

RISQUES

J'aimerais que vous fassiez de cette phrase votre devise " On n'est jamais trop prévoyant "

PIERRE ETAIX



N°4

LA PREVENTION

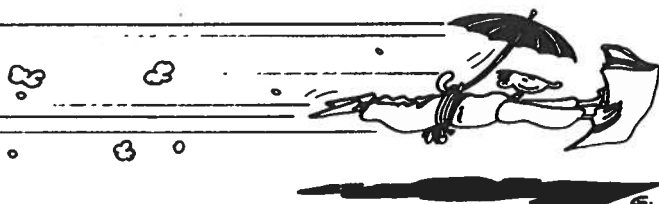
JANVIER 1991

LES CAHIERS DE L'ASSURANCE

SCEPRA - 9 RUE D'ENGHIEN - 75010 PARIS

TÉL : 42 46 19 56 - FAX : 48 00 97 22

Fièvres



◆ L'âge moyen des salariés en France était en 1988 de 39,2 ans. C'est ce que révèle une étude de l'Institut Adia de gestion économique et sociale. **La population active vieillit**, l'âge moyen était de 38,30 ans en 1979 et de 37,60 ans en 1983. Une analyse plus fine par CSP montre que si les ouvriers, et employés vieillissent, l'âge moyen des cadres est lui, resté stable.

◆ Les sommes garanties par les quelques 2.000 compagnies d'assurance-vie de la CEE équivalent à la **totalité des dépôts bancaires** dans la Communauté et représentent 53% de son P.N.B.

◆ **Sémantique** : soit une compagnie d'assurance santé attaquée par une fédération mutualiste et condamnée pour concurrence déloyale : elle avait utilisé le terme « mutuelle » dans sa publicité. Soit la même fédération condamnée dans une autre affaire pour avoir dans une campagne de publicité dénigré les compagnies d'assurance. Y a-t-il encore un langage commun aux assurances ?

◆ L'audit de l'assurance en **Europe** effectuée par Arthur Andersen donne les tendances des cinq prochaines années. Trois soucis majeurs. D'abord celui des concentrations, ensuite celui de la capacité de lever des fonds et enfin celui de résister à la tendance qui dans tous les pays veut assimiler l'assurance à un service public. Sur ce

dernier point, réponse unanime des assureurs européens : il faut améliorer les services au client.

◆ 70 % des **transplantés cardiaques** ont une espérance de vie supérieure à cinq ans, selon le Docteur G. Stache (Versicherungs medizin, 6/90). Les progrès dans le domaine de l'immuno-suppression comme les développements dans le domaine des anticorps monoclonés contribuent dès aujourd'hui d'une manière décisive à l'amélioration du pronostic de durée de vie après une transplantation.

◆ 277 400 personnes travaillent dans le **secteur de l'assurance** au Royaume-Uni. Il y a eu en un an dans ce secteur 11 200 créations d'emploi. Ces créations ont surtout profité aux femmes qui sont aujourd'hui plus nombreuses que les hommes dans ce secteur, 140 200 contre 137 200, même si 20 00 d'entre-elles travaillent à temps partiel.

◆ En 1989, il y a eu en RFA, 680 000 accidents de la circulation qui ont entraîné des dommages corporels. 0,7% seulement était dû aux autocars, 4,5 % aux camions, 4,7% aux motos et 90 % aux automobiles. **Le bus apparaît ainsi comme un moyen de transport plus sûr** que le train ou l'avion, avec un taux d'accident mortel 40 fois inférieur à l'avion et 78 fois inférieur à l'automobile.

◆ A Tokyo, la mort par excès de travail, désignée par le terme « **karōshi** », préoccupe quatre salariés sur dix. Elle se traduit par une insuffisance cardiaque ou une hémorragie cérébrale et serait due à une surcharge de travail. Si la majorité du corps médical et de l'administration ne lui reconnaît pas d'existence, un mouvement s'est créé pour faire reconnaître ce type de décès comme accident du travail.

◆ 31 millions de salariés en 1987, 33 millions l'an passé, ne possèdent pas de **couverture sociale** aux Etats-Unis. Il s'agit essentiellement d'ouvriers travaillant dans des P.M.E. Leurs employeurs veulent de moins en moins les couvrir en raison de l'augmentation des cotisations.

◆ Après la crise des « **Saving and Loans** », Caisse d'Epargne américaines, les pronostics sont aujourd'hui très pessimistes concernant l'avenir des banques. Selon un rapport, leur déficit pour les trois années à venir pourrait se situer entre 31 et 43 milliards de dollars en cas de récession légère et 63 milliards de dollars si les problèmes économiques deviennent plus graves. L'Agence fédérale des dépôts bancaires (FDIC) couvre avec 9 milliards de dollars de réserve les 3 000 milliards de dollars déposés dans les banques.

La prévention

COMITÉ DE RÉDACTION

François-Xavier Albouy
Claude Beaufort
François Ewald
Yves Marie Jannel
Denis Kessler
Brigitte Pruvot
Patrick Thourot
Alain Wernet

COMITÉ SCIENTIFIQUE

André Babeau
Anton Brender
Eric Briys
Francis Calcoen
Thierry Chauveau
Henry Debruyne
Georges Durry
Louis Eeckhoudt
Denis Kessler
Marc Lauwers
Michel Levasseur
Michel Lutfalla
Jacques Marseille
Jean-Claude Milleron
Pierre Pestieau
Jacques Plassard
Georges Plescoff
André Renaudin
Jean-Charles Rochet
Régis de la Roulière
Harold D. Skipper
Göran Skogh
Jean-Marc Suret
Pierre Tabatoni
Peter Zweifel

Introduction	10
--------------------	----

ASSURANCE ET PREVENTION

Prévoyance et prévention	Pierre FLORIN	15
Théorie de la prévention	Louis EECKHOUDT	19
Aversion au risque et prévention	Eric BRIYS	
	Harris SCHLESINGER	27
Les Cindyniques	Georges-Yves KERVERN	37
Science de la sécurité	Albert KUHLMANN	49

EVALUATION DES RISQUES

Méthodologie et sûreté nucléaire	Pierre TANGUY	61
Evaluation des risques	Alain VILLEMEUR	73
Splendeurs et misères des lois de valeurs extrêmes	Nicolas BOULEAU	85
Analyse de la fiabilité humaine	Alan D. SWAIN	93
Droit et prévention	Martine REMOND-GOUILLOUD	109
Normalisation vétérinaire	Henri BELVEZE	115
Entreprises et prévention	Pierre-Marie DUCORPS	
	Christophe PARIZOT	
	Françoise SAUVANET	127
Ingénierie de la prévention	Jean-Louis CHAPEL	135
Prévention et marché financier	Jean-Marc SURET	
	Thierry PAUCHANT	
	Marie DESNOYERS	139
Sécurité informatique	Jean-Marc LAMERE	153
Catastrophes naturelles	Renaud VIE le SAGE	171
Sécurité routière	Minoru KOBAYASHI	172
Prévention et santé	Guy de THE	185
L'évitisme	Roger PRICE	197

Rubriques

Economie

Théorie de l'information Joseph E. STIGLITZ 203

Droit

Nouveau régime général

du contrat d'assurance Georges DURRY 215

Chroniques

Comptes rendus de livres :

♦• Les Métiers de l'assurance -, D. Pérez et A. Laïdi ♦• La Responsabilité civile et le contrat d'assurance -, F. Cocral ♦• Le Droit du dommage corporel -, Y. Lambert-Faivre ♦• The Politics of social Solidarity -, P. Baldwin ♦• Le Désir de catastrophe -, H.P. Jeudy ♦• La Gestion du capital-risque -, C. Zopounidis ♦• La Perte d'exploitation -, P. Bessé ♦• L'Assurance des objets d'art -, M. Brignole Saracco
♦• Le Management de l'incertitude -, J. Defrenne et C. Delvaux 246

Revue des revues :

♦Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking ♦Exclusive vs. Independant Agencies : a comparison of Performance ♦Costs Effectiveness of Risk Management Practices ♦Effects of the Chernobyl Accident on Public Perceptions of Nuclear Plant Accident Risks 251

COMITÉ D'ORIENTATION

Michel Albert
Claude Bébéar
André Favre-Rochex
François Heilbronner
Jacques Lallement
Patrick Peugeot
Jean Peyrelevade
Christian Sastre
Alain Tempelaere
Guy Verdeil

DOSSIER



LA PREVENTION

LA PREVENTION

La prévention est une préoccupation majeure dans tous les domaines de l'activité économique, sociale et politique. Son programme est celui d'une gestion intelligente des risques¹. La prévention peut-elle servir à redéfinir le métier de l'assureur ? C'est la question que pose Pierre FLORIN dans une réflexion à la fois historique et prospective.

La théorie de l'assurance permet de distinguer entre prévention et auto-assurance. L'auto-assurance, explique Louis EECKHOUDT, cherche à réduire les conséquences des accidents. La prévention cherche à réduire la probabilité d'occurrence des accidents. Naturellement, dans la pratique, les

deux techniques sont souvent mélangées et le langage courant entretient cette confusion. Mais, s'il est facile de comprendre pourquoi un individu hostile au risque cherche à s'assurer et à s'auto-assurer, la prévention proprement dite semble relever de comportements plus complexes, comme le montrent les travaux d'Eric BRIYS et Harris SCHLESINGER.

La prévention s'est désormais donnée des bases scientifiques. Georges-Yves KERVERN dresse le plan des cindyniques, les sciences du danger, pendant qu'Albert KUHLMANN, le président du TÜV Rheinland, définit le programme d'une science de la sécurité².

La prévention passe par des techniques d'évaluation des risques. En ce domaine, la méthodologie est héritée des systèmes de sécurité des installations nucléaires, comme l'explique Pierre TANGUY. Les méthodes d'évaluation des risques ont des performances différentes suivant qu'elles privilégient la fiabilité ou la sécurité.

Jacques VILLEMEUR propose une synthèse des méthodes utilisées par les ingénieurs. Nicolas BOULEAU, mathématicien, s'interroge sur l'emploi de lois statistiques pour les valeurs extrêmes dont la validité est loin d'être aussi étendue que le laisse croire

1. Selon l'expression de R.J. Zechauser et W.K. Viscusi - Risk in the limits of rationality - Science Vol 248 - 1990 - p : 559-564

2. La conception de ce numéro doit beaucoup aux conseils de Georges-Yves Kervern. • La maîtrise des risques technologiques - est le titre du colloque organisé par l'ACADI en 1987 qui marque la naissance des cindyniques. Certains articles de ce numéro ont été présentés au colloque du TÜV en septembre 1990 et sont ici repris avec son autorisation. Les actes de ce colloque mondial seront prochainement publiés à Cologne.

leur utilisation systématique. S'il existe une certaine maîtrise de la sécurité des systèmes matériels, il reste dans tout processus une part d'incertitude liée au facteur humain. Alan D. SWAIN se demande s'il est possible d'en proposer une analyse quantitative.

Les développements de la prévention interrogent le juriste dont les concepts ont plutôt été conçus pour répondre à des problèmes de réparation. Martine REMOND-GOULLAUD mesure les transformations juridiques en cours. Un exemple classique de mesure de prévention est celui de la normalisation des produits alimentaires. Henri BELVEZE explique à ce propos que les normes préventives ont une utilisation politique parfois éloignée de leur vocation première.

Là où la prévention entretient des rapports évidents avec l'assurance, c'est dans le domaine des risques des entreprises. Rappelons que la réflexion sur les accidents du travail a montré qu'ils relevaient la plupart du temps d'erreurs de gestion. Pierre DUCORPS, Christophe PARIZOT et Françoise SAUVANET expliquent que l'assurance des risques industriels est étroitement liée aux techniques d'analyse et aux préoccupations de la prévention. Jean-Louis CHAPEL présente le concept de Factory Mutual, mutualité d'industriels américains qui a privilégié la prévention dans la conception de son activité d'assurance. Est-ce qu'après une catastrophe dans une entreprise le cours des actions de l'entreprise en est affecté ? Autrement dit, est-ce que les marchés financiers incitent ou non les entreprises à développer la prévention ? C'est la question que se sont posés Jean-Marc SURET, Thierry PAUCHANT, Marie DESNOYERS.

La prévention et l'assurance ne cessent de pénétrer de nouveaux domaines. Jean-Marc LAMERE le montre à propos de l'assurance des systèmes informatiques. La connaissance du risque rend possible des méthodes de protection contre les catastrophes naturelles : Renaud VIE LE SAGE propose une réforme de la loi du 13 juillet 1982.

Dans d'autres domaines, l'assurance joue un rôle direct de prévention. La Prévention routière, par exemple, créée par les compagnies d'assurances, teste des équipements de sécurité et milite pour l'adoption de mesures de

PRÉSENTATION

sécurité. La même préoccupation se retrouve à l'étranger. Un chercheur japonais, Minoru KOBAYASHI, décrit les catégories d'analyse de la prévention au Japon et propose un système d'analyse à trois variables : le conducteur, l'automobile et l'état des routes.

L'APMS, elle aussi, est une émanation des compagnies d'assurances. Elle travaille dans la prévention en matière de santé. Elle a organisé des enquêtes épidémiologiques sur les accidents domestiques. Elle édite aussi des fiches d'information et vient tout récemment de publier un livre écrit par un cardiologue sur la prévention des accidents cardio-vasculaires³. Rappelons que l'origine historique du concept de prévention est à rechercher dans les travaux des hygiénistes du XIX^{ème} siècle. Il est donc intéressant, au terme de ce voyage dans les figures modernes de la prévention, de constater que la prévention fournira peut-être le concept organisateur de la médecine de demain. Tel est du moins le pronostic avancé par Guy de THE ■

3. APMS, Association des Sociétés d'Assurances pour la Prévention en Matière de Santé, Comment ne pas rompre avec son coeur, Dr Gérard Megret - Ed. Solar, Paris 1990.

1^{ère} PARTIE

ASSURANCE

et prévention



PREVOYANCE ET PREVENTION

Les recherches fondamentales de l'homme sont de deux types : positives et négatives. Les quêtes positives sont la prévention, la curiosité, la recherche ; les quêtes négatives, la conquête du pouvoir.

La prévention est d'abord prévention contre la crainte, la faim, la maladie, l'accident, l'insécurité. Dans les sociétés modernes, elle prend la forme plus sophistiquée de prestations monétaires pour réduire les effets des accidents et des maladies.

Les craintes des hommes aujourd'hui tiennent compte d'événements indépendants de la technologie (catastrophes naturelles, épidémies), ou dépendants de la technologie (accidents de voiture, pollution, sinistres majeurs), événements dont les conséquences dépendent de conditions de vie, qui changent constamment.

■ I - PRÉVENTION ET PROTECTION

Prévenir, c'est chercher à éviter le sinistre, à la différence de la protection, qui consiste à en limiter les effets. Ainsi, interdire de fumer est une mesure de prévention, alors que définir des normes coupe-feu relève de la protection.

Au sens de l'assurance, la prévention consiste à prévenir les conséquences d'un sinistre. Cela s'entend en trois sens : éviter le sinistre, en limiter les effets, les réparer. La mise en jeu de ces trois fonctions interdépendantes définit la technologie de l'assurance, qui ne saurait se limiter à la seule administration d'indemnités. Elles définissent le métier de l'assureur comme gérant de la solidarité.

Le règlement des sinistres relève trop souvent d'une fonction purement administrative, qui, à la limite, pourrait être prise en charge sous d'autres formes que l'assurance. Par contre, la prévention, la gestion de la sécurité constituent l'une des valeurs ajoutées produites par l'assurance.

L'assureur ne doit pas vendre seulement l'indemnisation d'un sinistre éventuel, mais une protection contre ce sinistre. C'est d'ailleurs ainsi que souvent l'assuré s'adresse à son assureur : il le considère comme un professionnel de la sécurité. Il attend de lui un conseil averti pour ne pas avoir à subir la perte que représenterait la réalisation du sinistre.

L'assureur a la connaissance des accidents, et l'assuré demande à son assureur de bénéficier de cette connaissance. Qu'il soit un particulier ou une entreprise, il doit en effet évoluer dans un environnement de plus en plus complexe qu'il ne peut à lui seul maîtriser. Le bon père de famille ne sait pas quels sont les dangers

* Directeur Général Adjoint et Directeur Technique IARD d'Axa.

que recèlent les machines que lui ou ses enfants manipulent ; le chef d'une PME de province ne peut pas connaître par lui-même l'ensemble des risques auxquels l'expose la nécessité qui est la sienne de s'implanter en Allemagne ou aux Etats-Unis. Il revient à l'assureur de dire à chacun quelles sont les précautions à prendre. Le rôle de l'assureur est d'utiliser le savoir qu'il acquiert dans le domaine de la réparation et l'utiliser pour la prévention.

On peut préciser que la technologie de la réparation en est elle-même à ses balbutiements : à la réparation par chèque, par équivalent monétaire, peut et doit se substituer une réparation en nature, ou une réparation qui contribue à la suppression du risque, comme cela commence à se faire en matière de pollution. L'assureur devrait se donner comme objectif que la part de la valeur ajoutée (de la prévention) dans la prime soit de plus en plus importante eu égard à la part de l'indemnisation.

■ II - GESTION DE LA SOLIDARITÉ

Les assureurs sont des professionnels dans la gestion de la solidarité. Les frontières entre solidarité et assurance ou solidarité et Etat sont susceptibles d'évoluer. Elles évoluent de pays à pays, de circonstance à circonstance (cf. par ex. : les catastrophes naturelles, les calamités agricoles, la responsabilité civile). Soit l'exemple des catastrophes naturelles, accidents de base qui provoquent des dégâts aux biens et aux personnes. De tout temps, la protection contre ces événements fut du domaine de l'Eglise ou de l'Etat, alors que l'assurance était conçue comme une gestion individuelle de la solidarité, mettant en jeu des groupes restreints (cas des mutuelles conçues comme associations d'individus).

On assiste aujourd'hui à un déplacement caractéristique de l'Etat vers l'assurance dans la gestion de la sécurité, comme le montre la loi de 1982 sur les catastrophes naturelles, complétée par la loi de juin 1990 sur la tempête. En même temps l'assurance change de sens : elle passe d'une notion de protection individuelle à une notion collective, impliquant un transfert du rôle de l'Etat vers les assureurs. L'assurance catastrophe naturelle est exemplaire de cette complémentarité entre l'assurance et l'Etat. L'Etat, par le biais de la Caisse Centrale de Réassurance, apporte une solution aux problèmes de capacité.

On assiste au même phénomène en matière de risque thérapeutique. On passe de l'individuel (la victime attaque son médecin en responsabilité civile) à une socialisation du risque. On peut dire la même chose à propos du risque de développement, apparu avec l'amiante aux Etats-Unis et utilisé en France pour traiter les problèmes de transfusion sanguine.

■ III - TRANSFERT VERS L'ASSURANCE

En matière de prévoyance, de solidarité et de sécurité, on a assisté à un transfert de l'Eglise vers l'Etat et maintenant de l'Etat vers l'assurance. Les exemples d'un

tel transfert ne manquent pas : incendie, prévention routière et bientôt atteinte à l'environnement.

Avec ceci que l'assureur dispose d'un avantage sur l'Etat en matière de prévention: il a la possibilité de ne pas contracter, de n'assurer donc qu'à certaines conditions de prévention. L'assureur dispose ainsi d'un mécanisme d'incitation à la prévention sans doute plus efficace que le système des taxes fiscales, qui sont à la disposition de l'Etat.

■ IV - DIFFICULTÉS DE LA REDÉFINITION DES RÔLES

Restent deux difficultés dans cette redéfinition des rôles respectifs de l'Etat et de l'assurance dans la gestion de la sécurité.

La première difficulté tient aux rapports entre profit et solidarité. Dans la gestion de la solidarité, il doit y avoir place pour des profits.

Une autre difficulté tient à la constitution des mutualités. Quelle mutualité et sous-mutualité choisir? Comment lisser le risque? On est en passe de pouvoir prévoir les risques de l'individu. Mais plus on sophistique la connaissance du risque, plus on risque de tomber dans le piège du manque de solidarité, de passer de l'assurance à l'épargne. L'aléa, en devenant certain, supprimerait l'assurance. Si l'on parvient à prévoir ce que sera la vie des gens, que devient l'assurance-vie ? Une technologie mal maîtrisée de l'assurance, par déficit philosophique, pourrait aboutir à une négation de l'assurance ■

THEORIE DE LA PREVENTION

MOTS CLÉS : *Aversion au risque • Théorie du risque • Auto-assurance • Prévention •*

La confusion entre prévention et auto-assurance est souvent faite dans le langage courant. On propose ici une introduction à l'article d'Eric Briys et Harris Schlesinger en privilégiant la simplicité de l'exposé. Dans le cadre schématisé d'une entreprise qui ne possède qu'un bien risqué et où le décideur privilégie dans son comportement l'aversion au risque sur la richesse finale, l'assurance et l'auto-assurance conduisent à des performances différentes et supérieures à celle de la prévention au sens strict. Cette conclusion théorique montre que ce qui est souvent mis en avant dans le désir de prévention est en fait une demande d'auto-assurance.

Face à un risque de nature physique (incendie, accident, interruption d'exploitation...), un décideur dispose d'une panoplie large d'instruments. L'article de Briys et Schlesinger en distingue trois :

1. L'achat d'assurance, par lequel le décideur n'affecte en aucune façon le risque physique lui-même, mais transfère tout ou partie des conséquences financières à un assureur moyennant le paiement d'une prime.

2. La politique de « loss-reduction » (parfois appelée « self-insurance ») où un investissement physique initial a pour objet de réduire le montant de la perte, si celle-ci survient. L'exemple le plus courant de cette politique est la ceinture de sécurité. Elle ne change pas la probabilité d'accident de la circulation mais réduit les conséquences négatives d'un accident.

3. La politique de prévention (dite aussi de « self-protection ») consiste à faire un investissement initial avec l'objectif de réduire la probabilité d'accident sans en modifier la gravité si malgré tout il survient.

Evidemment, dans la pratique, certaines politiques peuvent simultanément concerner les trois mesures évoquées ci-dessus. Par exemple, si un chauffeur ne dépasse jamais 90 km/h sur autoroute et 40 km/h en ville, il fait un investissement (sacrifice d'un bien rare : le temps) en vue de réduire la probabilité d'accident et donc, essentiellement, il fait de la prévention. Toutefois, si un accident survient, la vitesse réduite le rendra sans doute moins grave de sorte qu'indirectement ce chauffeur pratique aussi la « loss-reduction ». Enfin, si les compagnies d'assuran-

* Professeur aux facultés Catholiques de Mons et de Lille

ces pouvaient à tout moment observer la vitesse à laquelle roulent les assurés, un conducteur lent pourrait espérer un « bonus » en vue du calcul de sa prime et donc une modification des conditions du transfert de risque.

L'article de Briys et Schlesinger (B.S.) fait le point sur diverses contributions de la théorie économique relatives à l'analyse de ces trois politiques. Derrière (ou malgré ?) les aspects techniques, le point central de leur contribution porte à mon sens sur une réflexion quant à la nature profonde de ces trois instruments. Une analyse un peu rapide pourrait faire croire en effet que la politique d'assurance (1) se différencie des deux autres (2 et 3), car ces dernières affectent la distribution de l'aléa tandis que la première se limite à modifier le partage des conséquences fondamentalement inchangées de l'aléa. Grâce à l'article de B.S. et à ceux de leurs prédécesseurs, une réflexion plus financière sur ces trois politiques montre que les affinités naturelles se trouvent entre les politiques 1 et 2 tandis que la prévention a sa logique propre bien différente de celle des deux autres. C'est ce point que nous allons essayer de clarifier dans cette introduction à l'article de B.S.

Soit une entreprise dont le bilan initial se présente de la manière suivante :

TABEAU 1

ACTIF		PASSIF	
<i>Actifs sans risque</i>		<i>Fonds propres</i>	
<i>A₀</i>	3 000	<i>W</i>	4 600
<i>Immeubles</i>		<i>Dettes envers les tiers</i>	
<i>L</i>	2 000	<i>T</i>	400
	5 000		5 000

A_0 représente des actifs sans risques¹ tandis que L (par exemple un immeuble de valeur 2 000) est grevé d'un risque de sinistre total caractérisé par une probabilité d'occurrence dénotée p et supposée égale à 0,1 pour la commodité des calculs. Si les dettes de l'entreprise envers les tiers (T) s'élèvent à 400, on obtient par identité comptable que la richesse propre (les fonds propres) s'élève à 4 600. Nous la dénotons par W comme dans l'article de B.S.

En l'absence de sinistre et de toute politique pour gérer le risque, ce bilan se reproduira tel quel à la fin de la période, pour autant, bien entendu, qu'aucune opération de production, remboursement de dette, ne se produise durant cet

1. C'est uniquement pour garantir la simplicité de l'exposé que nous en supposons l'existence. Remarquons que B.S. ne font pas toujours cette hypothèse.

intervalle de temps. A l'inverse, si le sinistre survient, le bilan final se présentera comme suit :

TABLEAU 2

ACTIF		PASSIF	
<i>Actifs sans risque</i>		<i>Fonds propres</i>	
<i>Ao</i>	3 000	<i>W</i>	2 600
<i>Immeubles</i>		<i>Dettes envers les</i>	
<i>L</i>	-	<i>tiers</i>	
		<i>T</i>	400
	3 000		3 000

En l'absence de recours à l'une des trois politiques disponibles, la richesse finale (qui est le centre d'intérêt majeur de tout acteur économique) est donc bien un aléa qui peut prendre deux valeurs : 2600 ou 4600 avec les probabilités respectives de 0,1 et de 0,9. Des calculs simples permettent d'évaluer l'espérance de la richesse finale ($E[W]$) et son degré de risque² mesuré ici par la variance $s^2[W]$. On trouve :

$$E[W] = (0,1)(2\,600) + (0,9)(4\,600) = 4\,400 \quad (1)$$
$$s^2[W] = (0,1)(-1\,800)^2 + (0,9)(200)^2 = 360\,000 \quad (1')$$

Imaginons maintenant que le bien L puisse être assuré à hauteur de 1600 moyennant paiement d'une prime P s'élevant à 200. On va alors établir les deux bilans prévisionnels suivants :

TABLEAU 3

• en cas de sinistre ($p=0,1$)

ACTIF		PASSIF	
<i>Actifs sans risque</i>		<i>Fonds propres</i>	
<i>Ao :</i>	3 000 - 200 + 1 600	<i>W</i>	4 000
<i>Immeubles</i>		<i>Dettes envers les</i>	
<i>L</i>	-	<i>tiers</i>	
		<i>T</i>	400
	4 400		4 400

2. L'adoption de la variance comme mesure du risque est admise dans un souci de simplification. B.S. font, eux, appel à un concept plus élaboré, mis au point par Rothschild et Stiglitz.

- en cas de non sinistre ($p=0,9$)

ACTIF		PASSIF	
<i>Actifs sans risque</i>		<i>Fonds propres</i>	
<i>Ao :</i>	$3\ 000 - 200 = 2\ 800$	<i>W</i>	4 400
<i>Immeubles</i>		<i>Dettes envers les tiers</i>	
<i>L</i>	2 000	<i>T</i>	400
	4 800		4 800

Bien entendu, l'achat d'assurance n'a pas modifié la probabilité de sinistre et le paiement de la prime vient en déduction en tout état de cause du stock d'actifs certains (A_0). En cas de sinistre impliquant la disparition de L , ce stock est accru du montant de l'indemnité fixée par contrat (1600)³.

Il apparaît ainsi que, suite à la signature du contrat, la richesse finale peut prendre deux valeurs : soit 4000 soit 4400, avec probabilités respectives de 0,1 et 0,9. Un calcul rapide montre que, dans ces conditions :

$$E[W] = (0,1)(4000) + (0,9)(4400) = 4360 \quad (2)$$

$$s^2[W] = (0,1)(-360)^2 + (0,9)(40)^2 = 14400 \quad (2')$$

La comparaison entre les résultats (1) et (1') d'une part et (2) et (2') d'autre part montre clairement que, par l'achat d'assurance, un décideur renonce à du rendement (baisse de $E[W]$) pour réduire le risque (diminution de s^2). Cette analogie entre la finance et l'assurance se comprend encore mieux si on exprime en taux de rendement (R) le résultat de l'investissement placé en prime d'assurance (200 dans notre exemple). S'il n'y a pas de sinistre, cet « investissement » est totalement perdu et son rendement est négatif :

$$-1 = (0 - 200)/200$$

Par contre, en cas de sinistre, le rendement est énorme car le paiement initial de 200 va donner droit à une indemnité finale de 1 600. Le rendement est alors de :

$$+7 = ((1600 - 200)/200)$$

Pour l'espérance de rendement, ($E[R]$), on obtient :

$$E[R] = (0,9)(-1) + (0,1)(+7) = -0,2$$

L'investissement en prime a donc un taux de rendement attendu négatif (-20%). Celui-ci est cependant accepté grâce à la réduction de risque qu'il permet (passage de 1' en 2').

3. A ce moment - si le versement de l'indemnité n'est pas conditionné par la reconstruction de l'immeuble - se pose pour le gestionnaire de l'entreprise la question de savoir s'il est opportun ou non de reconstruire l'immeuble (voir à ce propos Doherty).

Pour poursuivre encore l'analogie avec la finance, remarquons que la réduction de risque apportée par l'assurance provient de la covariance négative entre le rendement de l'investissement en prime et le rendement sur l'actif L.

TABEAU 4

Événements possibles	Rendement sur prime	Rendement sur l'actif (L) sans assurance
Pas de sinistre ($p = 0,9$)	- 100 %	0 % $((2\ 000 - 2\ 000) / 2\ 000)$
Sinistre ($p = 0,1$)	+ 700 %	- 100 % $((0 - 2\ 000) / 2\ 000)$

Le tableau 4 montre une covariance négative entre les deux rendements puisqu'en fait le rendement de la dépense en prime s'accroît (décroît) quand on enregistre une perte (*statu quo*) sur L.

La valeur de 0 % attachée au rendement de L provient de notre hypothèse suivant laquelle, en l'absence de sinistre, L ne s'apprécie ni ne se déprécie.

Si on interprète l'assurance comme un actif financier créant une substitution entre rendement et risque, il est aisé de comprendre que les politiques de « loss-reduction » répondent à la même logique que l'assurance. En effet, au lieu d'assurer l'immeuble L, le gestionnaire pourrait suivre les conseils du département de sécurité. Celui-ci estime que, moyennant une dépense de 150 (installation de sprinkler et constitution d'une équipe bien entraînée de première intervention rapide), il serait possible de contenir l'extension d'un sinistre. Dès lors, si un sinistre survenait (ce qui conserve une probabilité de 0,10), il ne détruirait que 30 % de l'immeuble (au lieu des 100 % considérés précédemment). Si on suppose que les dépenses de « loss-reduction » affectent uniquement le compte d'exploitation (c'est-à-dire qu'elles ne peuvent être comptabilisées en immobilisation), il est facile de montrer que la richesse finale peut prendre deux valeurs : 3850 avec probabilité 0,10, ou 4450 avec probabilité 0,90. Ce qui donne, en terme d'espérance et de variance de la richesse finale :

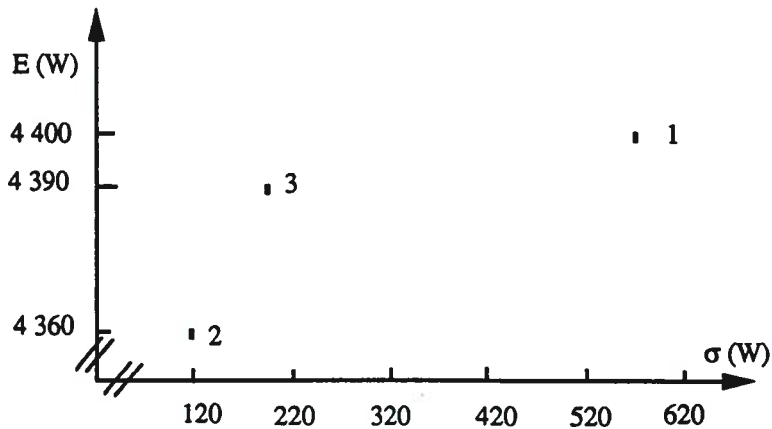
$$E[W] = (0,1)(3850) + (0,9)(4450) = 4390 \quad (3)$$

$$s^2[W] = (0,1)(-540)^2 + (0,9)(60)^2 = 32400 \quad (3')$$

En comparant (3) et (3') avec (1) et (1'), on voit bien que la « loss-reduction » procède de la même logique que l'assurance (2) et (2') : elle entraîne une réduction de risque au prix d'une baisse de $E[W]$. Dès lors, plus un individu devient « riscophobe », plus il apprécie ce type de politique. En quelque sorte, si

on place dans l'espace « espérance-risque »⁴, les trois possibilités examinées jusqu'ici, on obtient :

FIGURE 1



Dans la figure 1, le risque est représenté par l'écart type de W , c'est-à-dire, la racine carrée de la variance, et on voit bien que, de façon non ambiguë, les stratégies d'assurance et de « loss-reduction » se trouvent à gauche de la stratégie passive en ce qui concerne le degré de risque.

Pour terminer l'analogie, indiquons que la pratique de « loss-reduction » parvient elle aussi à réduire le risque grâce à sa covariance négative avec les rendements observés en son absence. Le tableau 5 illustre ce point :

TABLEAU 5

Evénements possibles	Rendement sur "loss réduction"	Rendement sur L en l'absence de "loss-reduction"
Pas de sinistre $p = 0,9$	- 100 %	0 %
Sinistre $p = 0,1$	+ 833 % $((1\ 400 - 150) / 150) \cdot 100 \%$	- 100 %

4. Voir à ce propos l'article de J.M. Suret et E. Cormier. Pour une application directe au sujet de cette introduction, voir aussi l'excellent texte de P. Gougeon.

La ressemblance entre l'assurance et la « loss-reduction » qui a été mise en relief n'est pas du tout transposable à la prévention. Celle-ci se définit par une action qui réduit la probabilité de sinistre. Afin d'illustrer cet aspect, supposons que l'ingénieur de prévention propose une nouvelle disposition des équipements de sorte que la probabilité de sinistre (totale en cas de survenance) soit réduite de moitié. Pour atteindre ce résultat, il faut concéder actuellement des investissements de 80. Un calcul simple révèle alors que :

$$E[W] = (0,05)(2920) + (0,95)(4520) = 4440 \quad (4)$$

$$s^2[W] = (0,05)(-1\,520)^2 + (0,95)(+80)^2 = 121\,600 \quad (4')$$

Nous nous trouvons donc dans un cas où, par rapport à l'équation (1'), la prévention a amené, elle aussi, une diminution du risque. Cependant, cette diminution est beaucoup moins prononcée que celle liée à l'assurance (comparer avec (2')) ou à la « loss-reduction » (comparer avec (3')). Ce résultat provient du fait que le rendement de la prévention ne covarie pas avec celui obtenu sur L. Ainsi que le montrent très bien B.S. (voir leur section 3), lorsque le sinistre survient en dépit des mesures de prévention, le gestionnaire perd, en plus du bien physique, le montant de son investissement en prévention. Il se peut très bien que la variance de la richesse après prévention soit plus grande qu'avant... On comprend dès lors qu'un accroissement de l'aversion au risque puisse amener certains décideurs rationnels à faire moins de prévention.

Ces quelques pages résument quelques-uns des points les plus importants de l'élégant travail de nos collègues E. Briys et H. Schlesinger. Celui-ci met bien en relief le statut particulier de la prévention dans l'arsenal des instruments de la gestion des risques. Le lecteur férù de théorie du risque découvrira en outre dans B.S. quelques outils d'analyse intéressants. Pour d'autres lecteurs, au contraire, le présent résumé peut raisonnablement paraître trop quantitatif. A leur intention, je signale qu'en partant d'un point de vue tout différent et très empirique notre collègue A. Wildawsky, dans un ouvrage récent, développe un thème semblable en montrant qu'au niveau collectif un excès de prévention peut très bien conduire à une société « plus dangereuse » ■

BIBLIOGRAPHIE

- DOHERTY (Neil) : *Corporate Risk Management. A Financial Exposition*, Mc Graw Hill, 1985.
- EECKHOUDT (Louis) et GOLJIER (Christian) : *Le risque : évaluation, gestion et partage*. Notes de cours Fucam (Mons) - HEC (Paris). A paraître en 1991.
- GOUGEON (Patrick) : *Assurance et prévention : une approche portefeuille*. The Geneva Papers on Risk and Insurance, n°29, 1983, pp. 350-370.
- SURET (Jean-Marc) et CORMIER (Elise) : *Le comportement financier des compagnies d'assurances*. Risques n°1, 1990, pp. 107-122.
- WILDAWSKY (A.) : *Searching for Safety*. Publication of the Social Philosophy and Policy Center. Bowling Green State University, 1988.

AVERSION AU RISQUE

et prévention**

Pour un individu hostile au risque, les méthodes de réduction de l'impact financier d'un sinistre sont la réduction de ses conséquences (auto-assurance) et la diminution de la probabilité d'occurrence d'une perte (prévention)¹. La littérature, sur ce point, a souligné plusieurs anomalies, selon lesquelles l'utilisation de la prévention et de l'auto-assurance donne des résultats tout à fait différents. Par exemple, Ehrlich et Becker montrent que l'auto-assurance est toujours un substitut de l'assurance du marché (indemnisation d'une perte par une compagnie d'assurances), tandis que l'auto-protection et l'assurance du marché pourraient être complémentaires. Dionne et Eeckhoudt montrent qu'un consommateur plus désireux d'éviter un risque investirait toujours plus en activités d'auto-assurance, mais pas nécessairement plus dans des activités de prévention. Ils soutiennent que ce résultat va à l'encontre de l'intuition selon laquelle « l'aversion pour le risque réduit les activités risquées ». Et Ehrlich et Becker que « la prévention... n'est pas strictement dépendante de l'attitude envers le risque ». Les deux articles mentionnés ci-dessus semblent considérer comme évident que les activités de prévention réduisent le risque de la distribution de la richesse finale. Cependant, comme nous le proposons plus loin, ce n'est pas le cas si le risque est défini comme dans Rothschild et Stiglitz. Même en utilisant la variance comme mesure de risque, la prévention ne réduit pas toujours le risque.

Dionne et Eeckhoudt ont suggéré que ce résultat pourrait n'être pas suffisamment solide pour s'étendre à des modèles avec patrimoine initial risqué et préférences contingentes. Nous montrerons que le modèle semble robuste et expliquerons également la raison pour laquelle la prévention ne constitue pas une exception au résultat ancien d'Arrow, selon lequel les individus les plus hostiles au risque réduisent leurs activités risquées. Des résultats tels que ceux d'Ehrlich et Becker et de Dionne et Eeckhoudt sont devenus canoniques après avoir considéré l'exposition au risque de l'individu. Nous montrerons que les relations entre aversion au risque et auto-assurance ou prévention sont robustes

* Eric Briys : Centre HEC-ISA Jouy-en-Josas, France. Harris Schlesinger : University of Alabama Tuscaloosa, Alabama et Wissenschaftszentrum Berlin, Allemagne. © Southern Economic Journal, October 1990.

** Les auteurs souhaitent remercier Georges Dionne, Louis Eeckhoudt, George Sweeney ainsi qu'un lecteur anonyme pour leurs commentaires précieux.

1. La terminologie employée dans la littérature théorique est d'auto-assurance et d'auto-protection (Ehrlich et Becker). Dans la littérature de l'assurance, les deux procédures sont plus communément appelées respectivement « réduction des pertes » et « prévention des pertes ».

et peuvent être étendues à d'autres modèles. Nous montrerons également que plus d'aversion au risque n'implique pas nécessairement plus de prévention. Dans la section II, nous expliquerons la raison pour laquelle des niveaux optimaux d'auto-assurance et d'auto-protection ne sont pas une exception aux résultats d'Arrow. Dans la section III, nous examinerons la relation entre l'auto-assurance, prévention et dominance stochastique du second degré. La section IV considère le risque caché défini par Menzes, Geiss et Tressler. Nous examinerons également l'auto-protection dans un cadre variance-moyenne. Les conclusions générales seront présentées dans la section V.

■ I - LE MODÈLE

• 1. Auto-assurance

Considérons un individu hostile au risque qui dispose d'une richesse initiale W . Cette richesse est susceptible d'une perte aléatoire d'un montant D . Par simplicité, on suppose $D = 0$ avec la probabilité $(1 - p)$ et $D = L$ avec une probabilité p , pour laquelle $L \leq W$. La richesse finale de l'individu est donc $Z = W - D$. Les préférences sont données par la fonction d'utilité von Neumann-Morgenstern, $U(Z)$, avec $U' > 0$ et $U'' < 0$.

L'individu est autorisé à acheter de l'auto-assurance afin de réduire les conséquences des pertes possibles. Avec y , montant de l'auto-assurance, l'effet sur l'importance du sinistre est déterminé par la fonction $L(y)$, qui relie l'importance du sinistre au niveau d'auto-assurance. En particulier, $L(0) - L(y)$ est l'effet de y sur l'importance du sinistre, avec $L'(y) < 0$. On suppose que le coût de l'auto-assurance, $c(y)$, augmente de façon monotone en y .

L'espérance d'utilité de l'individu est :

$$EU = pU[W - c(y) - L(y)] + (1-p)U[W - c(y)] \quad (1)$$

La condition du premier ordre pour maximiser (1) par rapport à y est :

$$dEU/dy = -p[c'(y) + L'(y)]U'(B) - (1-p)c'(y)U'(A) = 0 \quad (2)$$

où $A = W - c(y)$ et $B = W - c(y) - L(y)$.

Notons que, pour l'optimum d'auto-assurance y^* , on doit avoir $c'(y^*) + L'(y^*) < 0$. Autrement dit, le bénéfice marginal potentiel, $-L'(y^*)$, doit être au moins aussi élevé que l'augmentation en y , $c'(y^*)$. Cela doit être transparent, car le consommateur ne paiera certainement pas un franc supplémentaire d'auto-assurance, sauf si le bénéfice potentiel (réduction de l'importance de la perte) n'est pas d'au moins un franc. La condition du second ordre pour la maximisation est triviale puisque $U'' < 0$.

Notons y^* le niveau optimal d'auto-assurance pour l'individu, et notons V les préférences uniformément plus hostiles au risque. On sait d'après Pratt (1964) qu'il existe une fonction concave, deux fois dérivable et croissante, g telle que $V(Z) = g[U(Z)]$.

Si l'on suppose le même ensemble de choix que pour (1), sauf en ce qui concerne une fonction d'utilité plus hostile au risque, on obtient :

$$dEV/dy = -p[c'(y) + L'(y)]g'[U(B)]U'(B) - (1-p)c'(y)g'[U(A)]U'(A) \quad (3)$$

Comme $g'' < 0$, on a $g'[U(B)] > g'[U(A)]$. En utilisant l'équation (2), il s'ensuit que (3) sera positif à y^* . Par conséquent, le niveau optimal d'auto-assurance sous V dépasse le niveau optimal d'auto-assurance sous U , y^* .

• 2. Auto-assurance avec utilité contingente

Ce résultat est très robuste. Il tient même avec des préférences contingentes. Dans ce cas, elles sont données par $U(Z, n)$ où n représente l'état du monde. Dans notre modèle, n ne prend que deux valeurs : $n = 1$ dans le cas d'une perte, et $n = 2$ dans le cas où il n'y a pas de perte. On suppose que $U(Z, 1) < U(Z, 2)$, pour tout Z . Autrement dit, malgré le même niveau de patrimoine, l'individu enregistre une désutilité lorsqu'une perte se produit. L'espérance d'utilité de l'individu est :

$$EU = pU(B, 1) + (1-p)U(A, 2) \quad (4)$$

où A et B sont identiques aux expressions de l'équation (1).

Pour considérer un comportement « plus hostile au risque » dans un cadre de préférences contingentes, il faut se restreindre à des fonctions d'utilité comparables entre elles, au sens de Karni [9]. Ce qui implique :

$$\{(Z_1, Z_2) | U'(Z_1, 1) = U'(Z_2, 2)\} = \{(Z_1, Z_2) | V'(Z_1, 1) = V'(Z_2, 2)\}$$

pour que U et V soient comparables. Cette condition est équivalente à $U(Z, n)$ et $V(Z, n)$, qui représentent les mêmes préférences ordinales dans le cas d'une certitude, ce qui a été démontré par Karni (1983). Bien que cette condition soit restrictive, elle permet de considérer que le comportement individuel devient plus hostile au risque.

En gardant cette restriction à l'esprit, considérons un individu plus hostile au risque avec une utilité V ($V' > 0$, $V'' < 0$). Karni montre que cela implique l'existence d'une transformation concave k ($k' > 0$, $k'' < 0$) telle que $V(Z, n) = k[U(Z, n)]$.

Au niveau d'auto-assurance y^* , qui est optimal pour U , on obtient $dEV/dy > 0$. Donc, le niveau optimal d'auto-assurance est supérieur avec V .

Il est intéressant de noter que le changement dans le niveau optimal d'auto-assurance est ambigu si l'on suppose $U(Z, 1) > U(Z, 2)$, ce qui correspond au cas inhabituel où l'individu préfère l'état de perte tant que les pertes ne sont pas trop élevées.

• 3. Auto-assurance et patrimoine aléatoire

Le modèle s'étend également au cas où la richesse initiale est également aléatoire, en utilisant la mesure d'aversion pour le risque proposée par Ross (1981). Considérons un individu avec une dotation initiale aléatoire W . On suppose que $W = W_1$ avec une probabilité q , $W = W_2$ avec une probabilité $(1 - q)$, et que $W_1 < W_2$. On suppose en outre que W et D sont des variables aléatoires indépendantes. La richesse finale aléatoire de l'individu est donnée par $Z = W - D$.

L'espérance d'utilité de l'individu est :

$$E(U) = pqU(B_1) + p(1-q)U(B_2) + q(1-p)U(A_1) + (1-q)(1-p)U(A_2) \quad (5)$$

$$\text{où } B_1 = W_1 - c(y) - L(y)$$

$$B_2 = W_2 - c(y) - L(y)$$

$$A_1 = W_1 - c(y)$$

$$A_2 = W_2 - c(y)$$

La condition du premier ordre pour maximiser l'équation (5) par rapport à y est :

$$dE(U)/dy = -c'(y^*)E[U'] - pL'(y^*)[qU'(B_1) + (1-q)U'(B_2)] = 0 \quad (6)$$

L'équation (6) a une interprétation directe : les bénéfices marginaux sont égaux aux coûts marginaux (en termes d'utilité). Considérons maintenant un ensemble de préférences plus hostiles au risque, au sens de Ross.

L'utilité V ($V' > 0$, $V'' < 0$) peut être représentée comme suit (voir Ross, théorème 3) : $V(Z) = bU(Z) + G(Z)$ avec $b > 0$, $G' < 0$, $G'' < 0$.

Avec y^* optimum pour U :

$$dE(V)/dy|_{y^*} = -c'(y^*)E[G'] - pL'(y^*)[qG'(B_1) + (1-q)G'(B_2)] \quad (7)$$

Si on prend $c'(y^*)$ dans l'équation (6) et si on l'introduit du côté droit de l'équation (7) on obtient, après quelques manipulations :

$$p(1-p)L'(y^*)\{[qG'(A_1) + (1-q)G'(A_2)][qU'(B_1) + (1-q)U'(B_2)] - [qG'(B_1) + (1-q)G'(B_2)][qU'(A_1) + (1-q)U'(A_2)]\} \quad (8)$$

Le signe de (8) est positif. De fait, $p(1-p)L'(y^*)$ est négatif tant que l'expression à l'intérieur des accolades, $\{ \}$, est également négative. Cela vient de la forme des fonctions U et G et de ce que $A_1 > B_1$ et $A_2 > B_2$.

Ainsi, l'expression (8), évaluée en y^* , est positive et le niveau optimal d'auto-assurance pour des préférences plus hostiles au risque excède y^* .

• 4. Prévention

Supposons qu'au lieu d'investir en auto-assurance l'individu investisse en prévention, laquelle diminue la probabilité de perte. Ainsi, $p'(x)$ est négatif où x dénote le montant de prévention et $p(x)$ la probabilité associée de perte. Dans ce cas, l'espérance d'utilité de l'individu est :

$$EU = p(x)U(B) + [1-p(x)]U(A) \quad (9)$$

$$B = W - L - c(x)$$

$$A = W - c(x)$$

La condition du premier ordre pour maximiser (9) par rapport à x est :

$$dE(U)/dx = -c'(x)[pU'(B) + (1-p)U'(A)] - p'(x)[U(A) - U(B)] = 0 \quad (10)$$

Notons par x^* le niveau optimal de prévention satisfaisant l'équation (10). Le premier terme de (10) est l'espérance de coût marginal (en termes d'utilité) quand x augmente. Le second terme est l'espérance de gain (en termes d'utilité) tiré de la diminution résultante de la probabilité de perte. Ces deux expressions sont égales à l'optimum d'achat de prévention, x^* .

Considérons maintenant un ensemble de préférences V , plus hostiles au risque, dans le sens d'Arrow-Pratt. On sait que $V = g[U]$, où g est croissant et concave.

On a donc :

$$dEV/dx = -c'(x)\{pg'[U(B)]U'(B)+(1-p)g'[U(A)]U'(A)\} \\ -p'(x)\{g[U(A)] - g[U(B)]\} \quad (11)$$

Le signe de (11) évalué à x^* est indéterminé. Pour le vérifier, supposons que $g[U(A)] = U(A)$ et $g[U(B)] = U(B)$. On a suffisamment de degré de liberté pour faire cela puisqu'on peut toujours fixer deux points sur n'importe quelle courbe de von Neumann-Morgenstern par une transformation affine. Dans ce cas, le caractère « plus hostile au risque » nécessite $g'[U(B)] > 1$ et $g'[U(A)] < 1$, mais le degré d'inégalité est arbitraire. Évalué à x^* , le second terme du côté droit de l'équation (11) est égal au même terme dans l'équation (10) ; tandis que le premier terme dans l'équation (11) peut être supérieur ou inférieur à sa contrepartie dans l'équation (10). Il s'ensuit que dEV/dx peut être positif ou négatif lorsqu'on l'évalue à x^* et, par conséquent, l'optimum de prévention dans V (plus hostile au risque) peut être supérieur ou inférieur à x^* .

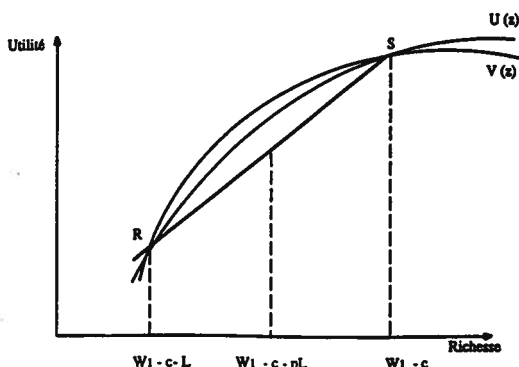
Cette indétermination des effets de l'aversion au risque sur le montant de prévention peut être étendue aux cas d'utilité contingente et de dotation aléatoire. Les auteurs peuvent fournir sur demande ces résolutions, qui ne sont pas reprises ici.

Dans la section suivante, nous expliquerons pourquoi l'équation (11) est indéterminée et comment il est impossible de trouver une sous-classe de fonction d'utilité qui permettrait de relier de manière monotone l'aversion au risque et le montant de prévention.

■ II - CARACTÈRE INTUITIF DES RÉSULTATS

Une baisse de prévention quand l'aversion au risque augmente semble aller contre l'intuition. Dionne et Eeckhoudt fournissent pourtant des exemples numériques montrant que cela peut se produire. La relation ambiguë entre le degré d'aversion pour le risque et la prévention ne va pas contre l'intuition, si la distribution de probabilité de la richesse finale est prise en compte. Ce qu'illustre la figure 1.

FIGURE 1



Considérons d'abord le cas de l'auto-assurance. Supposons que c et L représentent le coût optimal et la perte associée à y^* . Une augmentation de y a l'avantage d'augmenter $B = W - c - L$, et l'inconvénient de réduire $A = W - c$.

Dans U , le bénéfice pondéré par l'utilité marginale en R compense exactement le coût pondéré par l'utilité marginale en S . Ainsi, aucune augmentation ou diminution de y n'est désirée. Posons $|V(Z)|$, fonction dont l'aversion au risque est supérieure, et qui est une transformation affine de la précédente, passant par les points R et S . L'aversion pour le risque supérieure de V (sa concavité plus forte) modifie les pondérations des utilités marginales (pente des tangentes en R et S), si bien qu'il y a un avantage net en termes d'utilité à augmenter le niveau de l'auto-assurance, y .

D'un autre côté, si la figure 1 représentait la configuration optimale de prévention, une augmentation de x diminuerait à la fois A et B . Plutôt que d'améliorer la configuration la plus mauvaise, l'augmentation de x l'aggrave, puisque l'individu subit la perte, mais a également à payer un coût plus élevé pour sa prévention. Des préférences très hostiles au risque peuvent inciter l'individu à diminuer ses dépenses de prévention.

■ III - EFFETS DU RISQUE

Afin d'isoler les effets du risque, on suppose pour le moment que les coûts de l'auto-assurance et de prévention sont actuariellement équitables, c'est-à-dire que la $c'(y) = -pL'(y)$ pour l'auto-assurance et $c'(x) = -p'(x)L$ pour la prévention. Ces hypothèses impliquent que l'espérance de richesse reste constante pour tous les montants d'auto-assurance ou de prévention et que seuls les moments les plus élevés de la distribution de la richesse sont affectés.

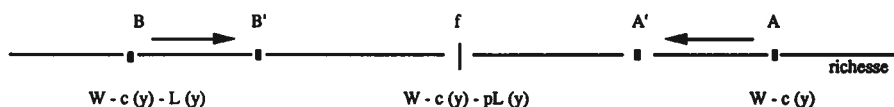
• 1. Activités d'auto-assurance

Pour un niveau donné d'auto-assurance, la richesse de l'individu est représentée par une loterie entre A (avec une probabilité $1 - p$) et B (avec une probabilité p). L'espérance de la richesse finale est représentée par f dans la figure 2.

