	1980	A. PROFIT (CNET Paris)	R. GOARIN (CNET LANNION)	
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

\*λμ 11

\*λμ 14

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

Le λμ passe sous la responsabilité de l'ISdF

Premier λμ IMdR

## Histoire des congrès Perros-Guirec puis des λμ (tous les 2 ans)