Considérons maintenant une augmentation du niveau d'activité d'auto-assurance de y à y' . Ainsi, la richesse finale, s'il n'y a pas de sinistre, est réduite d'une quantité $[c(y') - c(y)]$, et passe en A' . Au même moment, la richesse finale en cas de sinistre augmente de $\{[L(y) - L(y')] - [c(y') - c(y)]\}$, et passe en B' . Comme nous supposons des coûts actuariellement équitables, l'espérance de la richesse finale est inchangée en f . Il est facile de voir qu'une augmentation d'auto-assurance induit une *mean preserving contraction*, au sens de Rothschild et Stiglitz. La moyenne est maintenue, mais l'ampleur des cas possibles diminue. La distribution de la richesse finale avec un niveau d'auto-assurance y' domine celle

avec y , au sens de la dominance stochastique du second degré. Il s'ensuit que toute personne désireuse d'éviter le risque² préfère y' à y .

FIGURE 2



L'analyse ci-dessus montre qu'étant donné des prix actuariellement équitables une augmentation de l'auto-assurance réduit sans ambiguïté le « risque », au sens de Rothschild et Stiglitz. Ce qui peut aboutir à une réduction totale du risque, c'est-à-dire $L(y^*)=0$. Si les coûts d'auto-assurance ne sont pas équitables, le coût marginal d'une réduction de l'importance de la perte excédera l'espérance marginale d'augmentation du patrimoine. On a donc l'arbitrage entre un niveau moyen de richesse plus élevé et un niveau qui est sans ambiguïté moins risqué, au sens décrit ci-dessus.

Il n'est donc pas surprenant que, plus un individu a de l'aversion au risque, plus il investira dans l'auto-assurance³.

• 2. Activités de prévention

La perspective de richesse de l'individu est illustrée par la ligne (a) de la figure 3. Pour un niveau donné de prévention, la richesse de l'individu est une loterie entre A (avec une probabilité $1 - p(x)$) et B (avec une probabilité $p(x)$). L'espérance de richesse finale est notée par f .

Considérons maintenant une augmentation de prévention de x à x' . Cela déplacera la distribution de la richesse finale vers la gauche d'une quantité $[c(x') - c(x)]$ en A' et B' dans le tableau (a) de la figure 3. Toutefois, avec des coûts équitables, la pondération de la probabilité sur A' doit augmenter par rapport à celle qui existe sur A, de manière à ce que la richesse moyenne f soit inchangée. Il est clair qu'une telle modification ne contracte pas la distribution (et ne l'étend pas non plus) autour de la moyenne. D'après Hadar et Russel et d'après Rothschild et Stiglitz, certaines personnes hostiles au risque préféreront x , tandis que d'autres préféreront x' .

Cette cassure du lien entre « risque » et prévention explique la relation ambiguë entre l'aversion pour le risque et la prévention. Plus un individu est hostile au risque, plus il investira dans la réduction des risques ; mais plus de prévention ne signifie pas nécessairement une réduction du risque.

Ce résultat laisse ouvert la possibilité d'une sous-classe de préférences dans laquelle on pourrait obtenir une relation entre aversion au risque et prévention.

2. Au sens strict, Rothschild et Stiglitz considèrent le mouvement inverse d'une extension préservant la moyenne, voir également Hadar et Russell.

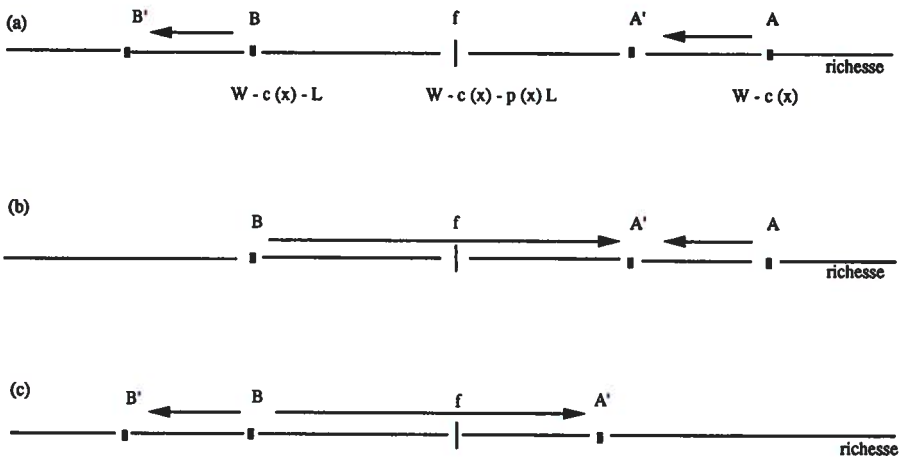
3. Voir dans Diamond et Stiglitz un examen de la relation entre augmentation de l'aversion au risque et augmentation du risque.

On montrera dans la prochaine section qu'il est peu probable qu'une telle définition des préférences puisse exister.

■ IV - RISQUE CACHÉ ET AUTO-PROTECTION

Si la prévention ne réduit pas le risque dans la richesse finale, nous pouvons la décomposer en deux effets que nous allons maintenant examiner, en détail.

FIGURE 3



Considérons un changement dans la distribution de probabilité qui ne change le niveau de richesse que dans le cas de figure où il n'y a pas de sinistre.

Il suffit de déplacer tout le poids de probabilité, $[1 - p(x)]$, de A sur A' , et pour rétablir l'équilibre afin de préserver la moyenne, de déplacer de B vers A' une quantité suffisante de probabilité de B . On obtient alors une loterie non plus entre A et B , mais une loterie entre A' et B , qui contracte la distribution, mais préserve la moyenne. Cela est illustré dans le diagramme (b) de la figure 3. Naturellement, la distribution de richesse ainsi représentée n'existe jamais dans la réalité.

Ce n'est qu'une étape intermédiaire pour obtenir la nouvelle distribution de richesse effective. Il faut maintenant déplacer toute la masse de probabilité en l'éloignant de B dans la direction de A' ou B' , ce qu'illustre le diagramme (c). Le passage de (b) en (c) représente une extension de la distribution préservant la moyenne. L'analyse ci-dessus montre comment une augmentation de la prévention provoque successivement une contraction et une extension de la distribu-

tion de la richesse. L'extension se produisant à des niveaux de richesse plus faibles, et la contraction à des niveaux de richesse plus élevés. Supposons maintenant que la variance de la distribution de richesse finale reste constante. Les conditions ci-dessus impliquent une transformation qui préserve la moyenne et la variance. Une MVPT, « mean variance preserving transformation », de la distribution de richesse telle que la définissent Menezes, Geiss et Tressler. Il a été démontré dans cette configuration que toute personne hostile au risque, dont les préférences satisfont $U''' > 0$, préférera le niveau de prévention le plus bas⁴.

Naturellement, il est peu vraisemblable que la variance reste constante. De fait, on observe une variance constante si et seulement si $p(x') = 1 - p(x)$. Pour de « petites » augmentations de x , la variance de la richesse finale diminue⁵ quand $p(x) < 1/2$, et augmente quand $p(x) > 1/2$.

Malheureusement, même dans les cas où la prévention est souhaitable, on ne peut garantir que des préférences plus hostiles au risque conduisent à des niveaux plus élevés de prévention⁶.

■ V - CONCLUSION

Si le montant d'auto-assurance augmente de façon monotone avec le degré d'aversion au risque, on ne peut en dire autant de la prévention.

Il est possible qu'un individu plus hostile au risque utilise un plus faible niveau de prévention.

Cela n'est pas une exception au résultat, selon lequel une plus grande aversion au risque réduit les « activités risquées ». Comme l'augmentation du niveau de prévention augmente le coût de la plus grande perte possible (mais avec une probabilité d'occurrence plus faible), l'abaissement du niveau de prévention ne peut être considéré comme une « activité risquée ».

De fait, la réduction des sommes consacrées à la prévention n'accroît ni ne diminue le risque sur la richesse finale, au sens de la dominance stochastique du second degré. Ehrlich et Becker se sont approchés de ce résultat lorsqu'ils ont avancé que la distribution de la richesse finale se déplaçait sans ambiguïté vers la gauche lorsqu'on augmente les dépenses de prévention.

L'utilisation de la prévention augmente en fait le risque de la distribution de la richesse en transformant cette distribution, avec une contraction à des niveaux de richesse élevés et une extension à des niveaux de richesse moindres, la moyenne étant respectée.

4. On trouvera une preuve dans Menezes, Geiss et Tressler. La condition $U''' > 0$ est assez commune dans la littérature. Noter également la manière dont $U''' > 0$ implique une aversion pour le « caractère oblique vers la gauche », tandis que l'augmentation du niveau de prévention augmente le caractère oblique vers la gauche. Cette condition est définie comme étant la « prudence » dans un article récent de Kimball, qui examine certaines des nombreuses propriétés de ces préférences.

5. L'absence d'une relation monotone entre la variance et le montant de prévention exclut la dominance stochastique du troisième degré. (Voir Whitmore.)

6. Dans un article récent, basé partiellement sur une version antérieure du présent article, Beard et Sweeney cherchent les conditions qui garantissent à un individu la même perspective de richesse avec un niveau plus élevé de prévention. Ils ne trouvent pas de conditions de ce genre. En examinant si des préférences plus hostiles au risque ne peuvent jamais être suffisantes, ils concluent qu'elles ne le sont que si la probabilité de perte est « suffisamment faible ».

Cependant, comme la variance de la richesse finale ne reste généralement pas constante, et pourrait même augmenter par l'utilisation de la prévention, on ne peut classer les distributions. Pour le cas spécial où une augmentation très faible de prévention maintient la variance de la richesse finale, la prévention diminuerait en fait la richesse et son niveau optimal serait nul.

La conclusion principale que l'on peut tirer de notre analyse est que l'auto-assurance réduit sans ambiguïté le risque, mais que tel n'est pas le cas de la prévention⁷. Il n'est par conséquent pas étonnant qu'une augmentation de l'aversion pour le risque augmente toujours le niveau d'auto-assurance, mais conduise parfois à des diminutions de la prévention ■

BIBLIOGRAPHIE

- ARROW (Kenneth J.) - *Aspects of the Theory of Risk Bearing*, Helsinki, 1965.
- BEARD (T. R.) et SWEENEY (George) - Self Protection, Risk Aversion and Caution - Vanderbilt University - *Working Paper*, January 1990.
- DIAMOND (Peter), STIGLITZ (Joseph) - Increases in Risk and in Risk Aversion - *Journal of Economic Theory*, July 1974, p. 66-84.
- DIONNE (Georges), EECKHOUDT (Louis), - Self-Insurance, Self-Protection and Increased Risk Aversion - *Economics Letters*, Volume 17, 1985, p. 39-42 (Errata, Volume 19, 1985, 100).
- EHRLICH (Isaac), BECKER (Gary) - Market Insurance, Self-Insurance and Self-Protection - *Journal of Political Economy*, July-August 1972, p. 623-48.
- HEDAR (Joseph), RUSSEL (William R.) - Rules for Ordering Uncertain Prospects - *American Economic Review*, March 1969, p. 23-34.
- HIEBERT (Dean L.) - Optional Loss-Reduction and Risk Aversion - *Journal of Risk and Insurance*, June 1989, p. 300-306.
- KARNI (Edi) - On the Correspondence between Multivariate Risk Aversion and Risk Aversion with State Dependent Preferences - *Journal of Economic Theory*, 1983, p. 230-42.
- KARNI (Edi) - Risk Aversion for State Dependent Utility Functions : Measurement and Application - *International Economic Review*, 1983, p. 637-47.
- KIMBALL (Miles) - Precautionary Savings in the Small and in the Large - *Econometrica* January-April 1990, p. 53-74.
- MENEZES (C.), GEISS (C.), TRESSLER (J.) - Increasing Downside Risk - *American Economic Review*, December 1980, p. 921-32.
- PRATT (John W.) - Risk Aversion in the Small and in the Large - *Econometrica*, April 1964, p.122-36.
- ROSS (Stephen) - Some Stronger Measures of Risk Aversion in the Small and in the Large with Applications - *Econometrica*, May 1981, p. 621-38.
- ROTHCHILD (Michael), STIGLITZ (Joseph) - Increasing Risk : A Definition - *Journal of Economic Theory*, 1970, p. 225-43.
- WHITMORE (G. A.) - Third Degree Stochastic Dominance - *American Economic Review*, June 1970, p. 457-59.

7. La conclusion selon laquelle l'auto-assurance diminue sans ambiguïté le risque ne tient pas si l'efficacité du mécanisme d'auto-assurance est aléatoire. Ce qui est démontré dans un article récent de Hiebert.

LES CINDYNIQUES

Une science découverte
à la fin du XX^{ème} siècle

MOTS CLÉS : *Cindyniques* • *Culpabilité* • *Divinité* • *Refoulement* •

Le 8 décembre 1987, lors d'un colloque organisé au palais de l'Unesco à Paris par une association de dirigeants industriels, l'ACADI, une nouvelle science a fait son apparition : les cindyniques. Georges-Yves Kervern décrit dans ce texte le passage de la technique divinisée à la technique domestiquée. Il dégage ensuite les spécificités que sont son caractère sériel, sa transversalité et l'importance du retour d'expérience. En annexe figurent les résultats du colloque de l'ACADI ainsi que les différentes rubriques du champ disciplinaire nouveau que sont les cindyniques.

Lhomme du XX^{ème} siècle accepte facilement que les sciences se développent ou se transforment. Par contre, l'idée qu'une nouvelle science pourrait émerger, seulement maintenant, comporte une sorte de leçon d'humilité qui la rend plus difficile à admettre. Et pourtant...

Les Cindyniques, sciences du Danger, sont nées en Europe, à Paris, dans le palais de l'UNESCO, le 8 décembre 1987, lors d'un colloque organisé par une association de dirigeants industriels, l'ACADI. Ce jour-là se trouvaient réunis 1475 participants venus de 13 pays représentant 30 secteurs industriels, 320 sociétés et 90 universités ou centres de recherches.

Dans les premiers mois de l'année, l'Association Française de Cadres Dirigeants pour le Progrès Social et Economique, ACADI, avait organisé les travaux d'un ensemble d'experts venus d'horizons apparemment très hétérogènes et pilotés par Michel Horps, ingénieur du Corps des Mines et directeur général de l'Union d'Etudes et d'Investissements (annexe 1).

Il faut retenir parmi les événements précurseurs de cette naissance la publication en octobre/novembre 1986 de la première • somme • sur les Cindyniques sous la

* Direction Centrale de la Stratégie et des Programmes à l'UAP, publiera, au 1^{er} semestre 91, «L'Archipel du danger», chez Economica.

direction de Michel Matheu, dans les Annales des Mines. Ce travail a servi de tremplin au comité d'organisation.

La naissance d'une nouvelle science ouvre ou laisse ouvert un certain nombre de questions qu'il faut maintenant recenser en essayant d'y apporter des éléments de réponse.

Exprimées en langage courant, les questions les plus fréquentes sont :

- Pourquoi cette science est-elle apparue ?
- Pourquoi n'est-elle pas apparue plus tôt ?
- Faut-il d'ailleurs qu'elle apparaisse ?
- Est-elle d'ailleurs apparue ? N'est-ce pas une science mirage, une science fantôme ?
- A quoi sert-elle après tout ?

En termes plus analytiques, trois groupes de questions sont posées par la naissance des CINDYNIQUES.

- des questions concernant sa genèse ;
- des questions concernant sa réalité ;
- des questions concernant sa spécificité ou son utilité.

■ I - LE PROBLÈME DE LA GENÈSE DES CINDYNIQUES

Le 7 décembre 1987, dans son intervention, Philippe NEMO, responsable à l'Ecole Supérieure de Commerce de Paris du Mastère spécialisé en Management de l'Information et des Médias, pose le problème du lien entre science du risque et libération de l'esprit collectif :

• Il n'y a prise de risque et plus encore calcul de risque que là où l'homme se fait libre de ses décisions... Si la tâche de maîtriser systématiquement les grands risques industriels apparaît aujourd'hui comme un impératif urgent et incontournable, malgré les difficultés techniques et le coût économique, cette servitude même n'est donc que la contrepartie d'une libération essentielle de l'esprit collectif accomplie par la modernité. Tout le problème est que cette libération n'est que partielle et fragile.

• La société moderne, pluraliste et critique, risque à tout moment de recommencer à se comporter comme une foule irrationnelle, en engendrant des mythes, désignant des boucs émissaires, s'enfermant elle-même à nouveau dans un étai d'interdits et de tabous bloquant ses développements technologiques ultérieurs. Les phénomènes de rumeurs et de paniques qui ont accompagné les accidents technologiques limites de ces dernières années donnent une faible image de ce que pourrait être une vraie crise de confiance à l'échelle planétaire, consécutive à une catastrophe technologique majeure. •

• Ainsi se trouve posé le problème de la • divinisation • ou de la • diabolisation • de la technologie. Prêt à adorer la technique, l'homme du XX^{ème} siècle est encore prêt à brûler ce qu'il a adoré. C'est parce que nous prenons conscience de cette ambivalence que nous pouvons aujourd'hui en mesurer les enjeux. En fait nous

commençons à aspirer à la maîtriser et à passer du stade de la technique divinisée au stade de la technique domestiquée.

• 1. Le stade de la technique royale et divine : Le dogme de l'infailibilité technologique.

Prenons l'exemple de la NASA, en utilisant les termes de l'excellent résumé présenté par le groupe CNPP-AFNOR dans son ouvrage de 1988 sur les accidents technologiques :

• En 1985, la NASA connaissait depuis une vingtaine d'années une impressionnante série de succès. Plusieurs centaines de satellites avaient été lancés par des engins sans équipage avec au moins 90 % de réussite... Une longue période sans accident crée un sentiment d'infailibilité propice à un relâchement en matière de sécurité. • Ce sentiment s'institue d'autant plus facilement que survit encore dans l'inconscient collectif un dogme : le dogme de l'infailibilité technologique. C'est ce dogme de l'infailibilité de la science et de la technologie qui a les effets les plus dévastateurs. La technique est au fond sacralisée : elle fait partie du • sacré • dans notre inconscient collectif. Cela nous conduit à réfléchir, avec René GIRARD, au mécanisme du • sacré • dans les sociétés anciennes et... modernes.

Pour beaucoup, souvent, • la technique est reine • : au sens de René GIRARD. Pour lui, le roi, personnage sacré, est à la fois entouré de respect, courtoisé et puis tout à coup supplicié et mis à mort. C'est que le roi, quels que soient les honneurs dont il est entouré, est un symbole bipolaire : comble de noblesse au pôle positif, comble de l'ignominie au pôle négatif. Tantôt dieu, divinisé, immortalisé, tantôt à l'autre extrême mal personnifié, diabolisé, honni, ennemi public n° 1.

On peut parler de transcendance et immanence de la science divinisée. La technique se trouve dans notre civilisation, dans cette position symbolique de divinité royale. Elle sera honorée tant qu'elle est parfaite. Mais elle n'a pas le droit à l'erreur. Dès que sa pourpre est souillée, la roche tarpéienne remplace le capitol, le supplice succède au sacré.

Le mimétisme, énergie sociale des sociétés modernes, crée un champ d'alignement des dévotions ou des haines. Grand basculeur du positif au négatif, le mimétisme est capable de déplacer la foule des téléspectateurs de l'admiration béate devant le départ triomphal d'un engin spatial vers les espaces infinis à la rage écologique devant tout dérapage biochimique, spatial ou nucléaire. La défaillance est mal vécue. Elle déchaîne les passions. La défaillance appartient à l'univers de l'horreur.

Ainsi notre attachement à la technique, comme tous nos attachements personnalisés, est marqué par l'ambivalence. Comme notre mère, tantôt bonne mère, tantôt mauvaise pour son enfant, la technique déclenche tour à tour des réflexes d'attraction et de rejet.

L'homme d'aujourd'hui n'est pas encore adulte. Il est encore prisonnier de névrose d'ambivalence vis-à-vis de la technique. Depuis la genèse, au sens biblique, le projet de l'homme est de domestiquer la nature par la technique. Mais,

pour autant, l'homme n'a pas encore domestiqué la technique comme outil de maîtrise de la nature.

• 2. Le stade de la technique domestiquée

La Révolution, dans la sphère politique, consiste à ramener la monarchie et l'aristocratie à la « condition standard ». On démasque, sous le costume et les oripeaux aristocratiques, le pauvre homme avec ses limites et ses défaillances. On déboulonne les statues. On désacralise. On démythifie.

Une révolution est à l'œuvre aujourd'hui dans la sphère technologique. Il s'agit de ramener la technique à son état d'imperfection, à ses limites. Le dogme de l'infailibilité technologique obligeait les technocrates à refouler cette idée d'imperfection et à engendrer une langue de bois décrivant les systèmes techniques comme parfaits. Sachant qu'elle n'avait pas le droit à l'erreur, elle se prétendait infailible. D'où un refoulement de ses imperfections. Le non-dit de la technique constitue alors les faiblesses de la technique comme vice caché. Le surgissement de ses faiblesses sera donc difficilement prévisible pour les utilisateurs de la technique qui n'y ont accès qu'à travers la langue de bois. L'autodescription de la technique dans une langue de bois qui chante les louanges de la technique amène la coexistence paradoxale mais quotidienne du mythe du miracle de la technique avec l'horreur des catastrophes technologiques : avions qui s'écrasent, usines qui explosent, pétrole qui se répand, rivières aux poissons morts, espèces en disparition, effet de serre, remontée des océans, mort des arbres. D'un côté les prix Nobel, les inaugurations médiatisées ; de l'autre Seveso, Bhopal, Tchernobyl, Challenger, le métro de Londres, les car-ferries, les plates-formes pétrolières, les Boeing...

Tant que la technique ne rencontre pas en face d'elle un homme adulte, elle n'est pas domestiquée. Elle reste divine. Elle n'a pas le droit à l'erreur. Ses défaillances créent alors une situation d'horreur.

La controverse Rousseau-Voltaire de 1756 va caractériser le basculement de l'homme dans une attitude adulte face au risque.

En novembre 1755, le tremblement de terre de Lisbonne fait une centaine de milliers de morts. Ce cataclysme permet de faire apparaître la ligne de démarcation entre l'homme-enfant et l'homme-adulte. L'enfant, c'est Voltaire, qui s'en prend encore à Dieu. L'adulte, c'est Rousseau, qui s'en prend à l'homme. Voltaire se demande si « de l'Etre tout parfait le mal ne pouvait naître ? ». Rousseau ironise sur l'homme qui construit une ville dans une zone sismique : « serait-ce donc à dire que la nature doit être soumise à nos lois et que, pour lui interdire un tremblement de terre en quelque lieu, nous n'avons qu'à y bâtir une ville » (lettre de Rousseau à Voltaire du 18 août 1756).

Mais aujourd'hui encore ce processus de maturité face au risque doit développer ses effets. Beaucoup de modernisations de nos concepts doivent encore être accomplies. Par exemple, dans le domaine juridique.

• 3. Un droit de la culpabilité

L'article 319 du Code pénal se lit : • Quiconque par maladresse, imprudence, inattention, négligence ou inobservation du règlement aura commis involontairement un homicide, ou en aura été involontairement la cause, sera puni d'un emprisonnement. •

Cet article du Code pénal s'est trouvé au centre d'un débat de fond lors du colloque ACADI. Le commentaire de Jean-Claude Wanner, ingénieur général de l'armement, président de 3S, au cours de ce débat mérite d'être analysé : • Ce Code a été rédigé au siècle dernier, à une époque où les conventions bourgeoises imposaient de prendre toute erreur pour une faute... Actuellement, lorsqu'il y a un accident quelconque, pour que les victimes de ces accidents soient remboursées devant les tribunaux, il est très important qu'on trouve un coupable. •

• 4. Le refoulement comme réponse à la culpabilisation

• Hélas ! Hélas ! que la science est chose terrible quand elle se tourne contre le savant. • Tirésias, le devin, dans le premier épisode de l'*Cédipe roi* de Sophocle. Le 3 juillet 1988 à 10h 54, au large de Bandar Abbas, le bateau le plus perfectionné du monde - LE VINCENNES - confond un Airbus civil de 177 pieds de long avec un avion de combat F14 TOMCAT de 62 pieds de long ; coût de la manœuvre : 290 passagers civils.

Commentant cette bavure horrible de la technique la plus avancée, le • Times • du 18 juillet 1988 écrit : • Rogers may have made the only decision he could, given what he knew and when he knew it. •

Tout a donc parfaitement fonctionné : le système, les procédures, le capitaine Rogers.

Devant de tels mystères, fruits de la complexité des systèmes technologiques les plus avancés, on est en droit de parler de l'*Cédipe* du complexe.

L'enfant de l'homme, la technologie la plus complexe échappe à l'homme, se retourne contre lui et... tue son père... inconsciemment.

Que cela surprenne tout le monde, prenne à contre-pied les centres de décision les plus riches, les mieux dotés en cerveaux éminents, en électronique la plus pointue ne peut nous laisser sans réaction !

Les analyses de Freud dans *Malaise dans la civilisation* ont un peu vieilli, mais elles attiraient l'attention sur les culpabilisations collectives et sur les refoulements qui en résultent dans notre civilisation.

Pierre Bourdieu, professeur au Collège de France, développe dans son enseignement l'idée que le phénomène de refoulement-sublimation est un mécanisme sociologique général. En particulier, la • libido • peut être un moteur éthique quand elle rencontre un champ qui lui impose de se transmuter en se soumettant aux exigences d'inversalité propres au champ.

Où en sommes-nous aujourd'hui dans ce refoulement ? Tant que la technique est divinisée, tant que la collectivité lui refuse le droit à l'erreur et place toute défaillance dans le domaine de l'horreur et de la faute, les systèmes technologi-

ques s'autodécrivent dans une langue de bois, imprégnée du dogme de l'infailibilité technologique. L'Œdipe du complexe est rendu plus menaçant par une langue de bois présentant la défaillance comme impossible. La prudence est endormie. Les catastrophes se produiront dans l'effarement, l'improvisation, la dislocation des systèmes quotidiens sans solution de rechange.

Comme la psychanalyse s'efforce d'analyser le discours de la personne, une technanalyse pourrait s'efforcer d'auditer le discours des systèmes technologiques sur eux-mêmes, pour cerner ce qui est refoulé et le faire remonter à la conscience collective. Simultanément, il faudrait moderniser notre droit et notamment le Code pénal. Sortir de l'univers de la faute. Ne serait-ce que pour la mémoire des 290 passagers du vol 655 d'Iran Air, le 3 juillet 1988 !

Pour caractériser la scientificité, Karl Popper a proposé le critère de la falsification : une théorie ne pourra être déclarée scientifique que si elle s'expose à la réfutation, à l'expérience cruciale qui va la mettre en défaut.

Le défaut est donc au centre du critère de scientificité. Ni sceptique ni nihiliste, le poppérien croit que l'université de l'homme passe par l'étude des « erreurs », des défauts qui constituent le plus sûr chemin non pas vers la vérité, mais vers la **vérisimilitude**, c'est-à-dire l'état d'une idée qui jusqu'à présent n'a pas été mise en défaut au point d'être rejetée.

L'étude des défaillances est au cœur de la démarche scientifique. Les Cindyniques se trouvent donc dans une position centrale dans la dynamique de la vérisimilitude. Observé à un instant déterminé, tout système technologique, malgré tous les efforts techniques et scientifiques qui lui ont donné naissance, est un « tissu » de conjectures scientifiques. Ce tissu est exposé à une série de défaillances dont l'analyse active et organisée est un devoir impérieux. Cette analyse est la seule réponse au caractère précaire, dangereux, faillible de tout système technologique.

En tant qu'analyse des défaillances, les Cindyniques sont au cœur de la dialectique entre falsification et vérisimilitude. Elles sont au cœur du mécanisme du progrès technologique.

■ II - LA SPÉCIFICITÉ DES CINDYNIQUES

Dans son exposé du 16 février 1989, à l'ANRT, le docteur Edwin Zebroski, directeur du Nuclear Analysis Center de Palo Alto, répétait plusieurs fois le nouvel adage des Cindyniques :

« Catastrophes are not Accidents. »

Non, les grandes catastrophes n'ont aucun caractère accidentel. Elles « attendaient » pour se produire. Elles étaient rendues inévitables par les constatations que l'on pouvait faire sur la présence de onze « Common Attributes », onze caractéristiques communes aux systèmes technologiques où ces catastrophes se sont produites. Partout les mêmes constatations :

- responsabilité diffuse dans des organisations stratifiées,

- idée (Mindset) de l'infailibilité du système et de l'inévitabilité du succès,
- croyance que le respect de quelques règles explicitées suffit à assurer la fiabilité,
- esprit d'équipe sacralisé décourageant l'expression des avis divergents,
- pas d'organisation du « retour d'expérience »,
- « parochialism » : esprit de paroisse qui amène à mépriser les signaux venus de l'extérieur,
- les analyses de sécurité subordonnées aux critères de production ou de performance,
- pas de procédures de crise,
- des pratiques considérées comme dangereuses ailleurs ont été maintenues,
- pas de recours aux méthodes avancées d'évaluation des risques,
- pas de distribution des responsabilités en matière de sécurité dans l'organisation explicite.

Ce qui frappe, c'est que, sur ces 11 péchés capitaux, 9 ou 10 se retrouvent à l'origine de la plupart des catastrophes du type Tchernobyl, Three Mile Island, Challenger, Bhopal, etc.

Ainsi apparaissent les spécificités de Cindyniques :

• 1. Spécificité transaccidentelle : caractère sériel

À l'intérieur d'un secteur déterminé, on connaît la loi des séries. Les catastrophes se produisent par séries. Elles sont le fruit de chaînes, de séries d'événements. Chacun de ces événements a une très faible probabilité.

Ce caractère sériel d'enchaînement d'événements improbables est à l'origine des accidents. C'est une spécificité très forte de l'objet central des Cindyniques qui explique qu'il soit justifiable des outils mathématiques que sont les graphes, le calcul des probabilités, les processus markoviens.

• 2. Spécificité transectorielle

Du pétrole au nucléaire, de l'aviation à la chimie, les experts connaissent le très grand intérêt du dialogue sur les incidents, les accidents, les catastrophes et les mesures préventives.

Les Cindyniques sont une discipline typiquement transversale aux différents processus, aux différents secteurs d'activité.

C'est cette reconnaissance du caractère transversal de cette discipline qui explique la très forte valeur ajoutée, le très grand effet de fertilisation croisée, qui s'est révélé par exemple lors du colloque de l'ACADI ou encore dans les analyses parallèles du docteur Zebroski, c'est lui qui justifie la création du CIE, Cindynics Institute for Europe.

• 3. Spécificité du retour d'expérience comme effet sur la réduction des probabilités d'accidents.

La spécificité des Cindyniques tient au fait qu'un apprentissage collectif est possible par l'exercice d'une humilité collective devant les faits.

L'analyse et la documentation précise des caractéristiques des systèmes au

moment des incidents, accidents, catastrophes sont un moyen de réduire la variable essentielle du domaine des Cindyniques : la probabilité d'occurrence des défaillances. On peut certes douter de la fiabilité des informations spontanément diffusées lors des accidents. Il faut avoir recours à des analyses approfondies et à des enquêtes conduites par des experts incontestés. Mais les retombées de cet effort de documentation et d'analyse sont reconnues par les experts les plus éminents. Parmi de très nombreux exemples de la spécificité du phénomène de « retour d'expérience », on peut noter :

- L'analyse des vols telle qu'elle est pratiquée par la compagnie AIR FRANCE.
- La notion d'incidents précurseurs illustrée notamment par les études postérieures à la catastrophe nucléaire de Three Mile Island.

■ CONCLUSION

Ainsi, depuis la fin de 1987, nous voyons émerger une nouvelle science : **les Cindyniques**, les sciences du Danger. Cette science :

- étudie dans tous les systèmes les facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident potentiel,
- mesure le niveau de danger, en général par le produit de l'impact de l'accident potentiel par sa probabilité,
- propose les mesures adaptées à la situation de crise en cas de réalisation de l'accident potentiel,
- propose les mesures propres à éviter la réalisation de l'accident potentiel ou d'en délimiter l'impact.

Le concept anglo-saxon de risk-management est en plein épanouissement. La réunion du 28 avril au 4 mai 1990 à Boston de la conférence annuelle de la RIMS (Risk and Insurance Management Society) a regroupé 5 000 membres et près de 12 000 personnes. A cette occasion, on s'est aperçu de l'extension considérable que prend cette notion de **risk-management**, dont les spécialistes sont actuellement rattachés soit à des fonctions financières - le trésorier, par exemple, soit à des fonctions administratives - le service juridique, par exemple. En fait elle apparaît comme une fonction maîtresse, un outil indispensable à la direction générale des entreprises, au même titre que le marketing ou les finances. Elle trouvera sa place dans les tâches de direction générale avec comme base technique les Cindyniques et comme missions :

- la détection des facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident dans un système,
- la mesure de l'impact de l'accident sur le système,
- les mesures propres à annuler, limiter ou gérer cet impact, notamment les mesures de prévention, d'assurance et de gestion de crise.

Une réorganisation des entreprises industrielles et des organismes financiers est en cours sur la base de cette spécificité des Cindyniques. On s'aperçoit ainsi que des notions apparemment étrangères les unes aux

autres, comme comité des risques ou comité de gestion d'actifs ou de passifs dans les banques, de project financing, de gestion de la « position » dans les activités de trading, ainsi que certaines tâches permanentes jusqu'alors dispersées dans les services juridiques ou de trésorerie, relèvent tout simplement des Cindyniques. La très forte spécificité des Cindyniques et l'enjeu vital qu'elles représentent pour l'organisation conduisent à les faire apparaître en toute clarté comme une tâche majeure de direction générale. Avec cette prise de conscience, le cindynicien est en train de succéder au « risk-manager ».

Parallèlement, les grandes écoles mettent en place des enseignements cindyniques spécialisés. Il en est ainsi en France de l'Ecole Centrale et de SUPELEC.

Ces fonctions initiales seront accompagnées de formation continue. Pour ces formations, le Cindynics Institute for Europe paraît devoir jouer un rôle de premier plan.

L'émergence du cindynicien est ainsi la principale nouveauté dans l'enseignement scientifique comme dans l'organisation des directions des entreprises et organismes financiers. Elle marque une nouvelle étape dans la maturité du comportement de l'homme face aux risques multiples d'une nouvelle civilisation technologique et financière ■

ANNEXE I

LES EXPERTS

Parmi les experts, membres du comité d'organisation figuraient :

Marius BELMAIN Chargé de mission auprès du Président de la Commission de la Déréglementation de l'Urbanisme et de la Construction, Chef de la Mission « Transport des Matières Dangereuses »

Patrice BERNARD Adjoint au Directeur des Etudes, de la Planification et de la Recherche de la SNCF

Philippe BERTIN Ecole des Mines

J.-François CAGNOT Manager, Sema Metra Conseil

Jean CELLIER Directeur, Spie-Trindal

François DEMARCO Adjoint au Chef du Service de l'Environnement

Industriel, Ministère de l'Environnement

J.-Louis DESCHANELS Secrétaire Général de 3S, Directeur Général d'Aérospatiale Protection Systèmes

Georges DOBIAS Directeur Général de l'INRETS

Philippe DUMEZ Journaliste, Antenne 2

Yves KALUZYŃSKI Ecole des Mines

Patrick LAGARDE Ingénieur de Recherche à l'Ecole Polytechnique, Laboratoire d'Econométrie

J.-Paul LANGEVIN Président d'Uranium Pechiney

Joseph LE CORNEC Administrateur-Directeur, Société Générale d'Assurances et de Prévoyance

Henri LEGRAND Sous-Directeur de la Pollution de l'Air, Ministère de l'Environnement

Jean MERSCH Vice-Président Délégué de l'ACADI

Dominique MOYEN Directeur Général de l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)

J.-Louis NICOLET Directeur Délégué, EUREQUIP

Dominique PETIT Directeur Adjoint, Chef de la Sécurité Industrielle au Ministère de l'Industrie

Hubert SCHILLING Journaliste, Antenne 2

Bernard STRAUSS Chef de la subdivision Climatologie-Exploitation, Service Central d'Exploitation, Météorologie Nationale

Pierre TANGUY Inspecteur Général pour la Sûreté et la Sécurité Nucléaires, Direction Générale, EDF

Bernard TRAMIER Directeur Environnement du Groupe Elf-Aquitaine

Philippe VESSERON Direction de l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire (IPSN, CEA)

François VIKAR Directeur de la Communication, UAP

Gérard VUILLARD Directeur de la Sécurité et de l'Environnement, Rhône-Poulenc

J. Claude WANNER Président de la Société pour la Sécurité des Systèmes (3S)

ANNEXE II

LES RÉSULTATS DU COLLOQUE ACADI - décembre 1987

Lors de la séance de clôture du colloque, l'ACADI propose un plan - MAITRISK - dont les trois principaux points sont les suivants :

1er point :

La vivacité et la richesse des échanges intersectoriels constatés à l'occasion du colloque démontrent l'existence d'une discipline nouvelle, à laquelle il faut donner un nom.

Les disciplines scientifiques comme la dynamique, la cinématique sont baptisés d'après les racines grecques. En grec, le mot - danger - se dit KINDUNOS. L'ACADI a donc proposé le terme de CINDYNIQUE. Microcindyne pour le risque diffus, mégacindyne pour les grands systèmes. Aux Etats-Unis, ce sera Cindynics. Ce terme a été retenu par les journalistes scientifiques du - Monde - et du - Figaro - (Elizabeth Gordon et Albert Ducrocq). Le numéro 144 du - Bulletin de la Langue Française - note l'apparition du mot Cindynique avec le commentaire suivant : - Ce substantif est formé à partir du mot grec Kindunos qui signifie danger. On a abandonné la terminale habituelle en -logie- qui tend à se perdre. La traduction anglaise est facilitée - Cindynique - devient - CINDYNICS -, mais attention à la place de l' - i - et de l' - y -, qui peut être un piège lors d'une dictée savante -.

Le choix du mot CINDYNIQUE, que l'on doit à la Sorbonne, s'est fait par élimination des autres solutions :

- accidentologie qui est un métissage barbare de racines latines et grecques.
- tychisme, tychologie, tychopsie sont des mots enfants de la racine $\tau \chi$ mot grec qui exprime l'idée de hasard accidentel et d'imprévu. Tyche n'est-elle pas la Déesse du destin de la Fortune bonne ou mauvaise comme l'a fait observer Antoine Tillie, PDG de France Incendie, membre de l'ACADI. Ainsi le tychisme est une théorie soutenant la réalité d'un hasard absolu. Ainsi on appelle tychopsie une représentation graphique de la loi des erreurs accidentelles utilisée dans la théorie mathématique de l'évolution.

- $\sigma \mu \beta \alpha \epsilon \omega$ est le participe passé du verbe grec $\sigma \mu \beta \alpha \omega$: ce qui arrive à suggérer d'appeler la science des incidents ou accidents la symbatologie. A cela on pouvait opposer la racine - mauvais - et songer à CACOGENESE ce qui arrive de mauvais avec CACOGENEALOGIE.

- la racine - dys - qui décrit l'erreur, le mauvais fonctionnement, le dérapage, la bavure, orientait vers l'idée de DYSTECNOLOGIE, et son contraire la qualité totale dans l'exécution : la DIAPRAXIE (réalisation totale, parfaite, - à fond -).

Tout cela bien considéré, la Sorbonne entendue, le mot - danger -, dans sa simplicité retenue, le baptême s'est fait sur le mot pluriel les CINDYNIQUES.

2ème point :

Il faut enseigner les Cindyniques, mais pas au rabais dans un coin des programmes d'enseignement. Nous devons leur donner un droit de cité dans l'enseignement primaire, secondaire et supérieur.

3ème point :

Il nous faut, au moins à l'échelle de l'Europe, un organisme capable d'assumer un certain nombre de fonctions, le retour d'expérience, l'exploitation d'informations disponibles sur les catastrophes. Il ne s'agit pas d'une technostucture, mais d'un réseau auquel il sera possible de s'adresser pour avoir l'information sur ce qui s'est passé. Il faut un carrefour, un réseau de communications sur ce sujet capital tant dans la vie quotidienne que dans la vie industrielle. Le danger est permanent et doit être étudié en permanence. C'est là la principale proposition de l'ACADI, la constitution d'un CIE : le Cindynics Institute for Europe, constitué depuis 1990, sous la présidence de Pierre Tanguy.

ANNEXE III

CINDYNIQUES : CHAMP DISCIPLINAIRE ET CLASSIFICATION

Les contributions au colloque ACADI de décembre 1987 ont conduit spontanément les organisateurs à recenser les différentes rubriques de ce champ disciplinaire nouveau :

1. LA CINDYNETRIE

La cindynetrie commence avec l'établissement des statistiques des accidents comme la réalisation des dangers et des risques. On peut évidemment à cette occasion poser le problème des définitions du danger et du risque.

Dans un travail récent, décembre 1988, réalisé dans le cadre de l'Institut du Pétrole, Gilles Susbielles fait un panorama des techniques, concepts, méthodes utilisables pour la maîtrise de la - sécurité dans l'industrie pétrolière -. Dans cette synthèse, il propose des définitions retenues par la Fédération Européenne du Génie Chimique :

- **Danger** : situation d'un système où sont réunis tous les facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident potentiel (en anglais - hazard -).

- **Le Risque** est le produit de la cindynetrie. Il est défini comme - la mesure du niveau de danger -. C'est une fonction (généralement le produit) de la probabilité d'un accident potentiel et des effets de cet accident.

F.A.R. : parmi les concepts utilisés dans les travaux quantifiés on peut noter le F.A.R. (- fatal accident rate - : nombre moyen de décès par accidents en 108 heures d'une activité particulière). Le F.A.R. vaut 1 pour une population de 12 000 personnes exposées en permanence 24 heures sur 24 pendant 1 an, s'il y a un mort.

- **Sûreté et sécurité** : dans le domaine nucléaire, le décret du 13 mars 1973 définit le terme **sûreté** :

et finalement de l'arrêt des installations nucléaires pour prévenir les accidents et en limiter les effets ». La sécurité ajoute à la sûreté les dispositions prises pour protéger le système contre les actions malveillantes. La cindynamétrie consiste essentiellement en le recueil et le traitement de données sur les éléments suivants :

1.1. Les risques industriels

- le risque technologique
- la conception des produits et les risques qui en découlent
- la cindynique des grands systèmes
- les relations entre le nombre d'incidents et l'accident
- les transports dangereux
- les points sensibles : distribution d'énergie, informatique...
- les risques par activités : nucléaire, chimie, électricité, pétrole, gaz, mines, chantiers, sidérurgie, mécanique, espace, transports, agro-alimentaire...

1.2. Les risques naturels

Sismique, vulcanologique, phénomènes météorologiques...

1.3. Les risques diffus : la microcindynique

- la vie domestique : gaz, électricité, chutes, eau chaude, sports, loisirs, automobile
- architecture et urbanisme : l'architecture cindynique et l'urbanisme cindynique partent de la mesure de l'insécurité dans les villes, de l'analyse de tous les facteurs de risques dans les habitations et dans le tissu urbain. Elles proposent des dessins et des plans inspirés par le souci de ramener les risques au dessous de seuils humainement acceptables.

1.4. Les risques écologiques : cindynique écologique

Impact sur l'environnement : polluants, déchets, produit grand public

- les transferts d'une catégorie de risques à une autre
- les biotechnologies
- les relations dose-effet

2. LA GESTION DE CRISE ET DE CATASTROPHE : LE MANAGEMENT CINDYNIQUE

2.1. Le scénario de l'accident : cascade de fautes = catastrophe majeure, les arbres de décision.

2.2. La gestion médiatique de la crise : la communication de crise.

2.3. La gestion médicale : la médecine de catastrophe, les techniques épidémiologiques appliquées aux objets cindyniques.

3. LES OUTILS DE LA CINDYNIQUE

3.1. Les outils théoriques

Les cindyniques et les mathématiques s'unissent dans l'estimation chiffrée des risques. Jusqu'à maintenant, les chapitres des mathématiques qui participent à la structuration des méthodes d'analyse des installations industrielles ou des systèmes technologiques, du point de vue cindynique sont les suivants :

- la théorie des graphes est à la base des méthodes utilisant les « arbres de défaut », les « diagrammes de fiabilité », les « arbres d'événements », les « diagrammes cause-conséquence ».

Ces analyses peuvent être complétées par le recours à l'algèbre de Boole. Les réseaux de Pétri sont des graphes orientés comportant les concepts de PLACES, TRANSITIONS, ARCS,

- le calcul des probabilités est évidemment au centre de l'évaluation des risques. Dans l'analyse de systèmes dynamiques, les processus markoviens sont substitués aux analyses classiques des « arbres de défaut » ou « diagrammes de fiabilité ». La classe des méthodes Monte-Carlo permet des simulations en univers aléatoire,
- la théorie des équations différentielles est utilisée dans beaucoup d'analyses dynamiques, ne serait-ce que comme produit d'une analyse par le processus markovien.

La théorie des graphes et le calcul de probabilité se combinent dans les analyses du type « PROBABILITY EVENT TREE ANALYSIS ».

On trouvera dans la littérature spécialisée et dans les actes du colloque ACADI les concepts utilisés par les cindyniciens. Je cite simplement quelques sigles familiers :

- pour les méthodes (HAZOP, AMDE, AMDEC, EXPRESS)
- pour les arbres de défaut (LOCK, FIABC, PATRICK, PL-MOD, TERMITE)
- pour les processus de Markov (FIABI, MARK-GE, SURF, MARK EXB/SHF)
- pour les méthodes de Monte-Carlo (SAFTE, GO)
- pour les réseaux de Pétri (MOLA-RP)

3.2. Les banques de données cindyniques

Il s'agit d'un élément capital dans la réduction des probabilités de répétition des accidents grâce au « retour d'expérience ».

3.2.1. Accidents

MARS, Major Accident Reporting System, réservée aux autorités compétentes (ministère de l'Environnement) et développée par la CCE, DGXI, Direction A

FACTS, Failure & Accidents Technical Information System, banque gérée par TNO

MHIDAS, Major Hazard Incident Data Service, banque développée en collaboration HSE et UKAEA

3.2.2. Fiabilité

NCSR, du United Kingdom Atomic Energy Authority

TEEE, de l'Institute of Electrical & Electronic Engineers

3.2.3. Produits

UMPLIS, de l'Umweltbundesamt, substances toxiques

INRS, banque de données toxicologiques interrogeable par minitel

3.2.4. Informations

HSELINE

EPA, Environment Protection Agency américaine

3.3. Produits et services cindyniques

3.3.1. Les simulateurs : de l'aéronautique au nucléaire et à la chimie

3.3.2. Automatismes et capteurs

3.3.3. Ergonomie des outils et des conditions de travail

3.3.4. Outils de détection et lutte contre l'incendie

3.3.5. Outils de détection électronique et détection industrielle

3.3.6. Equipements et protection

3.3.7. Services spécialisés dans la prévention et la gestion du risque : contrôle, ingénierie, automatisation, sécurité des systèmes (APAVE, Lloyd's Register, Bureau VERITAS, CEP, APSYS, 3/2, par exemple).

4. LA CINDYNIQUE PSYCHOLOGIQUE ET SOCIOLOGIQUE

4.1. Les défaillances humaines

- typologie des défaillances humaines, erreurs de représentation
- procédés de diagnostic
- physiologie de la vigilance
- psychosociologie des situations d'urgence, de crise, de stress
- sélection, formation, mobilisation du personnel, composition des équipes.

4.2. La perception collective des risques et de la sécurité

- l'équilibre entre risque et sécurité, entre risque individuel et collectif, qu'est-ce qu'un risque acceptable ?
- la maîtrise des risques dans l'entreprise, l'organisation de la sécurité
- la maîtrise des risques dans la cité : rôle des élus
- les techniques de communication CINDYNIQUE : maîtrise des rumeurs, utilisations des slogans, information et désinformation.

5. LA CINDYNIQUE ECONOMIQUE

5.1. Le coût de l'accident

5.2. Le coût et la rentabilité de la prévention

5.3. Le partage des risques avec l'assureur : économie de l'assurance

5.4. Le métier de « risk-manager ».

6. LE DROIT CINDYNIQUE

6.1. Le rôle de la réglementation

6.2. La législation et réglementation nationale et internationale

6.3. Les responsabilités civiles et pénales.

7. La pédagogie cindynique

- l'enseignement : primaire, secondaire, supérieur
- la formation continue : les séminaires de simulation.

SCIENCE DE LA SECURITE**

MOTS CLÉS : *Ethique . Protection . Risque . Sécurité . Technique .*

Le texte reprend l'intervention d'Albert Kuhlmann durant le premier congrès mondial « Science de la sécurité », qui s'est tenu à Cologne les 24, 25 et 26 septembre 1990. Après avoir rappelé les raisons de l'apparition de la science de la sécurité, il tente de cerner son objectif, celui-ci étant étroitement lié à des questions philosophiques et en particulier d'éthique ; il s'agit de définir ce qu'il faut protéger et pourquoi il faut le faire. Etant alors confronté à la notion de risque, Albert Kuhlmann définit ce terme par des approches qualitatives et quantitatives, mais celles-ci étant insuffisantes, il estime que la tâche prioritaire attribuée à la science de la sécurité est de faire la preuve de son interdisciplinarité afin de déterminer des priorités et de mettre au point des fichiers pour la création de banques de données.

La sécurité de l'homme et de l'environnement face aux effets secondaires nocifs de la technique est depuis des années un thème social à très haute importance politique. La maîtrise des risques liés à la mise en oeuvre des techniques est devenue une mission de dimension globale.

La « science de la sécurité » telle que nous l'entendons se concentre, de façon délibérée, sur les risques et les dangers de l'utilisation pacifique des techniques et laisse en dehors de ses objectifs, du moins dans un premier temps, les domaines de la sécurité militaire et sociale. Nous nous imposons de plus une autre limitation, en nous consacrant d'abord aux problèmes de sécurité dans la société industrielle. C'est en effet dans les sociétés industrielles que l'utilisation des techniques a le plus modifié notre monde. C'est principalement là que les technologies sont d'abord mises au point et en application.

C'est là que, en toute logique, la « science de la sécurité » a pris racine et porté ses premiers fruits. Les méthodes de pensée et de travail en matière de « science de la sécurité » doivent bien sûr pouvoir être transférées dans tous les pays et toutes les sociétés, ce qui exige un travail de réflexion approfondi dont les programmes futurs sur la « science de la sécurité » devront se faire un objectif.

Que devons-nous attendre de la « science de la sécurité » ? Quelles contributions

* Président du comité directeur du TÜV Rheinland.

** Texte publié avec l'aimable autorisation du TÜV.

doivent-elles lui donner sa justification ? Il s'agira principalement d'assurer autant que possible la sécurité dans l'utilisation des techniques et de faire en sorte que cette sécurité puisse être mise en œuvre, tout en sachant que la sécurité absolue est aussi illusoire vis-à-vis de la technique que face aux multiples dangers de la nature. Mais, pour limités que soient les objectifs de la « science de la sécurité », nous ne pouvons pas nous croiser tranquillement les bras ; n'avons-nous pas aussi une science médicale que nous continuons à développer, bien que la mort reste toujours inévitable ?

Tout d'abord, il faut rappeler que les risques techniques et les efforts de l'homme pour les maîtriser par la « technique de sécurité » sont associés à la technique depuis qu'elle est utilisée par l'homme. Une technologie déterminée et la technique de sécurité s'y rapportant ont toujours constitué un tout qui, pendant de longues époques de l'histoire, a pu être appelé le « savoir-faire », les « règles de l'art », les « règles techniques », etc.. Ce lien étroit de la « technique de sécurité » avec de nombreuses techniques différentes trouve son prolongement dans le développement de cette technique de sécurité, dont le moteur est l'expérience des dommages subis et des accidents survenus dans la pratique de la technique en question. Mais, loin de reconnaître la pluralité et la complexité des relations causales entre les phénomènes, l'appréciation de l'expérience tirée des dommages constatés se fondait exclusivement sur une relation unicausale des rapports de causalité. Considérant ainsi que le dommage découlait de sa cause de façon déterministe, sans prise en compte de facteurs de probabilité, cette approche était « non probabiliste ».

Cette vue traditionnelle de la base de la maîtrise du risque technique a certes permis autrefois d'assurer une protection efficace au travail, une amélioration rapide de la protection de l'environnement et une sécurité technique appréciable dans les pays industrialisés. Elle a été manifestement suffisante tant qu'il s'est agi de techniques qui, n'entraînant que des conséquences limitées en cas d'accident, ne recelaient qu'un faible potentiel de danger. Mais, avec les nouvelles technologies de l'utilisation de l'énergie nucléaire, des voyages dans l'espace et du génie génétique, il est apparu que l'importance de sinistres susceptibles de survenir ne permet plus de ne devenir sage qu'après coup. Il a fallu dès lors tenir compte de considérations prospectives dans l'appréciation des dangers potentiels.

La mise en œuvre de technologies particulières n'a cependant pas été la seule raison de l'augmentation du potentiel de risque. Le nombre sans cesse croissant des techniques utilisées y a aussi contribué. Les relations d'interdépendance entre la technique, l'homme et l'environnement sont devenues de plus en plus étroites. Il a fallu élaborer des méthodes d'étude globale applicables, d'une façon générale, à l'analyse de ces relations complexes, pour comprendre la naissance de situations dangereuses et mettre ainsi au point, à l'avance, des mesures d'amélioration et des critères de conception des systèmes. Il ne pouvait plus être question de technique de sécurité en tant que produit secondaire des divers développements techniques. Il fallait une technique de sécurité qui s'appuie sur

une science interdisciplinaire et méthodiquement cohérente, à savoir précisément la « science de la sécurité ». Prolongement de la technique de sécurité, la « science de la sécurité » n'a, par conséquent, pas seulement un caractère prospectif, probabiliste et interdisciplinaire, elle s'oriente avant tout en fonction des systèmes : pour se libérer d'un point de vue uni-causal. Elle aborde les problèmes de sécurité, de protection au travail et de protection de l'environnement au sein d'un système réunissant trois éléments qui interagissent tous azimuts : homme, machine, environnement. C'est dans ce système homme-machine-environnement que se trouve la marque de la « science de la sécurité ». La nécessité d'une méthode de pensée orientée en fonction des systèmes devient immédiatement évidente lorsqu'on songe à ce qu'on appelle le « déplacement du problème » : les mesures de sécurité par lesquelles un problème est résolu à un endroit peuvent en créer de nouveaux ailleurs. C'est ainsi que les premières unités de dépoussiérage des fumées dans les installations industrielles extraient les poussières des fumées et les évacuaient dans les eaux usées : la pollution de l'air était remplacée par une pollution de l'eau.

Revenons à la question de ce que doit être l'objectif de la « science de la sécurité ». La réponse logique est « la meilleure protection possible ! ». Une protection contre quoi ? Contre les effets secondaires indésirables de l'utilisation pacifique des techniques. Mais une protection pour quoi ? Que faut-il exactement protéger ? La « protection de l'homme et de son environnement », qu'il faut obligatoirement mentionner ici, est en soi une formule vide ; ce qu'il faut savoir, c'est quels sont exactement les biens à protéger, ce qui doit être préservé, et ce qu'il faut empêcher. Et pour quelles raisons.

Nous rencontrons ici des questions philosophiques, et en particulier éthiques, qu'on ne peut éluder. Elles sont inévitables et doivent être abordées d'entrée. Ces questions fondamentales ne peuvent pas trouver de réponses au sein de la « science de la sécurité », qui doit considérer les valeurs à protéger comme des « axiomes », que ce soit sous forme d'énumération ou dans une hiérarchie. Néanmoins, les spécialistes de la « science de la sécurité » devraient tenir compte de cette acceptation axiomatique des biens à protéger au moins dans la mesure où ces biens peuvent être définis empiriquement ou *a priori* - soit parce que les gens, comme les sondages l'ont révélé, souhaitent que ce soit ainsi, soit parce que c'est moralement nécessaire. Les deux situations coïncident parfois : les gens veulent que leur existence soit protégée, ce que la morale impose d'ailleurs.

Il apparaîtra immédiatement que la vie n'est pas le seul bien à protéger. Bien que jusqu'à présent la « science de la sécurité » ait pris comme critères d'appréciation presque exclusivement des risques de mortalité, cette approche a été adoptée seulement parce que nous disposons des meilleures données dans ce domaine et que nous avons dès lors le plus de chances de pouvoir comparer les risques, de les évaluer et d'en tirer des conclusions. Cependant, cette méthode n'est assurément pas suffisante, car la réduction du risque de mortalité est loin d'être notre seul souci. Donner, comme résultat d'une analyse de risque le nombre de décès

par an n'est certainement pas suffisant ; il faut tenir compte aussi des risques de problèmes de santé, de conséquences sociales et de détérioration de l'environnement, qui sont également au nombre des biens à protéger.

Le point de départ et le premier apport de la « science de la sécurité » est dès lors l'établissement d'une liste des biens à protéger, avec une description des caractéristiques des dangers auxquels ils sont exposés.

De nombreuses tentatives ont déjà été effectuées en vue d'établir de telles listes. On s'est toutefois trompé en voulant convertir et synthétiser en une unité commune « décès par an », par exemple, les résultats de risque de dommages de diverses natures à l'aide de facteurs de conversion - tout comme on peut utiliser les cours de change pour exprimer en une seule unité monétaire un montant d'argent en diverses monnaies. En fait, on peut attendre de la « science de la sécurité » qu'elle permette d'élaborer un système d'évaluation des risques universellement convaincant. Les propositions faites jusqu'à présent ne le sont guère et restent lacunaires.

Même la « science de la sécurité » n'est pas en mesure d'assurer des conditions dépourvues de risques. C'est pourquoi elle doit aussi mettre en évidence qu'un certain degré d'insécurité peut être tolérable, voire nécessaire. Je vois là le noyau d'une théorie normative de l'acceptation des risques, que la « science de la sécurité » n'est probablement pas en mesure d'établir, mais dont elle doit être le reflet. Pour le développement de cette notion, elle doit élaborer des limites de risques, ou du moins des exigences minimales pour de telles limites. Les décideurs politiques et économiques en particulier, tout comme l'ingénieur concepteur, ont un besoin essentiel de normes quantitatives du risque tolérable. Ces normes doivent toutefois pouvoir être justifiées fondamentalement d'un point de vue éthique. Prenons le cas du droit à la protection de la vie humaine. Pour quiconque est imprégné de la valeur de la vie humaine, l'idée que des limites puissent être mises au droit à la protection contre les risques est d'emblée intolérable. On ne voit pas pourquoi une personne avec son risque devrait payer pour le développement économique d'une autre. De toute manière, ce n'est pas là l'intention. Nous devons au contraire toujours choisir entre un risque et un autre. Les situations dépourvues de tout risque sont de pures chimères. De telles considérations doivent être retenues, comme l'a fait par exemple en Allemagne le Comité des Länder pour la protection contre les émissions, lorsqu'il s'est agi de résoudre l'épineux problème des normes d'évaluation des émissions de substances cancérigènes dans l'air.

Les limites de risque devraient avoir un « étalon de base ». Comme point de départ, on peut par exemple adopter le risque de mort naturelle pour les risques de mortalité dus aux techniques. Il est alors possible d'établir des critères limites pour les différents domaines de la vie, domaines techniques, risques individuels, risques collectifs, etc.

C'est l'éthique qui doit fournir à la « science de la sécurité » les fondements d'une théorie normative d'acceptation des risques telle que je viens de l'esquisser. Par

contre, la théorie empirique de l'acceptation des risques relève à mon avis entièrement du domaine de la « science de la sécurité ». Pour atteindre ses objectifs, cette science ne doit pas savoir absolument comment, sur le plan statistique et empirique, les hommes perçoivent le risque et quels sont les motifs qui les conduisent à l'acceptation ou à la non-acceptation. Un véritable objectif de la « science de la sécurité » serait de combattre un comportement d'acceptation trop disproportionné vis-à-vis des différents risques, technologies, etc. On aura sans doute remarqué que je parle sans cesse de « risques » sans définir cette notion formellement. Qu'il s'agisse de la peur des risques que comporte l'exploitation d'installations techniques ou les risques généraux de la modification du monde par les techniques et l'industrie, ou encore la définition des biens à protéger et les risques et limites de risque correspondants, cette notion s'est toujours révélée indispensable. L'élaboration d'une « théorie du risque » globale est l'une des principales tâches de la « science de la sécurité ». Seules des évaluations objectives effectuées sur la base d'une notion du risque définie scientifiquement permettent de fonder solidement la réglementation juridique des dangers acceptables des techniques. Sans cela, les notions juridiques imprécises peuvent recevoir les interprétations les plus diverses. Il est inutile de s'étendre sur l'importance qu'elles ont en matière d'obligations juridiques, de droit de la responsabilité et de législation. La « science de la sécurité » et ses résultats, par exemple en matière de recherche sur les risques, doivent aussi largement stimuler le législateur. Celui-ci devrait tenir compte des réductions de risques qu'il est possible d'atteindre et les imposer également de façon équilibrée à une échelle plus large que certains domaines techniques spécialisés.

La théorie des risques s'attache en premier lieu à définir le risque. Le point de départ de la description objective du risque est la détermination de l'étendue et de la fréquence des dommages, ainsi que de la probabilité des incidents. Il est alors possible d'établir des valeurs pour la comparaison et l'évaluation des risques. Les compagnies d'assurances travaillent avec succès en utilisant comme définition du risque le produit de l'étendue des sinistres et de leur fréquence.

C'est surtout compte tenu de la théorie de l'acceptation que des objections pourraient être formulées contre cette simple relation multiplicatrice entre facteurs de même poids. Songeons, par exemple, que, pour réduire le risque déjà très faible des centrales nucléaires, la probabilité de survenue d'accidents graves au niveau des réacteurs a été abaissée à grand renfort d'argent et d'idées. Toutes ces mesures n'ont pourtant pas impressionné la partie non convaincue de l'opinion publique, car l'étendue des dommages potentiels est restée inchangée. Lorsqu'une probabilité très faible s'accompagne d'un risque de dommages extraordinairement importants, il est manifestement difficile de parvenir, avec les méthodes de calcul classiques, à un risque acceptable pour la société tout entière. Dans la formule du risque, afin de donner plus de poids à l'étendue des dommages lorsque celle-ci est considérable, j'ai proposé, il y a quelque temps déjà, de compléter la définition du risque par un facteur de pondération dépendant de

l'étendue des dommages. Ainsi, dans le domaine des dommages importants, le risque augmenterait plus rapidement que s'il suivait linéairement l'augmentation de l'étendue des dommages.

On sait que les risques évalués objectivement et leur perception subjective par l'individu ou les collectivités divergent souvent dans une large mesure. Le fossé ne peut pas être comblé simplement par des arguments objectifs. Il faut en tenir compte, par exemple, en transformant ce facteur de pondération dans une définition élargie du risque : le risque objectif, suivant la définition classique, est multiplié par un « facteur d'aversion » qui tient compte de la peur accrue ressentie par les intéressés. Ce facteur d'aversion devrait être déterminé empiriquement pour chacune des différentes technologies.

Une troisième voie, équivalente dans son principe, est la plus logique : la définition classique du risque étant maintenue, on ajoute au critère d'acceptabilité du risque pour l'individu un critère d'acceptabilité du risque pour l'ensemble de la population. Les dommages importants reçoivent alors tout naturellement une pondération plus importante.

A ce propos, on peut s'interroger avec quelque scepticisme sur la possibilité de réellement quantifier le risque. Si la question est posée à un assureur, ce dernier répondra par l'affirmative ; les compagnies d'assurances vivent du caractère quantifiable des risques. Si elle est posée au patron d'une usine chimique, par exemple, soit il répondra par la négative, soit il mentionnera une foule de limitations ; les dommages qui émanent d'une usine chimique touchent un environnement qui est, lui aussi, généralement très complexe. Malgré tout, les risques sont encore quantifiables lorsque les instruments mis en oeuvre sont adéquats. L'énoncé probabiliste est la forme appropriée des évaluations pronostiquées. Sans la notion quantitative et pronostique du risque, il serait d'ailleurs totalement illogique de chercher à définir des normes quantitatives de limitation et éventuellement de fixer des valeurs limites.

D'un point de vue pratique, il faut souligner qu'il est d'autant plus justifié de demander à la « science de la sécurité » d'être capable d'effectuer une analyse qualitative, et si possible, aussi, quantitative des risques, qu'elle est par ailleurs et par exemple le préalable à un droit de la responsabilité élargi en matière d'environnement, surtout lorsqu'il s'agit de constater certains dommages causés à l'environnement et de les imputer à plusieurs responsables potentiels. D'autre part, s'il est possible de mesurer le risque au moyen d'une unité convenue, on pourra aussi élaborer, à des fins de planification, des atlas des risques, avec des directives d'alternatives d'action, en tant qu'aide décisionnelle aussi bien pour les autorités publiques que pour des tâches de stratégie politique.

Mais, objectera-t-on peut-être, si, pour une installation complexe, un chiffre de risque $-x.10^4$ décès par an - est assorti d'une série de conditions limitatives, quelle peut en être la signification ? Il nous permet de faire des comparaisons. Souvent, ce n'est pas la valeur individuelle du risque qui est intéressante, mais plutôt son évolution en fonction de paramètres ajustables. Cette évolution rend

transparente la comparaison des différentes solutions techniques adoptées et permet, par le rapprochement des résultats escomptés, la mise en oeuvre rationnelle des moyens techniques et financiers.

Une question fait incontestablement partie de celles auxquelles doit répondre la « science de la sécurité » : comment les statistiques rétrospectives et les études épidémiologiques doivent-elles être conçues pour qu'elles puissent faire apparaître les relations entre causes et effets et fournir des informations sur la situation en matière de risques ? Mais, autre question : de quelles méthodes théoriques appropriées disposons-nous actuellement pour la détermination pronostiquée des risques ? La quantification des risques attachés aux techniques pour l'environnement présuppose le recours à des méthodes analytiques appropriées pour les déterminer. Il s'agit essentiellement d'analyses de systèmes dans l'optique des techniques de sécurité ou de la protection de l'environnement.

Une distinction doit être faite dans les méthodes, selon qu'elles vont plus ou moins en profondeur : des simples considérations élémentaires relatives à la détermination de la structure logique d'un système jusqu'à l'évaluation des probabilités de survenance d'incidents indésirables. Les méthodes actuelles de l'analyse qualitative sont les suivantes :

- Méthodes qui fournissent un aperçu global ou même des « éléments de réflexion ». Il s'agit notamment de l'analyse provisoire des dangers, de l'emploi de listes de vérification ou de la représentation matricielle d'interactions.
- « Aides à la recherche » des causes des sinistres et documentations sous forme de tableaux. L'analyse des effets des défaillances en est un exemple.
- Représentations graphiques des liens entre défaillances : par exemple, les arborescences de défaillances, les tables de décision ou les analyses de l'évolution des défaillances.
- Analyses des effets physicochimiques des défaillances.

Les « éléments de réflexion » et les « aides à la recherche » servent à mettre en évidence le maximum de sources de danger. Les deux autres méthodes ont pour tâche d'évaluer ces sources. Les représentations graphiques font apparaître les liens entre les défaillances en fonction de leur poids statistique, et l'analyse des effets des défaillances montre l'importance des sources de danger sur le plan de leurs conséquences potentielles.

Pour déceler le maximum de points faibles, différentes méthodes d'analyse doivent souvent être appliquées simultanément.

Dans le cas de résultats essentiels en matière de sécurité, les analyses qualitatives soulèvent inévitablement la question de savoir si elles peuvent ou doivent être poursuivies quantitativement pour des éléments particulièrement importants du système étudié. Dans l'arborescence des défaillances, l'analyse de l'évolution des défaillances et les tables de décision, il est possible de déterminer des probabilités et des taux de défaillance pour des domaines particuliers. Ainsi parvient-on à calculer également les probabilités de survenue pour des dommages supposés.

Quelques remarques critiques à propos des différentes méthodes qui viennent d'être brièvement mentionnées :

- Les méthodes qualitatives de détermination du risque se sont imposées.
- Même si, incontestablement, les méthodes sont de plus en plus appliquées, il faut constater que, depuis des années, aucun effort de développement n'a été effectué. Or nous devons nous rendre compte que les méthodes existantes ne peuvent pas être un aboutissement. On doit espérer que s'ouvre bientôt la voie vers des méthodes d'analyse nouvelles ou plus perfectionnées.
- Toutes les méthodes sont encore trop déterminées par ceux qui les appliquent. Malgré toutes les déceptions actuelles, j'estime qu'à long terme il sera possible de s'en libérer par la mise en oeuvre de systèmes experts.

Dans leur travail quotidien, les spécialistes accumulent une foule de connaissances sur les systèmes techniques. A long terme, ces connaissances ne peuvent pas demeurer à la seule disposition de quelques experts. Des banques de données doivent être créées afin que ces connaissances puissent être centralisées et disponibles à tous.

- En tout cas, il convient de mettre au point des méthodes encore plus marquées par la logique des choses que par les aléas humains.
- Il existe également des instruments et des méthodes pour la détermination quantitative des risques. L'application de celle-ci reste toutefois très limitée. Elle est essentiellement utilisée lorsqu'il s'agit d'évaluer le comportement lors de défaillance de systèmes techniques de même nature : par exemple, des circuits électroniques.

Ce sont surtout les analyses quantitatives des risques qui exigent qu'on dispose de données de bonne qualité. La disponibilité et la qualité des données constituent cependant encore un grand problème à résoudre. Même s'il est possible qu'il existe déjà quelque part un grand nombre de données nécessaires, elles ne sont pratiquement pas utilisables à grande échelle tant qu'elles ne sont pas gérées dans des banques de données informatisées.

Déterminer des priorités et mettre au point des fichiers à structure optimale pour la création de banques de données, telles sont les tâches les plus urgentes à accomplir par la « science de la sécurité ». Pour cela, elle doit faire preuve de son caractère « interdisciplinaire », c'est-à-dire de sa vocation à être l'arsenal auquel les différentes disciplines scientifiques apportent leur contribution pour accroître la sécurité dans le monde de la technique. Les sciences d'ingénierie, les sciences humaines et les sciences morales doivent y participer dans une même mesure. Considérons l'élément « machine » : à court terme, une lacune subsiste au niveau des connaissances en matière d'évaluation des sources de dangers en fonction de leurs conséquences possibles. Il s'agit d'estimer, à partir des défaillances existantes ou déterminées par analyse, les quantités de substances nocives ou quelles énergies sont éventuellement libérées dans l'environnement. Par souci de simplification, les défaillances d'éléments composants sont souvent considérées comme indépendantes les unes des autres lors de l'évaluation des

risques, ce qui n'est en fait pas souvent le cas dans la réalité. Les effets combinés de différents facteurs doivent être plus largement pris en considération.

Pour le facteur « environnement » et la protection technique de l'environnement doit être un élément indissociable de la « science de la sécurité », nous disposons déjà d'une série de banques de données. L'aspect normatif, le système des valeurs limites pour la pollution de l'environnement, existe aussi dans les grandes lignes, même si des améliorations sont encore nécessaires. La contribution de la « science de la sécurité » à cet égard est à mon avis l'observation des systèmes, un peu comme une détermination d'input-output : dans le domaine de la protection contre les émissions ou, en langage juridique, pour la protection contre les dangers, nous avons besoin d'une définition à l'échelle internationale des influences admissibles, immédiates ou lointaines, sur l'environnement. Par ailleurs, du point de vue des émissions ou, de nouveau en langage juridique, pour la prévention, nous avons besoin de la définition à l'échelle internationale de valeurs admissibles pour les émissions provenant des systèmes homme-machine. Outre la détermination du comportement de la « machine » lors d'une défaillance et de la réaction de l'environnement, c'est surtout le traitement analytique de l'homme dans le système homme-machine-environnement qui pose de grandes difficultés. Quelques remarques, d'abord, sur un plan pragmatique en relation avec la détermination des risques, et ensuite, sur un plan plus fondamental. D'abord le côté pragmatique : dans la détermination des risques, l'homme est souvent considéré comme une cause de déclenchement de sinistres. L'« erreur humaine » occupe dès lors une place centrale dans l'analyse. A cet égard, on déplore souvent que, même pour des actes simples, il n'existe jusqu'à présent aucune base de données acceptable pour la quantification de ce potentiel de dommages, alors que l'influence de l'homme revêt incontestablement une importance primordiale pour l'évaluation des risques. Nous devons faire tout ce qui est possible pour réunir plus de données sur les comportements humains dans l'utilisation des techniques. Ces données, traitées suivant les catégories de pensée des ingénieurs, sont nécessaires pour détecter les points faibles des interactions homme-machine et pour adapter la technique à l'homme mieux que jusqu'à présent.

Mais pour ce qui touche à une meilleure sélection de l'homme et sa meilleure qualification en vue de l'utilisation des techniques, beaucoup reste à faire. Pour les systèmes homme-machine-environnement, il n'y a même pas, en général, de listes de vérification des qualités que l'homme doit avoir pour utiliser la machine. Quand elles existent, on omet de les inclure dans l'analyse de la sécurité. Il serait nécessaire de rapprocher les particularités physiologiques, psychologiques et sociales de l'homme avec les différentes technologies, afin de déterminer comment, dans un cas concret, il faut évaluer l'aptitude d'un homme par la sélection, la formation, etc. Cela se fait dans certains domaines, mais, en général, et c'est inquiétant, de grandes installations sont aujourd'hui encore conçues sans que le facteur humain soit pris en compte à temps.

Les sciences humaines disposent pour cela d'une masse de connaissances qui devraient être traitées et mises à la disposition de l'ingénieur. Certes, l'homme doit être d'abord décrit sous forme de modèle. Plusieurs initiatives de ce type ont été entreprises, mais sans qu'il ait été assez tenu compte de la différence entre l'homme réel et le modèle humain, d'où, facilement, des interprétations erronées. Le catalogue des propriétés, des capacités et des limites pourrait être la base d'un système de banques de données ayant pour objet la description statistique du comportement humain, qui mettrait en évidence si une technique impose à l'homme des exigences trop ou pas assez contraignantes.

Le traitement analytique de l'homme dans le système homme-machine-environnement présente un aspect plus fondamental. Si, sur le plan pragmatique, on voit dans l'homme une cause de déclenchement de sinistres, cette interprétation du comportement humain est, sur un plan plus fondamental, trop simpliste. Le fait que l'homme commet des erreurs résulte finalement de la grande variabilité de son comportement. Celle-ci est toutefois aussi une condition de sa créativité et de sa grande capacité d'action. En effet, nous introduisons l'homme dans les systèmes techniques non pas parce qu'il est une source d'erreur possible, mais parce qu'il est en mesure de détecter les défaillances qui se préparent et ainsi empêcher les accidents.

Comme l'étude des interactions entre l'homme et la machine dépasse l'opérateur individuel et s'élargit à l'organisation du travail qui est derrière lui, il faut se poser aussi la question de ce que peut être l'apport de la théorie de l'organisation dans le contexte de la « science de la sécurité ».

Le degré de description fourni par la saisie des données humaines nécessaires est certes limité, par exemple, à des actes ou des décisions typiques. Là aussi existent des connaissances que la « science de la sécurité » est loin d'avoir traitées et exploitées. Bien que les connaissances anthropométriques soient les plus avancées, elles n'ont pas encore conduit, elles non plus, à des conclusions concrètes. Les effets dynamiques des interactions homme-machine ont jusqu'à présent été totalement négligés. Notre connaissance des processus cognitifs n'en est qu'à ses débuts. Ils ne sont encore connus que partiellement, mais ils seront importants pour la conception des techniques. Je pense qu'un concept futur s'appuyant éventuellement sur des systèmes experts et prenant ces aspects en considération pourrait donner de bons résultats.

CONCLUSION

Il faut pourtant clore le sujet des banques de données par une mise en garde : les banques de données ne seront jamais suffisantes. C'est dès leur formation que les constructeurs et les exploitants doivent prendre conscience qu'il est de leur responsabilité de faire entrer le facteur humain dans la conception des techniques. C'est pourquoi il faut que la science de l'ingénierie se familiarise dès le départ avec l'idée de la « science de la sécurité » ■

2^{eme} PARTIE

EVALUATION

des risques



Méthodologie et SURETE NUCLEAIRE

MOTS CLÉS : Centrale nucléaire • Energie • Radioactivité • Sûreté •

Les risques potentiels importants de l'industrie nucléaire ont obligé les responsables à développer une méthodologie de sûreté rigoureuse qui peut être utile à d'autres secteurs industriels. De nombreuses applications concrètes, notamment dans l'industrie chimique, ont mis en évidence des retombées positives tant techniques que réglementaires. Aujourd'hui on peut parler d'une approche commune à la prévention et à la gestion des risques industriels majeurs.

Dans sa recherche d'une approche de sûreté cohérente, l'industrie nucléaire a bénéficié à l'origine de deux facteurs déterminants : une claire identification des risques spécifiques ; l'affirmation du « préalable sûreté » à tout développement industriel. Le risque spécifique nucléaire est lié à l'émission de rayonnements ionisants (radiations alpha, bêta, gamma et neutrons), soit directement dans le procédé, soit à partir des corps radioactifs mis en oeuvre ou produits dans les installations. La nocivité des rayonnements ionisants était connue depuis 1934, date de publication des premières normes de protection établies sur la base de recommandations d'une commission internationale créée en 1928 à la suite des accidents, souvent mortels, survenus chez les radiologues.

Les études de radiotoxicité devaient prendre une extension considérable après la Seconde Guerre mondiale. Elles ont présenté deux originalités qui méritent d'être signalées :

- les études ont précédé l'utilisation des procédés ; ainsi une part importante de premiers milligrammes de plutonium, élément radioactif artificiel, a été consacrée exclusivement à des recherches médicales ;
- les chercheurs se sont préoccupés des effets différés, maladies ou défauts génétiques, qui n'ont été étudiés que plus tard pour d'autres toxiques.

Ces études se poursuivent encore actuellement, et les normes font l'objet de

* Inspecteur Général pour la Sûreté Nucléaire, Electricité de France.

révisions périodiques en fonction des résultats obtenus. Même s'il subsiste des incertitudes, surtout lorsqu'on se préoccupe des faibles niveaux de radioactivité, peu supérieurs à celui de la radioactivité naturelle dans laquelle nous sommes tous plongés, les normes internationales s'appuient sur des données scientifiques bien établies. On sait que ce n'est pas toujours le cas pour les carcinogènes chimiques¹.

■ I - LA POLITIQUE DE PRÉVENTION DES ACCIDENTS

Les applications pacifiques de l'énergie nucléaire ont fait l'objet de premiers travaux immédiatement après la fin de la Seconde Guerre mondiale, donc à un moment où tous avaient présents à l'esprit les effets des armes atomiques utilisées contre le Japon. Les promoteurs étaient conscients que les centrales nucléaires n'auraient d'avenir que s'ils pouvaient démontrer qu'elles étaient suffisamment sûres. A partir du moment où il était clair qu'un accident sur une installation nucléaire pouvait libérer dans l'environnement des quantités importantes de produits radioactifs dangereux pour les êtres vivants², il fallait mettre en oeuvre des mesures capables d'éviter ce type d'accidents, sans pouvoir bénéficier, comme cela avait été le cas dans d'autres secteurs industriels, de l'expérience acquise lors d'accidents antérieurs.

La prévention des accidents a donc été la première priorité de la sûreté nucléaire, dès la conception des premières réalisations. Il fallait analyser a priori les types de situations anormales susceptibles de conduire à un relâchement de radioactivité, et intégrer dans le projet les dispositions propres à maîtriser ces situations. Pour donner à ces dispositions une grande fiabilité, on mit en oeuvre un concept déjà utilisé pragmatiquement dans l'industrie, mais qui n'avait pas encore été formalisé : la « défense en profondeur », qui consiste à ne pas se reposer sur une seule disposition de sûreté, aussi bonne soit-elle (marges de dimensionnement, automatismes, etc.), mais à mettre systématiquement en place plusieurs protections indépendantes, de manière que l'accident ne puisse se produire que si toutes ces « lignes de défense » ont été successivement franchies. Je reviendrai plus loin sur son application pratique.

Ultérieurement, l'expérience de construction, puis d'exploitation, avec en particulier les enseignements tirés de l'accident survenu en 1979 à la centrale américaine de Three Mile Island, a conduit à perfectionner la méthodologie de la sûreté nucléaire, en introduisant d'abord le concept de qualité dans les fabrications et les constructions, puis la question du facteur humain en exploitation.

1. Voir, par exemple, l'article paru dans la revue « Science » en octobre 1978 : « Chemical carcinogens : how dangerous are low doses ? »

2. Dès 1953, le professeur Edward TELLER, qui était alors Président du Comité de Sûreté Nucléaire aux Etats-Unis, écrivait : « Contrairement à l'idée répandue dans l'opinion publique, le risque n'est pas celui d'une explosion atomique de type Hiroshima ; une explosion chimique peut survenir, mais ses conséquences resteront limitées aux abords immédiats de l'installation. Le danger est lié à la fuite possible de produits radioactifs dans l'environnement, par voie atmosphérique ou par transfert dans les eaux. »

Aujourd'hui, on peut considérer que la sûreté nucléaire s'appuie sur un ensemble cohérent de règles acceptées par tous au plan international³.

■ II - LES MÉTHODES UTILISÉES

• 1. Sûreté de conception

L'énergie, dans une centrale nucléaire, provient de la fission des noyaux d'uranium par des neutrons. Les produits créés par la fission sont des corps très radioactifs. En fonctionnement normal, ils restent confinés à l'intérieur du combustible, étanche tant qu'il y a équilibre entre l'énergie produite et l'énergie extraite par le circuit de refroidissement. Il y aura risque de relâchement de la radioactivité s'il se produit un déséquilibre, et les grands accidents qui sont survenus plus tard l'ont illustré : s'il y a insuffisance de refroidissement, c'est Three Mile Island ; s'il y a excès de puissance, c'est Tchernobyl.

La prévention d'un accident de centrale passe donc par celle d'un déséquilibre puissance-refroidissement au niveau du cœur. Elle repose sur une succession de lignes de défense indépendantes, construites autour de barrières étanches interposées entre les produits radioactifs et l'environnement : gaine du combustible, enveloppe du cœur et du circuit de refroidissement, enceinte de confinement. Ces lignes de défense sont énumérées ci-dessous :

- larges marges de sécurité en fonctionnement normal vis-à-vis des mécanismes de dégradations possibles ;
- contre-réactions stabilisantes, qui tendent à rétablir l'équilibre production-extraction d'énergie⁴ ;
- système de contrôle, qui surveille tous les paramètres importants et les ramène automatiquement dans leur domaine normal de fonctionnement ;
- actions de sécurité automatiques entrant en jeu en cas de défaillance mettant en cause les marges de sécurité.

Cette approche est directement issue de l'expérience acquise dans l'industrie pour assurer une bonne disponibilité des machines à haute technologie. Dans le nucléaire, en raison d'une prise de conscience aiguë de l'importance de la sûreté, les concepteurs ont été plus exigeants pour la définition des systèmes de sécurité, qui prennent en compte un très large éventail de pannes et de défaillances humaines, ce qui s'est traduit par une large redondance des circuits, la diversification des modes d'action, etc.

La véritable nouveauté au plan industriel de l'approche de sûreté nucléaire telle qu'elle a été définie à l'origine réside dans l'application du principe de défense en profondeur jusqu'à son ultime limite. Ayant mis en place des lignes de défense propres à prévenir l'accident, le concepteur se pose la question : et si l'accident se

3. Ces règles ont été publiées en 1988 par l'Agence Internationale de Vienne dans le document « INSAG-3 : Basic Principles of Nuclear Safety ».

4. L'exemple typique est celui des coefficients dits « de réactivité » : dans les réacteurs « stables », s'il y a manque de refroidissement, donc si le combustible s'échauffe, cet échauffement entraîne une réduction de l'énergie produite par un phénomène physique lié à une réaction en chaîne des neutrons.

produisait quand même, que dois-je prévoir pour que ses conséquences restent limitées ? C'est l'introduction du concept de « mitigation » (réduction des conséquences) à côté de celui de prévention. C'est la justification de l'enceinte de confinement telle que nous la connaissons aujourd'hui sur nos centrales.

• 2. Qualité de réalisation

A partir du début des années 60, l'expérience des chantiers de centrales nucléaires, qui se sont multipliés à travers le monde, en particulier aux Etats-Unis, a fait apparaître une réalité qui avait été sans doute trop ignorée, c'est que le niveau de sûreté qui importe n'est pas celui de l'installation telle qu'elle a été conçue par le bureau d'études, mais celui de la centrale sur le terrain telle qu'elle a été construite. Or les contrôles des autorités de sûreté ont montré qu'il pouvait y avoir de très larges écarts entre ce qui était prévu et ce qui était effectivement réalisé, en usine comme sur les sites.

Le concept d'assurance de qualité a été développé pour faire face à cette difficulté⁵. Il est aujourd'hui pleinement entré dans les moeurs industrielles, ce qui ne veut pas dire qu'il ne soit pas toujours d'actualité. Depuis quelques années nous avons tous pris conscience de certains effets pervers possibles de procédures trop administratives qui risquaient de faire oublier que la vraie solution passe toujours par un bon professionnalisme des exécutants. Mais la rigueur reste toujours indispensable dans tout processus de contrôle et d'assurance de qualité. Nous avons rencontré en 1990, à EDF, des difficultés qui trouvaient leur origine dans une qualité insuffisante des études, des fabrications en usine ou des montages et essais sur site.

• 3. Exploitation

Une conception sûre et une bonne qualité de réalisation sont indispensables pour atteindre un niveau de sûreté élevé. Mais ce niveau dépendra aussi, de manière critique, de la façon dont l'installation est exploitée. C'est en 1975 que fut publiée aux Etats-Unis la première évaluation globale de risque⁶, qui prenait en compte de manière détaillée les trois composantes de la sûreté : conception, qualité et exploitation, avec en particulier l'influence du comportement des opérateurs en situation perturbée. Cette étude, qui utilisait des méthodes développées dans l'industrie, notamment aérospatiale, mettait en évidence le fait qu'un accident ne peut survenir que par suite de l'accumulation de défauts ou d'erreurs qui, pris séparément, ne mettaient pas en cause l'ensemble des barrières de défense citées plus haut. Il apparaissait donc que l'évaluation de sûreté impliquait une dimension probabiliste du risque d'accident. L'étude publiée en 1975 montrait que la probabilité d'un accident grave était très faible, mais non nulle, et que l'erreur humaine jouait un rôle déterminant dans l'estimation du risque. L'accident de Three Mile Island cité plus haut l'a confirmé

5. On peut citer le cas d'une centrale américaine, construite à 95 %, qui n'a jamais été achevée car les constructeurs n'étaient pas capables d'apporter la preuve que la qualité de réalisation était conforme aux critères réglementaires.

6. Le célèbre rapport Rasmussen - WASH-1400 - publié par la Commission Réglementaire américaine.

spectaculièrement en 1979. Il a révélé qu'une erreur d'exploitant, ne comprenant rien à ce qui se passait dans son installation lors d'un incident, mineur au départ, mais compliqué ensuite par des défaillances de matériels, pouvait prendre à revers toutes les lignes de défense soigneusement accumulées par les concepteurs. Cet accident fut un révélateur pour la communauté nucléaire. Certes, Three Mile Island n'était pas un accident grave en ce sens qu'il n'y avait pratiquement pas eu de rejets radioactifs, mais on ne pouvait nier que le système de prévention avait été complètement mis en défaut.

Aujourd'hui, trois enseignements de cet accident⁷ gardent toute leur valeur :

- une conception sûre et une bonne qualité de réalisation ne suffisent pas à garantir une sûreté satisfaisante si on ne prend pas en compte les spécificités propres à l'exploitation, c'est-à-dire, en pratique, le facteur humain. Depuis, la sûreté s'est penchée sur tous ces aspects : clarté des procédures, présentation assistée des informations (ce qu'on appelle l'interface homme-machine -), contrôle des actions, sélection et formation des hommes ;
- le principal moteur de progrès dans la sûreté réside dans une analyse rigoureuse de tous les événements d'exploitation, afin d'identifier à temps les précurseurs d'accidents et de les corriger ;
- comme pour tous les problèmes de sûreté ou de sécurité où l'homme est impliqué, tous les intervenants doivent avoir une claire conscience des enjeux et de leur propre rôle. A Three Mile Island, les opérateurs, comme les dirigeants de la compagnie exploitante, étaient convaincus qu'un accident sérieux était si peu probable qu'il était impossible. Une bonne sûreté ne s'obtient que si tous sont persuadés qu'elle passe par une recherche permanente de l'excellence : c'est la « culture de sûreté ».

La catastrophe survenue à Tchernobyl, en 1986, a trouvé aussi en partie son origine dans des erreurs graves des opérateurs. On peut même parler de fautes, puisqu'il y eut des violations délibérées des règles de sécurité, mais, comme à Three Mile Island, ces erreurs ou fautes n'ont pu être commises que parce que leurs auteurs ne comprenaient rien à ce qui se passait dans leur réacteur avant l'accident. Ceci rejoint les enseignements présentés plus haut, et on ne peut que regretter que les Soviétiques n'aient pas compris qu'ils s'adressaient aussi à eux. Mais il faut insister sur le fait que l'erreur humaine n'explique pas tout à Tchernobyl, loin de là. La conception est en cause, en raison d'un phénomène d'instabilité intrinsèque du réacteur qui aurait dû être éliminé et qui a entraîné un accroissement incontrôlable de la puissance, contraire au concept même de défense en profondeur. On ajoutera que la centrale n'était pas équipée d'une structure de confinement capable de contenir les produits radioactifs dans une telle situation, en contradiction avec le concept de « mitigation » évoqué plus haut. Tout était en place pour la catastrophe, que nous gardons tous en mémoire. L'ampleur des conséquences n'est pas représentative du type d'accident qui risque de se produire sur une centrale

7. Après cet accident, en France comme dans tous les pays occidentaux, un important programme a été mis en oeuvre pour améliorer la sûreté des centrales à la lumière de ses enseignements.

occidentale. Elle nous rappelle néanmoins l'importance d'une bonne préparation aux situations d'urgence. Les plans de secours doivent apporter aux populations une protection efficace contre les effets nocifs des rejets radioactifs.

• 4. Synthèse

On peut résumer simplement les grandes lignes de l'approche de sûreté nucléaire qui me paraissent valables pour la sûreté de toutes les installations à risques. La priorité doit être donnée à la prévention des accidents graves, ce qui implique la mise en oeuvre de dispositions multiples et redondantes. Elle doit toujours être remise en question à la lumière de l'expérience. Les aspects humains restent un point délicat exigeant une attention permanente. Il faut prévoir ce qui pourrait se passer en cas d'échec de la politique de prévention, et mettre en place, dans la mesure du possible, une barrière ultime de confinement capable de limiter les conséquences à l'extérieur du site industriel. Finalement l'exploitant et les pouvoirs publics doivent être préparés à mettre en oeuvre efficacement, sur le terrain, les secours qui permettraient de protéger les populations en cas de rejet de produits dangereux dans l'environnement.

■ III - L'APPLICATION À LA PRÉVENTION DES RISQUES INDUSTRIELS

Les industries - à risques - n'ont pas attendu l'énergie nucléaire pour se préoccuper des aspects de sûreté. Il faut cependant reconnaître à mon avis que, jusqu'à ces dernières années, la sûreté industrielle se développait de façon désordonnée. Il y avait peu d'échanges transverses sur les enseignements tirés des grands accidents. La catastrophe de grande ampleur et de faible probabilité n'était généralement pas prise en compte dans les études de sûreté. Les données sur la nocivité à long terme des produits toxiques susceptibles d'être rejetés accidentellement à l'extérieur étaient souvent inexistantes. Enfin, il n'y avait pas de méthodologie générale, et les études se faisaient - cas par cas -.

En mars 1976, à la demande du gouvernement britannique, une équipe de spécialistes de la sûreté nucléaire, appartenant à l'United Kingdom Atomic Energy Authority (l'équivalent britannique du CEA français), entreprenait une évaluation des risques liés aux implantations industrielles existantes et en projet sur le site de Canvey Island, à l'embouchure de la Tamise, à une cinquantaine de kilomètres à l'est de Londres. Sur ce site industriel étaient regroupés un terminal méthanier, des raffineries, une fabrication de nitrate d'ammonium, et des stockages divers (ammoniaque, acide fluorhydrique, gaz naturel liquéfié, etc.). L'étude prit deux ans⁸. Elle recommanda un certain nombre de mesures pour réduire les risques d'accident sur les installations existantes et proposa des règles à adopter pour les installations futures. L'évaluation utilisait les méthodes développées pour l'analyse de la sûreté des centrales nucléaires au Royaume-Uni.

8. *Health and Safety Executive - CANVEY: an investigation of potential hazards from operations in the Canvey Island/Thurrock area. London HMSO, 1978.*

Depuis, la directive post-Seveso a été adoptée par le Conseil des ministres européens, en 1982, et introduite dans tous les pays de la Communauté⁹. Ayant pour objectif de prévenir les risques technologiques majeurs, et de mettre en place les moyens propres à réduire les effets résiduels éventuels, elle prescrit ce que l'on appelle en France les « études de dangers », qui correspondent en gros à ce que sont, pour les installations nucléaires, les « rapports de sûreté ». Je n'ai pas l'intention de traiter des problèmes spécifiques à telle ou telle branche industrielle. Je me limiterai à quelques réflexions sur trois points qui me paraissent importants pour la sûreté de toutes les installations industrielles « à risques ».

• 1. Le rapport de sûreté

Dans l'apport méthodologique de la sûreté nucléaire, le rapport de sûreté joue un rôle important¹⁰. Dans son principe, il s'agit d'un document technique, rédigé par des spécialistes du procédé mis en oeuvre dans l'usine, établi à partir de l'expérience complétée par des études et des essais spécifiques. Il sert de base au dialogue technique avec des techniciens et des scientifiques capables d'en saisir les données et d'en apprécier la validité.

C'est cette idée d'un rapport écrit par des gens compétents qui savent qu'ils seront lus par des personnes peut-être moins spécialistes, mais compétentes elles-aussi, et non directement impliquées dans le projet, qui fait à mon avis la richesse de la méthode. Si on limite un tel examen à une revue interne à l'entreprise, on perd le recul qui permet de déceler les failles éventuelles. Si on perd la compétence, que ce soit du côté des auteurs du rapport, confié à des agents peu au courant du procédé, que de celui des lecteurs, pour lesquels on privilégie l'indépendance par rapport à la compétence, on ne peut instaurer un dialogue technique satisfaisant et arriver à un bon compromis entre les contraintes techniques et économiques, d'un côté, et la recherche du moindre risque, de l'autre.

• 2. Le facteur humain

On dit souvent que le facteur humain est le point faible de la sûreté dans les installations nucléaires. Je pense que c'est vrai dans toutes les installations faisant appel à de la haute technologie. Les équipements ont atteint depuis quelques années une fiabilité tout à fait remarquable, et l'intervention de l'homme, à tous les stades, depuis le projet jusqu'à la mise en oeuvre, ne pourra jamais prétendre à une égale fiabilité. Il n'est pas possible d'éliminer totalement l'intervention de l'homme. Il faut donc mettre en oeuvre une approche de sûreté adaptée aux caractéristiques du comportement humain¹¹. Les réflexions que nous avons faites dans le nucléaire rejoignent celles d'autres secteurs industriels, en particulier l'aérospatial.

Une approche « facteur humain » doit être globale. Il ne faut pas compter sur un

9. G. Vuillard - « Le groupe Rhône-Poulenc et la directive post-Seveso » - *Annales des Mines* - octobre-novembre 1986.

10. R. Andurand - « Le rapport de sûreté et son application dans l'industrie » - *Annales des Mines* - juillet-août 1979.

11. Voir l'ouvrage « Catastrophes ? non merci » de J.-L. Nicolet, A. Carnino et J.-C. Wanner, Editions Masson, Paris, 1989.

seul type de mesure, mais mettre en jeu plusieurs mesures, qui se compléteront mutuellement. Faire porter l'effort uniquement sur un aspect - par exemple, le professionnalisme et la motivation des exécutants - peut un jour ou l'autre se traduire par un échec. On va donc retrouver une forme du concept de défense en profondeur, comme dans la conception des installations.

La première action doit d'ailleurs porter sur la conception. Avant de confier une installation à des opérateurs, on doit vérifier que l'on n'attend pas d'eux plus qu'ils ne peuvent faire. Non seulement la sûreté ne doit pas reposer sur l'homme, mais sur des automatismes, mais de plus l'installation doit être « pardonnante ». Il ne faut pas qu'une erreur d'un opérateur ou d'un agent d'entretien puisse, à elle seule, provoquer un sérieux accident. Les études probabilistes de séquences accidentelles permettent d'effectuer cette vérification. Leurs résultats doivent être confirmés par une analyse soigneuse de l'expérience antérieure d'exploitation, et notamment de l'analyse des incidents précurseurs de séquences accidentelles plus graves.

Si on détecte des problèmes potentiels, il faut :

- soit supprimer l'action humaine, par introduction d'un automatisme si nécessaire, par le comportement intrinsèque de l'installation chaque fois que c'est possible ;
- soit interdire l'action potentiellement dangereuse, de préférence par l'interposition d'une barrière physique, plutôt que par une consigne administrative, toujours susceptible d'être violée, comme cela a été le cas à Tchernobyl.

En exploitation, l'objectif est de minimiser la possibilité d'erreur humaine, et d'introduire des dispositions correctives si l'erreur se produit. Trois aspects doivent être considérés :

• **un bon interface homme-machine.** Il peut être caractérisé simplement par la formule : « rendre les bonnes décisions faciles et les mauvaises difficiles ». Les solutions peuvent être diverses : conception ergonomique des postes de travail, assistance informatique, alarmes et sécurités particulières. Leurs mérites relatifs doivent être évalués par des essais impliquant les exploitants eux-mêmes. Aujourd'hui les progrès réalisés par l'informatique permettent de fournir aux opérateurs d'installations complexes, comme le sont les centrales nucléaires, des dispositifs d'aide à la décision qui leur présentent sous une forme claire les seuls paramètres qui jouent un rôle, et qui leur proposent des actions adaptées à la situation réelle.

• **des procédures éprouvées.** Elles résument sous une forme accessible aux opérateurs toute l'expérience acquise dans les études de projet. Elles s'adressent à tous les membres de l'équipe d'exploitation. A partir du moment où ce sont des équipes, et non des individus, qui interviennent, il existe de nombreuses possibilités de mésententes, mauvaises communications, etc., qui peuvent être corrigées par la mise en oeuvre sur le terrain de procédures bien adaptées.

• **un comportement des individus** à la hauteur des enjeux et de la sûreté. C'est un domaine très vaste, où l'implication de la hiérarchie, la formation et le recyclage du personnel, la motivation de chaque intervenant jouent un rôle essentiel. Depuis

quelques années, il est un terme utilisé dans le nucléaire qui caractérise le but recherché : c'est une bonne « culture de sûreté », grâce à laquelle chacun est conscient de son rôle personnel sur la sûreté de l'installation, et, sans se limiter à un simple respect des consignes, cherche à comprendre les répercussions possibles de ses actions propres et de celles de ceux qui travaillent avec lui, et à les corriger en conséquence.

Cette approche globale pourra être jugée bonne si l'expérience montre qu'elle n'a laissé de côté aucun aspect qui puisse affecter significativement le risque d'erreur. Le recueil et l'analyse des résultats d'exploitation constituent donc un élément essentiel d'une bonne politique de sûreté en matière de facteur humain. Pour les situations accidentelles, heureusement rares en exploitation normale, il faut s'appuyer sur des simulateurs qui permettent non seulement l'entraînement du personnel, mais aussi l'analyse expérimentale de tous les facteurs à prendre en compte.

Il est enfin un aspect du facteur humain qui est souvent ignoré alors qu'il peut en pratique se révéler fondamental pour la sûreté d'une installation à risques : c'est le rôle positif que peut jouer l'homme dans la gestion d'une situation imprévue. L'intelligence de l'opérateur humain peut être utilisée au mieux si on lui fournit des outils qui lui permettent de faire son propre diagnostic de la situation, et des moyens d'action qui lui permettront d'intervenir. Là aussi, un essai de ces outils et moyens est indispensable pour en valider la bonne adéquation.

Les hommes ne jouent correctement leur rôle que s'ils savent précisément ce que l'on attend d'eux, quelles sont leurs propres responsabilités et celles des autres hommes qui collaborent à leurs tâches. C'est là une des missions essentielles de la hiérarchie, conforme aux bonnes règles du management en général, mais particulièrement importantes pour les aspects de sûreté.

• 3. Le plan d'urgence

La prévention doit être la première priorité dans toute l'approche de gestion des risques industriels, et chaque accident doit être considéré par tous les partenaires comme un échec personnel. Mais, et cela peut sembler paradoxal à première vue, il est essentiel qu'à la politique de prévention soit associée une politique d'intervention en cas d'accident pour maintenir le niveau de prévention souhaité. En effet, l'expérience passée démontre qu'une bonne prévention est incompatible avec l'instauration, à quelque échelon que ce soit, d'attitudes de confiance totale, en soi, dans les autres, ou dans le système. On ne doit pas se satisfaire de mots. Il faut que tous aient bien conscience du risque d'échec, et en conséquence, que soient prises, à tous les niveaux, les dispositions qui permettront, en cas d'échec, que l'accident ne se transforme pas en catastrophe. C'est la réalité des mesures postaccidentelles, la pratique d'exercices, la communication permanente entre les équipes et avec le public, qui contribuera à créer dans l'entreprise une attitude prudente, une remise en question des habitudes, une recherche de

progrès, sans lesquelles une politique de prévention ne peut se maintenir à un niveau élevé¹².

Lorsqu'on pense aux mesures à prendre en cas d'accident, on imagine d'abord un plan d'urgence, prévoyant toutes les actions à conduire à l'extérieur du site lorsque les rejets de produits dangereux sont prévisibles ou, a fortiori, lorsqu'ils ont commencé. Or, en amont, il faut d'abord se préoccuper de ce qu'il y aurait à faire sur l'installation elle-même si l'accident redouté devait survenir. Dans une installation bien conçue, l'accident ne peut résulter que de l'accumulation de difficultés qui se succèdent dans le temps. Une fois la séquence accidentelle enclenchée, il est généralement possible aux exploitants, sinon d'en stopper le développement, tout au moins de l'orienter dans une voie moins dangereuse pour les conséquences extérieures. Encore faut-il que ces exploitants aient été préparés à jouer ce rôle, c'est-à-dire qu'il y ait eu une réflexion préalable sur les informations et les moyens d'action qui pourraient leur être nécessaires.

Le plan d'urgence proprement dit, mis en oeuvre par les pouvoirs publics, avec l'assistance de l'industriel exploitant, pose de multiples problèmes, mais la règle d'or, en l'occurrence, me paraît simple. Si ce plan doit être un jour mis en oeuvre, c'est la population proche des installations qui sera en cause. C'est donc d'elle qu'il faut partir, et c'est avec ses représentants les plus immédiats, avec les administrations du terrain, comme avec les organismes qui l'informent le plus directement, journaux, radios et télévisions locales, qu'il faut négocier ces plans, dans tous les domaines : information préalable, alerte, moyens de mesure, actions, secours, indemnisations éventuelles, exercices, etc. La confiance que l'exploitant a dans la sûreté de son installation doit se refléter dans le sérieux avec lequel il se prépare à faire face à l'accident, alors même qu'il fait tout son possible pour le prévenir.

■ CONCLUSION

On insiste beaucoup aujourd'hui, à juste titre, sur l'intérêt de renforcer les échanges entre les différents organismes impliqués, à des titres divers, dans les questions de risques industriels. A l'initiative de G. KERVERN, président d'honneur de l'ACADI¹³, une association a été créée en 1990, l'Institut Européen des Cindyniques¹⁴, qui se propose de développer la synergie entre toutes les activités liées aux risques de toute nature, leur identification, les mesures de sécurité propres à en assurer la maîtrise, les dispositions à prendre en cas d'accident, les aspects médicaux, juridiques et médiatiques, etc., tant au plan des méthodes qu'à celui des enseignements de l'expérience.

12. Patrick Lagadec - *L'action en situation de crise - La Société Vulnérable* - Presses de l'Ecole Normale Supérieure - Paris - 1987.

13. Association des Cadres et Dirigeants de l'Industrie, organisatrice d'un colloque sur le risque technologique, tenu à Paris en décembre 1987.

14. Association loi de 1901, dont le siège est 47, rue de l'Université, Paris 6^{ème}, qui a pour but de promouvoir les sciences du danger, Cindynique étant formé à partir du grec KINDUNOS qui signifie DANGER (cf. texte de G. Y. Kervern dans ce numéro de Risques).

Il faut avoir conscience que les transpositions d'un secteur à un autre, même en restant au niveau des risques industriels, ont des limites, et que chacun doit adapter l'approche de sûreté à son cas particulier. Il me paraît clair, en particulier, que les objectifs, en terme de risque maximal admissible, sur lesquels la communauté nucléaire internationale s'est progressivement mise d'accord, ne peuvent être appliqués sans précautions à d'autres types d'installations, même dans les cas où l'ampleur des risques potentiels serait du même ordre de grandeur. Il faut en effet, dans la gestion des risques, prendre en compte des aspects, en particulier politiques et sociaux, qui ne sont pas transposables. Il est essentiel, en outre, de tenir compte de l'expérience accumulée, des traditions professionnelles et administratives, des problèmes éventuels de propriété industrielle, etc. Il n'en reste pas moins que, sur les méthodes comme sur les résultats obtenus, on peut espérer que de larges échanges conduiront à un enrichissement réciproque. Le but n'est pas de banaliser certains risques en les noyant dans l'ensemble des risques auxquels nos sociétés sont aujourd'hui confrontées, mais de sensibiliser tous ceux qui ont un rôle à jouer dans la maîtrise de ces risques en leur faisant connaître les problèmes qui ont été rencontrés ailleurs et la manière dont ils ont été traités. Les spécialistes de la sûreté nucléaire ne prétendent pas à une expertise unique dans ces domaines. Ils pensent simplement que, si leur expérience peut être utile à d'autres, il serait dommage qu'elle leur reste inconnue ■

EVALUATION DES RISQUES

MOTS CLÉS : *Evaluation . Fiabilité . Méthodes . Prévision . Probabilité . Risques . Sécurité . Système .*

Peut-on évaluer les risques ? Surtout comment les évaluer ? De quelles méthodes dispose-t-on ? De quelles logiques procèdent-elles ? Comment les appliquer ? Alain Villemeur, responsable au département des études de sûreté et de fiabilité à EDF, répond à ces questions, au principe de toute pratique de prévention, en proposant une synthèse des méthodes actuellement utilisées en matière d'évaluation des risques industriels.

La maîtrise des risques industriels ne peut plus se fonder uniquement sur l'expérience acquise, telle qu'elle est traduite dans les règles de l'art et les normes. Il est nécessaire de prévenir les risques industriels en se fondant sur leur prévision et leur évaluation.

Rappelons que le risque est l'indicateur de l'état en danger. Il est fonction de deux facteurs : la probabilité qu'a l'événement redouté de se réaliser, le dommage ou les conséquences qui en résultent alors. Ainsi toute évaluation de risque nécessite l'évaluation des deux facteurs précédemment définis, à savoir la probabilité d'un événement et ses conséquences. Evaluer les risques liés à un système industriel, qu'il soit complexe (avion, centrale nucléaire...) ou plus simple (automobile, percolateur...), constitue un véritable défi scientifique et technique.

On peut considérer que ce défi est relevé depuis plusieurs dizaines d'années par les ingénieurs, qui font appel à des méthodes scientifiques dont certaines sont issues de la théorie des probabilités. La nécessité de mieux prévoir et de mieux mesurer les événements redoutés a conduit au développement d'une véritable discipline de l'ingénieur dénommée : « sûreté de fonctionnement ». De véritables techniques d'évaluation ont été créées depuis la Seconde Guerre mondiale, notamment dans les industries à risques (aéronautique, spatial, nucléaire), qui ont ensuite été diffusées dans la plupart des grandes industries pour la maîtrise des systèmes complexes. Quatre grandeurs particulièrement importantes font généralement l'objet d'une évaluation liée à la sûreté de fonctionnement :

- la fiabilité : c'est-à-dire l'aptitude à fonctionner sans panne,

* Chef Adjoint du Département Etudes de Sûreté et de Fiabilité à EDF - Direction des Etudes et Recherches, auteur de l'ouvrage « Sûreté de Fonctionnement des systèmes industriels », Eyrolles, 1988.

- la disponibilité : c'est-à-dire l'aptitude à être en état de fonctionner,
- la maintenabilité : c'est-à-dire l'aptitude à être réparé après occurrence d'une panne,
- la sécurité : c'est-à-dire l'aptitude à ne pas engendrer de catastrophe pour l'homme ou l'environnement.

Chacune de ces grandeurs peut se mesurer et se prévoir. Prenons le cas de la fiabilité et faisons appel aux normes en vigueur actuellement. La définition rigoureuse de la fiabilité est la suivante : aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée.

La mesure de la fiabilité est la probabilité qu'une entité E accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant l'intervalle de temps (0,t). Bien évidemment, les autres grandeurs peuvent se décliner de la même manière, sous forme d'aptitude ou de mesure probabiliste. La théorie probabiliste permet de facilement relier la probabilité qu'un événement survienne sur une certaine période à sa fréquence (nombre d'événements survenus par unité de temps) ou encore au MTBF (moyenne des temps de bon fonctionnement ou temps moyen de fonctionnement entre deux défaillances). Ainsi, on pourra caractériser la fiabilité, par exemple, d'une voiture, par :

- son MTBF : s'il est de 1 000 heures, le temps moyen de fonctionnement entre deux pannes est de 1 000 heures,
- sa fréquence de panne est de 10^{-3} / heure,
- sa probabilité de fonctionner sans panne sur 1 000 heures est d'environ 0,3.

D'une manière générale, la maîtrise de la sûreté de fonctionnement des systèmes industriels passe par la prévision des événements redoutés (pannes, accidents, etc.) et par leur mesure (fréquence, probabilité, MTBF, etc.). Mentionnons d'ores et déjà que toutes les techniques d'évaluation sont souvent communes à plusieurs grandeurs de la sûreté de fonctionnement : en effet, à titre d'exemple, prévoir la fiabilité ou la sécurité d'un système consiste à évaluer des événements qui ne diffèrent que par leurs conséquences, purement économiques dans le cas de la fiabilité, humaines ou environnementales dans le cas de la sécurité ; ainsi les techniques d'évaluation de la fiabilité ou de la sécurité ne diffèrent que par la nature des événements auxquels elles s'intéressent (pannes ou accidents).

Comment évaluer la probabilité de pannes ou d'accidents susceptibles de se produire dans le futur, dans un domaine industriel donné ?

Il n'existe que deux méthodes :

L'analyse du retour d'expérience du domaine industriel qui consiste à recenser et à étudier tous les événements (pannes, incidents, accidents, défauts...), survenus sur les systèmes industriels concernés et à en déduire la probabilité de ces événements, par des méthodes statistiques.

L'hypothèse d'une certaine régularité des phénomènes et des causes ayant induit ces événements conduit à prévoir, pour le futur, des probabilités ou fréquences d'événements semblables à celles tirées du passé. L'existence de corrélation entre les phénomènes, les causes et ces événements, permet éventuellement de

tenir compte de corrélation différente à l'avenir et ainsi d'en déduire de nouvelles probabilités pour le futur.

L'analyse prévisionnelle du système qui cherche à identifier toutes les causes (et leurs combinaisons) d'événements élémentaires dont la conjonction entraîne l'occurrence de l'événement redouté ; la connaissance des probabilités de ces événements élémentaires et l'utilisation des théories probabilistes permettent de déduire la probabilité prévue de l'événement redouté.

Dans les années 60, les techniques d'évaluation prévisionnelle se sont considérablement développées, au départ dans le domaine de l'aéronautique ; elles se sont ensuite enrichies de méthodes créées dans d'autres domaines. Elles sont devenues dans la décennie 1980 de véritables méthodes couvrant un large spectre de systèmes industriels et faisant appel à des bases de données et des outils informatiques. Notons que ces techniques sont généralement basées sur l'analyse du retour d'expérience, ne serait-ce que pour mieux connaître et caractériser les événements élémentaires.

Dans la suite, nous abordons principalement les techniques d'évaluation prévisionnelle. Peut-on prévoir le comportement futur d'un système à partir de sa structure et la connaissance passée du comportement de ses composants ?

■ I - PRÉVOIR PAR L'ANALYSE DU SYSTÈME ET DU PASSÉ

L'analyse prévisionnelle repose sur deux grands principes :

- l'analyse systématique qui considère un système comme un ensemble déterminé d'éléments (ou composants) interconnectés ou en interaction,
- l'analyse du passé ou plus précisément l'analyse du retour d'expérience liée aux composants identifiés précédemment.

Quelles sont les principales étapes d'une évaluation prévisionnelle d'une caractéristique de sûreté de fonctionnement ?

- L'analyse technique et fonctionnelle : après un recueil d'informations relatives au système (à son environnement, aux composants), l'analyse doit définir de manière détaillée le système, ses frontières et ses interfaces. Ensuite, l'analyse doit identifier les principales caractéristiques techniques du système ainsi que ses principales fonctions. Les techniques dites d'analyse fonctionnelle peuvent aider à la réalisation de cette étape.
- L'analyse qualitative : elle a pour objectif la recherche de toutes les causes de défaillance (et leurs combinaisons) pouvant affecter la sûreté de fonctionnement. On obtient ainsi un modèle. De très nombreuses méthodes existent ; les principes de trois d'entre elles seront explicités ci-après.
- L'analyse quantitative : elle a pour objectif de caractériser par des mesures (probabilité, fréquence...) la sûreté de fonctionnement du système ; exemple : fréquence de l'accident envisagé, probabilité de l'indisponibilité envisagée... Ces mesures sont obtenues par le traitement mathématique du modèle et par la prise en compte des données relatives aux événements élémentaires.

- La synthèse et les conclusions : la synthèse mettra en évidence, par exemple :
 - * les défaillances (et leurs combinaisons) qui compromettent la sûreté de fonctionnement,
 - * les composants les plus critiques,
 - * les missions les plus importantes du système vis-à-vis de la sûreté de fonctionnement,
 - * les erreurs humaines pertinentes, etc.

On en déduit les actions qui peuvent réduire le risque industriel (système de sécurité supplémentaire, composants de meilleure fiabilité, meilleure procédure d'exploitation, formation améliorée pour les opérateurs, etc.).

La figure 1 recense les principales étapes d'une évaluation.

■ II - DU LAVE-VAISSELLE À LA CENTRALE NUCLÉAIRE : QUELQUES TECHNIQUES

De très nombreuses techniques d'évaluation ont été mises au point : leur vaste champ d'application, du lave-vaisselle à la centrale nucléaire... en passant par les tondeuses à gazon, les disjoncteurs, les percolateurs, les autos, les avions, en démontre la maturité. Il ne peut être question ici de les lister et de les expliciter. Aussi nous limiterons-nous aux principes de quelques méthodes très largement employées et caractéristiques de la démarche.

A titre d'illustration des trois méthodes annoncées, prenons l'exemple (simplifié) d'un équipement industriel utilisé pour refroidir de l'acide nitrique avant son introduction dans un réacteur chimique (voir figure 2). Ce système industriel a essentiellement pour fonction de maintenir la valeur de la température d'acide nitrique T_2 dans une plage de variation acceptable. Ainsi la température T_2 est contrôlée par l'intermédiaire d'une vanne réglante disposée sur le circuit de refroidissement en eau. Par ailleurs, une sécurité permet de couper l'alimentation en acide nitrique si le débit d'eau est insuffisant. Abordons maintenant les méthodes annoncées.

• 1. L'analyse des modes de défaillance et leurs effets (AMDE)

Cette méthode est née dans le domaine aéronautique, dans les années 60. Elle a pour objet d'identifier tous les modes de défaillance (et leurs causes) des composants et d'en étudier les effets sur le système et l'environnement. Exemple des modes de défaillance d'une vanne : refus de s'ouvrir (pour cause de grippage), refus de se fermer, fuite externe, fuite interne, etc.

Cette méthode permet ainsi d'identifier tous les risques liés au mauvais fonctionnement de n'importe quel composant du système. Complétée par une analyse de criticité (évaluation de la probabilité et de la gravité de chaque mode de défaillance), cette méthode devient l'analyse des modes de défaillance, leurs effets et leur criticité (AMDEC).

La figure 3 montre les débuts (partiels) d'une AMDE effectuée sur le système industriel de la figure 2.

• 2. La méthode de l'arbre des causes

Cette méthode, encore appelée « méthode de l'arbre de défaillance », est née également dans l'aéronautique, dans les années 60. Elle consiste à :

- déterminer les diverses combinaisons possibles d'événements qui entraînent la réalisation d'un événement redouté,
- représenter graphiquement ces combinaisons au moyen d'une structure arborescente,
- calculer la probabilité de l'événement redouté à partir des probabilités des événements élémentaires.

L'arbre des causes est ainsi formé de niveaux successifs d'événements tels que chaque événement est généré à partir des événements de niveau inférieur par l'intermédiaire de portes logiques (OU, ET) ; ces événements sont généralement des défaillances de matériels, des indisponibilités de matériels, des erreurs humaines... pouvant conduire à l'événement indésirable.

On trouve à la figure 4 deux arbres des causes particulièrement simples et comprenant une porte OU et une porte ET ; les lois de probabilité utilisées pour le calcul de la probabilité de l'événement indésirable sont également indiquées. L'arbre des causes de la figure 5 est relatif à l'événement redouté pour le système industriel de la figure 2 ; dans un souci de simplification, la branche A de l'arbre n'a pas été développée.

A titre d'exemple, la figure 5 donne quelques données de sûreté de fonctionnement utilisées pour quantifier les événements élémentaires de l'arbre ; ces données sont des taux de défaillance à la sollicitation (/demande) ou en fonctionnement (/heure) ou encore en temps moyen de réparation (MTTR). Les lois de probabilité permettent de calculer la fréquence de l'événement redouté (en l'occurrence, ici, $2,10^{-2}/\text{an}$).

• 3. La méthode de l'arbre des conséquences

Cette méthode, encore appelée « méthode de l'arbre des événements », est née dans le domaine nucléaire, dans les années 70. Duale de la précédente, elle cherche à identifier des conséquences plutôt que des causes. Elle consiste ainsi à :

- identifier les séquences d'événements menant à un événement redouté,
- représenter graphiquement ces séquences au moyen d'une structure arborescente,
- calculer les probabilités de ces séquences.

La figure 6 illustre de telles séquences à partir de l'événement « augmentation modérée de la température de l'acide nitrique en amont » ; à titre d'exemple, la séquence n°2 suppose, après occurrence de l'événement précédent, que la « régulation fonctionne » puisque le « réglage du débit d'eau (S_2) » ne peut se faire.

• 4. Application de ces techniques

L'application de ces techniques d'évaluation de base peut se faire avec plus ou moins d'ampleur, selon les risques redoutés et la complexité des systèmes analysés.

L'AMDE est généralement une technique de base, souvent réglementaire, qui peut être complétée par l'arbre des causes lorsqu'on cherche à identifier toutes les causes d'un risque particulièrement redouté.

Plus les systèmes sont complexes, plus ces techniques (et d'autres) peuvent être combinées dans une véritable démarche systématique d'évaluation.

Prenons le cas, pour illustrer cet aspect, des centrales nucléaires ; pour ces installations, ces méthodes d'évaluation des risques sont maintenant largement employées pour identifier, de manière prévisionnelle, tous les scénarios d'accident envisageables, et ainsi, éventuellement, modifier les installations si la probabilité de certains de ces scénarios est jugée insuffisamment basse.

A titre d'exemple, considérons l'étude probabiliste de sûreté réalisée par Electricité de France, ces dernières années, sur une centrale nucléaire en exploitation. Cette étude avait pour but d'évaluer la fréquence d'un événement redouté, à savoir la fusion du coeur d'un réacteur nucléaire.

Pour cette étude, une centaine d'arbres des conséquences ont été construits et des milliers de scénarios ont ainsi été identifiés ; les événements intervenant dans ces scénarios correspondent habituellement à des échecs des systèmes de sécurité ou à des erreurs humaines. Les causes de ces événements ont été recherchées par la méthode de l'arbre des causes ; environ trois cents arbres des causes ont ainsi été élaborés, certains d'entre eux pouvant comprendre jusqu'à un millier d'événements de base. Pour tenir compte du caractère réparable des systèmes de sécurité, une méthode spécifique - non développée ici - a été mise en oeuvre (la méthode du graphe d'états).

Des méthodes spécifiques ont également été employées pour évaluer la fiabilité humaine et prendre en compte les facteurs humains pertinents (délais de réponse des opérateurs, existence de procédures à suivre en cas d'accident...).

Cette étude s'est révélée particulièrement utile pour confirmer le haut niveau de sûreté de ces installations tout en mettant en évidence des scénarios d'accident dont la connaissance mérite d'être approfondie ou dont la probabilité sera réduite par des mesures de protection supplémentaire. De très nombreux enseignements peuvent être tirés de telles études pour continuer à améliorer la sûreté tant au niveau des matériels que de l'interface homme-machine (salle de commande, procédures...).

■ III - MISE EN ŒUVRE DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT

Les techniques d'évaluation de la sûreté de fonctionnement se sont révélées très précieuses pour mieux identifier ou cerner les risques industriels et ainsi contribuer à leur maîtrise.

Cependant, la prévision des événements n'est jamais parfaite ! On ne peut pas tout prévoir ! Par ailleurs les données sont généralement entachées d'incertitudes reflétant le caractère aléatoire des défaillances mais aussi la connaissance limitée des conditions de conception, d'environnement et d'exploitation des matériels.

Ces techniques d'évaluation obligent néanmoins à mettre en évidence et à tenir compte des incertitudes ; ainsi l'évaluation des risques, même avec de grandes incertitudes, est préférable au traditionnel jugement de l'ingénieur.

Afin de limiter l'importance de ces incertitudes, il s'avère important d'utiliser les techniques d'évaluation des risques tout au long du cycle de vie des produits, c'est-à-dire depuis leur conception préliminaire, puis détaillée jusqu'à leur réalisation et leur exploitation.

L'évaluation des risques devient alors « vivante » et évolutive ; ainsi le recueil systématique des incidents, des « presque accidents » et des événements précurseurs d'accidents permet d'enrichir les évaluations prévisionnelles et de vérifier si les incidents se déroulent conformément à ce qui était prévu ou s'ils révèlent des faits anormaux susceptibles, un autre jour ou dans d'autres circonstances, d'induire un risque nouveau.

En définitive, les techniques d'évaluation des risques industriels et le recueil et l'analyse du retour d'expérience s'enrichissent et se confortent mutuellement au bénéfice d'une plus grande maîtrise des risques industriels ■

Figure 1 : Etapes principales d'une évaluation prévisionnelle de la sûreté de fonctionnement d'un système

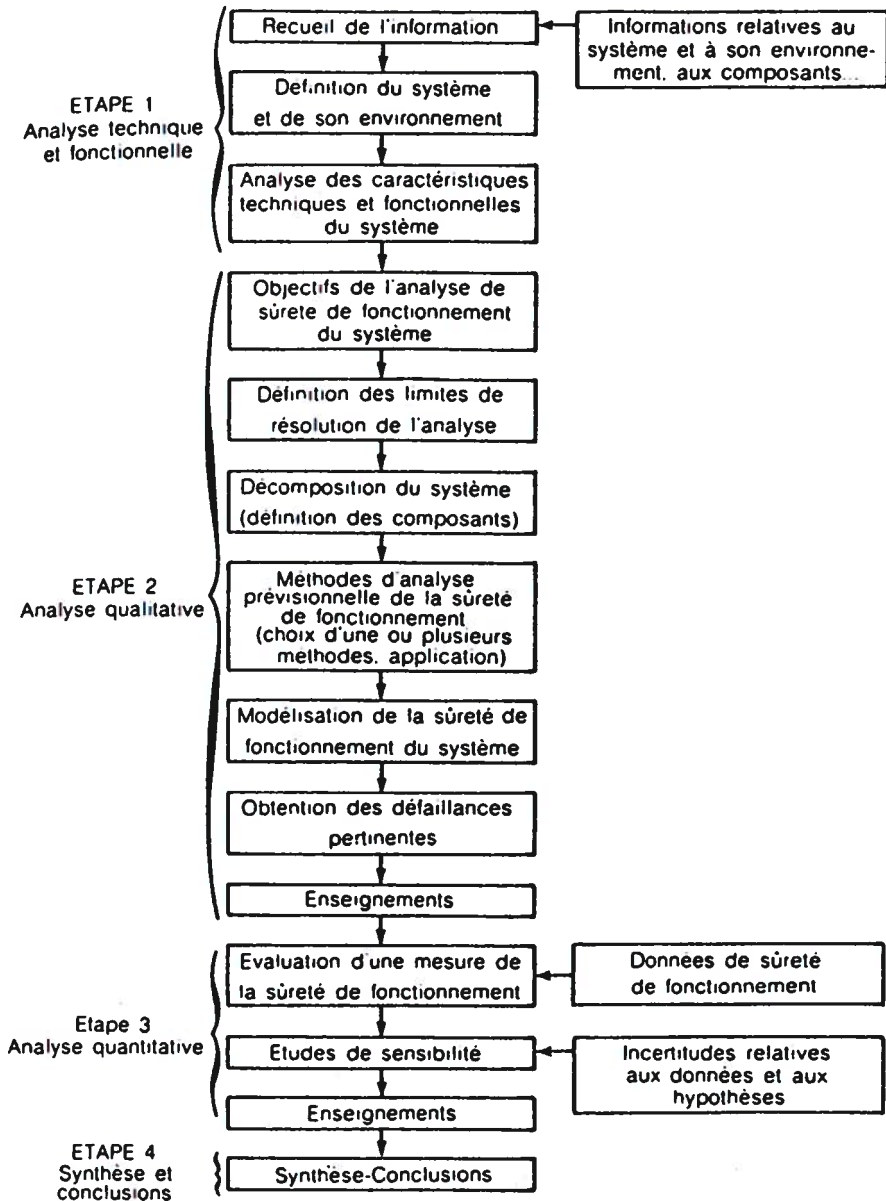


Figure 2 : Représentation du système étudié

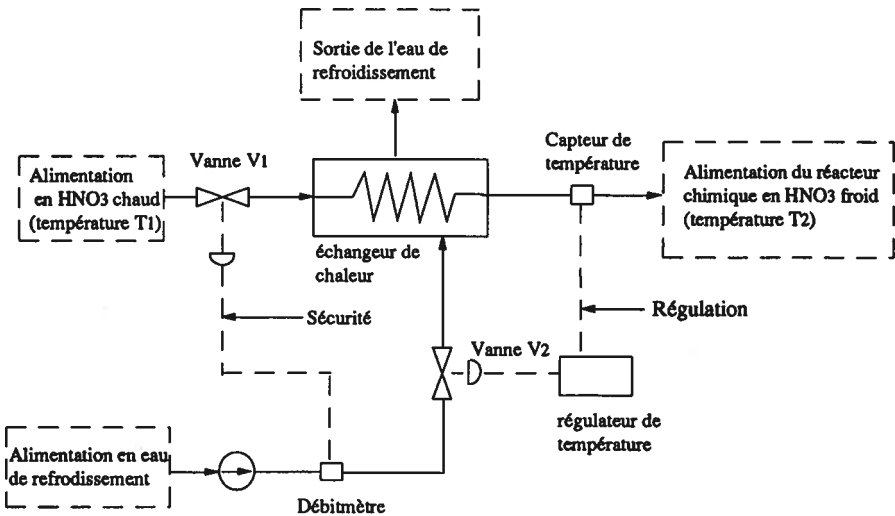


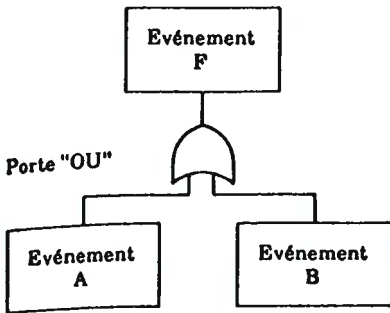
Figure 3 : Exemple d'une AMDE (début de l'analyse)

SYSTEME ELEMENTAIRE : S2 (circuit d'eau)

Identification du composant (repères, désignation, type, lieu)	Fonctions, états	Modes de défaillance	Causes possibles d'une défaillance (causes internes, externes)	Effets sur le système élémentaire	Effets sur les autres systèmes élémentaires	Observations
Désignation pompe type moto-pompe	Fonction circulation de l'eau de refroidissement	arrêt de la pompe	- défaut mécanique - défaut électrique (moteur) perte du 6,6 kV (S ₅)	- arrêt du débit d'eau	- sollicitation de sécurité (S ₃), du débit d'acide nitrique par fermeture de la vanne V ₁ (S ₁)	en cas de non fonctionnement de S ₃ augmentation "non compensable" de T ₂
Désignation vanne V ₂ Type vanne réglante à air comprimé	Fonction régulation du débit d'eau en fonction de la température d'acide nitrique T ₂ Etats la position de la vanne est fixée par S ₄ ; en cas de perte du 48 V (S ₅), V ₂ reste en position	blocage en position - fermeture intempestive	- défaut mécanique - défaut de contrôle commande - défaut dû à S ₄ - perte du 48 V (S ₅) - défaut mécanique - défaut de contrôle commande - défaut dû à S ₄ - perte de la pression d'air de régulation (S ₅)	- le débit d'eau garde une valeur constante - arrêt du débit d'eau	- pas de compensation d'une variation de la température d'acide nitrique T ₂ (S ₁) (en particulier : pas de compensation d'une montée de T ₂) sollicitation de sécurité (S ₃), arrêt du débit d'acide nitrique par fermeture de la vanne V ₁ (S ₁)	en cas de non fonctionnement de S ₃ augmentation "non compensable" de T ₂

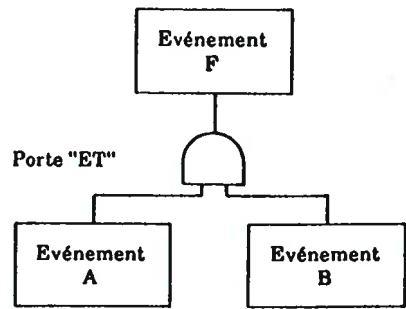
Figure 4 : Arbres des causes élémentaires

1er cas



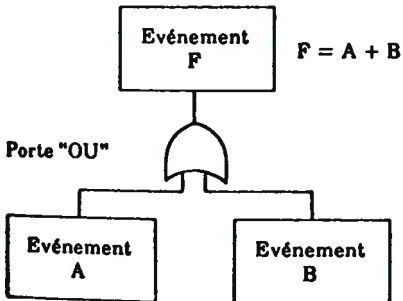
L'événement F est réalisé si l'un au moins des événements (A, B) est présent.

2e cas



L'événement F est réalisé si les événements A et B sont présents simultanément.

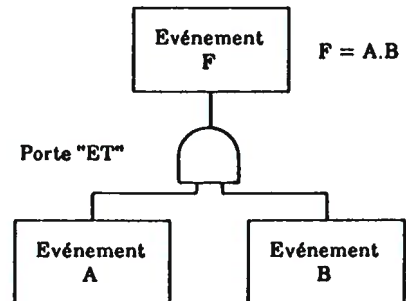
1er cas



$$p(F) = p(A + B) = p(A) + p(B) - p(A.B)$$

Souvent : $p(F) \approx p(A) + p(B)$

2e cas



$$p(F) = p(A.B) = p(A) \times p(B/A)$$

$p(F) = p(A) \times p(B)$
(lorsque A et B sont indépendants)

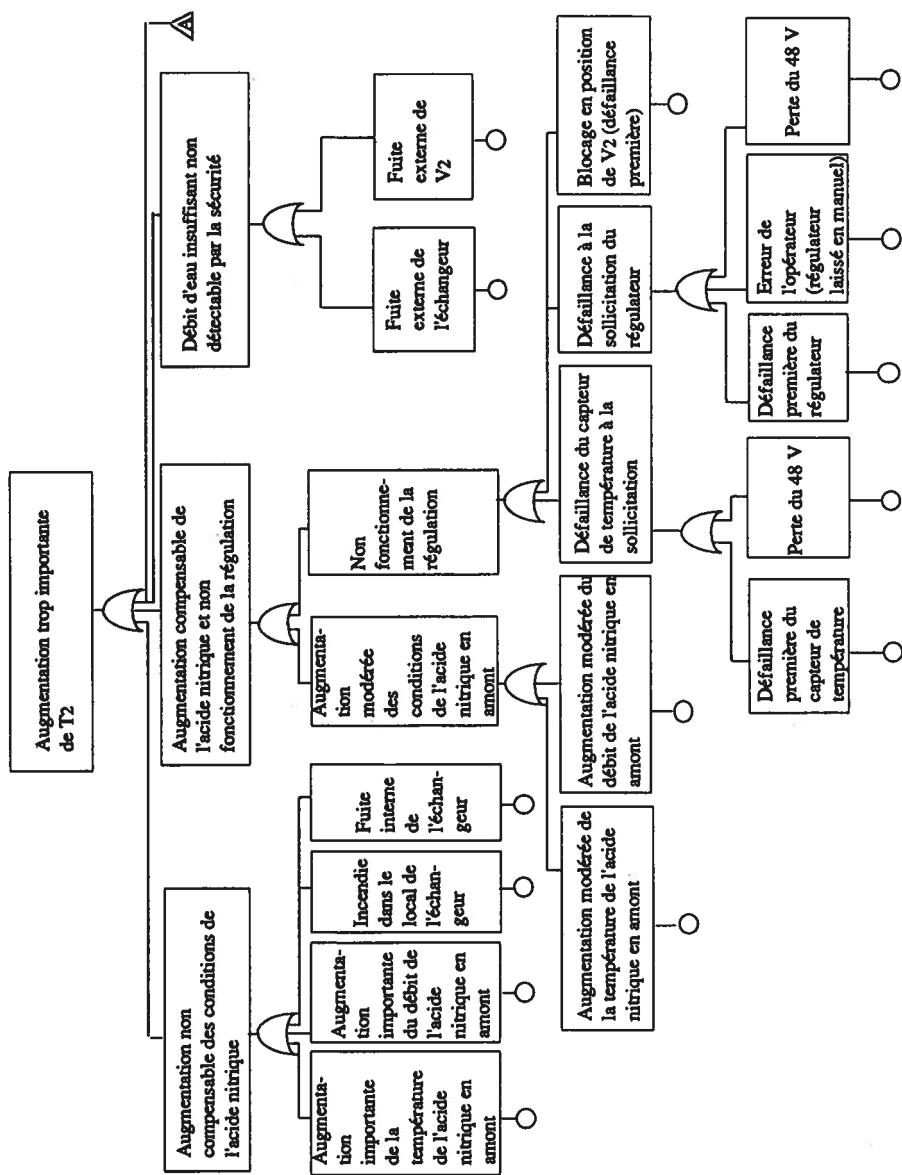


Figure 6 : Exemple d'un arbre des conséquences

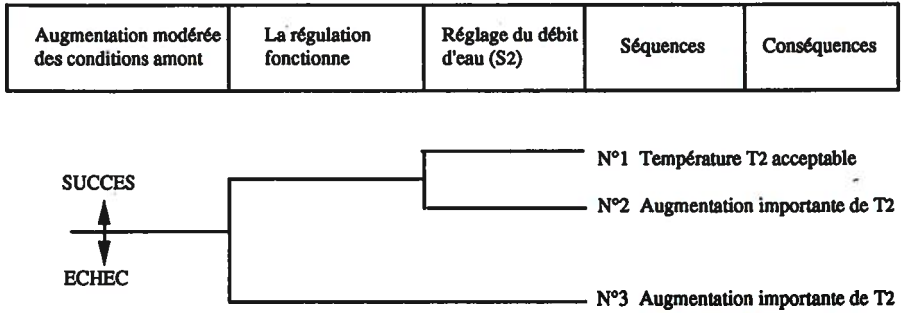


Figure 7 : Données de sûreté de fonctionnement

SYSTEME ELEMENTAIRE	COMPOSANT	MODE DE DEFAILLANCE	TAUX DE DEFAILLANCE (facteur d'erreur)
S ₁	Vanne tout ou rien V ₁ (motorisée)	- refus de fermeture	10 ⁻³ /d (3)
	Echangeur (tubes)	- fuite interne	2. 10 ⁻⁷ /h (10)
S ₁	Pompe	- arrêt	2. 10 ⁻⁴ /h (2)
	Vanne réglante V ₂ (pneumatique)	- blocage en position	10 ⁻³ / d (3)
		- fermeture intempestive	2. 10 ⁻⁶ / h (10)
		- fuite externe	10 ⁻⁸ /h (10)
	Echangeur (calandre)	- fuite externe	10 ⁻⁷ /h (10)
		- bouchage	10 ⁻⁷ /h (10)

Splendeurs et misères DES LOIS DE VALEURS EXTREMES

MOTS CLÉS : *Probabilité • Valeurs extrêmes • Statistiques • Événements rares •*

Après avoir rappelé les fondements de la théorie des lois de valeurs extrêmes et relevé quelques-unes des hypothèses cruciales, difficiles à vérifier en pratique, qui la sous-tendent, Nicolas Bouleau discute la méthode la plus couramment utilisée pour évaluer la probabilité d'événements exceptionnels à l'aide de lois de valeurs extrêmes.

Avant d'avoir observé durant une période d'un siècle, dans une certaine région, des enregistrements sismiques de magnitude comprise entre 0 et 2, est-il possible d'en déduire avec quelle probabilité se produira dans la même région et durant le siècle suivant un séisme de magnitude supérieure à 4 ? A un problème ainsi posé, rares seraient ceux qui répondraient par l'affirmative. Néanmoins, l'usage de procédures rapides utilisant les lois de valeurs extrêmes qui s'est de plus en plus répandu dans le milieu des ingénieurs, conduit à des affirmations de ce type, dont l'enjeu sociopolitique est important notamment par l'habit de scientificité qui leur est donné. Après avoir rappelé les fondements de la théorie des lois de valeurs extrêmes et relevé quelques-unes des hypothèses cruciales, difficiles à vérifier en pratique, qui la sous-tendent, nous montrons que la méthode qui consiste à caler les paramètres d'une des trois lois de valeurs extrêmes à partir des extrêmes d'un échantillon fini dont la loi est mal connue, est fortement encouragée par la pression sociale de quantifier les risques graves d'autant plus que de tels errements, par la rareté même des événements considérés, sont peu réfutables.

■ I - DEUX BELLES THÉORIES

• 1. Les lois des grands nombres pour les extrêmes.

Etant données n variables aléatoires réelles $X_1, \dots, X_n$, on appelle • extrêmes • les variables aléatoires

$$M_n = \max_{i=1, \dots, n} (X_i) \text{ et } m_n = \min_{i=1, \dots, n} (X_i)$$

L'étude, sous certaines hypothèses sur la suite (X_n) , du comportement asymptotique de quantités liées aux extrêmes est plus récente dans le développement de la théorie des probabilités que l'étude des moyennes qui apparaissent dans les théorèmes des grands nombres ou de limite centrale. Après les travaux de Maurice Fréchet¹ (1927) et de Fischer et Tippet (1928), le théorème clef de la théorie mis en forme par Gnedenko (1943) peut être énoncé ainsi :

Théorème 1 : *Théorème des types extrêmes*

Soient $X_1, \dots, X_n, \dots$ des variables aléatoires réelles indépendantes et de même loi.

On pose :

$$M_n = \max_{i=1, \dots, n} (X_i)$$

Il existe des nombres $a_n > 0$ et b_n tels que :

$$a_n(M_n - b_n)$$

converge en loi lorsque : $n \uparrow \infty$.

Alors, soit la loi limite est dégénérée, soit la loi limite est la loi de $aX + b$ avec $a > 0$ où X a l'une des fonctions de répartition suivantes :

- | | | |
|------|--|------------------------------|
| I) | $G(x) = \exp(-e^{-x}),$ | $x \in \mathbb{R},$ (Gumbel) |
| II) | $G(x) = \exp(-x^{-\alpha})1_{x>0},$ | $\alpha > 0,$ (Fréchet) |
| III) | $G(x) = 1 - [1 - \exp(-(-x)^\alpha)]1_{x \leq 0},$ | $\alpha > 0,$ (Weibull) |

Soit F la fonction de répartition commune des X_i :

a) S'il existe $g(t) > 0$ telle que

$$\lim_{t \uparrow \sup\{s: F(s) < 1\}} \frac{1 - F(t + xg(t))}{1 - F(t)} = e^{-x}$$

on est dans le cas I.

1. M. Fréchet, • les Mathématiques et le concept •, PUF, (1955).

b) Si $\sup \{s : F(s) < 1\} = +\infty$ et si

$$\lim_{t \uparrow \infty} \frac{1-F(tx)}{1-F(t)} = x^{-\alpha}, \quad \alpha > 0, \quad \forall x > 0$$

on est dans le cas II

c) Si $a = \sup \{1 : F(s) < 1\} < +\infty$ et si

$$\lim_{n \downarrow 0} \frac{1-F(a-xb)}{1-F(a-b)} = x^{-\alpha}, \quad \alpha > 0, \quad \forall x > 0$$

on est dans le cas III.

Un résultat analogue peut s'énoncer pour les minima évidemment. Autrement dit, les extrêmes peuvent être renormalisés de sorte qu'ils suivent asymptotiquement une loi de l'un ou l'autre des trois types, dont deux dépendent d'un paramètre $\alpha > 0$ et qui sont obtenus selon certaines propriétés de la queue de la distribution commune des X_i . Par exemple, si les (X_i) sont des variables normales réduites, on peut prendre :

$$a_n = \sqrt{2 \log n}$$

et

$$b_n = \sqrt{2 \log n} - \frac{\log \log n + \log 4\pi}{2\sqrt{2 \log n}}$$

et la loi de $a_n M_n + b_n$ converge vers une loi de Gumbel.

Ou bien si les X_i suivent une loi de Cauchy de paramètre c ,

$\mathbf{P} \left(\frac{x}{c n} M_n \leq x \right) \rightarrow e^{-1/x}$ (loi de Fréchet de paramètre 1).

Ce théorème a reçu, depuis, de nombreuses extensions plus ou moins compliquées, notamment au cas où les variables X_i ne sont plus supposées indépendantes (valeurs extrêmes de processus stationnaires) ou même à des situations plus générales. On a également étudié les statistiques d'ordre multivariées, notamment les lois limites concernant les k plus grandes valeurs atteintes, etc.

La loi de type III ou de Weibull² qui est obtenue lorsque la loi des X_i a un support borné à droite (ou borné à gauche si l'on étudie le minimum) se rattache également à une autre théorie, qui lui a valu et lui vaut encore un succès assez étonnant, qui concerne la mécanique de la rupture des barres.

• 2. La théorie de Weibull de la résistance des barres à la traction.

L'idée est de s'appuyer sur le fait que tant qu'une barre soumise à une force de traction résiste sans se rompre, c'est que tous les tronçons successifs de la barre résistent, et qu'inversement la résistance de la barre (c'est-à-dire la valeur de la

2. W. WEIBULL, *a Statistical theory of the strength of materials*, Ing. Vetenskaps Akad. Handl, 151, (1939). *The phenomenon of rupture in solids*, Ing. Vetenskaps Akad. Handl, 153, (1939).

force qui produit la rupture) est la plus petite des résistances des sous-barres, cela quel que soit le partage de la barre en sous-barres.

Soit ξ_L la résistance (aléatoire) d'une barre de longueur L partagée en n sous-barres de longueur

$l_1, \dots, l_n$ ($l_1 + \dots + l_n = L$) de résistances respectives $\xi_{l_1}, \dots, \xi_{l_n}$

Si on fait les hypothèses suivantes :

- i) $\xi_L = \min_{(i=1, \dots, n)} \xi_{l_i}$. Ce qu'on exprime parfois en disant que le matériau est *stochastiquement fragile*,
- ii) les lois des ξ_{l_i} ne dépendent que de la longueur l . On dit alors que le matériau est *stochastiquement homogène*,
- iii) les variables ξ_{l_i} relatives à des sous-barres disjointes sont *indépendantes*,
- iv) la dépendance de la loi de ξ_{l_i} vis-à-vis des changements d'échelle est affine, c'est-à-dire que ξ_{l_i} a une fonction de répartition de la forme

$$P(\xi_l \leq x) = F(a_l(x - b_l))$$

alors, par un raisonnement analogue à ceux qui permettent d'établir le théorème des types extrêmes, on obtient que nécessairement la fonction de répartition de la résistance de la barre $F(x) = P(\xi_L \leq x)$ est de la forme

$$F(x) = 1 - \exp\{-a[(x - x_0)^+]^\alpha\} \quad \alpha, a > 0, x_0 \geq 0$$

c'est-à-dire une loi de Weibull (de minimum).

Ce raisonnement ne se limite pas à la résistance des matériaux, il se transpose avec des hypothèses analogues à l'étude des temps de première panne des systèmes en série et la loi de Weibull apparaît dans les travaux d'ingénieurs dans de nombreux domaines.

■ II - DE L'USAGE DE MÉTHODES NON JUSTIFIÉES À LA FABRICATION DE CONCLUSIONS EX NIHILO

• 1. Commentaires sur la théorie de la résistance des barres

Le point fondamental est que la conclusion dépend de façon cruciale de l'hypothèse (iv) qui revient à dire

$$\xi_{l_i} \stackrel{\text{Loi}}{=} a(l)(\xi_1 - b(l))$$

et qui n'est fondée sur aucune explication véritable.

A propos de cette hypothèse Leadbetter et alii³ écrivent : « This is an ad hoc notion (...) Unlike i), ii), iii) it has no strict physical meaning, but is sometimes defended from the intuitively appealing principle that the simplest model is also the

3. M. R. Leadbetter, G. Lindgren, H. Rootzen, « Extremes and related properties of random sequences and processes », Springer, 1983.

physically more realistic one. • Cela est d'autant plus important que sans l'hypothèse iv) on peut obtenir n'importe quelle loi pour la résistance de la barre :

Proposition 1 : *Sans l'hypothèse iv) mais en conservant i) ii) et iii) on peut prendre n'importe quelle loi donnée à l'avance sur $\mathbb{R}_+$ pour la résistance de la barre.*

Démonstration. Soit $b : \mathbb{R}_+ \rightarrow \overline{\mathbb{R}_+}$, croissante, continue à droite, telle que

$$\lim_{t \uparrow \infty} b(t) = +\infty$$

Prenons pour les résistances des sous-barres de longueur $\frac{L}{n}$

des fonctions de répartition données par $G_n(t) = \left(\frac{1}{n} b(t)\right) \wedge 1$

La fonction de répartition de la barre constituée de n sous-barres est alors F_n donnée par

$$1 - F_n(t) = (1 - G_n(t))^n \xrightarrow{n \uparrow \infty} e^{-b(t)}$$

Donc, la résistance de la barre obtenue lorsque $n \uparrow \infty$ a pour fonction de répartition

$$F(t) = 1 - e^{-b(t)}$$

ce qui est, compte tenu des hypothèses sur b , n'importe quelle fonction de répartition sur $\mathbb{R}_+$.

La statistique fournit des instruments plus fins si l'on est dans une situation où le phénomène est régi par une loi de probabilité qui appartient à une famille connue. Cela pousse les praticiens à rechercher des raisons a priori pour se limiter à telle ou telle famille de lois. Une fois cette famille choisie, les arguments de l'inférence statistique, quoique de nature particulière, s'établissent et peuvent être validés rigoureusement. Le point faible de ces méthodologies est souvent les justifications du choix de la famille. Par exemple, les hypothèses gaussiennes fondées sur une application sous une forme ou une autre du théorème de limite centrale, cachent nécessairement une hypothèse quant aux moments d'ordre deux. De la même façon, la théorie de Weibull est invoquée souvent pour limiter les techniques statistiques à une famille particulière à 3 paramètres, mais on a vu que ceci ne fait qu'adopter implicitement une hypothèse douteuse sans laquelle tout est possible. La situation est tout à fait semblable à celle que dénonce William Feller⁴ à propos de la loi logistique :

• The logistic distribution function $F(t) = 1/(1 + e^{-\alpha t - \beta})$ (*) may serve as a warning. An unbelievably huge literature tried to establish a transcendental law of logistic growth : measured in appropriate units, practically all growth processes were supposed to be represented by a function of the form (*) with t representing time. Lengthy tables, complete with chi-square tests, supported this thesis for human populations, for bacterial colonies, development of railroads, etc. Both height and weight of plants and animals were found to follow

4. W. Feller, • An introduction to probability theory and its applications •, Vol II, J. Wiley and Sons 1971.

the logistic law even though it is theoretically clear that these two variables cannot be subject to the same distribution. Laboratory experiments on bacteria showed that not even systematic disturbances can produce other results. Population theory relied on logistic extrapolations (even though they were demonstrably unreliable). The only trouble with the theory is that not only the logistic distribution but also the normal, the Cauchy, and other distributions can be fitted to the *same material with the same or better goodness of fit*. In this competition the logistic distribution plays no distinguished role whatever ; most contradictory theoretical models can be supported by the same observational material. -

• 2. Quelques remarques techniques à propos des valeurs extrêmes

Dans le théorème des types extrêmes, si la loi des (X_i) est discrète, on n'a aucun des trois types, mais une loi dégénérée.

Les vitesses des convergences dont fait état le théorème sont très variées suivant la loi des X_i .

Un point assez important est que le théorème des types fournit des descriptions asymptotiques incompatibles avec les changements d'échelle fortement non linéaires : prenons par exemple des (X_i) positives et posons $Y_i = \log(X_i)$.

Si on pose

$$M_n = \max_{i=1, \dots, n} X_i \text{ et } M'_n = \max_{i=1, \dots, n} Y_i$$

on a évidemment

$$M'_n = \log M_n \text{ et } M_n = \exp M'_n$$

Cependant si

$$a_n M_n + b_n \xrightarrow{\text{Loi}} aM + b$$

et

$$a'_n M'_n + b'_n \xrightarrow{\text{Loi}} a'M' + b'$$

les lois de $aM + b$ et $a'M' + b'$ ne sont reliées par rien de simple en général, car ce qu'on peut déduire de la seconde convergence, c'est :

$$(M_n)^{a'_n} e^{b'_n} \xrightarrow{\text{Loi}} e^{a'M' + b'}$$

convergence qui ne relève pas du théorème des 3 types.

Il en résulte que l'utilisation des lois de valeurs extrêmes pour des phénomènes qui ne sont pas des grandeurs additives mais uniquement des grandeurs *repérables* pose des difficultés de principe quant au choix de l'échelle de mesure.

• 3. Un usage courant des lois de valeurs extrêmes

Il est intéressant de dénoncer un usage courant des lois de valeurs extrêmes trop largement répandu dans des domaines aussi variés que : la prévision des crues et des inondations, la pollution en liaison avec les phénomènes météorologiques,

la résistance des matériaux, la détection des valeurs aberrantes dans les données, les pannes des systèmes complexes, la durabilité des ouvrages, etc.

Cet usage peut être schématisé de la façon suivante :

Evaluation du type : d'après les informations dont on dispose sur la loi commune des X_i , on cherche laquelle des trois lois de valeurs extrêmes est atteinte dans le théorème des types.

Calage des paramètres de la loi asymptotique ainsi trouvée (image affine d'une des trois lois) grâce aux extrêmes de l'échantillon lui-même.

Déduction par la loi ainsi calée de la probabilité d'événements rares (queue de loi).

Cette méthode est merveilleuse, car elle fournit des informations là où il n'y en avait pas : la queue de la loi des (X_i) et les phénomènes rares. Evidemment, en fait, comme on l'a montré, le résultat de la méthode est très sensible à la queue de la loi des X_i précisément. Il est curieux que des ingénieurs⁵ ne soient pas davantage gênés par le côté magique de cette méthode ; il est vrai que la science est à certains égards merveilleuse et que l'on s'y habitue.

■ III - REMARQUES SUR L'ÉPISTÉMOLOGIE DES PHÉNOMÈNES RARES

Les considérations précédentes permettent de dégager quelques réflexions sur le contexte scientifique et culturel des phénomènes rares notamment lorsqu'ils représentent des risques majeurs.

L'éventualité de diverses catastrophes, qui hante l'esprit humain de façon récurrente tout au long de son histoire et notamment actuellement, crée une *pression sociale* très grande qui pénètre les institutions et les organisations pour que la science - qu'on appelle toujours à la rescousse lorsqu'il faut apprivoiser l'inconnu, car elle est capable parfois de tisser des liens solides avec des choses connues - fournisse le maximum de ce qu'elle peut donner. Cette demande est si forte qu'elle conduit certains techniciens à utiliser la science comme tranquillisant social ou comme placebo, ce qui, dans certains des domaines cités, est une forme de technocratie qui n'est pas anodine.

Cela est rendu possible parce que les affirmations ainsi produites portent sur des événements, certes graves, mais aussi *rare*s, et sont, par ce fait même, *peu réfutables* de sorte que les fabricants de conclusions douteuses ne prennent aucun risque au sens épistémologique que Popper a donné à ce terme.

Il est d'ailleurs légitime de s'interroger, comme l'ont fait beaucoup d'auteurs, sur le sens même du *concept de probabilité* lorsqu'on l'applique à des événements exceptionnels. D'un point de vue strictement mathématique, l'attribution d'une probabilité à un tel événement suppose que la loi de probabilité soit très bien connue. Ce peut être le cas dans des problèmes de combinatoire, ou lorsque le hasard provient de phénomènes physiques précis (agitation thermique, mécanique quantique, etc.). Mais les phénomènes rares de la nature (tempête, séismes,

5. R. R. Kinnison, - *Applied Extreme Value Statistics*, Battelle Press (1985).

etc.) ou de la vie économique ont des lois de probabilité nécessairement mal connues. A la limite, les événements intrinsèquement uniques peuvent être dans le domaine de l'incertain, sans être probabilisables : quelle était la probabilité d'apparition des dinosaures ? Quelle était la probabilité d'extinction de la branche de Néanderthal ? Quelle est la probabilité que l'arithmétique de Peano soit contradictoire ? etc. Autant de questions qui se rattachent au mythe d'un univers régi par une probabilité et qu'on peut ranger sans perte dans le domaine de l'insignifiant.

Historiquement, la science a toujours profité des éclaircissements quant à ses propres limites, et les travaux mathématiques, physiques et économiques récents concernant les systèmes dynamiques, les jeux indéterminés et les évolutions chaotiques⁶, à quoi il conviendrait d'ajouter la logique mathématique⁷, fournissent de nombreux exemples de modèles, parfois très simples, dont l'évolution reste, au moins partiellement, inconnue, mais, dont l'étude pertinente et féconde ne relève pas de la théorie des probabilités ni de la statistique, du moins pas pour l'essentiel.

■ CONCLUSION

De ces réflexions sur les lois de valeurs extrêmes on peut retenir un principe épistémologique : toute démarche attribuant une valeur numérique précise à la probabilité d'un événement rare est suspecte et la signification même du nombre obtenu est douteuse, à moins que la preuve soit faite que les lois de la physique régissant le phénomène sont parfaitement et *exhaustivement* connues. Il conviendrait d'ailleurs d'exclure aussi les phénomènes régis par des lois physiques connues mais dont la dynamique est sensible aux conditions initiales et/ou à évolution chaotique pour lesquelles les descriptions probabilistes sont absentes. Pour ce qui est des méthodes statistiques, on pourrait ajouter un principe déontologique qui consiste à vérifier que les conclusions d'une étude sont insensibles à la forme analytique des lois qui ont été rajoutées a posteriori au cours de l'étude, et notamment de voir si on peut remplacer ces lois par des lois à densité en escalier ou à densité affine par morceaux assez proches pour être compatibles avec les données. Cela ne signifie pas que l'usage de probabilités ou de concepts probabilistes soit pour autant à rejeter des règlements de construction, dans la mesure où un tel langage peut permettre une expression plus fine de certaines règles de conception. Dire qu'un ouvrage en mer devra résister pendant un certain temps à une houle gaussienne de spectre donné avec une probabilité fixée revient à demander au concepteur de faire certains calculs qui peuvent l'astreindre de façon différente que les règles déterministes et cela peut présenter des avantages ■

6. D. Ruelle, « Déterminisme et prédictibilité », *Pour la Science*, 58-67, (août 1984).

7. N. Bouleau, J. Y. Girard, A. Louveau, « Cinq conférences sur l'indécidabilité », Presses ENPC, 1983.

ANALYSE DE LA FIABILITE HUMAINE**

MOTS CLÉS : *Analyse de tâches • Performances humaines • Probabilité •*

Est-il possible de décrire les performances humaines à l'aide de méthodes quantitatives ? La réponse à cette question est : « Oui, mais... » En effet, si ces méthodes se révèlent relativement efficaces pour certains types de performances humaines, de nombreuses incertitudes demeurent dans le cas de tâches inhabituelles qui impliquent un haut niveau de stress et la mise en oeuvre de fonctions mentales plus complexes. Toutefois, l'analyse de fiabilité humaine (HRA) peut révéler des problèmes potentiels en matière de performances humaines. Ces derniers peuvent ensuite être traités au moyen de principes ergonomiques, appliqués à la conception (ou à la reconception) des systèmes, des procédures de fonctionnement et des stages de formation. Ce document décrit certains des avantages et des inconvénients que présente la quantification du comportement humain dans des systèmes complexes.

Il est techniquement possible d'effectuer une description qualitative des performances humaines dans des systèmes complexes. Ce type de description, fondé sur une méthode dite d'analyse de tâches, est utilisé depuis quarante ans comme aide à la conception et à la mise au point de systèmes, de stages de formation et de procédures de fonctionnement et de maintenance. Les méthodes qui ont donné naissance à l'analyse de tâches, moins analytiques que cette dernière (études sur le temps et les mouvements, par exemple), furent introduites au début du siècle. La description quantitative du comportement humain dans des systèmes complexes est également possible, mais son efficacité n'est pas universellement reconnue, comme en attestent certains documents d'Apostolakis (1990). Cette technique est plus récente que la description qualitative. Les méthodes quantitatives de description du comportement humain dans l'évaluation des risques sur les systèmes ont été utilisées pour la première fois dans le cadre d'une étude confidentielle, réalisée en 1952, concernant l'armement. Les premiers rapports publics dans ce domaine se sont généralisés au début des années 60 (Swain, 1990a). Dans le présent document, le thème intitulé « méthodes quantitatives de descrip-

* Médecin consultant, Albuquerque, Nouveau-Mexique, Etats-Unis

** Texte publié avec l'aimable autorisation du TÜV

tion des performances humaines - renvoie à l'analyse de fiabilité humaine (HRA), et comprend une estimation des probabilités d'erreur humaine (HEP) liée au facteur temps, dans un cas, et indépendante de ce facteur, dans l'autre cas. Le concept de probabilité d'erreur humaine est pour l'homme ce que la notion de taux de pannes est pour la machine. Parmi ces évaluations quantitatives du risque, la plus intéressante décrit en parallèle les défaillances mécaniques et humaines, ainsi que leurs interactions. Le résultat de cette comparaison est appelé - analyse de fiabilité système - dans l'armement, - évaluation des probabilités de risque - (PRA) ou - de sécurité - (PSA) dans le domaine nucléaire, et - évaluation quantitative des risques - (QRA) dans l'industrie chimique (Lorenzo, 1990).

La notion d'analyse de fiabilité humaine appliquée à des systèmes complexes, tels que des centrales nucléaires (NPP), chimiques ou autres, et des systèmes militaires (Swain, 1989b) a connu une efficacité, une acceptation et des applications pratiques très variées. A l'heure actuelle, l'analyse de fiabilité humaine est sujette à controverse, comme nous le verrons ultérieurement.

Ce document est divisé en deux parties principales :

- méthodes d'identification et de quantification du rôle joué par l'élément humain dans la détection et l'évaluation des risques ;
- état actuel des méthodes de calcul de la part de responsabilité humaine dans les risques.

Bien que la plupart des évaluations quantitatives de la part de responsabilité humaine dans les risques aient été réalisées jusqu'à présent dans les domaines militaire, nucléaire et chimique, les concepts et les principes abordés dans ce document peuvent également être appliqués à d'autres systèmes, qu'ils soient simples ou complexes.

■ I - MÉTHODES D'IDENTIFICATION ET DE QUANTIFICATION

Les fondements de la quantification du rôle de l'élément humain dans l'évaluation globale des risques consistent en une description qualitative et en une analyse psychologique du rôle réel ou potentiel de l'homme dans le système.

Description qualitative et analyse : la méthode fondamentale d'identification et d'analyse qualitative de l'élément humain dans un système complexe est communément appelée - analyse de tâches -. Cette analyse repose sur l'identification des tâches imposées aux hommes par le système et sur la détermination des formes d'erreurs liées aux interactions entre l'homme et le système. Du point de vue du système, l'erreur consiste soit à la non-exécution d'une opération requise dans un délai donné, soit à l'exécution d'une opération non conforme aux tolérances requises ou suivie d'effets indésirables. Cette opération peut être préjudiciable, effectivement ou virtuellement, à la réalisation de certaines tâches du système. Dans ce cas, le mot - erreur - est dépourvu de connotation négative, car la notion d'erreur est définie par rapport aux conditions de fonctionnement du système. Ainsi, lorsque le niveau de tolérance n'est pas respecté ou qu'une

opération requise n'est pas exécutée, il y a erreur. Cette définition reste vraie même si le principal facteur d'erreur réside dans la médiocrité du travail de conception, des procédures mises en oeuvre ou de la formation du personnel.

L'un des principaux objectifs de l'analyse de tâches consiste à identifier et à analyser le potentiel d'erreurs graves que comporte l'intervention humaine sur un système donné. L'analyse de tâches permet de déterminer les besoins du système au niveau du choix et de la formation du personnel, de l'approvisionnement nécessaire à l'accomplissement de tâches importantes mais peu fréquentes, et de la conception (ou reconception) des procédures et des équipements utilisés par le personnel. Cet effort analytique consiste, dans une large mesure, à relever pour chaque tâche les facteurs de performances importants (PSF), notamment ceux qui ne sont pas entièrement compatibles avec les aptitudes, les limites et les besoins du personnel. Le tableau 1 (cf : annexe 1) (extrait du manuel *HRA Handbook* - Swain & Guttman, 1983) illustre les principaux types de facteurs de performances, qui peuvent à leur tour comporter des subdivisions, comme dans les tableaux de données du manuel *HRA Handbook*. L'analyse de tâches vise à traiter l'élément humain avec la même objectivité que s'il s'agissait de tout autre élément du système dont les performances sont analysées au niveau de la conception, de la production, des tests, du fonctionnement, de la maintenance, de la durée de vie, etc.

La pratique d'une analyse de tâches sur les performances humaines dans un système complexe requiert une équipe de personnes qualifiées. L'une au moins de ces personnes doit être expérimentée dans le domaine de l'analyse de tâches et du comportement humain ; il s'agit généralement d'un spécialiste de l'élément humain (ergonome). L'équipe peut comporter, le cas échéant, des spécialistes d'autres domaines. Elle analyse les conditions nécessaires aux performances humaines afin de déterminer les facteurs à proposer, l'acceptation ou non de ces facteurs par l'homme, le type de traitement auquel doivent être soumis les informations, l'interprétation, le diagnostic et la prise de décision à mettre en oeuvre, les réactions humaines et leurs effets sur le système, et enfin la réaction du système qui influence à son tour les performances humaines. Ce cycle d'interactions est illustré sur la figure 1 (cf : annexe 2) (de Swain & Guttman, 1983, remaniée dans Swain 1989a).

Si, dans certains cas, l'analyse de tâches peut être réalisée de façon globale, dans d'autres, en revanche, elle doit être très détaillée. Les méthodes d'analyse de tâches couramment utilisées se composent des étapes suivantes :

- entrevues avec les ouvriers, les techniciens, les surveillants et les directeurs afin de recueillir leur témoignage sur les erreurs et les négligences humaines, leur opinion sur les problèmes de performances humaines existants ou potentiels, et leurs propositions pour résoudre partiellement ces problèmes. Les erreurs considérées comme graves comprennent non seulement celles qui ont eu des effets indésirables sur le système, mais également les erreurs qui auraient pu avoir de lourdes conséquences ;

- observations formelles ou informelles sur le terrain, qui peuvent inclure une description écrite de la tâche ou un enregistrement audio et/ou vidéo ;
- interventions théoriques ou pratiques des acteurs de la tâche étudiée, qui décrivent les opérations requises par cette tâche et expliquent leur propre façon de procéder ainsi que les processus mentaux liés à chaque opération au cours de l'exécution réelle ou simulée de la tâche ;
- observation des performances durant des exercices d'entraînement ou d'habilitation : tests théoriques et utilisation de supports de formation et de simulateurs ;
- l'analyste de tâches exécute ou simule lui-même les tâches étudiées, au moyen du matériel mis à sa disposition (équipement de fabrication, prototype ou maquette) ou de dessins et de croquis s'il ne dispose d'aucun outil ;
- analyse de liens qui représente graphiquement et pendant un laps de temps donné les mouvements effectués par les opérateurs dans leur travail ;
- analyse des rapports rédigés par les ouvriers sur leurs propres erreurs et négligences (y compris celles qui n'ont pas porté à conséquence), et sur leurs opinions concernant les erreurs possibles ;
- analyse de rapports officiels sur les performances et les erreurs humaines au travail, rendus obligatoires par les offices de réglementation (ou autres), comme le compte rendu d'incidents sur sites réalisé par l'agence fédérale américaine chargée des normes de sécurité en matière de nucléaire civil (NRC) ;
- analyse de rapports officiels sur les performances humaines durant les exercices d'entraînement et d'habilitation ;
- analyse d'informations extraites de banques de données sur les performances humaines, comme le dictionnaire automatique pour l'évaluation de la fiabilité des réacteurs nucléaires aux Etats-Unis (NUCLARR) (*Gertman et al.*, 1988), ou les tableaux d'estimation des facteurs de performances du manuel *HRA Handbook* (Swain & Guttman, 1983).

Parmi les six premières étapes de l'analyse de tâches, certaines visent à recueillir un nombre suffisant d'informations sur les performances humaines et notamment les facteurs de performances, afin que les données collectées dans les quatre dernières étapes soient appliquées correctement. Avant d'exploiter les données ou les estimations obtenues durant ces quatre dernières étapes, l'analyse de tâches doit acquérir un maximum de connaissances sur les hypothèses et les conditions sous-jacentes à la collecte de ces données et de ces estimations. Ces hypothèses et ces conditions peuvent être évaluées de façon à déterminer si les données et les estimations sont directement applicables aux tâches importantes, si elles doivent être préalablement modifiées ou tout simplement rejetées comme non pertinentes.

Le potentiel de responsabilité humaine sur les systèmes passe inaperçu tant qu'aucune catastrophe ne survient, et cela pour deux raisons : l'analyse de tâches est inexistante, ou elle est effectuée par un personnel qui n'est pas assez qualifié quant à l'étude du comportement humain. La première de ces raisons a été à

l'origine d'un incident grave à l'hôpital gériatrique d'Albuquerque (Nouveau-Mexique), en juillet 1990. Deux patients de même nom occupaient la même salle, l'un des deux étant infecté par le virus du SIDA. Les deux patients devaient effectuer le même jour un examen de sang très particulier. Des globules blancs devaient être prélevés pour que leur soit ajoutée une substance radioactive, avant d'être réinjectés au patient. Les conséquences potentielles gravissimes d'une erreur humaine et le fait que les deux patients portaient le même nom auraient dû inciter le personnel hospitalier à redoubler de vigilance afin que le sang des deux patients ne soit pas mélangé. Malheureusement, le sang du patient atteint du SIDA a été injecté dans l'organisme de l'autre patient. Ce dernier est mort quelque temps plus tard, pour des raisons étrangères à l'erreur commise. Un journal a rapporté les propos d'un porte-parole de l'hôpital selon lesquels, à l'avenir, les transfusions sanguines seraient effectuées sous la surveillance de deux personnes au lieu d'une. N'importe quel ergonomiste compétent ne peut qu'être consterné par le fait qu'une opération aussi lourde de conséquences ait pu être placée sous la responsabilité d'un seul individu. Si une analyse de tâches avait été effectuée par un spécialiste, elle aurait mis en évidence la nécessité d'adopter des mesures spécifiques, notamment d'assurer la présence d'une seconde personne, pour une opération à risques comme celle-ci. Le journal qui a relaté l'incident a d'ailleurs fait remarquer que les autres hôpitaux d'Albuquerque emploient deux personnes pour ce genre d'opération.

La deuxième raison, c'est-à-dire le manque de personnel qualifié en psychologie humaine, est illustrée par un second exemple concernant le rapport d'une société américaine sur les centrales nucléaires. Les auteurs sont des ingénieurs pratiquant des analyses de fiabilité humaine, bien que dépourvus de formation réelle sur l'élément humain. Ils ont estimé que « les contrôles sur la conception des locaux de travail et les programmes d'analyse de tâches sont capables de prévenir la plupart des déficiences humaines ». Un tel constat a de quoi surprendre, en particulier les spécialistes de l'humain, qui connaissent les centrales nucléaires. Notre propos n'est pas ici de démontrer que les ergonomistes chargés d'une analyse de tâches sont exempts de toute erreur de bon sens, mais que la probabilité de faire une telle erreur est moindre chez des spécialistes du comportement humain dans des systèmes complexes.

Description et analyse quantitative : une fois terminé, l'analyse de tâches constitue une base d'estimation de la part de responsabilité humaine dans les risques. Cette part de responsabilité repose normalement sur les probabilités d'erreur humaine liées ou non au facteur temps pour les tâches pouvant contribuer à l'accroissement ou, au contraire, à la réduction des risques. L'analyste de la fiabilité humaine dispose de plusieurs méthodes d'estimation des probabilités d'erreur pour les différents types de tâches. Swain (1989b) décrit 14 méthodes distinctes, la plupart d'entre elles utilisant les données existantes, le raisonnement formalisé de l'expert (appelé communément graduation psychologique), ou d'autres sources.

Ce livre présente également une procédure permettant de déterminer quelle méthode d'analyse (ou quelle partie de cette méthode) est le mieux adapté à une application donnée. Outre les 14 méthodes citées, d'autres sont décrites brièvement dans différents documents d'Apostolakis (1990).

Le propos de ce document n'étant pas d'évaluer le bien-fondé de telle ou telle méthode d'analyse particulière, on trouvera dans la suite la description d'un certain nombre d'avantages et de limites de l'analyse de fiabilité humaine en général telle qu'elle se présente aujourd'hui.

■ II - ÉTAT ACTUEL DES MÉTHODES DE CALCUL

Selon le système étudié, la part de la responsabilité humaine, même si elle est importante, peut être méconnue, car, dans bien des cas, aucune évaluation quantitative des risques n'est faite. Ce type d'évaluation n'est réalisé que sur quelques systèmes dans les domaines militaire, nucléaire et chimique. Outre son objectif premier, l'évaluation des probabilités de risques permet de vérifier que le personnel travaillant sur le système ainsi que le personnel de maintenance exécutent des tâches appropriées et efficaces, notamment en situation anormale. Ainsi, lors d'une évaluation des probabilités de risques dans un réacteur nucléaire, nous avons simulé des incidents en vue de tester les aptitudes de l'équipe travaillant sur le réacteur. Il s'est avéré que, pour l'un de ces incidents, le personnel a contribué par erreur à l'accroissement de la réactivité du réacteur en omettant de laisser le liquide de refroidissement à peu près au même niveau que le combustible actif. Voici l'exemple même d'un problème qui, en l'absence d'une équipe d'analystes de tâches, serait resté méconnu jusqu'à ce qu'une catastrophe survienne. A la lumière de cette analyse de tâches, la formation du personnel a été revue et corrigée.

Bien que le taux d'erreur soit approximatif, il est généralement admis que les erreurs humaines potentielles contribuent dans une large mesure aux risques, et notamment aux risques à faible probabilité, mais à conséquences graves. Pour reprendre l'exemple que nous venons d'évoquer, les simulations d'incidents dans les centrales nucléaires ont démontré que les erreurs humaines représentent 90 % des risques de fusion complète ou partielle du coeur du réacteur. Ryan (1990) cite à ce propos une étude regroupant les rapports d'incidents sur site (LER) réalisée par l'agence fédérale américaine NRC, en 1985. Selon cette étude, « 65 % au moins des incidents survenus dans les centrales nucléaires civiles sont dus à des erreurs humaines ». Ce chiffre est probablement inférieur à la réalité sachant que, pour chaque erreur humaine recensée, le nombre d'erreurs non recensées oscille entre 5 et 7 (Speaker et al., 1982).

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le calcul de la part de responsabilité humaine dans les risques, que nous appelons « analyse de la fiabilité humaine » (HRA), est controversé. La plupart des points suivants sont inspirés de Swain (1990a, B). Certains d'entre eux sont traités par Apostolakis (1990).

• **1. Données inadéquates sur les fréquences relatives ou sur les probabilités d'erreur :** reconnu par ceux d'entre nous qui pratiquaient ce type d'analyse au début des années 60, c'est là l'obstacle majeur à l'analyse de fiabilité humaine. Les deux principaux problèmes sont :

- la rareté des données quantitatives fiables directement exploitables,
- le fait que la plupart des accidents à faible probabilité mais à conséquences graves ne surviennent pratiquement jamais dans la réalité, ce qui oblige à rechercher des sources d'informations indirectes sur les performances humaines.

La pénurie de données pertinentes est due à la réticence des responsables à consacrer une partie de leur budget à la collecte de données sur site et à l'introduction de ces informations dans une banque de données centralisée. La banque de données NUCLARR (Gertman et al., 1984) est le fruit d'une initiative récente et fort louable qui vise à pallier cette carence. Toutefois, le nombre total d'entrées dans la banque de données NUCLARR est encore relativement faible, et celles-ci ne fournissent pas d'informations suffisantes pour pouvoir juger de la qualité des données individuelles à exploiter. Ces deux problèmes (a et b) ont pour conséquence l'utilisation de données fournies par des systèmes d'entraînement ou par des simulateurs, de raisonnements d'experts et de modèles quantitatifs théoriques sur les performances humaines. Mais chacune de ces sources d'informations pose un certain nombre de problèmes, parmi lesquels :

• **2. Les limites des données fournies par des systèmes d'entraînement et par des simulateurs.** Les problèmes qui se posent dans ce domaine sont au nombre de trois :

- les données recueillies en situation d'apprentissage peuvent être faussées par les indications du moniteur ou par la séquence d'événements elle-même, ce qui ne se produit pas dans des cas d'urgence réels ;
- la plupart du temps, ces sessions de formation mettent en scène une équipe au grand complet, alors qu'en situation réelle il est probable que seules quelques personnes seront présentes au moment de l'urgence ;
- la question du calibrage des données du simulateur permettant d'appliquer ces données à des situations réelles n'a pas été suffisamment prise en compte par les chercheurs. Malgré ces problèmes, les progrès futurs de l'analyse de la fiabilité humaine dépendent de l'exactitude des données recueillies au moyen de systèmes d'entraînement et de simulateurs. En effet, le simulateur est le seul moyen d'obtenir des informations dans des domaines où les accidents ne surviennent que très rarement.

• **3. Les limites des données fournies par des méthodes de raisonnement d'experts.** Deux principaux problèmes se posent :

- les méthodes les plus fiables (par exemple, la méthode de double comparaison basée sur la graduation psychologique) ne fournissent que des estimations relatives sur les probabilités d'erreur humaine. Par conséquent, ces estimations

doivent être calibrées pour fournir des données absolues sur les probabilités d'erreur humaine ;

- une autre méthode, dite d'estimation numérique directe (DNE), n'a pas fait non plus l'unanimité parmi les personnes chargées d'évaluer les probabilités d'erreur humaine. Une étude de Comer et al. (1984) a rapporté qu'il était possible d'obtenir une cohérence satisfaisante entre les différents rapports au moyen de tests statistiques particuliers, mais que des ordres de grandeur (par exemple, des valeurs comprises entre 4000 et 250000) séparaient les estimations maximales et minimales des probabilités d'erreur humaine pour une même tâche exécutée par des personnes de compétences supposées égales. C'est une erreur grossière que d'agrèger les résultats d'estimations aussi différentes afin d'obtenir une estimation « moyenne » des probabilités d'erreur humaine sur une tâche donnée. Il est clair que les données recueillies à l'aide de la méthode d'estimation numérique directe ont une valeur purement qualitative.

• 4. L'utilisation de certains modèles de performances humaines spécifiquement conçus pour pallier le manque de données quantitatives : parmi ceux-ci, le plus controversé est un modèle qui repose sur les facteurs temps-fiabilité, conçu comme méthode de remplacement pour l'estimation du temps imparti à l'équipe de travail d'une centrale nucléaire pour décider des mesures à adopter lorsqu'un incident survient. Les données permettant de déterminer le temps nécessaire au personnel pour établir correctement ce type de diagnostic faisant défaut, un compromis temps-fiabilité (TRC) a été mis au point, en 1982, par des praticiens de l'évaluation des probabilités de risques (comme indiqué dans Swain & Guttmann, 1983, p. 12-12). Ce modèle, basé sur les compromis temps-fiabilité établis par Swain en 1973 (Wash-1400, 1975, p. III-61) et par Wreathall et Fragiola (Hall et al., 1982), a été affiné ultérieurement par Swain & Guttmann (1983, Ch. 12), qui y ont intégré une méthode d'ajustement du modèle en fonction du niveau d'entraînement dont bénéficiait le personnel sur tel ou tel incident. Ce modèle présente au moins trois problèmes majeurs. D'une part, il s'agit d'un modèle générique ; or, pour les données fournies par simulateur, il est clair que d'autres types d'incidents peuvent présenter des caractéristiques temporelles et de fiabilité totalement différentes. D'autre part, ce modèle ne fournit qu'une estimation du temps disponible pour le diagnostic, ce qui laisse encore suffisamment de temps pour accomplir les opérations postdiagnostic nécessaires. Enfin, ce modèle n'offre pas de base d'estimation directe des probabilités d'erreur de diagnostic. Malgré ces inconvénients, le compromis temps-fiabilité constitue une méthode d'estimation largement répandue et efficace pour l'évaluation des probabilités de risques (Swain & Weston, 1988). Néanmoins, il faut considérer ce modèle comme une simple méthode de substitution en l'absence de données plus fiables.

• 5. L'état actuel de la formalisation de fonctions cognitives plus évoluées dans les performances humaines. Les méthodes d'analyse de la fiabilité humaine utilisées pour les évaluations de probabilités de risques se

heurtent toutes à de sérieuses limites dans les domaines de l'interprétation, du diagnostic et de la prise de décision (Swain, 1989b). Certaines de ces méthodes sont fondées sur des hypothèses très discutables concernant le comportement humain, et, le plus souvent, les hypothèses inhérentes à ces modèles (notamment aux modèles informatiques) ne sont pas vérifiables. Des approches développées récemment tentent de modéliser le comportement humain, dans des circonstances accidentelles, sur des systèmes complexes. Certaines sont fondées sur l'utilisation de concepts propres à l'intelligence artificielle, un domaine très prisé actuellement pour l'étude des performances humaines. Toutefois, ces méthodes n'ont pas encore démontré leur efficacité en matière d'évaluation quantitative des performances humaines nécessaires dans le cadre d'une analyse HRA/PRA. L'une de ces approches, le code de simulation d'environnement cognitif (Woods et al., 1987, 1990), formalise les performances humaines en matière d'élaboration de l'intention dans les cas d'urgence, c'est-à-dire de prise de décision appropriée dans des circonstances données, ou de ce qu'on appelle « erreur cognitive » (Woods, 1990). Cette approche est prometteuse en tant que support de description qualitative des performances humaines (Dougherty, 1990), car elle est principalement destinée à révéler les causes de fiabilité ou de non-fiabilité du comportement humain, dans des circonstances qui requièrent des réactions sortant du domaine de l'automatisme. Le modèle de simulation en temps réduit de Wood inclut également une méthodologie, la technique d'évaluation de fiabilité cognitive, qui décrit l'utilisation de la méthode de formalisation ci-dessus afin de fournir des entrées à l'analyse de fiabilité humaine. L'efficacité de ce modèle comme outil quantitatif pour l'analyse de fiabilité humaine est toujours à l'étude ; son application quantitative en matière d'évaluation des probabilités de risques n'a pas encore été démontrée.

• 6. Représentation inadéquate de certains facteurs de performances (PSF) importants. Comme indiqué dans Swain (1989b), certaines méthodes actuelles d'analyse de fiabilité humaine ne traitent pas de quelques-uns des facteurs de performances que les analyses de tâches ont révélés comme ayant des effets importants sur les performances humaines. Même les méthodes les plus analytiques, telles que THERP - Technique de prévision du taux d'erreur humaine (Swain & Guttman, 1983) -, ne prennent pas ces facteurs de performances suffisamment en compte comme critères de gestion et d'organisation, de disparités culturelles et de comportements irrationnels. Dans la méthode THERP, par exemple, ces facteurs sont représentés par le modèle de stress du manuel *HRA Handbook* si l'analyse de tâches démontre que n'importe lequel d'entre eux est matériellement inférieur aux pratiques en vigueur dans l'industrie. Il est évident que ce domaine demande à être exploré de façon nettement plus approfondie.

• 7. Manque de preuves sur l'exactitude des méthodes d'analyse de fiabilité humaine. Quelle que soit la méthode utilisée, les évaluations quantitatives des performances humaines sont rarement soumises à des tests en situation réelle. Le seul contrôle des estimations de probabilités d'erreur

humaine sur des tâches réelles ayant été publié concerne l'application de la méthode THERP à des activités habituelles de production réalisées en usine (Miller & Swain, 1987). En revanche, il n'existe aucune preuve de l'exactitude des évaluations quantitatives des performances humaines dans des circonstances accidentelles ou dans des situations faisant appel à des fonctions cognitives plus complexes. Il est vrai, que dans le cas d'incidents rares, il est impossible d'effectuer un contrôle statistique direct sur l'exactitude des estimations. Des méthodes de substitution sont alors employées (par exemple, l'utilisation de données fournies par un simulateur et calibrées, de modèles attestées sur les performances humaines dans des circonstances plus fréquentes, etc.).

Ces sept problèmes, et bien d'autres encore, conduisent de nombreux spécialistes de l'analyse de fiabilité humaine (la plupart, je l'espère) à utiliser délibérément des méthodes d'estimation des probabilités d'erreur humaine plus complexes. De plus, la fiabilité de l'intervention humaine en cas d'accident est réévaluée à la baisse. En effet, nous sommes plusieurs à considérer que, faute de pouvoir identifier toutes les possibilités d'erreur humaine ayant pour effet la dégradation de la sécurité et de la fiabilité des systèmes, il vaut mieux être prudent quant au crédit que nous accordons aux efforts envisagés pour pallier les imperfections des systèmes. Par exemple, je conseille à mes étudiants, entre autres principes, de ne pas se fier aux réactions humaines à une séquence d'incidents qui n'a pas fait l'objet d'une épreuve pratique de simulation, car il est de règle de ne retenir que le fruit d'observations empiriques.

Nous veillons également à appliquer des méthodes moins attestées d'évaluation des probabilités d'erreur humaine à de nouveaux systèmes à base de logiciels ou d'écrans cathodiques complexes. Certains d'entre nous ont effectué des analyses de fiabilité humaine sur de tels systèmes et ont découvert que les opérateurs humains réagissent moins bien aux informations fournies par des écrans cathodiques qu'à celles des écrans câblés traditionnels. (Heureusement, il existe des exceptions à cette conception limitée des avantages potentiels des écrans cathodiques.)

Je suis troublé par la tendance qu'ont certains psychologues à préférer des systèmes dans lesquels les performances de tâches requièrent la mise en oeuvre d'aptitudes mentales supérieures, à des systèmes qui dépendent principalement de comportements automatiques pour offrir des performances correctes. L'histoire, notamment l'histoire militaire, nous enseigne qu'il est irréaliste, dans des circonstances critiques, d'attendre du personnel des niveaux d'interprétation et de diagnostic élevés pour décider des mesures à prendre. Nous avons découvert qu'un comportement fondé sur des automatismes est plus fiable si ces automatismes incluent l'arrêt du système conformément aux normes de sécurité, quelles qu'en soient les conséquences économiques. Cela signifie que les systèmes complexes requièrent des ensembles de règles mieux étudiées, et qu'il faut développer considérablement les entraînements dans des épreuves de simulation d'accidents. Ces entraînements doivent inclure notamment l'organi-

sation et l'évaluation des interventions • sur le vif • du personnel. En ce qui concerne les ensembles de règles à respecter en cas d'urgence, les procédures d'urgence (EPO) existantes nécessitent souvent l'assimilation d'informations si variées que les erreurs sont pratiquement inévitables, notamment les erreurs par omission ou réaction tardive. Les nouvelles procédures d'urgence mises en place dans les centrales nucléaires, bien qu'adaptées aux symptômes et comprenant des procédures d'organigramme potentiellement supérieures, sont inappropriées. La plupart des procédures d'urgence ne tiennent pas compte des facteurs humains et contiennent des caractéristiques susceptibles d'erreurs. Cependant, lorsqu'elles sont conçues correctement, les procédures d'urgence peuvent réduire la proportion de fonctions mentales complexes nécessaires à la résolution d'incidents.

■ CONCLUSION

Je conclus qu'il est possible de décrire les performances humaines au moyen de méthodes quantitatives. Toutefois, compte tenu de la diversité du comportement humain lorsqu'il se heurte à des événements hors du commun, une telle description ne saurait être parfaite, ce qui fait dire à certaines personnes que le comportement humain est imprévisible et/ou que l'analyse de fiabilité humaine telle qu'elle est pratiquée aujourd'hui n'est pas digne d'intérêt (Hopkins et al., 1984 ; Moray & Huey, 1988 ; Moray, 1990). Mais ce type de conclusion est impropre. Tout en gardant à l'esprit les limites de l'analyse de fiabilité humaine, il convient de reconnaître que la quantification des performances humaines présente des avantages importants.

La conduite rigoureuse d'une analyse de fiabilité humaine fondée sur une analyse de tâches précise amène les spécialistes compétents à fournir des informations très utiles pour l'amélioration des systèmes et l'évaluation des risques internes et externes à ces systèmes. Outre l'identification et la quantification du potentiel d'erreur humaine, l'analyse de fiabilité humaine suppose la mise en oeuvre des méthodes analytiques appropriées pour identifier les processus humains inhérents à l'exécution d'une tâche, comme illustré dans le tableau 1 et la figure 1. Les probabilités d'erreur humaine ont au moins le mérite de fournir une estimation du niveau relatif de risques. Nous qui pratiquons des analyses de fiabilité humaine sommes convaincus de l'intérêt de cette démarche, même si nous sommes les premiers à reconnaître qu'il reste beaucoup à faire pour améliorer les données de départ et les modèles de performances humaines ■

BIBLIOGRAPHIE

- APOSTOLAKIS, (G.E.) (ed), • *Special Issue on Human Reliability Analysis*, • Reliability Eng. & System Safety, 1990, 29, 281-410.
- COMER, (M.K.), STILLWELL (W.G), & GADDY (C.D.), • *Generating Human Reliability Estimates Using Expert Judgement* • : Vol. 2. Appendices, NUREG/CR-3688, NRC (agence fédérale américaine chargée des normes de sécurité en matière de nucléaire civil, Wash., DC, Nov. 1984.

- DOUGHERTY, (E.M.) Jr., - Human Reliability Analysis - Where Shouldst Thou Turn? - *Reliability Eng. & System Safety*, 1990, 29, 283-299.
- GERTMAN, (D.I.), GILMORE (W.E.), GALYEAN (W.J.), GROH (M.R.), GENTILLON (C.D.), & GILBERT (B.G.), *Nuclear Computerized Library for Assessing Reactor Reliability (NUCLARR)*, Vol. 1 Summary Description, NUREG/GR-4639, NRC, Washington, DC, Feb. 1988.
- HALL, (R.E.), FRAGOLA (J.), et WREATHALL (J.), *Post Event Human Decision Errors : Operator Action Tree/Time Reliability Correlation*, NUREG/CR-3010, US Nuclear Regulatory Comm., Washington, DC, Nov. 1982.
- HOPKINS, (C.O.), SNYDER (H.L.), PRICE (H.E.), HORNICK (R.J.), MACKIE (R.R.), SMILLIE (R.J.), et SUGARMAN (R.C.), *Critical Issues in Nuclear Power Regulation and a Recommended Comprehensive Human Factors Long-Range Plan: Critical Discussion of Human Factors Areas of Concern*, NUREG/CR-2833 Vol. 2, NRC, Washington, DC, août 1982.
- LORENZO, (D.K.), *A Manager's Guide to Reducing Human Errors : Improving Human Performance in the Chemical Industry*, Association américaine des industriels du secteur chimique, Washington, DC, juillet 1990.
- MILLER, (D.P.) et SWAIN (A.D.), - *Human Error and Human Reliability*, - Ch. 2.8 de G. Salvendy (ed), *Handbook of Human Factors/Ergonomics*, NY : Wiley, 1987.
- MORAY, (N.P.), - *Dougherty's Dilemma and the One-Sidedness of Human Reliability Analysis (HRA)* -, *Reliability Eng. & System Safety*, 1990, 29, 337-344.
- MORAY, (N.P.) et HUEY (B.M.) (eds), *Human Factors Research and Nuclear Safety*, Washington, DC: National Academy Press, 1988.
- RYAN, (T.G.), - *Human Reliability Analysis - Why Not Turn to the Human Factors Community?* - *Reliability Eng. et System Safety*, 1990, 29, 345-358.
- SPEAKER, (D.M.), THOMPSON (S.R.), et LUCKAS (W.J.), Jr., *Identification and Analysis of Human Errors Underlying Pump and Valve Related Events Reported by Nuclear Power Plant Licensees*, NUREG/CR-2417, NRC, Washington, DC, Feb. 1982.
- SWAIN, (A.D.), - Human Reliability Analysis, - pp 15 - 62 de D.J. Gardner-Bonneau (ed), *Monograph of the First Annual Arnold M. Small Lecture in Safety: Human Reliability*, Groupe technique chargé de la sécurité, Association de recherche sur l'élément humain, Santa Monica, CA, 1989.
- SWAIN, (A.D.), *Comparative Evaluation of Methods for Human reliability Analysis*, GRS-71, Association pour la sécurité des réacteurs, Garching, RFA, 1989.
- SWAIN, (A.D.), - *Human Reliability Analysis: Need, Status, Trends and Limitations*, - *Reliability Eng. & System Safety*, 1990, 29, 301-313.
- SWAIN, (A.D.), - *Letter to the Editors*, - *Reliability Eng. & System Safety*, 1990, 29, 371-374.
- SWAIN, (A.D.) et Guttman (H.E.), *Handbook of Human Reliability Analysis With Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*, NUREG/GR-1278, NRC, Washington, DC, 1983.
- SWAIN, (A.D.) et Weston (L.M.), - *A New Approach to the Diagnosis and Misdiagnosis of Abnormal Conditions in Post-Accident Sequences in Complex Man-Machine Systems*, - Ch. 13 de L.P. Goodstein, H.B. Anderson, et S.E. Olsen (eds), *Errors, Task, and Mental Models*, Londres: Taylor & Francis, 1988.
- WASH-1400, *Reactor Safety Study - An Assessment of Accident Risks in US Commercial Nuclear Power Plants, Appendix III - Failure Data*, NUREG-75/014, NRC, Washington, DC, Oct. 1975.
- WOODS, (D.D.) - *On taking Human Performance Seriously in Risk Analysis: Comments on Dougherty*, - *Reliability Eng. & System Safety*, 1990, 29, 375-381.
- WOODS, (D.D.), Roth (E.M.), et Pople (H.E.), *Cognitive Environment Simulation: An artificial Intelligence System for Human Performance Assessment*, NUREG/CR-4862, NRC, Wash., DC, 1987.
- WOODS, (D.D.), POPE (H.E.), et ROTH (E.M.), *The Cognitive Environment Simulation as a Tool for Modeling Human Performance and Reliability*, NUREG/CR-5213, Vol. 1 & 2, NRC, Washington, DC, Juin 1990.

ANNEXE 1

Tableau 1.
Quelques facteurs de performances
dans les systèmes homme-machine

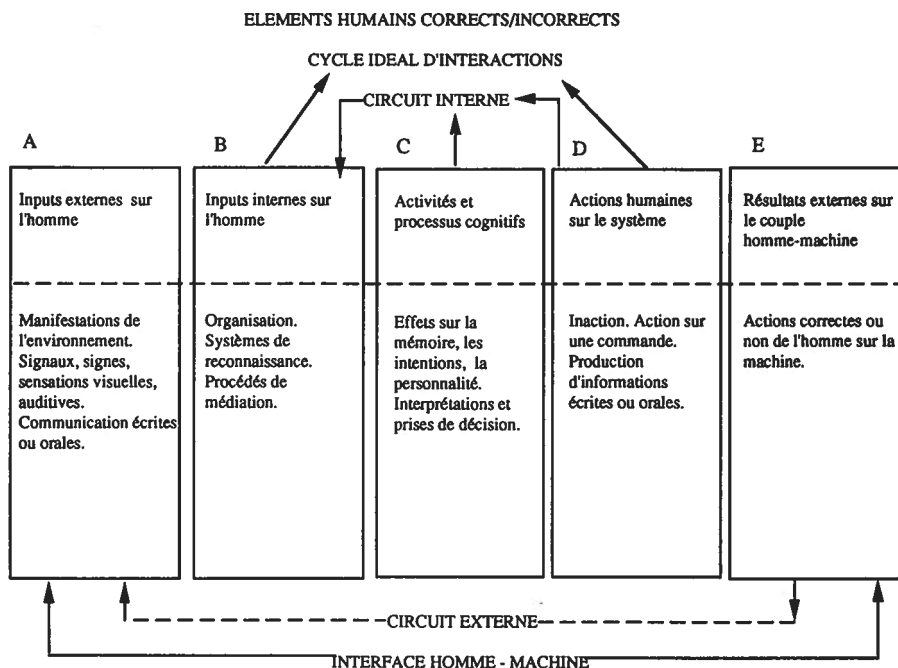
FACTEURS EXTERNES	
<i>Caractéristiques liées aux conditions de travail :</i>	<i>Caractéristiques des tâches et des équipements :</i>
<i>Facteurs généraux liés à un ou plusieurs travaux dans un environnement donné</i>	<i>Facteurs spécifiques aux tâches d'un travail donné</i>
Caractéristiques architecturales Qualité de l'environnement : température, humidité, qualité de l'air et de radiations. Eclairage Bruits et vibrations Degré de propreté générale Temps de travail/pauses Fréquence de rotation Disponibilité/Adéquation d'équipements spécialisés, d'outils et de fournitures Paramètres humains Organisation (autorité, responsabilité, moyens de communication) Présence de surveillants et de collègues, de représentants syndicaux et de personnel de régulation Récompenses, reconnaissance, primes	Facultés de perception Aptitudes motrices requises (vitesse, force, précision). Relations contrôle-sensations Faculté d'anticipation Interprétation Prise de décision Complexité (Poids des informations) Etroitesse de la tâche Fréquence et répétitivité Importance de la tâche Facultés de mémoire, à court et à long terme Aptitudes au calcul Retours sur le travail effectué (connaissance des résultats) Activités dynamiques/lentes Structure d'équipe et de communication Facteurs liés à l'interface homme-machine Conception des équipements de base, Equipements de test, Equipements de fabrication, Supports de travail, outils, installations.
<i>Instructions de travail et de tâche :</i> <i>outil le plus important pour la plupart des tâches</i>	
Procédures requises (écrites ou non) Communication écrite ou orale Avertissements Méthodes de travail Politiques d'usine (Pratiques du commerce).	

FACTEURS DE STRESS	FACTEURS INTERNES
<i>Facteurs psychologiques :</i> <i>Facteurs entraînant directement un stress mental</i>	<i>Facteurs liés à l'organisme :</i> <i>Caractéristiques individuelles liées à des influences internes et externes</i>
Soudaineté du stress Durée du stress Vitesse de la tâche Risques de préjudice grave Menaces (d'échec, de perte d'emploi) Travail monotone, dévalorisant ou sans intérêt Période d'attente longues et ennuyeuses Conflits sur les performances de travail Comportement absent ou négatif Déficiences sensorielles Facteurs de distraction : (bruit, éclairage violent, mouvement, tressautement, couleur) Discours inconsistants	Formation/expérience préalable Etat actuel de l'expérience ou des aptitudes Variables liées à la personnalité et à l'intelligence Comportement et motivation Etat d'émotivité Stress (tension physique ou mentale) Connaissance des standards de performances requis Différence de sexe Conditions physiques Attitudes liées à l'influence de la famille ou d'agents externes Identification de groupes.
<i>Facteurs physiologiques :</i> <i>Facteurs entraînant directement un stress physique</i>	
Durée du stress Fatigue Douleur ou malaise Faim ou soif Températures extrêmes Radiations Gravité extrême Pressions atmosphériques extrêmes Manque d'oxygène Vibrations Manque de place Manque d'exercice physique Interruption du rythme cicardien	

ANNEXE 2

Figure 1.

Modèle simplifié de l'élément humain dans un système homme-machine, destiné à une évaluation des probabilités de risques



ANNEXE 3

Abréviations

CRT Tube cathodique
DNE Estimation numérique directe
EOP Procédure d'urgence
HEP Probabilité d'erreur humaine
HRA Analyse de fiabilité humaine
LER Rapport d'événements sur site
NPP Centrale nucléaire
NUCLARR Dictionnaire automatique pour l'évaluation de la fiabilité des réacteurs nucléaires
PSA Evaluation des probabilités de sécurité
PSF Facteur de performances
PRA Evaluation des probabilités de risques
QRA Evaluation quantitative des risques
THERP Technique de prévision du taux d'erreur humaine
TRC Compromis temps-fiabilité

DROIT ET PREVENTION

MOTS CLÉS : Droit • Prévention • Faute • Erreur • Risque • Responsabilité • Urgence •

Exposer systématiquement le droit de la prévention tient de l'impossible tant les réglementations sont proliférantes et fluctuantes. Il est, par contre, important de savoir comment nos systèmes juridiques réagissent à l'effort de prévention. Martine Rémond-Gouilloud montre comment, en ce domaine, le droit parvient à combler les vides créés par le développement technologique.

La prévention est-elle bien affaire de juristes ? On en a douté, on en doute encore. Si, en aval, réparation et répression relèvent à l'évidence d'analyses dictées par le droit, la prévention, en amont, semble relever d'autres modes de pensée. Ce serait là un royaume d'ingénieurs ou d'administrateurs... Incidents, accidents, catastrophes, la prévention est faite de normes et d'instructions techniques. Dans cette jungle de chiffres, quotas, seuils ou pourcentages, le droit se sent peu utile. L'organisation des plans d'urgence tels ORSEC, POLMAR¹, fondée sur la coordination rapide des moyens disponibles, et la préparation de ces moyens relèvent de l'appareil administratif. L'institution d'accords de coopération préventifs entre Etats relève surtout de la diplomatie² : le droit y trouve plus matière à description qu'à réflexion. Quant au droit dit technique, difficile à manier au prétoire, il dépend plus, semble-t-il, de l'expert que du droit... Et le juriste, rebuté, de se défausser.

La vérité est sans doute moins simple. La ligne de partage entre prévention et sanction, entre l'« avant » et l'« après », est moins nette qu'il y paraît d'abord. La meilleure des dissuasions ne réside-t-elle pas dans la menace de la sanction ? La plus sûre garantie de sagesse réside, bien plus d'ailleurs que dans les sanctions pénales, dans la révélation des chiffres. Le montant des indemnisations imposées aux entreprises à la suite de grands accidents représente sans doute l'arme la plus efficace contre ceux qui négligeraient les mesures de précaution propres à prévenir accidents et nuisances. Les chiffres de dommages avancés lors des catastrophes de l'**Amoco-Cadiz**, Tchernobyl, Seveso ou l'**Exxon-Valdez** ont

* Professeur à l'Université de Paris I (Eury), a publié, en 1989, « Du droit de détruire », aux PUF

1. V. PRIEUR M., *Les plans ORSEC*, in « les risques naturels et technologiques majeurs : aspects juridiques », Droit et ville, Toulouse, 1985, n° 20, p. 17. Sur « les plans d'exposition aux risques naturels » v. BOUYSSOU, *Droit et ville*, op. cit., p. 237.

2. Tel les conventions de Vienne sur la notification rapide d'un accident nucléaire et l'assistance en cas d'accident nucléaire ou de situation d'urgence radiologique du 26 décembre 1986. Bull. A.I.E.A., 1986, vol. 28, n° 4.

assurément plus contribué à la prévention de tels accidents que toutes les menaces d'emprisonnement ou d'amendes. Les doubles commandes pour pétroliers sont nées du naufrage de l'**Amoco-Cadiz**, les doubles coques pourraient bien résulter de celui de l'**Exxon-Valdez**, l'information rapide entre Etats lors d'un accident nucléaire est le produit de Tchernobyl, et les études de danger imposées aux entreprises à haut risque ont été imposées après l'accident de Seveso³.

Notons ensuite que la mesure de prévention du dommage est parfois délicate à distinguer de sa réparation. Ainsi, lorsque survient un accident de pollution, comment distinguer, à coup sûr, la mesure de nettoyage destinée à éviter l'extension du mal, préventive, de celle qui consiste à restaurer l'espace dégradé, ce qui est affaire de réparation ? Enfin, il apparaît que la prévention des risques industriels commence à sécréter un corps de règles propres, spécialement adaptées au problème. Il ne s'agit pas ici de recenser les actions destinées à prévenir les accidents. Il n'est guère d'activité où le législateur n'ait institué de contrôles, d'exigences strictes à l'égard des industries potentiellement dangereuses : bâtiments, transports, produits⁴ ; de telles dispositions abondent, certes. Mais quel intérêt représente pour le juriste une disposition technique, interdit, seuil ou précaution imposée, flanquée de son appendice pénal ? Une réglementation, si foisonnante soit-elle, ne devient pas pour autant du droit.

D'autres règles méritent, en revanche, attention. Il semble, en effet, que la prévention des accidents industriels, problème singulièrement accru par la complexité des techniques modernes, suscite dans le droit contemporain l'apparition de mécanismes originaux, et contribue à en revivifier d'autres, auxquels il donne aujourd'hui leur raison d'être. La matière commence à s'ordonner (I) ; et des concepts se créent ou se remodelent pour répondre aux besoins nouveaux (II).

■ I - UN EMBRYON D'ORGANISATION

Les règles de prévention foisonnent. Mais la matière, pléthorique, manque singulièrement d'ordre : les sources mineures de droit, arrêtés, instructions, s'y bousculent, occultant les principes. Perpétuellement modifiés⁵, les textes finissent par n'être accessibles qu'à quelques spécialistes et à l'ordinateur.

Quelques lignes directrices commencent pourtant à se dessiner. D'une part, des catégories se dégagent, fournissant hiérarchies et base de raisonnement : ainsi le système des listes permet, chaque substance étant classée a priori, de moduler les

3. Sur la directive communautaire dite « Seveso » relative aux risques d'accident majeur de certaines activités industrielles, v. « Revue juridique de l'environnement », 1989, pp. 261 sq; les études de M. PRIEUR, S. CHARBONNEAU.

4. Sur la réglementation législative de la sécurité des produits, v. G. VINEY, *La responsabilité, conditions*, L.G.D.J., n° 768, p. 857.

5. Les dispositions relatives au transport de substances dangereuses sont caractéristiques de cet afflux désordonné. Cette réglementation représentait en 1986 un volume de 7000 pages imprimées (LAMY transport) dont 1500 modifications par an. Quant au désordre qui résulte de cette prolifération de textes, un exemple suffira. En février 1985 se trouvait modifié un arrêté...qui avait été abrogé...au mois de novembre précédent. Bull. Transport 1986, n° 2221, n° spécial *Marchandises dangereuses*.

précautions suivant la dangerosité présumée de chacune⁶. D'autre part, une série de mécanismes neufs commencent à se dégager pour répondre à la gestion des situations d'urgence. Dans la séquence des événements qui marquent le déroulement d'un accident majeur, il est une période cruciale : celle qui suit la survenance de l'événement générateur, mais précède la survenance de la catastrophe. La machine est déréglée, mais l'incendie peut encore être évité ; le pétrolier est à la dérive, mais le pétrole n'est pas encore déversé sur les côtes. A cet instant tout compte. Une organisation sans faille, les réflexes justes peuvent permettre d'éviter le pire. Mais c'est précisément le propre des catastrophes qu'elles prennent le système au dépourvu. Aussi les comportements humains ne peuvent s'y apprécier comme en temps ordinaire. Les actes de dévouement y sont à la fois plus normaux et plus remarquables. Les erreurs d'appréciation, les fautes de jugement y sont plus pardonnables, mais les actes de pillage et autres malhonnêtetés, favorisés par la désorganisation ambiante, y sont plus redoutables.

Or les systèmes juridiques classiques ne sont pas accoutumés à prendre en compte cette période particulière. On y raisonne en termes de prévention, et de réparation ou de répression, d'« avant » ou d'« après », mais non de « pendant ».

Des questions essentielles restaient donc en suspens : ainsi, à quelles conditions et sur quel fondement réparer les dommages subis par un sauveteur ? Mérite-t-il indemnisation pour les efforts déployés, le matériel utilisé ? S'il s'agit d'un professionnel, obtiendra-t-il une rémunération, alors même qu'il a agi de son propre chef, sans y avoir été invité ? Quelle incidence, enfin, auront ses fautes sur son indemnisation ? Sa responsabilité ne pourra-t-elle pas, même, se trouver engagée ? L'expérience des marées noires, premières catastrophes de l'ère écologique, a permis d'apporter à ces questions un début de réponse. La convention sur la réparation des dommages de marée noire ayant prévu le principe du remboursement des mesures dites « de sauvegarde »⁷, la mise en oeuvre de cette notion a permis d'amorcer la réflexion. Un embryon de modèle guide donc le raisonnement pour les accidents similaires, les Bhopal ou Tchernobyl. Mais mille autres questions déjà se posent : qui, en pareille circonstance, a autorité pour mener la lutte ? Qui peut interdire l'accès au site ? A quelles conditions et suivant quels critères un produit peut-il être retiré du marché et refoulé aux frontières ? La gestion de l'urgence offre, on le voit, un vaste champ de recherches.

■ II - PREMIERS CONCEPTS UTILES

Il semble également que le souci de prévention suscite l'apparition de nouveaux concepts, voire ressuscite des concepts jusqu'ici imparfaitement intégrés à notre droit. La notion de chose ou de produit dangereux est ici au coeur du débat. La

6. Ainsi les conventions sur les immersions en mer distinguent liste noire, grise ou blanche : les rejets de produits portés sur la première sont interdits ; sur la seconde, ils supposent un permis spécial, sur la troisième un permis général. Les conventions d'Oslo, 15 février 1972, de Londres 29 décembre 1972, notamment, sont instituées suivant ce modèle.

7. V. nos observations, in « Du droit de détruire », PUF, 1989, p. 195 s.

prise en compte spécifique de cette notion exprime en effet la conscience de ce que les choses dangereuses appellent des précautions, une vigilance particulières⁸. Or deux domaines de notre responsabilité civile révèlent, semble-t-il, cette prise de conscience : la reconnaissance même de la notion de chose dangereuse, et les conséquences que celle-ci entraîne quant à la responsabilité de son gardien. Dès les années 30, notre jurisprudence s'était efforcée d'isoler le concept de chose dangereuse, afin d'alourdir la responsabilité à son propos. Mais la notion de dangerosité était alors apparue trop relative, trop imprécise pour emporter des effets juridiques : le pot de fleur n'est-il pas dangereux, s'il tombe du balcon sur la tête du passant ? Et la fourchette maniée par un jeune enfant ? Aussi la Cour de Cassation avait alors finalement renoncé à réserver un sort spécial aux choses dangereuses, faute de pouvoir les définir (Cass. Chambres réunies, 13 février 1930, D.P. 30, I, 57). Plus tard, la même réflexion, menée à partir du rôle actif ou passif des choses, s'était à son tour enlisée (ex. Cass. civ. 2, 29 mars 1971, JCP, 72, II, 17 086, note BORE). Or que voit-on aujourd'hui ? La jurisprudence moderne traite distinctement les activités « créatrices de risque ». La participation à une telle activité, présumée fautive, engendre de ce seul fait obligations et responsabilité. Cette présomption commence à être admise en France⁹ et fait déjà depuis longtemps partie du droit des Etats-Unis.

Par ailleurs, la notion de chose dangereuse fait son retour en force sous l'appellation de « chose animée d'un dynamisme propre ». Du coup, un débat classique peut se dénouer : celui-ci a trait à une dissociation de la garde des choses, donc de la responsabilité afférente, suivant qu'elle serait liée à leur structure ou à leur comportement, c'est-à-dire à la manière dont il en est fait usage. Cette distinction, imaginée en 1946¹⁰, a connu quelques jolis succès en jurisprudence : elle a permis de reporter sur le fabricant, qualifié « gardien de la structure », la responsabilité résultant de l'explosion d'une bouteille de gaz (Civ. 2, 15 janvier 1956, D. 57, 261, note RODIERE), ou de soda (Civ., 12 nov. 1975, J.C.P. 76, II, 18 479 (1^o espèce), note VINEY). La doctrine a montré que l'utilité de la distinction était limitée, et son domaine difficile à préciser¹¹.

En vain, semble-t-il : régulièrement des tribunaux se fondent sur le dynamisme propre d'un objet pour condamner son fabricant, lequel aurait conservé sur elle ses devoirs de contrôle et de surveillance, ou au contraire pour le dégager d'une telle responsabilité si l'objet est inerte : ainsi un pneu dont le gonflage est laissé à l'initiative de l'utilisateur (C.A. Versailles, 27 janvier 1983, JCP 83, II, 20 094, note DUPICHOT). Sans doute la Cour de cassation censure encore les décisions d'appel, nombreuses, condamnant les fabricants de postes de télévision qui

8. Ce qui se traduit par l'émergence d'un régime dérogatoire par rapport aux principes du droit commun. Ainsi les tribunaux tendent ici à alléger la charge de la preuve pesant sur la victime : il lui suffit d'établir que la négligence du défendeur a favorisé la survenance du dommage, au lieu de devoir prouver qu'elle en a été la cause nécessaire, (V. VINEY, op. citg., p. 573, n° 476 sq.).

9. Id. n° 369.

10. Dans la thèse de Bertold Goldman, « la Détermination du gardien responsable du fait des choses inanimées », Sirey, 1947.

11. A rapprocher de la directive communautaire du 25 juillet 1985 sur la responsabilité du fait des produits défectueux, suivant laquelle le produit défectueux est celui qui n'offre pas la sécurité à laquelle on peut légitimement s'attendre (P. JOUDAIN, obs. R.T.D.C. 1989, n° 4, p. 757).

implorent (Civ. 2, 30 nov. 1988, R.T.D.C. 89, 323) ; mais elle insiste aujourd'hui sur l'obligation du vendeur professionnel de livrer un produit exempt de « tout défaut de fabrication de nature à créer un danger pour les personnes et les biens » (Civ. 1, 20 mars 1989, D. 189, 381, notre PH. Malaurie)¹². Ainsi voit-on une obligation de sécurité particulière peser désormais sur les fabricants de choses et produits « animés d'un dynamisme propre ».

D'autres concepts n'auront pas à être inventés, mais remodelés, pour correspondre aux exigences de la prévention. Ainsi, le plus classique d'entre eux, la faute.

Relativité de la notion de faute : un exemple maritime. Plus que les institutions, les hommes méritent attention. L'« erreur humaine », comme la terminologie juridique baptise pudiquement la faute, est de loin la cause la plus fréquente des sinistres. Elle n'est pas d'ailleurs, à y bien réfléchir, si anormale. Surtout, plus que la négligence du préposé, celle de son commettant, mérite attention.

La fréquence de telles fautes dans la survenance d'accidents technologiques, près de 80 %, incite à s'interroger. En matière de marées noires, une réminiscence s'impose : lorsque, en mars 1968, le **Torrey Canyon** fait naufrage entre la Cornouailles et la France, c'est samedi soir. Pour gagner quelques heures, le capitaine a décidé de couper court, moins au large. Le navire est guidé par le pilote automatique. La commission d'enquête du Liberia, peu suspecte pourtant de sévérité à l'égard de ses navires, conclura que l'accident est dû à une succession de négligences caractérisées entièrement imputables au capitaine. A la décharge de ce dernier, notons seulement que, lorsque l'accident survient, il n'avait pas quitté le bord depuis 366 jours. Les machines sont calculées pour résister à l'usure, mais les hommes le sont-ils bien pour résister à la routine ? Les procédures de sécurité impliquent une répétition sans fin de gestes sans résultat sensible ; le tout à un rythme lent, sur fond de solitude, entre des terminaux pétroliers déserts, à l'écart du monde. De manière générale, l'erreur consistant à avoir négligé une procédure de sécurité, c'est-à-dire une manœuvre fastidieuse, dénuée d'effet tangible, est presque, statistiquement, inévitable. Respectée une fois, cent fois, ne risque-t-elle pas d'être omise la millième ?

Au moins faut-il éviter l'amalgame, et faire la différence entre vétille et comportement inexcusable, l'alouette et le cheval. La première, minuscule oubli, distraction passagère, ne cause l'accident que si elle s'accompagne d'une série de coïncidences malheureuses à l'enchaînement inévitable : elle se fond dans le risque technologique et ne saurait être prévenue, traitée, comme une faute ordinaire. La faute grave, en revanche, n'a pu être incluse dans les prévisions de l'ingénieur : elle est bien la cause du dommage. Trop grave pourtant, elle change de sens : la faute du préposé peut alors traduire une défaillance de son commettant, coupable de l'avoir mal choisi, mal formé ou mal surveillé.

De manière générale, l'expérience récente montre l'importance, en matière de prévention, des fautes dites lucratives. La précaution n'a pas été prise en raison de son coût, par souci d'économie. Car la sécurité représente dans les comptes

12. Faut-il donc accorder une exonération de ce fait au fabricant d'un produit défectueux, à l'instar de la directive communautaire du 25 juillet 1985 (V. obs. JOURDAIN, R.T.D.C. 1990, n° 3, p. 489) ou la refuser ? « Garde de comportement et garde de la structure », *Mélanges Roubier*, T. II, p. 51.

d'une entreprise un poste coûteux, et peu profitable. Aussi le chef d'entreprise fait ses comptes : il est tenté de comparer le coût certain de la mesure préventive sur une longue période, au montant d'éventuelles condamnations résultant d'un hypothétique procès. Ainsi trop souvent l'équipe de surveillance est réduite, voire disparaît, le personnel est recruté à moindre frais, la visite de contrôle oubliée. La fréquence de cette forme de faute invite à se poser des questions neuves : à quelles conditions, quel niveau de gravité, un tel sens de l'économie devrait-il se traduire par une privation des limites de responsabilité dont l'entreprise responsable peut bénéficier le cas échéant ? La délégation des tâches préventives de sécurité par un chef d'entreprise à son subordonné ne mériterait-elle pas d'être respensée dans cette optique ? Et ne faut-il pas simplement reconnaître la spécificité de cette forme de faute ?

Observons encore que la multiplicité des précautions imposées dans les activités à risque ôte une bonne part de son intérêt à la distinction traditionnelle entre responsabilité fondée sur la faute et responsabilité fondée sur le risque : le nombre d'obligations pesant sur les intéressés y est tel que la violation de l'une d'elles sera presque toujours relevée ; la différence entre les deux systèmes, qui réside dans la dispense de preuve de la faute lorsque la responsabilité se trouve fondée sur le risque, s'estompe d'autant.

D'autres difficultés nouvelles, enfin, surgissent. Ainsi l'on s'avise aujourd'hui que pour prévenir, il faut savoir ce que l'on cherche à éviter. Cette constatation élémentaire explique notamment les difficultés de mise en oeuvre des études d'impact (ou autres études de risque). Celles-ci pèchent en effet souvent par une connaissance insuffisante des nuisances qu'il s'agit d'éviter. Dans quel rayon les effets nocifs de l'installation peuvent-ils se manifester ? Quelle espèce est menacée ? Laquelle, d'ailleurs, mérite d'être préservée ? Jusqu'où s'étend la nappe phréatique voisine, et jusqu'où porte le vent dominant dans la région ? Face à tant d'inconnues, l'étude est vouée à rester incomplète.

De même, droit et assurance se trouvent aujourd'hui confrontés au problème posé par les **risques de développement**. Comment prévenir le risque, né du défaut d'un produit, insoupçonné en l'état de la science et de la technique à l'instant de sa mise sur le marché ? Et comment couvrir le risque résultant de la mise en décharge de substances aujourd'hui jugées inoffensives, mais qui peuvent s'avérer toxiques dans cinq ou dix ans ? Les paris sur l'avenir peuvent ici se révéler coûteux.

■ CONCLUSION

Catégories, concepts, interrogations neuves. Un champ de réflexion inédit s'offre peut-être ici aux juristes. Cette nouvelle approche ne devrait pas surprendre. Elle correspond en effet à la conception contemporaine du rôle des praticiens du droit. Au juriste de contentieux, limité à l'intervention a posteriori, à l'occasion d'un procès, tend à se substituer le juriste-conseil, dont la tâche consiste, non plus à résoudre les difficultés nées, mais à prévenir les difficultés à naître. Pour les juristes, le temps de la prévention semble donc bien venu ■

NORMALISATION VETERINAIRE

MOTS CLÉS : *Acte unique • Communauté européenne • Directives • Santé • Services vétérinaires • Traité de Rome •*

La prévention exige d'effectuer un travail de normalisation des biens et services. Cette normalisation est aujourd'hui européenne et est un des instruments de la libre circulation des marchandises. Elle voit s'affronter les objectifs de santé publique, les difficultés des scientifiques à établir des seuils de toxicité ou de dangerosité, les volontés économiques ou politiques. Ces conflits contradictoires sont ici analysés dans le domaine des normes phytosanitaires où les risques et les volontés économiques sont très sensibles.

L'objectif essentiel des fondateurs de la Communauté européenne était d'instaurer une coopération économique étroite entre les Etats qui la composent afin de lier leurs intérêts et de créer entre eux une indispensable solidarité, gage de la fin des guerres européennes.

La politique agricole commune, la suppression des droits de douane pour les échanges intracommunautaires et l'instauration d'un tarif douanier commun vis-à-vis des importations des pays tiers avaient et ont toujours pour but de faciliter la circulation des produits et de faire jouer la concurrence pour inciter les entreprises à être plus compétitives.

Or, force est de constater que, un quart de siècle après la création du Marché commun, la libre circulation des produits et tous les bénéfices que les Etats membres étaient en droit d'en attendre en matière d'économie d'échelle et de libre jeu de la concurrence sont loin d'être atteints.

I - PRATIQUES ACTUELLES

Cela est particulièrement manifeste en matière d'échange d'animaux et de produits animaux, qui subissent toujours actuellement des contrôles contraignants de la part des services vétérinaires des Etats membres. Ces contrôles, qui ne portent pas seulement sur les importations de pays tiers mais également sur les échanges intracommunautaires, peuvent se traduire par des blocages, des quarantaines, des rejets occasionnels ou des interdictions permanentes à l'im-

* Commission des Communautés européennes, Direction Générale Agriculture, Bruxelles.

portation d'animaux et de produits animaux ou d'origine animale sur le territoire d'un Etat membre. Ils contribuent à maintenir un cloisonnement des marchés nationaux à l'intérieur du Marché commun, fortement préjudiciable au développement économique du secteur agro-alimentaire. Ils ont essentiellement pour base une évaluation différente des risques sanitaires par les services vétérinaires nationaux qui se traduit par l'adoption de réglementations divergentes pour des objectifs pratiquement identiques.

On peut s'interroger sur la permanence de ces entraves non tarifaires alors que plusieurs arrêts de la Cour de Justice européenne ont clairement sanctionné l'utilisation de normes techniques par les Etats membres pour refuser l'admission sur leur territoire de produits légalement commercialisés dans un autre Etat membre (Arrêt « Cassis de Dijon », arrêt « Edam », arrêt sur la loi de pureté de la bière allemande, etc.).

La raison en est l'utilisation par les Etats membres de l'article 36 du traité qui permet de prendre des mesures d'interdictions ou de restrictions d'importation, d'exportation, ou de transit, pour des raisons de sécurité et, entre autres, de protection de la santé et de la vie des personnes et des animaux. Toutefois ces interdictions ou restrictions ne doivent constituer, ni un moyen de discrimination arbitraire, c'est-à-dire s'appliquer intégralement et de la même manière aux produits nationaux et aux produits importés ; ni une restriction déguisée dans le commerce entre les Etats membres, c'est-à-dire être pleinement justifiées et proportionnées aux buts à atteindre.

Toutes les réglementations, soit sanitaires visant la protection de la santé publique, soit de police sanitaire visant la protection de la santé animale, que les Etats membres ont pu conserver ou mettre en place grâce à cet article 36 et en dérogation aux règles du traité (articles 30 à 35) sont sources d'entraves aux échanges. Les grandes épidémies du bétail sont des catastrophes économiques majeures pour les pays qui les subissent et justifient largement le recours à l'article 36 pour s'en protéger. Les intoxications alimentaires graves sont également intolérables dans nos sociétés, et les consommateurs exigent, à juste titre, d'être totalement protégés des risques que peut faire courir la mise sur le marché de viandes, volailles, œufs, laits ou produits laitiers, etc., issus d'animaux malades, ou contaminés lors de préparations ou de fabrications ne respectant pas les règles d'hygiène. Ces craintes, fondées, ont amené la plupart des Etats membres à légiférer et à imposer un contrôle vétérinaire dès le début du siècle, bien avant les négociations ayant abouti au traité de Rome, et l'article 36 de ce traité reflète bien les inquiétudes des signataires et leur volonté de vouloir rester maîtres de leurs décisions en cas de problèmes graves.

Le développement de la politique agricole commune ne pouvait porter ses fruits tant que de tels obstacles aux échanges subsistaient. La seule voie possible était celle de la normalisation communautaire, c'est pourquoi, dès 1964, des directives ont été adoptées par le Conseil sur proposition de la Commission visant à harmoniser les conditions de police sanitaire et d'hygiène alimentaire imposées

aux échanges intracommunautaires d'animaux vivants, de produits animaux ou d'origine animale. Les principes généraux de ces directives peuvent se résumer schématiquement ainsi :

Eviter la propagation des maladies : seuls sont admis aux échanges les animaux vivants et leurs produits qui possèdent vis-à-vis des maladies animales visées le même statut sanitaire dans le pays d'origine que celui qui prévaut dans le pays de destination. Par exemple : seuls les Etats membres où la fièvre aphteuse n'existe pas ou n'existe plus sans qu'ils aient recours à la vaccination du bétail peuvent s'opposer à l'introduction sur leur territoire d'animaux provenant de pays infectés ou de pays où se pratique la vaccination anti-aphteuse. L'analyse du risque est la suivante : la vaccination supprime les manifestations cliniques et donc le risque d'épidémie, mais ne supprime pas tout risque de transmission du virus. Inversement, un pays infecté, c'est-à-dire un pays où la maladie est chronique, ou un pays vaccinant donc considéré comme crypto-contaminé, ne peuvent refuser l'introduction sur leur territoire d'animaux provenant de pays de statut sanitaire équivalent ou supérieur, c'est-à-dire indemne et non vaccinant (• officiellement indemne •, selon la dénomination communautaire).

Eviter les toxi-infections alimentaires : seuls sont admis aux échanges les produits animaux ou d'origine animale issus d'animaux reconnus sains et abattus ou préparés dans des abattoirs ou établissements correspondants aux règles communautaires d'hygiène requises pour assurer leur salubrité, et soumis à une inspection vétérinaire. Ces abattoirs ou ces établissements de transformation doivent répondre à toute une série de normes techniques concernant leurs infrastructures, leurs matériels et leur fonctionnement pour obtenir l'agrément communautaire qui les autorise à commercialiser leur production sur l'ensemble du territoire de la Communauté. Par cette démarche, la Communauté privilégie l'obligation de moyens (vérification des conditions de production) à l'obligation de résultats (vérification des qualités du produit fini). Toutefois, dans certains cas, une obligation normative concernant la matière première ou le produit fini vient s'ajouter à l'obligation de moyens. C'est notamment le cas des laits pasteurisés, U.H.T. ou stérilisés qui, en plus, des conditions précises concernant les usines de traitement et leur fonctionnement, doivent répondre à des critères qualitatifs et microbiologiques détaillés avant et après le traitement thermique. Le système ainsi conçu et visant à lever les obstacles aux échanges aboutit à une Europe à deux niveaux de garantie sanitaire : d'une part, les animaux et les produits aptes au commerce intracommunautaire et, d'autre part, ceux qui ne le sont pas et dont la commercialisation est réservée au territoire national selon le droit interne de l'Etat membre. Cet état de chose implique nécessairement un contrôle vétérinaire aux frontières pour vérifier que les animaux ont bien le statut sanitaire correspondant à leur destination, ou que les viandes ou les produits d'origine animale proviennent bien d'établissements agréés pour les échanges intracommunautaires. Ces contrôles s'effectuent essentiellement par vérification des documents et certificats établis par le service vétérinaire de l'Etat

membre d'origine, mais peuvent également, de façon non systématique et non discriminatoire, comporter des examens physiques et/ou de laboratoire.

Malgré les avantages apportés par cette harmonisation pour les échanges, le maintien de ces contrôles aux frontières internes de la Communauté perpétue les coûts et les inconvénients inhérents au cloisonnement des marchés. Par ailleurs, un bon nombre d'éleveurs et de producteurs européens restent exclus des bénéfices et des économies d'échelle que peut apporter l'ouverture d'un grand marché de 320 millions de consommateurs.

II - UN SEUL MARCHÉ : UNE SEULE RÈGLE

Une redynamisation de la construction européenne était donc nécessaire. Les moyens techniques ont été décrits par la Commission, en 1985, dans la publication de son Livre blanc intitulé « L'achèvement du Marché intérieur ». La volonté politique s'est clairement manifestée en adoptant, en 1987, l'Acte unique européen, qui, modifiant le traité C.E.E. fixe l'objectif à atteindre au 31 décembre 1992 : « un espace sans frontières intérieures dans lequel la libre circulation des marchandises, des personnes, des services et des capitaux est assurée selon les dispositions du traité » et qui adapte les procédures communautaires de prise de décision pour faciliter l'adoption des mesures préconisées au Livre blanc. Cependant, l'Acte unique n'a pas supprimé l'article 36 du traité et ne permet donc pas de recourir au principe de la reconnaissance mutuelle ou d'invoquer la jurisprudence de l'arrêt « Cassis de Dijon » pour une suppression des contrôles frontaliers dans les domaines relevant de la santé publique ou de la santé animale. La seule voie possible est donc celle de l'harmonisation des réglementations sanitaires nationales pour une réglementation unique et communautaire.

Elle devra s'appliquer à l'ensemble des productions et non plus seulement aux productions destinées aux échanges intracommunautaires. En effet, le principe de la libre circulation ne permet plus de préjuger la destination d'un produit et supprime la notion de deux niveaux sanitaires différents, l'un pour les échanges intracommunautaires, et l'autre pour la mise sur le marché local ou national. En conséquence, il est nécessaire de mettre en place, d'ici 1993, les instruments juridiques (directives, règlements ou décisions) permettant de couvrir tous les animaux et les produits animaux ou d'origine animale en matière de contrôle sanitaire.

• 1. La disparition des maladies

Des plans d'éradication des maladies enzootiques ou épizootiques qui subsistent dans certaines zones de la Communauté doivent être mis en place avec une aide communautaire. Le principe de pays indemne ou officiellement indemne devrait progressivement laisser la place à une notion de régionalisation des maladies, certaines régions encore infectées pouvant être à cheval sur des frontières politiques. Le but final est une Europe où l'absence de maladie du bétail permet

une libre circulation des animaux et où l'apparition accidentelle d'un foyer entraîne immédiatement des mesures de protection, notamment une restriction des mouvements et de l'utilisation des animaux et de leurs produits dans une zone de sécurité autour du foyer jusqu'à ce que les mesures d'abattage et de désinfection assurent la disparition de la maladie.

• 2. Un agrément communautaire pour toutes les productions

Tous les produits animaux ou d'origine animale : viandes, poissons, lait, œufs, etc. devront être obtenus, conservés, manipulés, transformés, transportés et commercialisés dans le respect de règles d'hygiène définies concernant les locaux, les matériels, leur entretien et l'usage qui en est fait, ainsi que le personnel effectuant ces manipulations. En outre, et si cela est jugé nécessaire, des normes communes de salubrité pourront être imposées aux matières premières ou aux produits finis. Le respect de ces règles est sanctionné par l'attribution par le service vétérinaire compétent d'un agrément communautaire autorisant l'entreprise à mettre en marché des denrées alimentaires de sa production.

III - UNE NOUVELLE STRATÉGIE DE CONTRÔLE

La suppression des contrôles vétérinaires aux frontières internes de la Communauté n'est acceptable pour l'ensemble des Etats membres que si une autre stratégie ou un autre système est mis en place pour garantir un niveau de sécurité équivalent. La stratégie déjà adoptée depuis la fin 1989 par le Conseil sur proposition de la Commission est la suivante :

• 1. Des contrôles renforcés à la production

Des contrôles renforcés doivent être exercés sur les lieux mêmes de production pour vérifier le respect des règles communautaires et apporter la garantie que les risques sanitaires sont minimisés au maximum. Ces contrôles s'exercent à trois niveaux : l'entreprise, l'Etat membre, et la Communauté.

• Premièrement, un autocontrôle du producteur, qui est responsable au premier chef de la salubrité et de la sécurité des denrées alimentaires qu'il met en marché, et qui doit s'assurer en permanence que toutes les exigences fixées par la réglementation communautaire sont respectées dans son entreprise. Ces autocontrôles ne sont pas effectués au hasard ou quand on a le temps, mais dans le cadre défini d'un programme d'assurance qualité ou d'analyse des risques et contrôle des points critiques qui peut être enregistré et approuvé par une autorité compétente.

• Deuxièmement, une inspection régulière des services vétérinaires nationaux, qui doivent garder la maîtrise de la filière depuis la ferme jusqu'à la commercialisation en passant par les abattoirs, les industries de transformation, l'entreposage et le transport. Ils doivent vérifier que les conditions de l'agrément sont toujours respectées, que les professionnels effectuent correctement les

autocontrôles tels que définis dans leurs programmes, et que des mesures correctives efficaces sont mises en place dès l'apparition d'une déviation. Ils doivent également exercer un contrôle direct de la qualité des matières premières et des produits finis et en particulier une inspection ante-mortem des animaux et post-mortem des carcasses et des abats dans les abattoirs.

• **Troisièmement, un super-contrôle** exercé par la Commission, qui envoie sur place ses propres inspecteurs vérifier le bon fonctionnement des services vétérinaires nationaux et le respect des conditions d'agrément et des exigences sanitaires imposées par la réglementation communautaire.

• 2. Des contrôles des importations

Un niveau équivalent de contrôle sur les lieux de production doit être exigé des pays tiers pour exporter leurs animaux ou leurs produits d'origine animale vers le territoire de la Communauté. Les services vétérinaires des pays tiers doivent être soumis à une évaluation de la part de la Commission, qui envoie ses inspecteurs sur place, pour déterminer si leurs pouvoirs et leur moyens d'inspection sont équivalents à ceux des services vétérinaires des Etats membres. En outre les animaux et les produits seront systématiquement contrôlés aux frontières externes de la Communauté afin de vérifier s'ils peuvent être acceptés et mis en libre circulation comme les produits communautaires. Les points d'entrée où s'exerceront ces vérifications seront répertoriés, agréés et sous contrôle communautaire.

• 3. Un contrôle à destination

Si des contrôles à la production et à l'importation peuvent apporter l'assurance d'un niveau de garantie élevé aux Etats membres dans lesquels les produits sont commercialisés, une surveillance reste néanmoins nécessaire sur les lieux de destination et non plus aux frontières internes, comme actuellement, pour déceler des fraudes éventuelles ou des accidents au cours du transport et de l'entreposage. Toutefois, cette surveillance ne pourra s'exercer que sous une forme aléatoire (non systématique) et non discriminatoire, sauf en cas de suspicion motivée et après en avoir avisé les autorités compétentes des lieux de production. Le numéro d'agrément de l'entreprise qui produit et met sur le marché une denrée animale ou d'origine animale doit figurer sur l'étiquetage et permet, dans ce cas, de retrouver le point de départ de la marchandise.

IV - UNE CONFIANCE MUTUELLE

La confiance mutuelle entre les services vétérinaires des Etats membres est la clé de voûte de cette stratégie. Sans elle, il est impossible de faire admettre la suppression des contrôles aux frontières internes et de laisser librement circuler les animaux et leurs produits à l'intérieur de la Communauté. Jusqu'à maintenant, un jambon de Bayonne ou des huîtres de Marennes peuvent se vendre librement

au marché de Rungis car, d'une part, ces produits sont couverts par des réglementations nationales qui s'appliquent de la même façon dans tous les départements français, et, d'autre part, le service vétérinaire du Val-de-Marne a la certitude que ses collègues des autres départements font respecter ces réglementations aussi bien que lui-même peut le faire, sous la surveillance d'une autorité centrale, en l'occurrence, la direction compétente du ministère de l'Agriculture. Pour que ce jambon ou ces huîtres soient commercialisés de la même façon à Londres, Bonn ou Madrid, il importe premièrement d'avoir une réglementation commune, ce qui est entrepris par la voie de l'harmonisation, et, deuxièmement, d'avoir le même niveau de confiance entre les services vétérinaires des différents Etats membres. Plusieurs mesures sont déjà adoptées ou proposées par la Commission pour renforcer cette confiance mutuelle :

un système de circulation rapide des informations concernant tout problème sanitaire découvert ou suspecté, ainsi que les mesures prises pour y remédier ; une bonne part de la méfiance qui subsiste entre les Etats membres provient du manque de transparence concernant la réalité des faits et des actions entreprises par les services vétérinaires nationaux ;

un programme d'assistance mutuelle et de coopération des services vétérinaires des Etats membres entre eux et avec la Commission pour faire face aux conséquences d'une fraude, d'un accident ou de l'apparition d'une maladie, pour mener les enquêtes nécessaires et assurer une application correcte de la réglementation communautaire en la matière ; la collaboration pleine et entière des services vétérinaires nationaux, aussi bien au niveau central que sur le terrain, est indispensable ;

un programme d'échange de fonctionnaires travaillant dans le secteur vétérinaire : l'inspection, le contrôle, les laboratoires, la formation et l'administration, permettant de décroïsonner les services nationaux, d'ouvrir l'esprit des fonctionnaires à la dimension européenne et de tisser des liens personnels entre les acteurs du contrôle, contribuera largement à améliorer la confiance mutuelle entre les services des Etats membres ;

la création d'un réseau de laboratoires de référence sous la supervision du Bureau Communautaire de Référence de la Commission pour assurer une meilleure standardisation des méthodes d'analyse et renforcer la fiabilité et la crédibilité des résultats.

L'ensemble de ces actions pourra recevoir un soutien financier de la Commission grâce à la récente mise en place d'un Fonds Vétérinaire Communautaire.

Enfin, la confiance mutuelle entre les Etats membres ne peut s'établir sans une surveillance et un arbitrage impartial exercé par la Communauté. Pour lui permettre de jouer ce rôle, des pouvoirs et des moyens accrus sont donnés à la Commission en matière d'inspection dans les Etats membres comme dans les pays tiers, et en matière de gestion des clauses de sauvegarde, principalement en ce qui concerne les importations. En effet, l'établissement d'un marché unique où les animaux et les produits animaux sont en libre circulation dès lors qu'ils ont été

régulièrement importés d'un pays tiers dans un Etat membre nécessite le transfert à la Commission du pouvoir de sauvegarde en cas d'apparition soudaine d'une maladie transmissible ou d'une contamination des produits alimentaires dans un pays tiers. Un Etat membre seul ne peut plus prendre d'urgence des mesures de protection vis-à-vis d'un pays tiers sans rétablir immédiatement des contrôles à ses frontières avec d'autres Etats membres qui n'auraient pas pris les mêmes mesures. Le détournement de trafic pour pénétrer le marché communautaire se produira automatiquement par l'Etat membre qui aura l'appréciation la plus faible du risque. Il appartient donc à la Commission de prendre l'initiative de restreindre ou d'interdire certaines importations sur le territoire de la Communauté comme mesure conservatoire immédiate en cas de risque connu ou suspecté, d'envoyer une mission d'enquête dans le Pays tiers concerné et d'arrêter ensuite des conditions spécifiques d'importation en collaboration avec les Etats membres.

V - FAUT-IL NORMALISER LES PRODUITS ?

Dans cette démarche visant à l'harmonisation des règlements sanitaires vétérinaires, la Commission, dans ses propositions, continue à privilégier l'obligation de moyens concernant les conditions de production plutôt que l'obligation de résultat concernant les produits mis en marché. Cependant, pour certaines catégories de produits, l'existence de normes nationales antérieures ou de nécessités liées à la sécurité du produit impose une normalisation communautaire de certains critères.

• 1. Contamination bactérienne

C'est ainsi que des produits très sensibles à la contamination bactérienne, comme le lait, les ovoproduits, les viandes hachées, sont déjà soumis à des normes microbiologiques harmonisées au stade de leur production et de leur commercialisation. Des procédures d'adoption de telles normes sont également prévues dans la plupart des directives et règlements déjà adoptés ou proposés par la Commission, mais chaque fois qu'il est possible d'assurer l'absence de bactéries pathogènes dans le produit **par des mesures prises en amont ou lors de sa fabrication**, cette voie est considérée comme préférable. Il est en effet plus efficace et économique de maîtriser la source d'infection à l'origine que d'effectuer un grand nombre d'analyses avec un plan d'échantillonnage statistiquement calculé pour apporter une probabilité acceptable de non-contamination des produits mis sur le marché.

Plusieurs exemples permettent d'illustrer cette stratégie :

Les salmonelles aviaires : dans le cas de la contamination des œufs par *Salmonella enteritidis*, qui a causé des milliers de salmonelloses humaines au Royaume-Uni et dans d'autres Etats membres, les mesures immédiates d'analyse des œufs mis sur le marché font place à des mesures d'assainissement et de

désinfection des élevages de poules pondeuses contaminés, dès lors que la transmission du germe de la poule à l'œuf a été démontrée.

Les huîtres : la consommation de coquillages vivants comme les huîtres a été fréquemment la cause démontrée de gastro-entérites et d'hépatites virales lorsque ces animaux provenaient de zones maritimes polluées par des égouts urbains. Des normes microbiologiques pour des coquillages livrés à la consommation sont absolument nécessaires, mais le respect de ces normes et la sécurité du produit sont obtenus plus facilement en délimitant les zones maritimes exemptes de pollution pour la récolte ou l'élevage de ces mollusques et en contrôlant étroitement les sources de pollution éventuelles.

Les conserves : les conserves de viandes mal operculées ou insuffisamment stérilisées provoquent de très graves intoxications, comme le botulisme. La recherche de germes et de leurs toxines dans les boîtes exige un nombre très élevé d'échantillons pour une sécurité statistiquement acceptable, mais pour un coût prohibitif. Le contrôle régulier des serts et le réglage des sertisseuses au cours de la fabrication, l'enregistrement continu des températures, pressions et durées des autoclavages apportent une meilleure garantie de l'étanchéité des boîtes et de l'application de barèmes de stérilisation efficaces assurant une sécurité totale du produit.

• 2. Contaminations naturelles ou provoquées

En ce qui concerne des contaminations naturelles ou provoquées, la situation est plus compliquée. Les animaux sauvages ou domestiques sont exposés au cours de leur vie à des contaminations par des substances étrangères, soit présentes dans l'environnement, soit absorbées dans l'alimentation ou au cours de traitements médicaux. Comme, la plupart du temps, ces contaminants sont présents dans les animaux ou leurs produits à l'état de traces ou de doses extrêmement faibles, l'appréciation du risque est difficile.

Lorsque la maîtrise des sources de contamination est possible, en particulier dans le cas de substances administrées par le vétérinaire à des fins thérapeutiques ou par l'éleveur à des fins zootechniques, il est possible de prohiber certaines substances ou de fixer des limites à leur utilisation. C'est ainsi que l'usage d'hormones anabolisantes a été interdit dans la Communauté et que des résidus d'antibiotiques dans les viandes et le lait sont sévèrement limités. De même les contaminants transmis par des aliments artificiels, telles les aflatoxines des moisissures qui se développent dans les tourteaux d'arachide et qui se retrouvent ensuite dans le lait des vaches, peuvent être contrôlés au niveau de la fabrication de l'aliment plutôt que normalisés au niveau du produit d'origine animale livré aux consommateurs. Par contre, lorsque les contaminants proviennent de l'environnement, ils peuvent être soit d'origine naturelle, soit d'origine humaine. L'appréciation du risque dépend alors du degré de toxicité et de la dose absorbée, mais le plus souvent, la toxicité est difficile à mesurer dans le cas d'absorption quotidienne de doses extrêmement faibles ne pouvant induire que des intoxica-

tions chroniques à long terme. Dans ces conditions, fixer régulièrement une teneur limite dans les aliments relève souvent d'une mesure politique visant à rassurer l'opinion publique lors de la médiatisation d'un événement, en attendant des informations scientifiques plus précises.

Mais, en tout état de cause, lorsqu'il s'agit de contaminants de l'environnement ayant pour origine une activité humaine sur laquelle on peut avoir une influence, la démarche fondamentale est de limiter ou de supprimer la source de la contamination.

Deux exemples concrets montrent la difficulté qu'il peut y avoir à fixer des normes d'acceptabilité pour ce type de contaminants : la dioxine et le mercure.

La dioxine : elle (en fait une famille de molécules polychlorées à toxicité variable) a été rendue célèbre par la catastrophe de **SEVESO**, en Italie, où de nombreuses personnes ont été massivement contaminées. Par la suite, des études scientifiques ont été menées tant pour affiner les moyens d'investigation que pour détecter toutes les sources de contamination de l'environnement et évaluer la toxicité de ces molécules.

La dioxine a resurgi sous les feux de l'actualité lorsque des taux « anormalement élevés » ont été trouvés dans le lait de certaines exploitations aux Pays-Bas, situées à proximité des usines d'incinération des déchets d'Amsterdam et de Rotterdam. Alors que, sous la pression des consommateurs alarmés et des écologistes, le gouvernement néerlandais fermait immédiatement les incinérateurs incriminés, fixait une limite provisoire à la teneur en dioxine dans le lait et faisait détruire les laits et produits laitiers dépassant cette limite, les pays importateurs informés par la presse exigeaient des certificats d'analyse démontrant l'« absence » de dioxine dans les laits et produits laitiers originaires du Benelux. Or les moyens analytiques actuels sont capables de déceler la présence de molécules de dioxine à des concentrations extraordinairement faibles, inférieures à un milliardième de milligramme (un picogramme), sans toutefois que la précision de cette mesure soit connue. A ces niveaux, des traces de dioxine sont décelées dans la plupart des denrées alimentaires, et donc, exiger une « absence » de dioxine relève de l'utopie. Par ailleurs, si la toxicité de la dioxine à haute dose est connue malheureusement grâce aux victimes de Seveso, par contre, les effets à long terme de l'absorption régulière de doses infinitésimales sont encore du domaine de la recherche médicale. Pour fixer des valeurs limites en s'appuyant sur des bases scientifiques rigoureuses, il faut établir une corrélation entre la dose et l'effet, ce qui est extrêmement difficile dans le domaine des substances suspectées d'être cancérogènes ou de favoriser les cancers.

Dans la pratique, on a généralement accepté des niveaux de dioxine équivalents au seuil de détection des méthodes d'analyse (de l'ordre du millionième de milligramme). Les nouvelles méthodes d'analyse abaissant de mille fois ce seuil de détection, il n'est plus possible de maintenir cette position, qui aboutirait à retirer du marché la majorité des denrées alimentaires. Le gouvernement néerlandais a fixé provisoirement et arbitrairement une valeur limite correspondant

au triple des valeurs moyennes habituellement observées sur l'ensemble des laits produits aux Pays-Bas ou dans d'autres pays européens.

Par ailleurs, la Communauté cherche à limiter les sources de contamination de l'environnement et a déjà fait adopter, par le Conseil, des directives concernant d'une part le fonctionnement des incinérateurs à déchets normalisant les températures et l'oxygénation de la combustion, et, d'autre part, l'utilisation par les véhicules de carburants sans plomb pour minimiser les émissions de dioxine dans l'atmosphère.

Le mercure : quant au mercure, c'est également une catastrophe qui a fait connaître au grand public les problèmes de toxicologie posés par ce métal : à **MINAMATA**, au Japon, la conjonction d'une pollution industrielle intense rejetant du méthylmercure assimilable, dans une baie fermée et une population locale de pêcheurs se nourrissant quasi exclusivement des poissons de la baie, a engendré des syndromes d'intoxication mercurielle dramatiques. Mais, hors ce cas accidentel dû à une pollution humaine incontrôlée et qui a servi de révélateur, le problème du mercure n'est pas comparable à celui de la dioxine, car ce métal est présent de façon naturelle dans les océans, sous une forme organique méthylée ou alkylée, donc assimilable par les organismes vivants. Dans ces conditions, lutter contre les rejets de mercure par l'industrie est le seul moyen d'éviter des accidents comme celui de Minamata, mais cela ne résoud pas le problème du mercure naturel.

Le mercure assimilé s'accumule lentement dans les tissus vivants, c'est pourquoi les poissons prédateurs qui vivent longtemps comme les thons, les requins et les espadons en contiennent d'autant plus qu'ils sont de grande taille et donc plus âgés. Chez l'homme, cette accumulation progressive peut aboutir à des troubles graves à partir d'une certaine concentration dans les tissus nerveux. Contrairement à la dioxine, la pathogénie est bien connue et la toxicité mesurable. L'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) a déterminé le niveau tolérable d'absorption de méthylmercure par semaine à 3,3 microgrammes par kilogramme de poids corporel. C'est-à-dire qu'une personne pesant 60 kg peut absorber sans risque 198 microgrammes de méthylmercure par semaine pendant toute sa vie. À partir de là, fixer une teneur maximale de mercure dans les poissons consommés dépend essentiellement du régime alimentaire : une population fortement ichthyophage devra être protégée par un seuil plus bas qu'une population consommant peu de poisson.

Des centaines de milliers d'analyses de par le monde montrent que les grands thons, espadons et requins contiennent - en moyenne - un milligramme de méthylmercure par kilogramme de chair. Pour ne pas dépasser la limite fixée par l'O.M.S. la consommation de ces poissons devrait être limitée - en moyenne - à 200 grammes par semaine, soit plus de 10 kg par an. Les études effectuées dans les pays consommateurs de ces espèces montrent qu' - en moyenne - ce niveau de consommation n'est pas dépassé (notamment parce qu'un effort de pêche intensif sur ces ressources a fait disparaître les poissons les plus âgés), mais, au

sein d'une grande nation, il peut exister des sous-groupes ethniques au comportement alimentaire spécifique qui peuvent constituer des groupes à risques et nécessiter une norme plus faible.

Cette analyse des risques a entraîné l'adoption de normes assez différentes d'un pays à l'autre, certains pays estimant même inutile de fixer une norme en raison du faible taux de consommation de poisson de la population. Ces différentes approches rendent très difficile une harmonisation des règles nationales, ce qui nécessairement sera jugé excessif pour les uns ou insuffisant pour les autres.

CONCLUSION

En définitive, l'effort de normalisation vétérinaire entrepris pour l'achèvement du marché intérieur vise essentiellement à créer un espace où des conditions harmonisées de production et de transformation, soumises à un ensemble de contrôles crédibles, vérifiables et impartiaux, permettront d'instaurer un climat de confiance réciproque entre les Etats membres et de lever toutes les entraves qui subsistent encore à une libre circulation des animaux et de leurs produits. Cette philosophie vise fondamentalement à garantir le résultat exigé (une suppression ou une limitation des risques) par la mise en œuvre de moyens de production appropriés soumis à une surveillance adéquate. L'objectif est d'éviter dans la mesure du possible la multiplication de normes techniques concernant la sécurité du produit fini (l'animal ou la denrée alimentaire qui en est issue). Contrairement aux produits industriels, les produits biologiques sont par nature variables, et une garantie statistique du respect d'une norme en aval sans la maîtrise de ce qui se déroule en amont ne peut être apportée que par un échantillonnage lourd et un tel nombre d'analyses que le coût est souvent incompatible avec la valeur finale du produit. La stratégie communautaire vise donc à apporter un maximum de couverture des risques pour un minimum de coût de contrôle ■

ENTREPRISES ET PREVENTION

MOTS CLÉS : *Audit • Conseil en prévention • Expertise technique • Risk-manager • Risques d'entreprises •*

L'assurance des risques des entreprises cherche de plus en plus à s'étendre aux activités de prévention. Ce texte illustre comment la prévention s'intègre dans les services offerts par l'assureur. Ici, le concept de risque hautement protégé est central dans l'approche de la prévention des risques.

L'UAP a depuis toujours considéré la prévention comme partie intégrante de sa vocation d'assureur de référence. Tous les domaines de l'activité humaine sont concernés. Ainsi, l'association « UAP pour la Prévention » met en œuvre une politique active de prévention axée principalement sur les trois domaines suivants : accidents de la route, accidents domestiques, toxicomanie. En travaillant sur les comportements et en particulier sur l'éducation des enfants et des jeunes, elle souhaite développer le réflexe prévention dans le comportement des acteurs économiques.

Dans le cadre de cet article, nous nous limiterons à un aspect de la politique de prévention de l'UAP : celui touchant aux risques d'entreprises. Dans ce domaine, l'importance de la prévention a considérablement augmenté ces dernières années sous l'action de plusieurs facteurs souvent corrélés : les rouages de l'entreprise sont de plus en plus fragiles, les concentrations industrielles se poursuivent en Europe à un rythme accéléré, le climat de concurrence exacerbée implique une gestion plus rigoureuse, spécialement de la maîtrise des coûts. Un incident, même limité dans ses conséquences matérielles directes, peut avoir des répercussions considérables sur la vie de l'entreprise (plusieurs exemples de sinistres récents ont montré la disproportion entre le montant des dommages matériels et des dommages immatériels qui en résulte directement ou indirectement). La multiplication des goulots d'étranglement dans les chaînes industrielles et la réduction des stocks intermédiaires dans le cadre d'une politique de flux tendus sont des exemples de cette fragilisation des grandes industries intégrées. La vulnérabilité de l'ensemble est celle du maillon le plus faible.

* Pierre-Marie DUCORPS est Directeur de l'UAP International ; Christophe PARIZOT est chargé de mission à l'UAP, agence Le Peletier, Paris ; Françoise SAUVANET est fondée de pouvoir à l'UAP, agence Le Peletier, Paris.

Par ailleurs, l'entreprise supporte des risques de plus en plus lourds, n'atteignant pas directement son patrimoine mais engageant sa responsabilité :

- l'émergence du consumérisme conduit dans les pays développés à une rapide progression du nombre et du montant des réclamations,
 - l'explosion technologique peut amener, à travers des processus nouveaux et quelquefois mal maîtrisés, à des conséquences incalculables sur l'environnement,
 - le coût des conséquences corporelles des accidents est de plus en plus lourd.
- De même, les systèmes d'informations intégrés au sein des entreprises les rendent vulnérables aux fraudes informatiques ; cela est plus particulièrement sensible dans les établissements financiers où la sécurité informatique est devenue une préoccupation majeure.

Les problèmes de sûreté apparaissent dans des domaines où l'espionnage industriel est une réalité quotidienne du fait de la croissance exponentielle des coûts de recherche et de développement.

Parallèlement à cette exposition croissante aux risques, les industriels ont évolué dans leur approche du risk-management. L'analyse du coût global du risque qui inclut à la fois les investissements de prévention, les primes d'assurance et le coût de l'auto-assurance les a amené à privilégier, en fonction de leur taille, une politique de conservation des risques.

Cette auto-assurance, qui inclut des risques assurables volontairement gardés mais aussi les conséquences non assurables d'un sinistre (perte de goodwill...), a amené nos clients à s'intéresser de façon croissante à la prévention.

De ces constatations est née une nouvelle famille d'assureurs qui sont davantage préoccupés de voir l'assuré mettre en place des moyens de prévention et de protection importants. Des équipes « risk-managers », courtiers, compagnies d'assurances se sont formées pour étudier, dès la conception même de nouveaux investissements, les moyens efficaces de diminuer la fréquence et l'amplitude des sinistres. L'UAP, qui a toujours considéré son rôle d'assureur comme allant de pair avec celui de conseiller en matière de prévention et de protection, a participé activement à cette évolution.

Nous essaierons, à travers quelques exemples, d'illustrer cette démarche. Ces exemples sont volontairement limitatifs et nous ne parlerons pas de sujets aussi importants que la prévention en matière de pollution, de bris de machines, de construction, de vol...

I - LA PRÉVENTION INCENDIE

Les montants élevés atteints par les sinistres incendie, de même que les engagements très importants pris sur ce type de risque, ont de tout temps amené les assureurs à s'intéresser de près à la matérialité des risques qu'ils souscrivaient. D'où la création très ancienne de corps d'Inspecteurs vérificateurs, au service de politique de sélection des risques. Sachant que, statistiquement, les usines,

n'ayant pas de politique sérieuse de prévention/protection, donnent, quel que soit le montant des primes, des résultats déficitaires, ceux-ci ont depuis toujours intégré l'analyse du niveau de prévention/protection dans la technique de vérification de risques.

C'est donc en matière d'incendie que les assureurs se sont tout d'abord intéressés à la prévention. Pour ces raisons historiques, c'est dans ce domaine que l'UAP possède la plus grande expérience et la plus grande expertise, que nous allons développer maintenant.

Nous l'avons vu plus haut, plusieurs phénomènes récents ont accru la sensibilité aux risques des industriels. Des sinistres aux conséquences matérielles relativement faibles peuvent induire des pertes d'exploitation de plusieurs centaines de millions de francs, mais aussi des pertes non assurables telles que les parts de marché, la notoriété...

Cela, combiné à l'augmentation de l'auto-assurance due à la gestion financière rigoureuse du coût du risque, a amené les industriels à s'intéresser de très près au niveau de prévention/protection de leur outil de production, et à faire de la politique de protection une priorité stratégique.

Face à cette évolution qu'elle avait longtemps souhaitée, l'UAP a adapté sa politique pour faire de ses compétences en prévention non plus un outil tourné uniquement vers la souscription, mais une gamme de services cohérente permettant à ses assurés de mettre en place avec succès leur politique de protection du patrimoine. Un service ingénierie spécialisé, composé de 30 ingénieurs et techniciens de la prévention, a été créé pour conseiller les industriels dans ce domaine. Leur mission est triple :

- réaliser l'audit sécurité des sites industriels afin de mettre en évidence les vulnérabilités de l'entreprise, évaluer les conséquences des sinistres potentiels et définir un plan d'action chiffré permettant de maîtriser la fréquence et le coût des sinistres. Après synthèse au niveau du groupe, cet audit est un outil de décision technique et économique permettant de définir une politique de conservation du patrimoine et de programmer sur plusieurs années les investissements nécessaires,
- aider le risk-manager, par un programme de visites régulières, à actualiser en permanence sa connaissance du patrimoine industriel du groupe, mais aussi, au cours de ses visites, servir de relais auprès des usines dans la diffusion de la politique de prévention définie au niveau central,
- faire bénéficier l'industriel de la connaissance que possède l'UAP des marchés de la protection incendie (sprinklers, détection, extinction gaz...) afin de lui garantir que ses investissements le seront non seulement au meilleur prix mais dans le respect des normes de qualité rigoureuses qu'exige toute installation de sécurité.

Cette démarche passe par la rédaction de cahier des charges d'appels d'offres, le conseil lors du dépouillement des réponses, le contrôle des plans et des calculs, le suivi des chantiers et la réception des installations.

La gamme de prestations proposées par l'UAP lui permet d'être le partenaire de ces assurés dans leur politique de conservation du patrimoine.

L'objectif ultime est le concept de risque hautement protégé (RHP). Celui-ci s'appuie, au niveau des sites industriels, sur les qualités suivantes :

- la direction adhère à la philosophie de prévention/protection définie par le groupe, et s'implique totalement dans les travaux de contrôle des risques,
- la construction de l'établissement est solide, en bon état d'entretien et en général non combustible. Des éléments limitant l'extension d'un sinistre (murs coupe-feu, portes coupe-feu) peuvent être nécessaires,
- une installation de protection automatique par sprinkler doit être installée où cela s'avère nécessaire, renforcée par de bonnes sources d'eau et un réseau incendie adéquat,
- les matériaux et procédés dangereux sont spécifiquement protégés et isolés si nécessaire,
- l'établissement dispose d'un système de gardiennage ou de report d'alarme permettant une intervention rapide en cas de sinistre,
- l'établissement dispose de moyens de lutte manuels contre l'incendie efficaces ainsi que du personnel formé à les utiliser,
- l'établissement est efficacement protégé contre les risques du voisinage.

C'est ce concept de sécurité optimale, matérialisée par le Label RHP, que veut développer l'UAP, en s'appuyant sur ses 30 ingénieurs préventionnistes.

Par ailleurs, elle a créé une filiale UAP Service Industrie qui, présentant la même gamme de prestations de services que le service ingénierie, peut faire bénéficier les industriels qu'elle n'assure pas de son expertise technique.

C'est également dans ce cadre qu'elle s'est associée avec le troisième assureur mondial en terme de RHP, la société américaine Kemper, en créant le joint-venture - UAP Kemper HPR Company -, qui a pour vocation d'offrir des prestations techniques d'ingénierie et en même temps de faire la promotion d'une utilisation plus large du concept RHP en Europe.

II - LA PRÉVENTION RESPONSABILITÉ CIVILE

Depuis quelques années, la responsabilité des industriels est de plus en plus fréquemment mise en cause et le montant des indemnités ne cesse d'augmenter. L'analyse d'un nombre significatif de sinistres dans des domaines d'activités diversifiés permet de dégager trois causes principales à cette évolution :

- le développement du consumérisme : les consommateurs mieux informés de leurs droits et confortés par une jurisprudence de plus en plus contraignante à l'égard des entreprises n'hésitent plus à les mettre en cause. Nos marchés suivent en cela la voie ouverte par les Etats-Unis,
- la concurrence internationale : pour se maintenir en tête d'une compétition particulièrement agressive, les industriels sont condamnés à concilier trois facteurs : l'innovation, la rapidité, le coût. Etre le premier à proposer un produit

et/ou une prestation nouvelle dans des conditions économiques optimales conduit trop souvent à négliger la qualité, la fiabilité,

- le durcissement des relations entre professionnels incite les industriels à accepter des responsabilités de plus en plus lourdes et rend moins fréquents les « arrangements commerciaux ».

Comment l'assureur peut-il intervenir dans le processus de prévention des risques ?

Certainement pas en se substituant à l'industriel, qui reste le spécialiste de sa technologie, mais plutôt, après avoir fait émerger les points sensibles, en suggérant des recommandations induites par l'expérience acquise à la faveur des sinistres.

Ainsi est-il permis d'affirmer que certaines mesures de prévention juridique et technique contribuent largement à réduire non seulement le nombre de réclamations, mais aussi leur montant.

III - PRÉVENTION JURIDIQUE - NOTICE D'EMPLOI OU DE PRÉCONISATION

Un préjudice créé par un produit de bonne qualité peut conduire à une condamnation du fabricant si la notice de commercialisation ne comporte pas les recommandations permettant de l'utiliser en toute sécurité.

De nombreuses décisions illustrent la nécessité de rédiger des documents clairs, précis, adaptés à l'environnement social, juridique et géographique de leur destinataire.

Clauses contractuelles des marchés de fourniture et/ou de service

- Enfermées dans des considérations économiques, les entreprises se laissent trop souvent entraîner à signer des marchés comportant des clauses leur transférant des responsabilités qui vont au-delà de l'application stricte des dispositions légales et se trouvent ainsi, en cas de litige, privées de moyens de défense.
- L'exigence de clauses limitatives de responsabilité admises dans le cadre des relations entre professionnels permet à la fois de quantifier le risque maximal et de mieux le maîtriser.

Il est par exemple raisonnable d'estimer qu'un industriel faisant l'acquisition d'une installation performante dans le but d'augmenter sa production admette de limiter, à x fois la valeur de cette installation, la responsabilité du fournisseur en cas de dysfonctionnement.

IV - PRÉVENTION TECHNIQUE

Fondée sur le concept de qualité intégré dans la culture de l'entreprise, elle reflète un état d'esprit.

C'est dans ce domaine sans doute que l'intervention de l'assureur devient plus

délicate dans la mesure où elle concerne parfois le processus même de fabrication. Son expérience peut aider à déceler les failles.

Produits ou procédés nouveaux

Concevoir, maîtriser une technologie nouvelle représente un investissement conséquent. La tentation est grande alors, pour en limiter le poids, de réduire par exemple la durée d'un essai coûteux dans la procédure préalable à la mise sur le marché d'un produit nouveau ; mais cette impasse peut tourner à la catastrophe si elle met finalement en cause la totalité de la production future.

Quel qu'en soit le coût, aucune des phases de tests, contrôles, essais ne peut être négligée même si cette procédure doit parfois déboucher sur un échec et conduire à renoncer. Il y va de l'image de marque de l'entreprise.

Processus de fabrication-prestation

Une fois le produit ou procédé mis au point, les contrôles à tous les stades de l'intervention de l'industriel s'imposent, de même que doivent être mis en œuvre les moyens d'identification et de suivi des produits tout au long de leur vie.

Relations avec les sous-traitants

L'appel à la sous-traitance implique de se préoccuper certes de la qualité et de la solvabilité de ces entreprises, mais aussi d'exiger de connaître leurs protections d'assurance.

La prévention technique élaborée par une entreprise se trouve fragilisée si elle n'a pas, vis-à-vis des sous-traitants auxquels elle fait appel, les mêmes exigences de qualité. La procédure de contrôle des sous-traitants passe par la rédaction de cahiers des charges, l'élaboration de normes et la vérification de l'application du respect de ces dispositions. Les constructeurs automobiles vont jusqu'à attribuer des étoiles à leurs sous-traitants.

Si malgré ces mesures des incidents surviennent, il faut se donner les moyens d'analyser les causes afin de sophistiquer encore la prévention pour y remédier. C'est dans cet esprit que l'UAP conçoit la notion de partenariat, indispensable si l'on veut dans un environnement économique difficile pérenniser les relations entre les industriels et leurs assureurs.

V - LA PRÉVENTION INFORMATIQUE

Les sociétés industrielles comme les sociétés de services voient leur système d'information de plus en plus intégré et donc de plus en plus vulnérable.

Trois facteurs principaux contribuent à cette fragilisation :

- les risques classiques liés à l'environnement (incendie, dégâts des eaux, bris de machines, défaillance des matériels),
- les risques de fraude informatique et de détournement particulièrement sensibles dans les services,
- les risques de sabotage, malveillance.

Les conséquences sont elles-mêmes de plusieurs ordres : purement matérielles

mais aussi immatérielles (frais supplémentaires, pertes d'exploitation, perte de marché, abandon de position stratégique...).

L'ensemble de ces pertes a été estimé, en FRANCE, en 1987, à 8 milliards de francs.

Devant l'augmentation de ces risques, les sociétés industrielles et commerciales cherchent à s'assurer mais aussi à accroître le niveau de sécurité de leurs installations, sachant qu'un certain nombre de conséquences de sinistres informatiques sont difficilement assurables. Peuvent être cités à titre d'exemple : la perte de fichiers de clientèle, la perte d'informations stratégiques de toute nature, l'interruption de campagnes de marketing, l'anéantissement des investissements de recherche et de développement.

L'UAP propose, à ses clients, une analyse de leurs risques informatiques. Le premier objectif est pour l'assureur d'évaluer le risque et de proposer des couvertures appropriées mais aussi, quelle que soit la conclusion de la démarche assurance, de collaborer étroitement dans la mise en œuvre de la politique de sécurité informatique du groupe. C'est dans ce cadre que l'UAP a constitué une équipe de spécialistes dont l'intervention revêt deux aspects :

- audit des installations informatiques et de leur environnement (climatisation, secours électrique, back-up...). Cet audit permet d'évaluer les risques matériels et de préconiser des mesures de protection adéquates,
- l'audit du système d'information lui-même, c'est-à-dire de l'ensemble des processus de traitement de l'information (informatiques ou non), permet l'évaluation des risques immatériels (détournement, sabotage informatique).

Dans ce cadre, l'UAP a développé depuis plusieurs années un « système expert » fraude informatique. Ce système expert, par définition, est constitué d'une base de connaissances et d'un moteur d'inférences. La base de connaissances a été construite en collaboration entre les informaticiens et les experts en matière de risques informatiques de l'UAP. Elle consiste en un questionnaire de contextes, un questionnaire de facteurs de risques, un système d'évaluation du risque et des arbres de cotations.

L'audit effectué à l'aide du système permet :

- d'aider les souscripteurs à évaluer les risques qui leur sont proposés et détecter les points de dysfonctionnement. Notre client, conseillé par les ingénieurs de l'UAP, peut améliorer la sûreté de ses procédures,
- de délivrer à nos clients un ensemble d'informations techniques synthétisées par une rosace d'exposition aux risques.

La relation que nous avons initiée avec notre assuré ne s'arrête pas à cette étude, et l'UAP, en partenariat avec la société concernée, poursuit l'action de conseil en prévention, qui reste sa préoccupation première.

CONCLUSION

L'intérêt pour la prévention fait partie de l'éthique même de l'assureur. C'est ainsi, en tout cas, que l'UAP conçoit son rôle. En effet, il ne suffit pas de mutualiser un certain nombre de risques, mais encore faut-il participer au plan macro-économique à la sauvegarde de la valeur du patrimoine collectif en agissant sur la fréquence et l'amplitude des sinistres.

Bien entendu, cette vocation se décline quotidiennement dans l'assistance que nous souhaitons apporter à nos clients dans la protection de leurs actifs.

La question qui nous est souvent posée est celle de la rentabilité de l'investissement prévention. Le calcul de la valeur actuelle nette de cet investissement doit intégrer trois critères :

- la diminution du coût global des sinistres correspondant au risque que l'assuré a choisi de conserver à sa charge,
- les économies de prime pour la perte qu'il a transférée,
- l'accroissement de la valeur de ses actifs liée directement au montant de l'investissement.

A côté de ces éléments quantifiables, d'autres plus difficiles à mettre en équation doivent également être pris en compte.

Pourront être cités parmi ceux-ci :

- des conséquences immatérielles non assurables que nous avons déjà évoquées,
 - la stabilité sur le long terme des primes. Cela est particulièrement important dans un marché aussi cyclique que celui de l'assurance des risques industriels.
- La relation de partenariat nouée entre l'industriel et son assureur permet à ce dernier de garantir la stabilité des primes,

- la valorisation des actifs induite par la diminution de leur sensibilité aux risques.
- Un processus bien maîtrisé assorti d'un contrôle qualité de haut niveau entraînant une diminution du risque responsabilité civile permettra, à chiffre d'affaires égal, de revendre un secteur d'activité plus cher.

Enfin, l'expérience que nous avons acquise au contact de nos clients et de leurs conseils nous permet d'affirmer qu'il existe une corrélation certaine entre les performances économiques d'un industriel et l'importance stratégique qu'il accorde aux notions de sécurité et de qualité ■

INGENIERIE DE LA PREVENTION

MOTS CLÉS : *Audit de prévention • Estimation • Incendie • Industrie • Ingénieur •*

Avec plus de 150 ans d'expérience, Factory Mutual est la référence obligée en matière de prévention des risques industriels. Une étude technique et scientifique à la base de chacune de ses interventions lui a permis de développer le concept HPR (High Protected Risk). Les méthodes utilisées pour la mesure des risques et la définition des protections sont surtout empiriques et très peu analytiques.

Factory Mutual a été créé en 1835 par Zachariah Allen. Cet industriel du textile avait conçu son usine de filature de coton avec le souci d'une prévention la plus parfaite possible des conséquences d'un incendie. Des murs et des cloisons épaisses, des arrivées d'eau à chaque étage, tout le bâtiment était organisé selon l'idée que la manière efficace de combattre un incendie était d'abord d'en prévenir les effets. Cette idée allait donner naissance au concept de Factory Mutual. Zachariah Allen se vit refuser par les assureurs des réductions de primes tenant compte de ses installations. Il décida de créer avec d'autres industriels une mutuelle. Cette mutuelle devait répondre à deux objectifs : développer les connaissances techniques en prévention des risques industriels et dans cet esprit créer un corps d'ingénieurs spécialisés, et assurer les sites qui suivent les recommandations et mesures de prévention de ce corps d'ingénieurs. Aussi Factory Mutual se caractérise d'abord par l'étude technique et scientifique de la prévention des sinistres industriels, avant d'être une compagnie d'assurances. Sur les 3000 employés de Factory Mutual, 1700 sont ingénieurs.

■ I - L'APPROCHE HPR

Factory Mutual a développé une méthodologie empirique de la prévention industrielle basée sur la mémoire, la recherche et l'approche HPR. 150 années d'expérience ont permis de constituer une base de données sur les risques industriels. Cette mémoire a servi à établir des nomenclatures des risques et des installations dans tous les domaines de l'industrie. Lorsque la mémoire n'existe

* Responsable Département Marketing de Factory Mutual International

pas, l'expérimentation peut la suppléer. 200 ingénieurs sont affectés à une unité de recherche sur l'incendie qui dispose d'un centre d'essais où sont reconstituées en taille réelle toutes les configurations rencontrées dans l'industrie.

Cette unité sert à définir des normes de stockage et à tester les équipements de sécurité.

Cette approche empirique a permis de développer le concept HPR (High Protected Risk). La relation entre Factory Mutual et un industriel s'établit en quatre phases :

- identification des risques
- quantification
- réduction
- transfert à l'assurance

• **1. L'identification des risques** se fait par un audit initial complet de prévention sur tous les risques, dommages et pertes d'exploitation.

L'analyse va porter sur les constructions, l'affectation des locaux, les dispositifs de sécurité spécifiques, les domaines de la prévention humaine, la protection physique de l'usine, la protection contre les risques extérieurs, dangerosité du site...

L'analyse de la perte d'exploitation est extensive. Elle comprend notamment les pertes d'exploitation indirectes ou l'influence de risques extérieurs spécifiques sur la perte d'exploitation, défaut d'alimentation en énergie, par exemple.

• **2. Une estimation du risque réel** est nécessaire. Si un équipement vieux de cinquante ans est détruit, il ne sera pas remplacé par un équipement d'occasion, mais par un équipement neuf équivalent. Le coût réel du risque correspond donc à la valeur de remplacement de l'équipement, sa valeur à neuf. Les valeurs des pertes d'exploitation recherchées le sont par usine et même par ligne de produits. La perte d'exploitation s'entend comme la perte financière subie, due à une interruption des opérations de production. Cette perte financière en cas de sinistre est constituée par les charges fixes qui continuent à courir, même en cas d'arrêt de la production et par le bénéfice net qui aura disparu. Des données qualitatives interviennent dans la mesure de la perte d'exploitation. Si la production d'un atelier s'arrête, cela aura des conséquences en aval et en amont de cet atelier. Il est peut-être possible de remplacer la production perdue par une autre unité, ce qui aura un coût...

Ces opérations de mesure ont pour but de déterminer le sinistre maximal possible (SMP). C'est la situation la plus défavorable possible, tant en dommages qu'en perte d'exploitation. Chaque bâtiment ou unité de production d'une entreprise se verra définir un SMP.

Sur un site industriel, l'ingénieur recherchera ou réactualisera régulièrement au cours de ses visites le coût du sinistre maximal possible. Il imaginera le sinistre pouvant survenir dans les conditions les plus défavorables, le sinistre ayant alors les conséquences les plus dommageables pour l'entreprise en terme de dommages matériels et pertes d'exploitation combinées.

L'ingénieur évaluera aussi les montants des sinistres potentiels dans d'autres secteurs du site.

• **3. La réduction des pertes** : les opérations de « loss-reduction » sont au coeur des interventions de Factory Mutual.

La quantification des sinistres constitue un guide, une aide à la décision. Les mesures de réduction des sinistres proposées par Factory Mutual ont pour but, à partir de la quantité de référence (SMP), de parvenir à minimiser le sinistre résiduel.

A partir de la quantité de référence, le SMP, des mesures sont prises pour parvenir à un sinistre résiduel le plus bas possible. Pour chacun des problèmes répertoriés et quantifiés, l'ingénieur proposera une solution technique de réduction du sinistre possible et évaluera le coût de l'investissement nécessaire pour réaliser cette réduction. Il indiquera ensuite son évaluation du coût du sinistre résiduel, lorsque les différents dispositifs de protection auront été installés. Bien évidemment, tant qu'aucune protection n'est installée, le sinistre résiduel est égal au sinistre maximal possible (SMP). On peut donc dire que, plus le sinistre résiduel sur un site donné diminue, plus le site devient un site hautement protégé. Un risque est déclaré HPR quand les installations de protection ont ramené les potentiels de sinistres au-dessous de 10 millions de francs.

Les mesures qui permettent d'atteindre le risque hautement protégé ont un coût. Ce coût doit bien sûr rester en rapport avec la valeur du bien ou des équipements protégés. On observe, dans la pratique, que le ratio d'investissement nécessaire sur valeur du bien protégé doit rester inférieur ou égal à 2 %. Il est difficile de convaincre un industriel de s'engager dans des coûts de prévention au-delà de ce ratio. En pratique, 2 % d'investissement de prévention correspondent à un passage en HPR de 70 à 75 % des biens couverts.

Aucune recommandation n'est faite pour des sinistres potentiels inférieurs à 5 millions de francs.

■ II - MISE EN OEUVRE ET CAPACITÉ FINANCIÈRE

Les prestations de Factory Mutual sont d'abord des prestations de service visant à améliorer la gestion des risques d'une entreprise.

L'audit complet et les recommandations à prendre constituent une base de données qui va guider les priorités d'investissement de protection. L'industriel commencera en effet par concentrer ses efforts sur les potentiels de sinistres les plus importants, puis continuera par ordre décroissant. L'information donnée sera donc d'une grande importance pour orienter les choix et priorités d'action du groupe. Au niveau de l'usine, la quantification de chaque sinistre possible permet au directeur de fixer, dans le cadre de son budget, des ordres de priorités. Le SMP représente l'engagement financier maximal du souscripteur sur un site donné. L'évolution de ces dernières années montre que la recherche des gains de productivité a tiré ces SMP vers le haut : concentration des moyens de production

dans quelques unités, utilisation maximale, sur trois, quatre, voire cinq équipes, de l'équipement de production, construction de grandes unités modernes et peu cloisonnées sont quelques-uns des paramètres qui expliquent, que dans l'industrie, les SMP soient en augmentation.

Le SMP peut se comparer à une ligne de crédit. Plus la ligne de crédit qu'un banquier propose à son client est élevée, plus le coût du service bancaire est élevé, même si le crédit n'est pas utilisé.

Il en est de même en matière d'assurance, où la souscription d'un risque est effectuée sur la base du SMP. Cependant, la qualité de ce SMP a une grande importance. Deux critères essentiels d'appréciation seront retenus :

- l'adaptation de la protection à l'affectation des locaux,
- la fiabilité des sources d'alimentation des systèmes de protection.

Dans l'hypothèse la plus fiable, la capacité directe mise à disposition de l'industriel par le groupe Factory Mutual est de l'ordre de 600 millions de francs. Dans le cas d'un risque faiblement protégé, la rétention du groupe ne dépassera pas 40 millions de francs. Dans le premier cas, il n'y aura d'achat de réassurance qu'en excédent de 600 millions de francs et ce jusqu'au SMP ; donc la couverture sera peu coûteuse. Dans le second cas, elle le sera plus puisqu'il faudra un système de coassurance ou de réassurance en excédent, à partir de 40 millions de francs.

Le concept de Factory Mutual comporte plusieurs spécificités. Il est l'invention d'ingénieurs qui ont du risque et de la prévention une approche technique. De ce fait, l'analyse est strictement empirique.

Elle ne laisse à l'approche probabiliste ou théorique qu'une part très faible, pour, au contraire, appuyer les décisions et recommandations sur des données expérimentales. Ainsi, dans ce concept, lorsque les recommandations ont été suivies, la capacité financière de couverture en direct excède largement les règles des marchés d'assurance. La prévention est non pas un supplément apporté à l'activité d'assurance, mais sa raison première. Pour autant ce concept a ses limites. Il s'applique en priorité aux risques catastrophiques et ne concerne pas, en particulier, les risques de développement. Il s'applique aux risques purs où les deux parties ont un intérêt commun à ce que le risque ne se déclare pas. Il implique une participation étroite dans la gestion des risques entre assureur et assuré et n'affronte donc pas les problèmes de hasard moral ■

PREVENTION

et marchés financiers

MOTS CLÉS : *Catastrophe • Cash-flow • Crise • Marchés financiers • Rendement •*

Dans ce texte, les auteurs cherchent à connaître l'impact, pour une entreprise, d'un accident sur les marchés financiers et à partir de là si ceux-ci peuvent inciter les entreprises à adopter des mesures de prévention pour minimiser le risque. Après avoir rappelé la méthodologie utilisée, c'est à travers une présentation des études sur les conséquences des risques dans les différents secteurs de l'activité économique que les auteurs répondent à cette question. Ils examinent particulièrement les cas des catastrophes aériennes et énergétiques.

L'apparent accroissement de la fréquence des catastrophes industrielles pose avec acuité une question qui n'a pas, jusqu'ici, reçu de réponse satisfaisante : les marchés financiers sont-ils en mesure de discipliner les dirigeants en les forçant à minimiser le risque des accidents ? La théorie financière énonce en effet que le prix d'un titre est égal à la valeur actualisée de ses rendements futurs. La perte de matériel et d'achalandage qui résulte d'un sinistre ainsi que les poursuites qui peuvent en découler devraient réduire ces *cash-flows*. L'incertitude qui entoure les conséquences exactes des sinistres et l'éventualité d'interventions gouvernementales devraient également accroître le niveau de risque, donc le taux d'actualisation implicite de ces *cash-flows*. Ces deux éléments devraient se conjuguer pour provoquer une baisse rapide et durable des cours. Si le produit de cette perte de richesse par sa probabilité d'occurrence était supérieur au profit tiré de l'adoption d'un comportement risqué, les dirigeants seraient conduits à minimiser le risque des accidents. La façon dont le marché réagit et « punit » en quelque sorte les entreprises victimes de catastrophes est donc un sujet d'étude important, qui a fait l'objet de plusieurs travaux. Les conclusions de ces recherches sont généralement en contradiction : quelques études concluent à un effet significatif

* Faculté des Sciences de l'Administration, Université Laval, Ste Foy (Qué.), G1K 7P4. Cette recherche a été financée par la Chaire en Assurance de l'Université Laval et par The National Center for Management Research and Development.

des crises sur la richesse des actionnaires (Sprecher et Pertl : 1983, 1988). Mais, plusieurs chercheurs obtiennent des résultats contraires. Les crises n'auraient qu'un effet temporaire et limité sur les prix des titres, même lorsqu'il s'agit d'événements majeurs comme ceux survenus à Bhopal ou Three Mile Island (Marcus, Bromiley et Goodman : 1987, Davidson, Chandy et Cross : 1987). L'effet à moyen terme des accidents sur la richesse des actionnaires serait donc négligeable et les dirigeants ne chercheraient à les éviter qu'en raison d'éventuelles contraintes légales ou pour des motivations éthiques. Cet énoncé a évidemment des implications majeures pour les gouvernements, les compagnies d'assurances et pour les individus.

Comme il est très difficile de déterminer actuellement si le marché discipline ou non les dirigeants face aux risques majeurs, nous proposons ici une recension des études portant sur la réaction des marchés à ces crises majeures.

Nous avons divisé cet exposé en trois sections, consacrées respectivement à l'aviation, à l'énergie et autres secteurs d'activité. L'abondance des études consacrées aux deux premiers secteurs explique qu'on leur consacre une section particulière. La revue critique des études sera précédée d'un exposé rapide de la méthodologie couramment employée, et la dernière section du texte récapitulera les résultats et tirera les conclusions en termes de contrôle des risques.

■ I - MÉTHODOLOGIE

Tous les tests employés dans les études antérieures reposent sur l'analyse des résidus, c'est-à-dire la différence entre les taux de rendement observés au cours d'une période donnée et ceux qui auraient dû être observés en l'absence de l'événement¹. Il s'agit de calculer, dans un premier temps, un résidu e_{it} qui est la différence entre le rendement observé au temps t , noté R_{it} et celui qui était normalement attendu, noté $E(R_{it})$. Ce dernier rendement est calculé à l'aide de paramètres estimés au cours des jours ou mois qui précèdent la période de l'accident. Les résidus moyens sont ensuite calculés pour l'ensemble des titres à l'aide de la formule suivante :

$$RM_t = (1/N_t) \sum_{i=1}^{N_t} e_{it}$$

Ces résidus moyens peuvent ensuite être cumulés depuis la date d'annonce de l'événement. Le résidu moyen cumulé entre la date d'annonce et le jour ou mois t mesure le rendement excédentaire² réalisé par un investisseur qui aurait composé un portefeuille équipondéré des titres des entreprises victimes de catastrophes, en achetant les titres le jour même de l'événement³.

1. Pour une revue complète de l'emploi de cette méthodologie dans le domaine de l'assurance, voir Henderson (1990).
 2. Le terme de rendement excédentaire est employé puisqu'il s'agit de taux de rendement réalisé en excédant de celui du marché, après ajustement pour le niveau de risque. Le résidu moyen cumulé peut être une somme ou un produit.
 3. En suivant une telle stratégie, l'investisseur subira évidemment une perte dans la plupart des cas. Cependant, il suffit de remplacer les achats par des ventes à découvert pour développer une stratégie rentable.

Il est noté

$$(RMC_t^{t+m})$$

et calculé comme suit :

$$RMC_t^{t+m} = \sum_{i=t}^{t+m} (RM_i)$$

Les résultats des études qui seront discutées ici se présentent donc sous la forme de résidus moyens pour le jour de l'événement, qui permettent de juger de l'ampleur de la réaction immédiate. En multipliant ce résidu par la capitalisation boursière mesurée avant l'événement, certains auteurs estiment une perte de richesse en dollars. Toutefois, cette perte n'est réelle que si elle n'est pas suivie immédiatement d'un gain d'ampleur similaire. C'est pourquoi les études présentent également des résidus moyens cumulés qui indiquent la réaction à moyen et long terme des marchés et permettent d'apprécier la perte réelle subie par les actionnaires. Le tableau 1 récapitule les résultats des études sous la forme du résidu moyen au jour d'annonce de l'accident et du résidu moyen cumulé entre l'accident et les jours 5 et 20 par rapport à l'événement.

Toutefois, les résultats présentés ne sont pas parfaitement comparables, en raison des solutions choisies par les auteurs pour faire face aux divers problèmes rencontrés dans l'application de cette méthodologie. Ces problèmes sont liés au choix du modèle générateur des rendements, à la récurrence des événements et au fait qu'ils ne soient pas toujours isolés⁴. Enfin, le calcul des résidus et les tests statistiques peuvent être menés de diverses façons, comme le montrent HENDERSON (1990) et CHANDRA et BALACHANDRAN (1990).

La comparaison des études est rendue plus complexe par le fait que les chercheurs se sont intéressés à trois objets différents soit, l'entreprise victime, le secteur d'activité ou les entreprises liées à l'entreprise victime. Nous avons donc classé les recherches en trois catégories en fonction de ce critère.

■ II - LES CATASTROPHES AERIENNES

Les études de catastrophes dans le secteur du transport aérien ont étudié l'impact sur les entreprises victimes et sur les entreprises liées que sont les constructeurs des avions impliqués dans les accidents. Peu de travaux ont été consacrés aux effets sectoriels.

4. Les cas de simultanéité sont courants dans les études du secteur du transport aérien, où les accidents sont fréquents. D'autres événements peuvent affecter les cours et, généralement, une compagnie est éliminée de l'échantillon si une des activités suivantes survient autour de la date de l'accident : annonce de dividendes, fractionnement, annonce de bénéfices, de fusion ou d'acquisition, nouvelle émission. De plus, un accident n'est inclus dans l'échantillon que s'il survient au moins 6 mois après l'accident précédent.

• 1 . L'impact sur les firmes

L'étude de Davidson, Chandy & Cross (1987) utilise un échantillon de 22 compagnies aériennes ayant connu 57 écrasements d'avions survenus entre 1965 et 1984.

Dans quelques cas, un résidu significativement négatif est décelé le jour d'annonce de l'accident. Mais cet impact n'est que de courte durée. Cette tendance à la baisse est renversée les jours suivants et aucun résidu moyen cumulé ne diffère statistiquement de zéro. Les accidents aériens ne semblent donc pas avoir d'effet à long terme sur la richesse des actionnaires, sauf dans le cas des catastrophes les plus graves, ayant entraîné un nombre élevé de morts.

Les auteurs expliquent que cette industrie possède des caractéristiques particulières qui peuvent contribuer à cette absence de réaction du marché observée. Ainsi, il est possible que les écrasements d'avions soient anticipés puisqu'il en survient fréquemment. Leur impact serait donc déjà escompté dans le prix des titres. D'autre part, l'absence de réaction peut naître du fait que les investisseurs soient conscients du niveau important de couverture d'assurance exigé par la réglementation. Les assurances absorbent généralement la majeure partie des coûts des sinistres. Il se peut également que le niveau de pertes non assurées soit minime par rapport à la taille de la compagnie.

Borenstein et Zimmerman (1988) examinent cette réaction du marché à l'aide d'un échantillon composé des accidents aériens survenus entre 1960 et 1985. Cette étude se distingue de la précédente en ce qu'elle tente d'évaluer l'impact de l'accident sur la demande de services de la part des clients et par la prise en compte de la réglementation de l'industrie américaine du transport aérien.

Avant la déréglementation, les accidents semblent n'avoir aucun impact sur la demande de service pour les compagnies impliquées. Cette situation change après la déréglementation, mais la clientèle des entreprises victimes d'accidents ne diminue pas de façon statistiquement significative. La baisse de clientèle est pourtant de 15,3 % de la demande mensuelle, mais la taille réduite de l'échantillon et son caractère hétérogène font que l'on ne peut tirer de conclusion définitive. On n'observe pas non plus d'impact significatif des accidents sur la demande globale du transport aérien⁵.

L'impact des accidents sur le marché boursier est faible, bien que statistiquement significatif. L'accident est en moyenne associé à une perte de valeur des titres de 1 %, qui correspond à une perte de valeur de 4,5 millions⁶. Au cours des 14 jours qui suivent l'événement, le résidu moyen cumulé est de l'ordre de -6 %. L'étude démontre donc que la réaction négative du marché est minime comparativement

5. Les accidents pourraient provoquer une redistribution de la clientèle de l'entreprise victime vers les compagnies perçues comme plus sécuritaires. Les évidences d'un tel effet sont cependant faibles.

6. Les chercheurs mesurent souvent la perte de richesse des actionnaires en multipliant le rendement anormal observé le jour du crash par la capitalisation boursière. Il faut souligner que ce calcul ne vaut que si la perte de valeur des titres est permanente. Lorsqu'elle est suivie par une hausse équivalente, il ne s'agit plus d'une perte, mais d'un transfert de richesse. Les anciens actionnaires, qui ont cédé leurs titres, ont perdu des sommes qu'ils ont récupéré de nouveaux actionnaires. Comme une entreprise est en principe indifférente à sa population d'actionnaires, une telle substitution est sans impact réel.

à la totalité des coûts sociaux engendrés par l'accident compte tenu du fait que la plupart des accidents ont entraîné une destruction complète de l'avion et plus d'une quarantaine de morts. Les auteurs attribuent cela au fait que les compagnies d'aviation sont généralement bien couvertes par l'assurance.

Mitchell et Maloney (1989) introduisent la notion de responsabilité de l'entreprise et s'attardent à l'impact de l'accident sur le montant de primes d'assurance à payer⁷. Ils vérifient dans quelle mesure les catastrophes aériennes, où la responsabilité de la compagnie aérienne est mise en cause, entraînent une révision des anticipations en ce qui concerne la probabilité d'accidents aériens. Ce changement au niveau de l'estimation des probabilités pourrait entraîner une révision du profil de consommation et, donc, une réduction du niveau d'achalandage du transporteur aérien. L'échantillon sélectionné est constitué de 56 écrasements d'avion survenus de 1964 à 1987.

Lorsque le transporteur est considéré comme responsable de l'accident, des rendements significativement négatifs sont observés. Pour les 34 accidents de ce sous-échantillon, le résidu cumulé observé deux jours après l'accident s'élève à 2,2 % tandis que, pour les 22 autres accidents, le déclin de 1,2 % décelé ne s'avère pas significatif.

Les résultats démontrent donc que, lorsqu'on tient compte du nombre de passagers tués (en pourcentage du nombre de passagers desservis par la compagnie durant l'année) et de la taille de la compagnie, les transporteurs négligents sont pénalisés par le marché. La perte est perceptible à moyen terme puisque l'on observe un résidu cumulé de -2,61 après 100 jours (tableau 1).

Cette étude tente d'évaluer l'impact de l'accident sur le montant de primes d'assurance à payer. Les auteurs expliquent que, lorsque l'entreprise n'est pas responsable de l'accident, l'absence de réaction observée s'explique probablement du fait que les transporteurs aériens sont pleinement assurés contre de tels dangers. Quant à la baisse de rendement décelée lorsque la compagnie d'aviation est considérée comme responsable, elle peut être attribuée soit à une perte d'achalandage, ou à une augmentation des coûts d'assurance, car seuls les accidents impliquant une responsabilité du transporteur entraînent une révision du montant de primes d'assurance à payer. Cette étude démontre en effet que les transporteurs négligents font face à une augmentation d'au moins 90 % du montant de primes à payer par rapport au niveau initial déboursé⁸. Pourtant, cette hausse des coûts d'assurance n'explique qu'environ 42 % du déclin observé ; la différence peut donc être attribuée à un « effet de réputation » contribuant à réduire l'achalandage du transporteur impliqué. Les résultats de cette étude

7. Les auteurs expliquent que l'information véhiculée dans les articles parus dans *Aviation Week and Space Technology* et *The Wall Street Journal* est généralement consistante avec l'information fournie a posteriori dans la publication *Briefs of Fatal Accidents*. Il devient donc possible de faire l'hypothèse que la cause de l'accident est effectivement connue dans les jours suivant l'accident.

8. Afin d'estimer l'ampleur de tels ajustements, les auteurs ont estimé une fonction du taux d'assurance payé. Ce taux devient dépendant du niveau d'économies d'échelle réalisé par le transporteur, du taux d'assurance payé par l'industrie en général et du niveau de sécurité du transporteur, mesuré par la fréquence et la gravité des accidents vécus par la compagnie dans les 5 dernières années.

montrent que le marché semble être efficient en contribuant à punir les transporteurs négligents. Il n'apparaît donc pas nécessaire, à la lumière de ces résultats, de renforcer les mesures réglementaires en vigueur dans cette industrie.

Bruning and Kuzma (1989) complètent les résultats précédents. Ils tentent de répondre aux questions suivantes : Est-ce que certains résidus anormaux semblent suivre l'annonce d'une catastrophe aérienne ? Après quelle période de temps ces résidus anormaux sont-ils résorbés ? Est-ce que le niveau de responsabilité de l'entreprise et d'autres caractéristiques de l'accident affectent la réponse de l'accident ?

L'échantillon sélectionné comporte 68 accidents échelonnés sur la période de 1971 à 1985. Les résultats présentent des résidus anormaux le jour de l'accident et celui suivant immédiatement cet accident. Après ces deux premiers jours, cette tendance à la baisse est renversée. À l'intérieur d'une période de cinq jours, le prix des titres a rejoint le niveau prévalant avant l'accident. Ces résultats démontrent que le marché réagit rapidement à l'arrivée de nouvelle information mais que les accidents n'ont pas d'effets durables sur les titres des entreprises mises en cause. Les auteurs démontrent que la réponse des investisseurs n'est pas significativement différente selon que la compagnie est de grande ou de petite taille, mais que le degré de gravité de l'accident affecte légèrement la réponse du marché. Finalement, la réponse de l'investisseur ne semble pas diverger de façon significative selon que l'entreprise est responsable ou non de l'accident. Cependant, le faible niveau de sophistication des tests employés ne permet pas de porter de jugement définitif.

• 2. L'impact sur le secteur

Il est possible que les accidents aériens influencent le secteur, soit en entraînant une redistribution de la clientèle de l'entreprise victime vers les entreprises perçues comme plus sécuritaires, soit par une baisse de la demande pour le transport aérien dans son ensemble.

Peu d'études se concentrent exclusivement sur cet impact, Chance et Ferris (1987) démontrent que la catastrophe ne semble affecter que la compagnie en cause. L'étude de Borenstein et Zimmerman (1988) décrite précédemment démontre l'absence d'impact sur la demande de l'industrie en général.

Mansur, Cochran et Froio (1989) examinent l'impact de l'accident, survenu le 6 juin 1989, impliquant un DC-10 de la compagnie American Airlines, et de l'interdiction de vol subséquente à cet écrasement. Cet impact est vérifié à partir d'un échantillon de 11 transporteurs importants. Les résultats montrent que le prix des titres des firmes sélectionnées reflètent immédiatement et parfaitement l'information disponible relative à l'annonce d'interdiction de vol imposée. Le marché semble également effectuer une discrimination entre les transporteurs selon la quantité de DC-10 possédés. Cependant, il s'agit là de l'effet d'interventions gouvernementales consécutives au sinistre et non de l'effet du sinistre lui-même. L'impact des accidents sur le secteur du transport aérien serait donc limité.

• 3. L'impact sur les entreprises liées

Plusieurs chercheurs ont tenté de vérifier dans quelle mesure les accidents aériens affectent la valeur de l'entreprise manufacturière ayant fabriqué l'avion accidenté. Chalk (1986, 1987) examine cet impact d'accidents aériens. La première étude (Chalk 1986) se concentre sur les effets d'un seul accident, soit l'écrasement du DC-10 survenu à Chicago le 25 mai 1979, impliquant le transporteur American Airlines et le manufacturier Mc Donnell Douglas.

Il détecte un effet significatif négatif immédiatement après l'accident. À la suite de l'arrivée d'information attribuant la responsabilité de l'accident à une mauvaise maintenance de la part du transporteur aérien, il semble que le titre de Mc Donnell Douglas ait repris de la vigueur quoique de façon partielle. Il explique que le résidu anormal persistant détecté est responsable d'une perte de richesse de 200 millions de dollars.

Quoiqu'il soit impossible de déterminer de façon précise la proportion de ces coûts imposée par la réglementation, les poursuites et les forces de marché, de rapides calculs démontrent qu'une bonne partie de ces pertes provient des réactions du marché face à une anticipation de baisse des ventes futures.

Dans cette même étude, Chalk (1986) compare le comportement du titre de Mc Donnell Douglas à celui de deux autres compagnies oeuvrant au niveau de la production de jets commerciaux : Boeing et Lockheed. Le comportement des titres des deux autres entreprises de l'industrie semble, à première vue, très différent de celui de Mc Donnell Douglas. Bien que le signe de leurs résidus cumulés soit positif, ceci appuyant l'hypothèse que la perte de Mc Donnell Douglas s'avère en fait un gain pour ces deux compagnies, ces résidus ne semblent pas significativement différents de zéro. Il est très audacieux de tenter de tirer des conclusions à partir d'un seul événement, et dans une seconde étude du même type, Chalk (1987) élargit l'échantillon d'accidents sélectionnés. Il utilise tous les accidents d'avion survenus entre 1966 à 1981 impliquant des avions fabriqués par les compagnies Boeing, Mc Donnell Douglas et Lockheed. Il met en évidence un impact négatif significatif de - 3,774 % sur la valeur de l'entreprise manufacturière lorsqu'il existe certains indices que cette dernière est responsable de l'accident et que le type d'avion impliqué est toujours fabriqué⁹. Il estime que le déclin observé de la valeur de la compagnie s'élève en moyenne à 21,3 millions. Les résultats démontrent que la magnitude de cet impact négatif est reliée à la gravité de l'accident. L'auteur conclut que, bien que le marché semble punir quelque peu les entreprises négligentes, il est fort possible que cet ajustement ne soit pas optimal, d'où l'importance des mesures de réglementation en vigueur et des procédures de poursuites.

L'étude de Chance et Ferris (1987) analyse les conséquences financières des catastrophes aériennes tant sur le transporteur et le manufacturier impliqués que

9. Ces résultats négatifs sont démentis lorsque l'auteur utilise la méthode SUR pour réévaluer cet impact. Il ne trouve plus aucun résultat significatif. Cette méthode permet de tenir compte du problème économétrique posé par la dépendance entre les rendements des divers titres qui composent l'échantillon.

sur les autres transporteurs. Afin d'évaluer la réaction des transporteurs aériens, cette étude utilise un échantillon de 46 accidents, survenus sur la période de 1961 à 1985, impliquant des transporteurs américains. Du côté de l'étude de la réaction des manufacturiers, l'analyse se base sur un échantillon de 35 à 46 accidents.

En ce qui concerne l'impact de tels accidents sur les transporteurs aériens, les résultats démontrent la présence d'un résidu anormal, significativement négatif le jour de la catastrophe dans 29 des 46 cas sélectionnés. Ce déclin est d'au moins 1 % pour 20 des accidents sélectionnés. Cependant, ce résidu anormal ne persiste pas au-delà du jour de l'événement. Les résultats montrent également une corrélation négative entre l'ampleur de ce résidu anormal et la gravité de l'accident, cette gravité étant mesurée par le nombre de morts. La catastrophe semble n'affecter que la compagnie en cause. De plus, de tels accidents ne semblent exercer aucun impact sur le rendement des titres des manufacturiers ayant fabriqué l'avion accidenté.

Ce sommaire des études des catastrophes aériennes permet de dégager quelques conclusions importantes. En premier lieu, le marché boursier réagit aux catastrophes, mais la perte de valeur qui découle de cette réaction est généralement faible, de peu de durée et différenciée. Cette différenciation se fait sur la base de la gravité du sinistre et de la responsabilité du transporteur. Le lien entre l'amplitude de la réaction et la responsabilité semble découler de l'accroissement prévisible des coûts d'assurance.

L'impact des catastrophes sur le secteur semble négligeable, mais les entreprises qui fabriquent les avions impliqués dans les catastrophes sont affectées légèrement par les accidents où leurs appareils sont mis en cause. Les auteurs s'accordent généralement pour dire que la réaction du marché est faible par rapport au coût total des sinistres. En ce sens, le marché boursier ne serait pas en mesure de contraindre les dirigeants à limiter au maximum le risque de pertes majeures.

■ III - LES CATASTROPHES DANS LE SECTEUR ÉNERGÉTIQUE

• 1. L'impact sur les firmes

Dans le secteur énergétique, les crises sont moins nombreuses et plus graves que celles qui frappent les transporteurs aériens. Plusieurs recherches se sont consacrées à l'étude des catastrophes de Tchernobyl et de Three Mile Island (TMI) sur le secteur des services publics énergétiques.

L'étude de Hill et Schneeweis (1983) porte sur l'impact de l'accident de TMI sur un échantillon de 34 centrales nucléaires et 30 non nucléaires¹⁰. Cet accident a frappé une entreprise de service public (General Public Utilities), le 28 mars 1979. Il a retenu l'attention de nombreux chercheurs, en raison de sa gravité et parce que l'entreprise appartient à un secteur homogène et fortement régle-

10. Pour qu'une centrale soit qualifiée de nucléaire, elle devait posséder au moins 10 % de capacité nucléaire installée à la fin de 1979.

menté. Dans cette étude, deux modèles de génération des rendements sont utilisés. Le premier utilise seulement un indice de marché tandis que le second incorpore un indice supplémentaire afin d'éliminer toute influence des changements de taux d'intérêt sur le rendement des titres¹¹. Les chercheurs tentent de déterminer si le fait que l'entreprise utilise ou non une technologie nucléaire influence les résultats.

Lorsque l'échantillon inclut toutes les entreprises, les résultats ne semblent pas significatifs, bien que l'on observe un déclin de la valeur des titres de l'ordre de 32 % après un an. L'étude menée sur les deux sous-échantillons démontre que les pertes sont significativement plus importantes pour les entreprises qui utilisent des centrales nucléaires que pour celles qui n'en utilisent pas.

En ce qui concerne l'évolution du titre de General Public Utilities, les résidus négatifs détectés ne semblent pas statistiquement significatifs, bien que le résidu moyen cumulé soit de -147,6 % après un an. Il est possible que les résidus obtenus soient biaisés suite à l'annonce d'une diminution de dividendes, le 25 février 1980.

Les auteurs expliquent qu'il est par contre possible que l'accident ait entraîné des coûts d'opération plus élevés pour les autres firmes de l'industrie en provoquant un renforcement de la réglementation en vigueur. Les rendements anormaux négatifs des autres mois de 1979 et 1980 ne peuvent être complètement attribués à l'accident. Cette période s'est avérée une période très difficile à plusieurs points de vue puisque l'on y rencontre une hausse des coûts du pétrole, une réglementation environnementale coûteuse, une hausse des coûts de construction, un environnement plus risqué. Cette étude illustre les difficultés méthodologiques de ce type d'étude, où des pertes de 150% peuvent ne pas être significatives.

Eckel et Vermaelen (1988) évaluent l'impact de l'accident de Tchernobyl, survenu en Union Soviétique, le 26 avril 1986, sur un échantillon de 96 centrales (37 d'entre elles ne possèdent aucune installation nucléaire en opération ou en construction)¹². Cet impact est étudié sur deux périodes, soit celle suivant immédiatement l'annonce de l'accident, le 28 avril 1986, et celle de la venue du rapport soviétique, le 18 août 1986, contenant l'information relative aux circonstances de l'accident.

Les résultats présentent un impact négatif sur la valeur du titre des centrales nucléaires. Cet effet semble relié au degré d'exposition nucléaire de la firme, que les installations soient en opération ou en construction. La venue du rapport soviétique semble avoir engendré un effet compensatoire positif partiel dans le cas des firmes possédant déjà des installations nucléaires en opération. Cet effet ne se retrouve pas au niveau des firmes dont les installations n'étaient pas encore en opération lors de l'accident.

11. L'importance d'utiliser le second modèle est vérifiée lors de la période s'étalant de décembre 1979 à février 1981. Selon le premier modèle, les résidus observés sont significativement négatifs (pour le sous-échantillon des firmes non nucléaires), tandis qu'en utilisant le second modèle, les résidus deviennent moins négatifs et non significatifs. Cette période présente une hausse des taux d'intérêt à long terme, ce qui a pu affecter les résidus.

12. La méthode d'estimation SUR est utilisée afin de mesurer cet impact.

Les résultats de cette étude démontrent également que les niveaux de propriété et de capacité nucléaires expliquent davantage la réaction du marché que la taille exacte ou le niveau de responsabilité. De plus, cet accident semble avoir eu un impact significatif négatif sur les anticipations de cash-flows futurs pour les firmes n'ayant pas encore obtenu leur permis d'exploitation.

Fields and Janjigian (1989) vérifient s'il y a eu révision des anticipations de cash-flows futurs ou changement de risque systématique, suite à ce même accident de Tchernobyl. L'analyse est effectuée sur un échantillon de 89 firmes de services publics dont 32 sont des entreprises non-nucléaires et 57 nucléaires¹³.

Les résultats démontrent que, durant les 3 jours suivant l'accident, les résidus anormaux observés pour la totalité de l'échantillon ont décliné d'environ 3 %. Il semble que l'impact soit beaucoup plus prononcé pour les centrales nucléaires que pour les autres firmes de l'échantillon, quoiqu'il n'existe pas de différence significative entre les deux sous-échantillons au jour 0. Les auteurs expliquent qu'il n'est cependant pas assuré que les pertes détectées au niveau de l'échantillon des centrales non nucléaires soient entièrement attribuables à l'accident puisqu'on constate que les résidus anormaux, pour la totalité de l'échantillon, sont en déclin dans la période précédant l'accident. La divergence apparente entre les deux sous-échantillons peut, quant à elle, être attribuée à Tchernobyl. Une comparaison des niveaux de risque systématique (Bêtas) est effectuée afin de vérifier s'il y a eu changement du niveau de risque systématique. Le test réalisé démontre qu'il ne semble y avoir eu aucune modification de Bêta. Une comparaison similaire des variances démontre également qu'il n'y a pas eu de changement de niveau de risque total. La variation observée dans les rendements ne semble donc pas liée à une modification des niveaux de risque des titres.

Ces études de l'impact des crises majeures sont complétées par l'analyse d'accidents moins spectaculaires. L'échantillon sélectionné par Rothwell (1988) contient 86 arrêts forcés, causés par un emballement de réacteur, d'une durée de moins de 24 heures, survenus de 1978 à 1985¹⁴. La méthodologie utilisée cherche à isoler cette réaction du marché des caractéristiques de l'industrie et du marché. Au cours des jours qui suivent l'événement, on observe deux résidus moyens statistiquement significatifs. Le premier est négatif (-24,35 %) et se produit au jour 2. Le second est positif et d'ampleur comparable. Il est observé au jour 6 et s'élève à 24,41 %. Les résidus moyens cumulés au cours des 9 jours qui suivent l'événement ne révèlent donc pas d'impact significatif de l'emballement des réacteurs sur les marchés boursiers.

Il semble donc qu'il y ait, à court terme, une réaction du marché suite à un emballement de réacteur. Cette réaction peut provenir d'un déclin au niveau des anticipations de la profitabilité future de la firme ou d'une hausse du niveau de

13. La technique d'estimation des paramètres utilisée dans cette étude consiste en la méthode des moindres carrés généralisés. Cette technique fait l'hypothèse que la matrice des variances-covariances est inconnue. Elle permet donc de contrer des problèmes potentiels d'autocorrélation sérielle et d'hétéroscédasticité.

14. Tous les arrêts, impliquant la même compagnie, effectués moins de 14 jours avant ou après un autre type d'arrêt, sont éliminés de l'échantillon.

risque perçu. Les résultats démontrent par contre que les investisseurs ne semblent pas exiger de niveau de rendement plus élevé en compensation puisque, une fois les investisseurs assurés du fait que le problème à la base de l'arrêt est mineur, ils réévaluent leur réaction initiale. Ces résultats ne pourraient toutefois pas s'appliquer à de sérieux malfonctionnements de réacteurs.

Les accidents majeurs de Tchernobyl et de Three Miles Island ne semblent pas avoir affecté de façon significative la richesse des actionnaires des entreprises de services publics. Lorsqu'ils apparaissent, les effets semblent liés aux modifications réglementaires consécutives aux accidents, davantage qu'aux sinistres eux-mêmes. Il faut cependant noter la baisse très importante de cours de GPU, propriétaire de l'installation de TMI.

■ IV - LES CATASTROPHES DANS LES AUTRES SECTEURS

Marcus, Bromiley et Goodman (1987) cherchent à vérifier si le marché incite ou non les gestionnaires à s'engager dans des actions qui pourraient conduire à des crises. Cette étude se concentre, entre autres, sur la catastrophe survenue à Bhopal, ayant entraîné 3 000 morts et plus de 300 000 blessés. Ce désastre est le plus grave accident industriel de l'histoire (Shivastava : 1987). Il a touché les installations de Union Carbide, à Bhopal, en décembre 1984.

Cette étude montre que le titre de Union Carbide connaît un déclin considérable au cours des 20 jours qui ont suivi l'annonce de cet événement. Persistant sur une période d'environ 90 jours, ce faible niveau de prix entraîne une perception de sous-évaluation chez les investisseurs. Cela conduit à une rumeur d'acquisition qui contribue à alimenter une hausse soutenue du titre. 160 jours après l'événement, le prix du titre (ajusté pour le risque et les fluctuations du marché) retrouve son niveau initial. Par la suite, le prix du titre grimpe même à un niveau supérieur à ce niveau initial. Ainsi, un investisseur ayant acheté le titre la veille de l'accident aurait réalisé en six mois un taux de rendement excédentaire de l'ordre de 14 %. L'accident majeur de Bhopal n'a donc pas eu d'effet à moyen terme sur la richesse des actionnaires, et le marché ne semble jouer aucun rôle dans l'incitation à réduire le risque d'occurrence de tels sinistres.

Sprecher et Pertl (1983) étudient 27 événements divers : des réclamations, pertes de capacité productive ou pertes matérielles. Les résultats suggèrent que le prix des titres de l'échantillon décline en moyenne de 4 % à la suite d'une perte importante. Bien que cette tendance à la baisse se stabilise rapidement, le rendement anormal calculé depuis le jour de l'événement est toujours négatif 20 jours après l'événement. L'étude ne dit rien quant au niveau de signification de cet ajustement et à son évolution après 20 jours.

Dans une seconde étude, Sprecher et Pertl (1988) démontrent que même une perte de très petite importance peut affecter la valeur boursière de l'entreprise, mais que les effets sont généralement temporaires. Ils démontrent par contre que l'impact sur le marché boursier est positivement lié à l'importance de la perte

subie. Ils déterminent également que ce déclin de valeur de la firme ne provient pas d'un changement de perception du niveau de risque de la firme.

■ CONCLUSION

Les pertes majeures influencent de façon négative les rendements des titres des entreprises impliquées et parfois ceux des entreprises de même secteur. Il en résulte une diminution, généralement temporaire, de la richesse des anciens actionnaires. La diminution de la valeur des titres persiste généralement après 20 ou même 100 jours, mais il est rare que l'on détecte des valeurs qui diffèrent statistiquement de zéro. En d'autres termes, le marché « punit » les entreprises victimes de sinistres, mais de façon assez légère pour que l'on distingue vraiment cet effet des fluctuations naturelles du marché boursier. La punition semble dans plusieurs cas proportionnelle à l'importance de la perte et au fait que l'entreprise soit ou non mise en cause. Les cas de fortes réactions du marché paraissent liés à l'anticipation d'une réaction des autorités légales, qui exigent de modifier ou vérifier les installations ou équipements. La disproportion observée entre le coût des sinistres et l'impact sur la richesse des actionnaires est énorme, notamment dans le cas de sinistres majeurs comme celui de Bhopal. Le fait que les assurances couvrent en grande partie le coût des sinistres explique cette disproportion. Il ne faut donc pas compter vraiment sur le marché boursier pour discipliner les dirigeants et les forcer à limiter les risques d'occurrence de sinistres graves. Les assureurs, la réglementation et le sens de l'éthique des dirigeants seront les facteurs qui pourront inciter les firmes à adopter un comportement sérieux de prévention des risques majeurs ■

BIBLIOGRAPHIE

- HENDERSON (G.V.) (1990), « Problems and Solutions in Conducting Event Studies », *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 57, No. 2, 282-306.
- BORENSTEIN (S.) et ZIMMERMAN (M.B.) (1988), « Market Incentives for Safe Commercial Airline Operation », *The American Economic Review*, Vol. 78, No. 5, 913-935.
- BRUNING (E.R.) et KUZMA (A.T.) (1989), « Airline Accidents and Stock Performance », *Logistics and Transportation Review*, Vol. 25, No. 2, 157-168.
- CHALK (A.) (1986), « Market Forces and Aircraft Safety : The Case of The DC-10 », *Economic Inquiry*, Vol. 24, 43-60.
- CHALK (A.), « Market Forces and Aircraft Safety » (1987) *The Journal of Industrial Economics*, Vol. 36, No. 1, 61-81.
- CHANCE (D.M.) et FERRIS (S.P.) (1987), « The Effect of Aviation Disasters on the Air Transport Industry : A Financial Market Perspective », *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 21, No. 2, 151-165.
- CHANDRA (R.) et BALACHANDRAN (B.V.) (1990), « A Synthesis of Alternative Testing Procedures for Event Studies », *Contemporary Accounting Research*, Vol. 6, No. 2-II, 611-640.
- DAVIDSON (W.N.), CHANDRY (P.R.) et CROSS (M.), (1987), « Large Losses, Risk Management and Stock Returns in The Airline Industry », *Journal of Risk and Insurance*, Vol. 54, No. 1, 162-172.
- ECKEL (C.G.) et VERMAELEN (T.) (1988), « The Financial Fallout From Chernobyl : Risk Perceptions and Regulatory Responses », *Working Paper 88/30*, INSEAD, Fontainebleau.
- FIELDS (M.A.) et JANJIGIAN (V.) (1989), « The Effect of Chernobyl on Electric Utility Stock Prices », *Journal of Business Research* 18, 81-87.
- HILL (J.) et SCHNEEWEIS (T.), (1983), « The Effect of Three Mile Island on Electric Utility Stock Price : A Note », *The Journal of Finance*, Vol. 38, No. 4, 1285-1291.
- MANSUR (I.), COCHRAN (S.J.) et FROIO (G.L.) (1989), « The Relationship Between the Equity Return Levels of Airline Companies and Unanticipated Events : The case of the 1979 DC-10 Grounding », *Logistics and Transportation Review*, Vol. 25, No. 4, 355-365.
- MARCUS (A.A.), BROMILEY (P.) et GOODMAN (R.) (1987), « Preventing Corporate Crisis : Stock Market Losses as a Deterrent to the production of Hazardous Products », *Columbia Journal of World Business*, 33-42.
- MITCHELL (M.L.) et MALONEY (M.T.) (1989), « Crisis in the Cockpit ? The Role of Market Forces in Promoting Air Travel Safety », *Journal of Law and Economics*, Vol. 32, 329-355.
- ROTHWELL (G.S.) (1988), « Stock Market Reaction to Nuclear Reactor Failures », *CEPR Publication*, No. 134, 1-22.
- SPRECHER (C.R.) et PERTIL (A.) (1983), « Large Losses, Risk-Management and Stock Prices », *The Journal of Risk and Insurance*, Vol. 50, No. 1, 107-117.
- SPRECHER (C.R.) et PERTIL (A.) (1989), « Common Stock Returns and the Size of Loss », *The Journal of Insurance : Issues and Practice*, Vol. 12, No. 2, 92-109.

ANNEXE 1

Principaux résultats des études de l'impact
des pertes majeures sur les marchés financiers

	sous-échantillon	résidu au jour 0	période	résidu cumulé	période	résidu cumulé
Mitchell & Maloney (1989)	erreurs de pilotage	na	0-50	-2.27	0-100	-2.61
	autres causes	na	0-50	-0.23	0-100	-0.24
Fields & Janjigian (1989)	entreprises nucléaires	-0.92	0-5	-3.02	0-20	-3.03
	ent. non nucléaires	-1.048	0-5	-1.40	0-20	-3.92
Sprecher & Perl	échantillon complet	-0.571	0-5	-1.747	0-20	-0.534
Borenstein & Zimmerman (1988)		-0.94	0-5	-1.187	0-14	-0.6
Davidson, Chandly & Cross (1987)	échantillon complet	-0.78	0-5	0.15	0-20	-2.90
Chalk (1987)	accidents mortels	-0.99	0-5	0.31	0-20	-5.03
	accidents majeurs	-2.89	0-5	2.11	0-20	-2.10
	avion en cause	-0.97	0-5	-3.79	0-20	-3.96
Chalk (1986)	autre cause	-0.13	0-5	-0.38	0-20	0.94
	Mc Donnell	-0.55				
Sprecher Perl (1983)		-3.05	0-5	-3.60	0-20	-2.62
Hill Schneeweis *	GPU	-10.9	0-5	-47.08	0-20	-78.07
(1983)	SECTEUR	-5.00	0-5	6.05	0-12	-26.06

* Les rendements sont mensuels

SECURITE INFORMATIQUE

MOTS CLÉS : Informatique • Méthode Marion • Risque matériel • Sabotage immatériel • Sécurité • Schéma directeur • Système d'information •

L' introduction et la généralisation de l'informatique dans les entreprises ont amené des nouveaux risques liés à la mise en oeuvre et à son utilisation. Après avoir recensé les divers types de risques et pertes possibles illustrés d'exemples pris dans diverses activités, on propose une approche méthodique de la sécurité des systèmes d'information. La méthode Marion, créée par les assureurs en 1984 est devenue aujourd'hui une norme de fait.

Le caractère sans cesse plus intensif et extensif des systèmes informatiques dans les organisations rend celles-ci très sensibles aux conséquences d'un sinistre majeur. Une enquête du CLUSIF¹, publiée en 1989, portant sur les risques maximaux potentiels de 60 grandes entreprises, montre que certains scénarios de fraude ou de sabotage immatériel pourraient dépasser 5 milliards de francs, alors que dans presque tous les cas les scénarios de risques matériels (et surtout leurs conséquences) excéderaient 500 millions de francs. La réalité, telle qu'on la perçoit au travers des estimations de la sinistralité élaborées par l'A.P.S.A.D.² et le CLUSIF en 1989, paraît moins alarmante, puisque les pertes totales pour la France seraient inférieures à 10 milliards de francs, ce qui est bien peu de chose, par exemple, par rapport au coût des accidents automobiles ou a fortiori au PIB de la France. Toutefois, nous comptons 44 sinistres de plus de 10 millions de francs, dont 4 supérieurs à 100 millions de francs³.

Les risques informatiques ne sont pas toujours aussi - nouveaux - qu'on veut bien le dire, mais leur nature⁴ est telle qu'ils peuvent mettre en péril la survie des entreprises, voire porter atteinte aux institutions ou à la nation, ce qui justifie le

* Président du CLUSIF.

1. Club de la Sécurité Informatique Français

2. Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages

3. Nous comptons sans doute chaque année davantage de risques majeurs liés aux systèmes d'information et de communication.

4. Il convient d'insister sur quelques caractéristiques propres à la sécurité informatique :

- la sécurité ne résulte pas d'une accumulation de moyens : quelle que soit la qualité de ceux-ci, le sinistre, de quelque nature qu'il soit (accident, erreur, malveillance), se glissera dans les failles. C'est donc la démarche méthodique d'analyse et de réduction des risques qui prime en la matière.
- le problème est complexe et multiforme. Son étude dépasse rapidement le simple cadre de l'informatique. En analysant l'impact des informations, de leur traitement et de leur circulation, c'est l'ossature même de l'entreprise qui est mise à jour. Une étude de sécurité informatique ne peut donc être menée avec profit que si elle a été décidée par la Direction Générale, si celle-ci s'y implique véritablement et si l'ensemble du personnel collabore au projet.

rôle et l'action de la D.I.S.S.I.⁵, du S.C.S.S.I.⁶ ou de l'I.H.E.S.I.⁷, pour ne citer que quelques-uns des services de l'Etat préoccupés par ces problèmes.

Les assureurs français se sont intéressés à l'évolution des risques informatiques dès 1984, en créant une structure propre à l'assurance, sous forme d'une commission, et une structure de recherche et développement, qui est devenue, en 1986, le CLUSIF.

La commission a actualisé d'anciennes garanties ou créé de nouvelles garanties. Elle a émis de nombreuses recommandations, ses membres ont largement participé aux actions de sensibilisation et de formation dans ce domaine. Enfin, grâce à cette structure, la France a pu disposer d'estimations de la sinistralité réelle depuis 1986. Cette avance a conduit la France à proposer la création d'une commission spécifique dans le cadre du C.E.A.⁸, en 1990.

Le CLUSIF, composé aujourd'hui des principaux experts et responsables de sécurité français, constitue le principal pôle national civil d'études en sécurité des systèmes d'information. Les travaux qui y sont conduits aboutissent à des méthodes normatives et à des recommandations, dont une partie est naturellement exploitée par les assureurs. Le CLUSIF dispose d'antennes en Belgique, Suisse, Italie, Espagne, qui sont, comme en France, les partenaires privilégiés des pouvoirs publics et des organismes de normalisation.

■ I - LES TYPES DE RISQUES ET DE PERTES

• **1. Les risques matériels accidentels** entraînent la destruction partielle ou totale des matériels ou supports informatiques et de leur environnement, à la suite des événements suivants :

- incendie, implosion, explosion,
- chocs, collisions, chutes,
- introduction de corps étrangers solides, liquides, gazeux ou mixtes, ayant des actions physiques ou chimiques,
- bris de machine, accidents de type mécanique, électrique, électronique, électromagnétique,
- conséquences d'événements naturels (inondation, tempête, foudre, grêle, avalanche, glissement de terrain, séisme, etc.).

Remarque : Les pannes dues à l'usure ou au vieillissement normal des pièces et composants sont classées dans la catégorie 3.

Exemples :

Banque : Incendie d'un centre informatique de traitement de chèques. Ce centre disposait d'un contrat de télé-back-up avec une société de services, mais il avait été insuffisamment testé, notamment au plan des télécommunications. La chaîne n'a pu fonctionner à nouveau - en mode très dégradé - que vingt jours après le sinistre. Le dommage matériel (essentiellement dû aux fumées et gaz

5. Délégation Interministérielle pour la Sécurité des Systèmes d'Informations.

6. Service Central de la Sécurité des Systèmes d'Informations.

7. Institut des Hautes Etudes de la Sécurité Intérieure.

8. Comité Européen des Assurances.

de décomposition du gaz extincteur) est évalué à 1,1 MF, tandis que les pertes indirectes sont évaluées à 15 MF.

• 2. Le vol et le sabotage de matériel

Le vol concerne essentiellement les petits matériels (écrans, claviers, imprimantes, traceurs, modems, prises et câbles spécialisés, machines à écrire, matériel bureautique, micro-ordinateurs, etc.), les supports informatiques (disquettes, disques, bandes, DON, cartes magnétiques, etc.) et des biens très divers (documentation, pièces de rechange, etc.).

Le sabotage physique revêt des formes variées, • douces • tels le tournevis dans la chaîne d'une imprimante, dans le carter d'un ventilateur CPU, ou un verre de jus de fruits dans le CPU ; ou • violentes • comme un pain de plastic dans les locaux d'un centre informatique (ex. CLODO).

Exemples :

Services : Vol de matériel (la plus grande partie des micro-ordinateurs et machines de traitement de texte) dans un cabinet de services juridiques et fiscaux (CA annuel : 8 MF) en une seule nuit : dommages matériels évalués à 0,5 MF et dommages immatériels évalués à 0,3 MF plus 2 MF en responsabilité civile.

Banques : Sabotage physique d'une trieuse de chèques très spécialisée (5 MF). Le retard de traitement (transfert vers un centre régional) a entraîné environ 2 MF de pertes supplémentaires. Le budget informatique annuel de cette banque est de l'ordre de 45 MF.

• 3. Les pannes et dysfonctionnements de matériel ou de logiciel de base

Les arrêts ou baisses de service d'un centre informatique ne sont pas des événements rares, mais la durée de ces anomalies est en général courte. Ce n'est toutefois pas toujours le cas, et les conséquences indirectes peuvent être redoutables dans certains cas : (pannes diffuses, dysfonctionnement du logiciel system ou du firmware entraînant des conséquences qui ne sont pas toutes inventoriées et mesurables), pannes du réseau lié au transporteur (coupure de ligne, incendie d'un central P.T.T., surcharge, etc.).

Exemples :

Industrie : Panne du système informatique de contrôle des entrées en stock dans une petite manufacture (CA annuel : 31 MF). Cette panne se reproduit de façon intermittente après sa réparation par une équipe du constructeur : le système fonctionne quelques heures, ce qui ne justifie pas la reprise du traitement manuellement, mais ne fonctionne pas normalement suffisamment longtemps pour rattraper le retard. La fabrication s'en trouve tout d'abord ralentie, puis stoppée, faute de matières premières. La perte a été évaluée à 1 MF.

Distribution : • Atterrissage • de la tête de lecture d'un disque fixe d'un mini-ordinateur d'une PME (CA annuel : 27 MF). La plupart des fichiers n'étaient pas sauvegardés régulièrement. L'indisponibilité du système (environ un mois), temps de reconstitution des informations, a coûté environ 2 MF (frais supplémentaires et pertes d'exploitation).

• 4. Erreurs de saisie, transmission, utilisation des informations

Les erreurs de saisie sont inhérentes à la nature humaine, que la saisie des informations soit classique (cartes perforées, rubans perforés, disquettes, bandes) ou conversationnelle.

En saisie classique, le taux d'erreur courant, même après vérification, peut atteindre 0,5 %. Les contrôles informatiques et non informatiques permettent de réduire le taux d'erreur apparent en sortie, mais en tout état de cause, la fréquence est nettement plus élevée que pour les autres sinistres. Les conséquences sont rarement ponctuellement élevées, mais constituent un flux permanent de pertes (dues à des recherches, des reprises, des recyclages, à des pertes de temps - et donc d'argent - et à des pertes irrécouvrables).

En saisie conversationnelle, le support papier tendant à disparaître, s'ajoutent aux erreurs de transcription les erreurs de lecture, d'interprétation des informations ou d'application des règles.

Les erreurs de transmission dépendent de la technique employée. Celle-ci peut être simple (envoi de disquette ou de bande dans un coussin) ou bien plus technique (télétransmission). Dans les deux cas, il peut survenir des destructions, des pertes, des erreurs d'aiguillage, des manques, des duplicatas, des parasites et des erreurs (substitution de caractères ou même de messages).

Ce type d'erreurs est par essence considéré comme un risque d'entreprise, c'est-à-dire inhérent à toute action humaine. Bien que les pertes soient difficiles à isoler et à estimer pour ce type de risques, il convient de ne pas sous-estimer cette catégorie, à laquelle on a la faiblesse de trop s'accoutumer.

Exemple :

Assurance : Erreurs de transmission en chaîne, pendant plusieurs semaines, sans détection, de la télésauvegarde des fichiers de base. C'est essentiellement le fichier des contrats automobiles qui a été touché. Sa reconstitution a pu être faite à partir d'une sauvegarde ancienne (trois mois) à haute protection et de la collecte d'informations complémentaires (qui a duré deux mois). La perte d'exploitation due au retard de quittance est de 4 MF.

• 5. Erreurs d'exploitation

Ces erreurs peuvent recouvrir des formes variées : oubli ou écrasement d'un fichier ou d'une sauvegarde, débordement d'un fichier, erreur de JCL, erreur de pupitrage, erreur de préparation ou de lancement, erreur de version de chaîne d'exploitation, erreur de média, mauvaise manipulation d'un matériel, mauvaise interprétation d'une instruction, oubli de réaliser une opération, etc. Le champ des erreurs humaines est vaste. Il est parfois difficile de faire la part des choses entre l'erreur, la négligence, le laxisme, la faute professionnelle et l'acte malveillant.

Exemple :

Industrie : Ecrasement par erreur du fichier des commandes/notifications aux usines/ordonnancement (ateliers de micro-mécanique, CA annuel : 60 MF). Il a été nécessaire de le recharger, à partir de la sauvegarde de la semaine précédente, mais la collecte des informations manquantes a nécessité l'emploi

d'intérimaires, occasionné des retards ainsi que certains retraits de commandes. Au total, la perte a été estimée à 1,1 MF.

• 6. Erreurs de conception et de réalisation

On distingue deux cas de figure, selon que l'opération (conception et/ou réalisation) est confiée ou pas à un tiers (SSII). La nature profonde des erreurs est cependant la même, bien que les scénarios diffèrent, ainsi d'ailleurs que les conséquences financières et juridiques.

Une erreur de conception globale d'application, ou même au niveau de quelques règles (notamment les contrôles ou les règles d'exceptions), peut avoir des conséquences dramatiques sur la conformité des traitements qui seront ultérieurement réalisés ou sur leur performances.

Les erreurs de réalisation sont en général moins graves, car plutôt uniquement techniques par rapport à un cahier des charges réputé juste.

Dans cette catégorie, on ne compte plus les litiges qui opposent clients et prestataires de service ou vendeurs de matériel au plan du respect des délais de fabrication, de livraison ou, quant à l'adéquation du produit livré, aux besoins.

Exemple :

Services : *Hyperdessiccation de l'atmosphère de la salle ordinateurs due à une défaillance de la climatisation (report d'alarme défectueuse) : la température s'élève à plus de 60 °C. Le constructeur, BULL, estime que le matériel est irréversiblement endommagé et refuse toute maintenance en cas de sauvetage partiel. Les données sont également endommagées et les sauvegardes lacunaires ne permettront pas de tout récupérer. Pertes matériels et frais : environ 50 MF, autres pertes évaluées à 60 MF.*

• 7. Fraude, sabotage immatériel

Le détournement informatique a gagné ses lettres de noblesse dans la presse. L'informatique permet de faire plus vite et d'éviter les yeux indiscrets. C'est une forme de criminalité - en col blanc - qui présente pour l'instant peu de dangers et peut rapporter bien davantage qu'un hold-up. Par ailleurs, compte tenu de la complexité des systèmes et des faiblesses que l'on observe, ce genre d'opérations est souvent aisé à réaliser. Tout est souvent initialisé par hasard, une simple opportunité, souvent de « petits délits » au début : perruque, piratage, détournement de principe jusqu'à s'apercevoir que ce n'est pas beaucoup plus difficile à grande échelle. La seule barrière reste alors l'honnêteté (...).

On confond souvent fraude informatique et détournement de fonds. La réalité est bien différente et correspond mieux aux ressources de l'imagination humaine :

- détournement d'avantages, d'usage,
- irrégularité de versements de taxes ou de montants dus à l'Etat ou à la collectivité,
- chantage, extorsion,
- fausses déclarations, opérations frauduleuses,
- détournement de biens, etc.

La catégorie « détournement de biens » touche plutôt les entreprises industrielles et commerciales, et elle est loin d'être négligeable, d'autant que les sinistres correspondants (vol sur stock après ajustement informatique direct ou indirect) sont en général faciles à réaliser et difficiles à détecter.

Le sabotage immatériel, différent du détournement dans la mesure où il n'est pas directement lucratif pour son auteur (mais il s'agit de plus en plus de « commandit », par la concurrence ou pour des motifs sociaux, politiques, etc.), devient aujourd'hui un risque préoccupant, puisqu'il croît plus vite que la fraude et que ses conséquences sont presque toujours beaucoup plus graves. Il peut s'agir de « bombes logiques », virus, vers, etc., parfois très sophistiquées, insérée dans les programmes d'application, utilitaires ou logiciel system transitant sur support magnétique ou par le réseau entraînant la destruction partielle ou totale de l'ensemble des fichiers et programmes, ainsi que de leurs sauvegardes ou entraînant un dysfonctionnement du système informatique.

Exemples :

Banque : *Un cadre ayant autrefois travaillé au service informatique, entre sur écran une série d'écritures, dont le compte d'origine est « réserves » et le compte d'aboutissement est un numéro de compte personnel dans une banque étrangère. Les opérations sur réserves sont rejetées en anomalies dans un fichier d'attente, afin d'être ultérieurement recyclées. Le fraudeur utilise alors une chaîne de recyclage batch, normalement employée en mode dégradé dans le cadre du plan de secours. Cette chaîne, ancienne, n'est pas à jour, et les écritures passent. Ce n'est que le lendemain, lors du contrôle quotidien, que l'anomalie est identifiée. Les mouvements de fonds ont déjà été réalisés pour 7,5 MF.*

Industrie : *Modification des programmes de facturation de quelques gros clients en deux temps : mise à zéro du prix de certains produits sur la première facture ; puis envoi d'une seconde facture (non comptabilisée), avec la mention « régularisation par virement au compte ... » portant sur les produits facturés zéro. Le compte « produits à facturer » était soldé par la première facture. La différence était récupérée sur le compte de l'informaticien fraudeur. La fraude a été stoppée à la quatrième facture, pour un montant de 3,5 MF.*

Crédit : *Destruction de tous les fichiers et tous les programmes, ainsi que des sauvegardes d'une mutuelle. La reconstitution des données faite à partir des archives et d'un appel aux sociétaires a coûté 20 MF. La reconstitution des programmes, qui a duré onze mois, a coûté 75 MF. Les autres frais supplémentaires, pertes d'exploitation et pertes de clientèle, sont estimés à environ 155 MF.*

• 8. Indiscrétion, détournement d'informations

De la simple indiscrétion, dont les conséquences souvent non chiffrables sont d'ordre déontologique (ou éventuellement pénal), jusqu'à l'espionnage industriel, ou de plus en plus commercial, la palette s'enrichit chaque année, tant notre société évoluée est de plus en plus riche de son information.

On se préoccupe surtout aujourd'hui des conséquences financières, mais qu'advient-il lorsque l'information aura complètement envahi des champs

moins fréquentés : la gestion des dossiers médicaux, de la police, de la justice et de ses auxiliaires, et partenaires, de l'enseignement, etc. ?

Exemple :

Distribution : Copie du fichier fournisseur au profit d'un concurrent (collusion d'un informaticien de la société avec un concurrent). Ce dernier a pu obtenir des fournisseurs avec lesquels il avait de moins bonnes conditions une mise à niveau et ainsi gagner environ 0,4 point de marge. Il a pu alors pratiquer une attaque de son concurrent sur les produits pour lesquels celui-ci était moins bien placé. La perte, en un an, est estimée à 45 MF, et il est possible que l'entreprise ne puisse survivre (CA annuel de l'hypermarché : 400 MF).

• 9. Détournement de logiciels

La copie illicite ou le plagiat d'un logiciel est devenu un sport en vogue supporté par la vague des micro-ordinateurs et matériels bureautiques. Il convient cependant de ne pas oublier les « gros coups » réalisés par des spécialistes de haut niveau, souvent dans des domaines de pointes en plein essor (réseaux, CAO, EAO, etc.). La perte est bien sûr liée à la mévente, au mauvais amortissement de l'investissement et à une concurrence sauvage désorganisatrice, mais pouvant aller jusqu'à la perte de l'investissement et à l'épuisement du marché.

Exemple :

Industrie : Copie d'un logiciel CAO très avancé en imagerie, entraînant un manque à gagner de l'ordre de 4 MF pour la jeune société réalisant 30 MF de CA annuel.

• 10. Grève, départ de personnel stratégique

On ne se prémunit pas aussi facilement du risque d'indisponibilité du personnel que des risques d'indisponibilité du matériel. Une part d'incertitude subsistera toujours et l'issue du défi dépend surtout de la qualité des relations humaines.

Exemples :

Industrie : Suite à un conflit avec la direction, départ de la presque totalité de l'équipe informatique d'un petit centre. Les pertes d'exploitation dues à l'impossibilité d'exploiter et de corriger les programmes par manque de documentation, même avec l'aide de personnes compétentes extérieures, ont été évaluées à plus de 2 MF (soit le budget informatique annuel de cette entreprise).

Agriculture : Observation de dysfonctionnements graves dans deux progiciels (comptabilité et gestion des stocks physiques/expéditions) d'un grand producteur, moins d'un an après leur achat. Mais le créateur des progiciels avait disparu et la SSII fait faillite. Il a été nécessaire de racheter de nouveaux progiciels et de convertir les fichiers existants. De plus, les désordres ont conduit à des pertes de biens. Au total, la perte a été évaluée à 2 MF.

■ II - LES TYPES DE PERTES PEUVENT ÊTRE DE QUATRE NATURES

• 1. Les dommages matériels et annexes

Il s'agit du coût de réparation ou de remplacement des matériels endommagés ou volés. A ces coûts peuvent s'ajouter une série d'autres coûts, dont certains sont importants : coût de réparation, remplacement d'autres biens indirectement touchés, coût de déblaiement, remise en état, reconception, reconstruction de locaux et infrastructures, frais d'étude et d'expertise, divers.

• 2. **Les frais supplémentaires** correspondent au coût supplémentaire (hors charges normales d'exploitation, abonnements, etc.) engendré par la mise en oeuvre de moyens de secours informatiques et non informatiques : ressources informatiques et télématiques de secours, environnement de secours, personnel informatique supplémentaire, primes spéciales, heures supplémentaires, frais de déplacement, etc., coûts de transport de matériel, location, achat ou leasing de matériels divers et de locaux, frais d'études et de réalisation (remise à niveau logiciel, données, organisation), frais divers de reconstitution des données, agios, divers.

Les pertes d'exploitation correspondent à des baisses de la marge brute de l'entreprise, induites par le sinistre : pertes d'intérêts bancaires, pertes de chiffres d'affaires, d'honoraires, perte de clientèle, perte de jouissance de biens de l'entreprise, divers.

Classiquement, une partie importante des sinistres informatiques implique des frais supplémentaires pour le recouvrement. Celui-ci va nécessiter un certain délai, qui va se traduire par une perte d'intérêt (application du taux bancaire sur les sommes en jeu).

• 3. **Les pertes de fonds** correspondent en général à la disparition de biens financiers relatifs à la « classe 5 » du plan comptable (monnaies, chèques, traites, virements, bons du Trésor, actions, obligations, etc.). L'acte délictueux aura néanmoins pu toucher d'autres classes, notamment les comptes de tiers (clients, fournisseurs, Etat, salariés) et parfois même les capitaux.

Les pertes de biens correspondent en général à la disparition de biens matériels (hors informatique) en stock (classe 3) et quelquefois les biens achetés non stockés, ou les biens immobilisés.

• 4. Autres pertes

C'est, par définition, une catégorie, dont le contenu est varié : pertes patrimoniales, préjudices corporels ou moraux, frais de justice, amendes, frais d'étude et expertise divers, différentes responsabilités civiles.

■ III - L'APPROCHE MÉTHODIQUE DE LA SÉCURITÉ

L'analyse des sinistres importants démontre que la survenance, et surtout l'importance de ceux-ci, provient en général de l'incohérence des moyens de sécurité et de l'inadéquation de ces moyens par rapport aux enjeux (qui, souvent, ne sont pas mesurés). La sécurité des systèmes d'information est donc, avant toute chose,

affaire de méthode. Il convient de l'aborder en trois grandes phases, ou « couches » successives (cf. annexe 3).

Il est fondamental d'établir avant toute chose un schéma directeur de la sécurité des systèmes d'information (SDSSI). Les assureurs ont créé la méthode MARION en 1984, qui est devenue une norme de fait. La méthode MARION a naturellement beaucoup évolué depuis sa création en 1984, au sein du CLUSIF : plus de 400 schémas directeurs en France et plus de 100 dans 15 pays étrangers (38 % en secteur I : banque, assurance, prévoyance, finance, administration ; 32 % en secteur II : industrie, BTP, agriculture ; 30 % en secteur III : distribution, services, transport, divers). Une enquête récente montre que 89 % des schémas directeurs MARION sont acceptés tels quels par les directions générales.

■ IV - LES PRINCIPES DE BASE DE LA MÉTHODE MARION

1 - La sécurité ne peut être assurée que s'il y a une forte implication de l'entreprise ou de l'organisme, de la direction générale à l'utilisateur final, après une phase de sensibilisation.

2 - L'approche doit être pluridisciplinaire et participative. La mise en oeuvre de moyens et procédures de sécurité réalistes et cohérents entre eux, ne peut dépendre d'un responsable de sécurité isolé, mais d'un comité de pilotage comprenant des informaticiens, des utilisateurs, des organisateurs, des auditeurs, etc. L'essentiel des préjudices et une large partie des ripostes résidant chez les utilisateurs, ceux-ci doivent être largement impliqués.

3 - Le schéma directeur est une base de décision pour la direction générale : toutes les informations doivent y être objectivement quantifiées. Le schéma directeur est également une démarche didactique pour les acteurs qui participent à cette élaboration.

4 - La méthode est normative et contient dans chaque étape des supports de guidage (manuels ou logiciels).

5 - La méthode doit être suffisamment globale et prendre en compte les questions de sécurité et qualité des systèmes d'information (informatisés ou pas). Elle vise à réduire les vulnérabilités en accidents, erreurs et malveillance afin d'assurer la sécurité dans les domaines de la disponibilité, de l'intégrité et de la confidentialité. Les règles de base sont : cohérence des moyens de sécurité les uns par rapport aux autres et adéquation des moyens aux enjeux ; il n'existe pas de recette prédéterminée, il n'y a pas de solution générale : dans chaque entreprise, chaque scénario de risque est un cas particulier et complexe. Il n'y a pas de relation simple et générale du type risque/solution⁹. On aboutit à un plan glissant à trois ans, révisable annuellement.

6 - Le calcul de la capacité permet de justifier le budget sécurité par rapport aux

⁹ Il y a plutôt un champ de risques intercorrélés et un champ de solutions dont on doit assurer la cohérence et l'adéquation, les deux champs étant eux-mêmes corrélés, en notant que les risques comme les solutions ne doivent pas être analysés seulement vis-à-vis du système informatique.

objectifs du plan d'entreprise. La méthode propose un bilan coûts/réduction des risques.

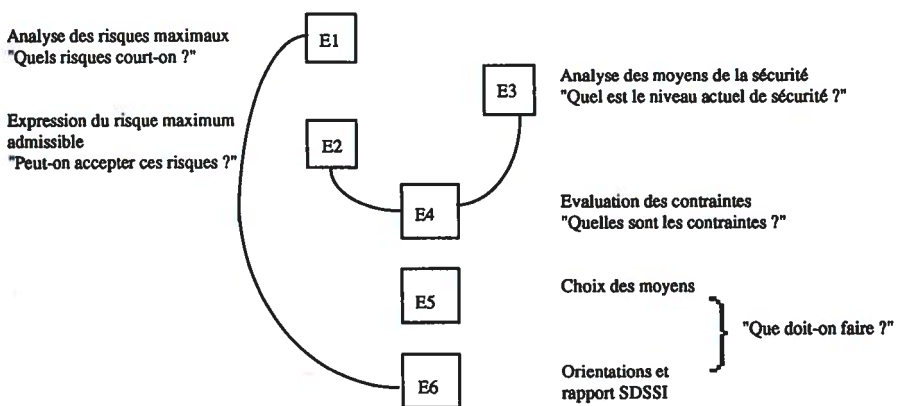
7 - Il convient de distinguer les grands risques (montant supérieur à la capacité) et les risques moyens et courants. Dans le premier cas, on ne peut ni ne doit parler de probabilité, chaque cas est particulier en termes de nuances, d'enjeux et de ripostes : il faut donc simuler les scénarios correspondants avec les acteurs concernés. Dans le second cas, au contraire, on doit raisonner en espérance mathématique de sinistres, sur la base d'un audit quantitatif et pondéré (en fonction du traitement statistique des sinistres issus des bases de données professionnelles).

8 - Le choix des moyens de sécurité est fondé sur la priorité des moyens de protection (écrêtage des grands risques) par rapport aux moyens de prévention (réduction de la fréquence des sinistres, sur l'équilibrage optimal des moyens prévention/protection (méthode actuarielle AGORA), sur la réduction des incohérences (suppression des failles) et l'optimisation du rapport qualité/coût des moyens de sécurité.

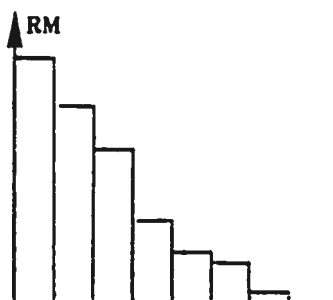
9 - Les moyens de sécurité doivent être adaptés aux scénarios spécifiques à l'entreprise puis certifiés (sur la base d'une nouvelle simulation des scénarios de base définis au paragraphe 7).

10 - La charge interne doit être limitée et répartie (150 J x H pour un monosite disposant d'un budget informatique annuel de l'ordre de 75 MF/an, avec environ 40 à 70 personnes concernées). Il en va de même pour la charge externe correspondant à l'assistance des experts, conseillée dans le cadre d'une première étude, afin d'encadrer la mission, contrôler les résultats et solutions, et, bien entendu, faire partager leurs connaissances et leurs expériences (20 - 40 J x H pour un monosite). La durée doit être limitée (environ trois mois pour un monosite multisystèmes).

■ V - LES ÉTAPES DE LA MÉTHODE MARION

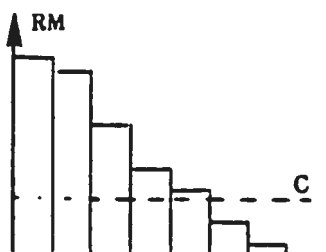


ETAPE 1 : Analyse des risques maximaux



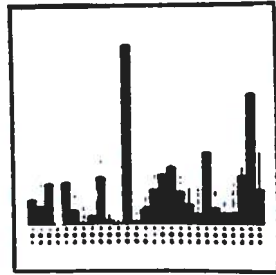
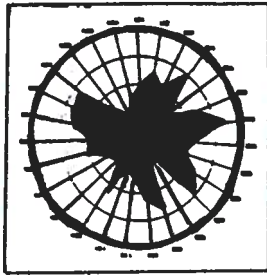
Cette étape permet de déterminer exhaustivement et quantitativement les scénarios de risques graves (RM) courus par l'entreprise. La méthode permet de cerner le champ concerné, de découper le système d'information en fonctions (10 à 15) qui seront analysées dans le cadre de groupes fonctionnels (informaticiens + utilisateurs) en utilisant des « dossiers experts de préparation de scénarios » (DARM-T1 et DARM-T2). On aboutit ainsi à une hiérarchisation objective des risques (en disponibilité, intégrité, confidentialité).

ETAPE 2 : Expression du risque maximal admissible



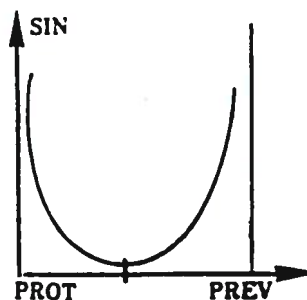
Cette étape permet de calculer la capacité de l'entreprise, c'est-à-dire la perte maximale qu'elle pourrait subir du fait des événements redoutés sans mettre en péril sa survie. Ces calculs sont réalisés à partir de l'analyse des bilans de l'entreprise (capacité financière) et à partir d'objectifs divers, financiers ou qualitatifs (capacité objectif : C).

ETAPE 3 : Analyse des moyens de la sécurité



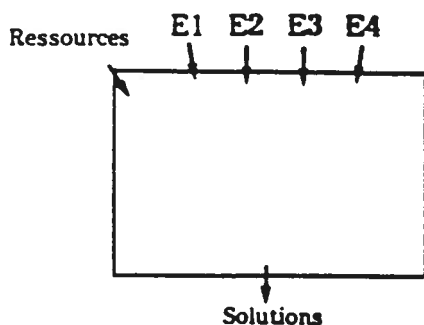
Cette étape est fondée sur un audit (assorti d'une analyse approfondie et d'un débat contradictoire des justificatifs), qui permet d'inventorier et de qualifier de manière cohérente et exhaustive les moyens de la sécurité (organisation générale et contrôles hors informatique, facteurs socio-économiques, sécurité physique et organisation de l'informatique, sécurité des matériels et logiciels de base, sécurité de l'exploitation, sécurité des applications informatiques). Chacun des 22 facteurs de prévention et des 5 facteurs de protection est ainsi « ausculté » par une batterie de questions (plus de 600), largement testées et mises à jour chaque année. Ces questions reçoivent des réponses quantitatives selon des règles établies. La méthode fournit les pondérations associées aux facteurs (d'origine étape 1 pour les risques majeurs et d'origine statistique pour les risques courants) et aux questions calculées sur la base de la sinistralité observée. On en déduit ainsi une photographie objective et quantitative de la situation du risque, qui se traduit en pratique par des représentations graphiques : la rosace des facteurs (points faibles et incohérences), le diagramme différentiel (gravités relatives) et la rosace des risques (vulnérabilités relatives). La méthode permet, enfin, de calculer le coût des moyens actuels de la sécurité avec les représentations graphiques associées (coût direct, coût indirect par secteur de responsabilité budgétaire et par facteur).

ETAPE 4 : Evaluation des contraintes



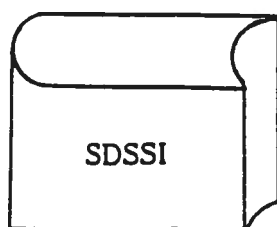
Cette étape introduit la notion importante de contrainte d'équilibrage prévention/protection qui permet de préciser la part minimale du budget à allouer à la prévention afin de minimiser le coût annuel des sinistres informatiques potentiels. C'est le point de jonction et de cohérence de la voie d'étude des grands risques (étapes 1 et 2) et de la voie d'approche globale (étape 3). On recense également les contraintes générales (techniques, procédurales, budgétaires, structurelles, humaines, etc.).

ETAPE 5 : Choix des moyens



Cette étape liste¹⁰ les moyens à mettre en oeuvre ou à améliorer, l'ordre logique dans lequel on doit intervenir (priorité), le degré d'amélioration nécessaire pour chaque moyen sélectionné ainsi que l'ordre de grandeur du coût correspondant (analysé et représenté graphiquement comme à l'étape 3). Cette étape peut être considérée comme une « boîte noire » de simulation disposant en entrée des résultats des étapes précédentes ainsi que des hypothèses de disponibilités de ressources (en francs et en hommes) pour chacune des trois années du plan glissant.

Etape 6 : Orientations et rapport (SDSSI)



10. Pour chaque hypothèse financière (coûts en francs en MH, en investissement et en exploitation courante).

Cette dernière étape permet de définir le plan technique détaillé. (La base de connaissance MARION est utilisée afin de sélectionner des recommandations détaillées et adaptées.) Les scénarios de l'étape 1 sont revus en fonction des moyens de sécurité proposés, ce qui permet d'ajuster ceux-ci de manière itérative jusqu'à ce que les risques maximaux deviennent inférieurs à la capacité. On construit la solution assurance, on établit les budgets et le planning, par année, par responsabilité, par mesure, et l'on établit le bilan (coûts/abaissement des risques). On rédige le SDSSI sous sa forme normative (note de synthèse, rapport de synthèse, annexe confidentielle des scénarios, annexe confidentielle de l'audit et des justificatifs, annexe confidentielle des solutions détaillées).

■ CONCLUSION

Les experts du CLUSIF contribuent largement à la mise au point de méthodes et recommandations qui correspondent aux couches 2 et 3 qui suivent celles du SDSSI. La France a acquis une avance certaine dans ces domaines. Elle a su, en particulier, harmoniser l'approche d'origine militaire (MELISA) et l'approche d'origine civile (MARION), de façon à contribuer significativement au progrès des travaux internationaux¹¹.

L'assureur peut, quant à lui, tirer de nombreux partis de ces travaux, essentiellement sous deux formes :

- L'assurance des risques informatiques constitue un marché non négligeable, si l'on considère les garanties quel que soit le contrat-support : un peu plus de 1 MF de primes en 1989 (50 % en dommages accidentels et leurs conséquences, 25 % en fraude, sabotage, et 25 % en responsabilité civile et risques divers), assorties d'un rapport sinistre à prime de 55 %.

Ce marché, stimulé en France depuis 1985, a cru, en moyenne, de l'ordre de 15 % par an avec une légère dégradation du rapport sinistre à prime (qui reste toutefois très correct). Les méthodes de sécurité sont utilisées à la souscription (pour évaluer et tarifier le risque et comme dossier technique pour la réassurance)¹² et en expertise après sinistre.

- La maîtrise des risques informatiques est un vecteur d'image pour l'assureur qui lui permet de « faire la différence » vis-à-vis d'un concurrent, en élargissant son métier vers le conseil, comme ont su le faire les banquiers. Certes, il convient de le faire avec précaution et de veiller à une bonne distribution des rôles entre le réassureur, l'assureur, l'intermédiaire et l'expert. Il ne faut pas oublier que les risques informatiques sont très médiatisés, y compris pour le grand public, mais qu'ils préoccupent au premier chef les patrons d'entreprise. La maîtrise des risques informatiques peut ainsi participer à l'amélioration de l'image de l'assureur et faciliter son accès direct auprès des décideurs de haut niveau dans les entreprises ■

11. Apport Officiel Français à la conférence internationale (ISO) de MUNICH en 1990.

12. L'approche « MARION » a fait l'objet d'un consensus d'une grande partie des réassureurs européens.

ANNEXE 1

COMMENTAIRE DE L'ESTIMATION DES PERTES DUES A L'INFORMATIQUE

- **Les risques accidentels** ont encore une progression assez importante (+ 6 % par rapport à 1989). Les sinistres graves y sont toujours nombreux (14 sinistres de plus de 10 MF et 2 sinistres de plus de 100 MF). L'évolution du parc mini et micro explique une part importante de ces chiffres. On note également une diversification des causes, même pour les risques accidentels¹³ (Incendie : 42 %, fumées-corrosion-pollution : 11 %, dégâts des eaux : 12 %, bris de machine : 8 %, risques électriques dont foudre et surtensions : 9 %, défaillance d'environnement : 10 %, divers et inconnu : 8 %). En ce qui concerne la ligne N° 3 la diversité est également importante (pannes de matériels classiques : 18 %, pannes de matériels spécifiques : 15 %, pannes environnement : 9 %, dysfonctionnement de logiciels de base : 10 %, carences réseau : 11 %, carences alimentation en eau : 5 %, carences alimentation électrique : 3 %, carences de fournitures diverses : 8 %, divers et inconnu : 21 %).
- **Les risques liés aux erreurs** sont en légère diminution (- 2,6 % par rapport à 1989). C'est notamment le cas pour la ligne N° 4 (malgré des cas encore nombreux d'erreurs de routage de supports informatiques ou d'erreurs liées à l'usage du réseau), et pour la ligne N° 5 (où l'amélioration de la qualité en production se poursuit avec une automatisation croissante). On notera toutefois que, si l'évolution du conversationnel contribue à améliorer la ligne N° 4, les erreurs fonctionnelles qui n'apparaissent pas sur ce tableau sont plutôt en hausse. La ligne N° 6 (erreur de conception et de réalisation) est en hausse (+ 6 % par rapport à 1989). Les causes sont à la fois structurelles (usage croissant de progiciels, recours contre les SSII...) et techniques (obsolescence d'un nombre croissant de systèmes applicatifs engendrant des maintenances ou refontes délicates, applicatifs nouveaux plus complexes, etc.).
- **Les risques liés à la malveillance** qui représentent 50 % des pertes croissent (+ 10,2 % par rapport à 1989). La ligne 7 est en hausse de 9 % (et compte 2 sinistres de plus de 100 MF). Elle se décompose ainsi : fraude, 67 %, sabotage, 33 % ; la fraude se décompose à son tour : détournement de fonds, 70 %, détournement de biens, 30 %. (Le détournement de biens peut être analysé par secteur socio-économique¹⁴ : I : 38 %, II : 28 %, III : 34 %) ; le sabotage se décompose à son tour en falsification de données ou programmes : 20 %, destructions ou blocages partiels : 49 %, destructions ou blocages complets : 31 %. Le sabotage immatériel a cessé de croître au profit de la fraude. La sinistralité micro (et parfois mini) liée aux virus est difficile à apprécier ; elle n'est sans doute pas négligeable dans les PME ; nous l'estimons au total à moins de 100 MF, malgré la croissance trimestrielle continue des virus (c'est toutefois l'apparition de virus réseau mini et grands systèmes qui est préoccupante). La ligne N° 8 est en forte hausse (+ 21 % par rapport à 1989). L'espionnage n'est plus que minoritairement industriel (nous n'appréhendons toutefois pas une partie importante des cas concernant la défense) et il devient majoritairement économique. Les secteurs distribution et finances progressent en particulier de façon significative : la proximité du marché unique en 1993, l'application progressive des directives LPS, les phénomènes de concentration des entreprises, représentent un contexte partiellement explicatif de l'évolution des lignes n° 7 et 8. La ligne n° 9 est à nouveau en hausse après avoir connu une baisse en 1988. (Toutefois l'imprécision sur cette ligne est l'une des plus élevées). Cela s'explique par une reprise du piratage et surtout de la poursuite du piratage en 1989, malgré les efforts contractuels des éditeurs en 1988. Il est probable que la tendance s'accroîtra du fait des usagers (progiciels plus nombreux, à évolution rapide, de plus en plus sophistiqués, circulation européenne, progression des clones orientaux) et des éditeurs (protection technique limitée, protection juridique en hausse, besoin de fonds de roulement pour investir dans les nouvelles architectures imposant plus de rigueur vis-à-vis de la contrefaçon et de la copie illicite).

13. Les pourcentages indiqués se réfèrent aux pertes engendrées.

14. I : Banque, Assurances, Prévoyance, Finance

II : Industrie, BTP, Agriculture

III : Transport, Distribution, Services divers

15. Pertes supérieures à la capacité des entreprises concernées.

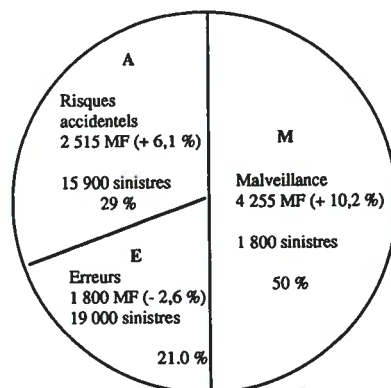
**Estimation des pertes dues à l'informatique (France 1989)
Montant en millions de francs**

Groupe de risque	Type de perte Type de risque	A Dommages matériels et associés	B Frais supplémentaires et pertes d'exploitation	C Pertes de fonds et pertes de biens	D Respons. civile autres pertes	TOTAL	1	2
A	1. Risques matériels	455	835		90	1 380 (+ 9%)	9	2
	2. Vol, sabotage de matériel	45	40			85 (+ 6%)	-	-
	3. Pannes et dysfonctionnements de matériels et logiciels de base		1 050			1 050 (+ 3%)	5	-
E	4. Erreurs de saisie, transmission et utilisation des informations		430	90	130	650 (- 13%)	-	-
	5. Erreurs d'exploitation		250	20	30	300 (- 14%)	-	-
	6. Erreurs de conception et de réalisation		570	80	200	850 (+ 6%)	2	-
M	7. Fraude, sabotage immatériel		650	1 700	150	2 500 (+ 9%)	14	2
	8. Indiscrétion, détournement d'informations		450	15	115	580 (+ 21%)	8	-
	9. Détournements de logiciels		1 100			1 100 (+ 11%)	6	-
	10. Grèves, départ de personnel informatique		75			75 (- 17%)	-	-
	TOTAL	500 (+ 9%)	5 450 (+ 5,5 %)	1 905 (+ 3,5 %)	715 (+ 10 %)	8 570 (+ 5 %)	44	4

1 - Sinistres supérieurs à 10 MF
2 - Sinistres supérieurs à 100 MF

Détail ligne n° 7

Détournement	Total	Secteurs (1)		
		I	II	III
Fonds	45 %	22 %	8 %	15 %
Biens	23 %	2 %	7 %	14 %
Total	68 %	24 %	15 %	29 %
Sabotage (2) immatériel	32 %	16 %	7 %	9 %



- (1) (I) Banque, Assurance, Prévoyance, Finance.
(II) Industrie, BTP, Agriculture.
(III) Distribution, Transports, Services, Divers.
(2) Bombes logiques, virus, vers, etc..

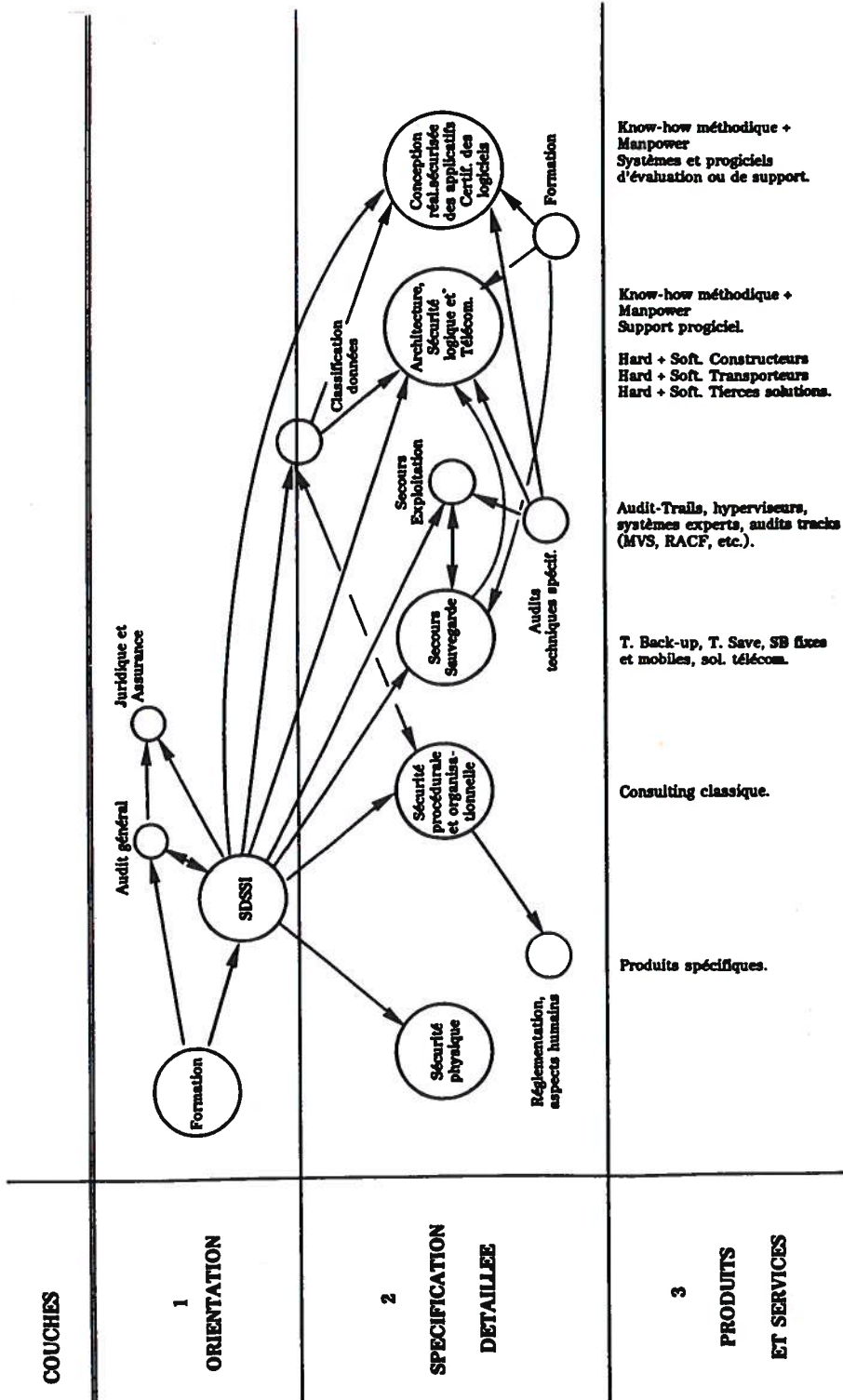
ANNEXE 2

**Liste des 27 facteurs de base
de la sécurité des systèmes d'information**

CHAPITRES	FACTEURS	REFERENCE DU FACTEUR	IMPORTANCE RELATIVE
Appréciation générale de la sécurité de l'entreprise	- l'organisation générale - les contrôles permanents - la réglementation et l'audit	101 102* 103	x x x x x x x
Facteurs socio-économiques		201	x
Principes généraux de la sécurité informatique	- l'environnement de base - le contrôle des accès - la pollution - les consignes - la sécurité spécifique incendie - la sécurité spécifique dégâts des eaux - l'amélioration de la fiabilité de fonctionnement - les systèmes et procédures de secours - les protocoles utilisateurs/informaticiens - le personnel informatique - le plan informatique	301 302 303 304* 305* 306 307 308* 309 310 311	x x x x x x x x x x x x x x x x x
Sécurité du matériel et du logiciel de base	- la fiabilité du matériel et la sécurité offerte par le logiciel de base - la sécurité des télécommunications et la protection complémentaire des données - la protection de bases de données	401 402 403	x x x x x x x
Sécurité de l'exploitation informatique	- l'archivage/désarchivage - la saisie et transfert classiques des données - la sauvegarde - le suivi de l'exploitation - la maintenance	501 502 503* 504 505	x x x x x x x
Sécurité des études et réalisations informatiques	- les protocoles de recettes - les méthodes d'analyse-programmation - les contrôles programmés - la sécurité logiciels divers	601 602 603 604	x x x x x x x x

ANNEXE 3

Approche de la sécurité des systèmes d'information en trois couches



CATASTROPHES NATURELLES

Réformer la loi du 13 juillet 1982

MOTS CLÉS : *Catastrophes naturelles • Indemnisation • Information • Plan d'exposition aux risques • Prévention • Vulnérabilité*

Renaud Vié le Sage, directeur du Laboratoire de chimie minérale des milieux naturels et de l'unité fonctionnelle - Gestion et protection de l'environnement - à l'université Paris-VII, a été délégué aux Risques majeurs auprès du Premier ministre de 1984 à 1987, après avoir été directeur du Commissariat aux risques de 1981 à 1984. Il est un des rédacteurs de la loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles. Il propose d'en réformer l'article 5 concernant les rapports assurance et prévention. Maire de Montévrain, Renaud Vié le Sage est aussi l'auteur de *La Terre en otage*, Seuil, 1989.

■ I - VULNÉRABILITÉ

Le « préventionniste » est quelqu'un qui bouscule les habitudes et les administrations. Il s'agit en effet d'un domaine où de nombreux concepts sont encore à inventer. La notion décisive est celle de vulnérabilité : vulnérabilité de la société, vulnérabilité d'une maison, vulnérabilité d'un individu. C'est une notion complexe qui désigne à la fois un niveau d'aléa naturel que l'on peut identifier par risque (tremblement de terre, avalanche, glissement de terrain) et la prise en compte des critères de position (un tremblement de terre qui se produit en plein désert constitue un événement géologique intéressant, sans constituer une catastrophe). Le concept de vulnérabilité vise à recouvrir en totalité la notion d'exposition aux risques, laquelle, à niveau d'aléa constant, dépendra des caractéristiques des équipements et, pour une même nature d'équipement, découlera de l'intensité du risque¹.

Nos sociétés sont de plus en plus vulnérables. Cela peut sembler paradoxal à une époque où elles devraient théoriquement mieux maîtriser les risques auxquels elles sont exposées. Elles acceptent un degré d'exposition de plus en plus grand

1. Cf. Renaud Vié le Sage, - *La Terre en otage* -, Seuil, 1989, p.94.

aux risques de toute nature. Ce n'est pas un paradoxe de dire qu'en matière de risques naturels la montagne tue actuellement beaucoup plus d'alpinistes que de montagnards, la mer plus de plaisanciers que de marins professionnels et les volcans plus de touristes que de vulcanologues. Les pays en voie de développement, par définition les moins industrialisés, paient non seulement le tribut le plus lourd aux catastrophes naturelles - ce qui peut s'expliquer par leur situation géographique et leur degré d'exposition météorologique -, mais aussi, et de loin, aux catastrophes industrielles. Bhopal, Mexico, Caracas en sont des exemples. L'industrie tue désormais plus de « civils » que d'ouvriers. On continue de renforcer les règles de sécurité à l'intérieur des usines quand, dans le même temps, on tolère que les transports de matières dangereuses s'opèrent dans des conditions souvent aberrantes et l'on construit de plus en plus près de centres à risques. Les gains de sécurité réalisés à l'intérieur des usines sont largement perdus par l'augmentation de l'insécurité à leur périphérie ou sur le tracé de transport des matières dangereuses.

■ II - RÉFORMER LA LOI DU 13 JUILLET 1982

La loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles voulait obliger, par l'utilisation de plans d'exposition aux risques, les particuliers, vivant dans des zones exposées, à prendre les mesures de prévention et de protection nécessaires (cf. annexe 1). La loi du 13 juillet 1982 est basée sur l'expression de la solidarité nationale. Tout le monde paie la même surprime additionnelle sur son assurance vol, incendie, qu'il soit ou non exposé à des risques de catastrophes naturelles. Ceux qui vivent dans des zones où ils n'auront jamais à subir de tremblements de terre, de glissements de terrain, d'avalanches ou de cyclones paient pour ceux qui se trouvent dans des zones où ils auront à subir des catastrophes naturelles. Le corollaire de cette solidarité devrait être qu'elle ne devienne pas un encouragement à la prise de risques. Aussi la loi prévoyait-elle que les « chauffards du risque », ceux qui s'exposeraient aux risques en contravention avec les dispositions préventives prévues, seraient traduits devant un bureau central de tarification, qui serait amené à majorer leurs primes dans des proportions considérables.

Ce dispositif n'a pas fonctionné, pour des raisons que nous avons totalement sous-estimées. Un particulier paie 100 F de surprime catastrophes naturelles, quand sa prime principale est de l'ordre de 1 000 F. L'agent d'assurance, qui refuserait d'assurer pareil client, ne peut le faire uniquement pour la surprime catastrophes naturelles. Il perdra donc la totalité de la prime. Or, quand on sait que la constitution d'un dossier, permettant de déférer les « chauffards des risques » devant le bureau central de tarification, coûte en moyenne 400 à 500 F, on comprend que l'assureur préfère payer, chaque fois que la cave où son client a laissé, comme par hasard, son frigidaire ou son congélateur est inondée. L'application de la loi dégage un bilan financier satisfaisant pour tout le monde :

pour les assureurs, il s'agit d'une branche qui est largement bénéficiaire ; pour l'Etat, qui a réalisé un beau coup politique et encaisse de confortables taxes parafiscales ; et enfin pour les sinistrés qui sont assez largement indemnisés.

On en arrive à cette situation quelque peu paradoxale que, si votre maison est mal située, si votre cave est inondée, une fois que le cas de catastrophe naturelle a été constaté, l'assurance paiera sans rechigner même si vous n'avez pas respecté un certain nombre de normes. Si, par contre, la même personne a l'une des conduites d'eau de sa salle de bains qui lâche, la compagnie d'assurances sera très attentive aux conditions dans lesquelles il y a ou non lieu à garantie décennale, si la rupture est due ou non à un vieillissement naturel. Si bien que les gens ne comprennent plus très bien.

Les dispositions prévues à l'article 5 de la loi n'ont pas eu l'effet incitatif souhaité. L'indemnisation est objectivement devenue une prime d'encouragement à la prise de risques. Les élus, qui, auparavant, pouvaient s'opposer à leurs administrés en faisant valoir que le terrain était inconstructible parce qu'inondable, qu'ils ne seraient pas couverts par leur assurance et que cela leur coûterait très cher, se voient aujourd'hui répondre : « Mêlez-vous de ce qui vous regarde. Après tout, c'est mon assurance qui paye. » Le maire ne peut pas s'appuyer sur l'assurance pour faire respecter les dispositions prévues par la loi.

On pourrait réformer ce système en apportant une triple amélioration.

• 1. Instituer un système de bonus-malus

On pourrait imaginer d'étendre aux catastrophes naturelles le système en vigueur en automobile. La loi demande à chacun de payer une certaine cotisation. Ainsi le bon conducteur, même s'il a un bonus maximal, continue à payer pour le mauvais. Mais les statistiques pourraient permettre d'affecter un malus à celui dont la cave est inondée tous les deux ans, malus qui l'encouragera à prendre des mesures de prévention. Comme en assurance automobile, ce malus pourrait être attribué sur une base purement statistique, sans qu'on ait à procéder à une expertise du domicile. La procédure du bureau central de tarification n'entrerait en jeu qu'à partir du moment où une compagnie d'assurances, constatant l'existence de sinistres à répétition, estimera devoir refuser d'assurer.

• 2. Généraliser les plans d'exposition aux risques (PER)

Sur trois années pleines d'exercice de la procédure de catastrophes naturelles, on a pu relever qu'il y avait plus de 5 000 communes en France qui avaient été constatées au moins une fois en état de catastrophe naturelle. Dans le même temps, 600 d'entre elles seulement avaient un PER en cours. Faisons obligation à ces communes de se doter d'un plan d'exposition aux risques, et cessons de discuter pour savoir si réellement il y a risque puisque qu'il y a déjà eu catastrophe. Il pourrait être de l'intérêt de l'Etat et des assurances d'aider au financement des PER par la création d'une sorte de fonds, pouvant être alimenté par une partie des excédents produits par l'application de la loi.

En effet, seule la généralisation des PER peut les rendre crédibles. S'ils ne sont pas généralisés, le risque devient politique. Soit deux communes mitoyennes, exposées donc aux mêmes risques, dont l'une est dotée d'un PER et l'autre non. Les administrés de la première seront obligés de se conformer aux prescriptions légales et de prendre certaines précautions. Alors que ceux qui résident de l'autre côté de la rue, et devront subir la même inondation si elle doit se produire, seront indemnisés en totalité puisque, faute de PER, la loi ne leur est pas encore applicable, sauf pour le volet indemnisation. On a commencé à indemniser en admettant que les PER suivraient. Ils suivent en fait à une vitesse dix fois inférieure à la vitesse d'indemnisation. Ainsi la porte est-elle ouverte aux spéculateurs qui choisiront de s'installer dans une zone où, parce qu'elle est inondable, le terrain est moins cher. Assuré à un tarif défiant toute concurrence, il sera indemnisé en cas de catastrophe. A la limite, il pourrait même avoir intérêt à avoir sa cave inondée chaque année : cela reviendra moins cher de se faire rembourser le brûleur de sa chaudière par son assureur plutôt que d'en faire le nettoyage. Le jour où un PER sera promulgué, il aura dix ans pour se mettre en conformité avec la loi, à condition que le coût de cette mise en conformité ne dépasse pas un seuil considéré comme économiquement rentable : 10 % de la valeur de la maison.

• 3. Accorder des dégrèvements fiscaux

Une troisième mesure serait d'accorder des dégrèvements fiscaux à ceux qui mettent en oeuvre des mesures de prévention, compte tenu du fait qu'il y va de l'intérêt de la société : la prévention remplace la réparation. On a pu, il y a quelques années, défalquer du montant de son impôt le coût de travaux destinés à l'amélioration du confort de sa maison, notion bien subjective et qui ne pouvait servir de support à une obligation à la différence des risques de catastrophes naturelles, où la loi vous oblige en théorie à prendre des mesures de protection. On est dans un domaine comparable à celui des économies d'énergie qui ont donné lieu à des possibilités de dégrèvement d'impôts.

■ III - PRÉVENIR, C'EST INFORMER

Lorsqu'il y a une catastrophe, on doit essayer d'en tirer tous les enseignements pour qu'elle ne se reproduise plus. Lorsqu'une catastrophe arrive pour la première fois, on peut considérer qu'il est normal que la société et l'assurance réparent, même si les sinistrés n'ont pas pris toutes les précautions nécessaires. Mais, dès lors qu'elle s'est réalisée, il faut que celui qui indemnise, indique clairement les mesures que l'assuré devra prendre pour que, la fois suivante, il puisse bénéficier de la couverture.

Prévenir (du latin *prae-venire* : « venir au devant », « devancer ») c'est - étymologiquement et pratiquement - aussi bien anticiper un événement pour empêcher qu'il se produise qu'informer les victimes potentielles de sa survenance. Dès lors qu'une catastrophe a eu lieu une fois, on sait qu'elle se reproduira. Il convient

alors de prévenir ceux qui s'exposent à un risque dont ils n'ont pas nécessairement la mémoire ou la connaissance. Le risque de crues torrentielles au Grand-Bornand était connu et indiqué dans des documents officiels. Jamais les anciens n'auraient construit ou ne se seraient installés dans le lit de ce torrent. On aurait donc dû prévenir les campeurs : - Son lit a connu dans le passé des crues torrentielles. En cas d'alerte, vous avez deux heures pour évacuer le site. -

On dit que c'est affoler les gens. Au contraire, ce qui est affolant en matière de prévention, c'est le manque d'information. On ne refuse pas de monter dans un ascenseur sous prétexte qu'il y figure une plaque indiquant la conduite à tenir en cas d'incendie. On n'évite pas les plages où il y a des drapeaux rouges, verts ou oranges en se disant que sur la plage à côté, où il n'y a pas de drapeau, on sera plus en sûreté. En fait, l'élément de sécurité se vend bien. Lorsque les stations de sports-d'hiver ont commencé à afficher le degré de risque d'avalanche existant sur les pistes, on a prétendu qu'elles seraient frappées d'une estampille de dangerosité, qui les défavoriserait par rapport aux autres. Aujourd'hui, elles se battent pour avoir leur système d'affichage du risque d'avalanche.

Informé suppose de ne pas invoquer, après les catastrophes, le destin, la fatalité : cela revient à effacer les traces de ce qui s'est passé. Autant renvoyer les futures victimes devant le tribunal du destin. On peut comprendre que les responsables cherchent à se couvrir, mais il n'est pas acceptable que ce soit en dressant un rideau de fumée, qui interdira qu'on tire les enseignements pour l'avenir. Aussi n'y a-t-il aucune raison d'interdire de camper dans le lit des torrents. Il faut seulement prendre toutes dispositions pour que les gens connaissent les risques auxquels ils s'exposent. Si l'on dispose de deux heures pour évacuer le site et qu'il se produit une crue torrentielle, il faudra procéder à son évacuation.

Il en va autrement dans d'autres situations. Dans le cas de risques sismiques, on ne peut pas évacuer des millions de gens pendant une dizaine de jours en vain, à chaque fois que l'on entre dans une période d'activité sismique qui paraît dangereuse. Ce qui pose un autre problème : celui de la vulnérabilité sociale et politique d'une société.

Il y a des cas où l'on peut craindre que la catastrophe ne naisse d'un comportement de la population plus que de la manifestation tellurique ou météorologique. En 1976, l'éruption redoutée de la Soufrière ne s'est pas produite. Mais en quelques semaines, plus de la moitié des habitants de Basse-Terre, affolés, ont été se réfugier de l'autre côté de l'île, où ils se trouvaient rassemblés dans des conditions épouvantables. Dans ce cas, décider l'évacuation et la planifier, revenait à prendre en compte l'état de fait. En décembre 1986, une éruption importante a eu lieu sur l'île d'Oshima, au Japon. On avait l'impression, compte tenu de la faille qui se créait, que l'île risquait d'être coupée en deux par une forme éruptive, interdisant aux gens qui habitaient d'un côté de l'île de passer de l'autre côté. Or il n'y avait qu'un port, seul endroit abordable. La population qui vivait du côté où il n'y avait pas de port s'est réfugiée en panique de l'autre côté, si bien que 12 000 personnes se sont retrouvées à camper sur un port minuscule, dans des

conditions terribles. Les autorités ont eu raison de les évacuer. Le risque de catastrophe était bien là, un risque social. Il y avait un mouvement de panique à gérer. La panique est un élément de catastrophe.

Or, moins l'information est donnée, moins elle est transparente, moins elle est claire, et plus les gens auront un comportement de panique face aux premiers anicroches. Si, au contraire, on diffuse de bonnes informations, on permet aux gens d'avoir une attitude beaucoup plus responsable face au risque. Indiquer aux gens qui seraient pris dans une avalanche le comportement respiratoire qu'ils doivent adopter, leur conseiller de se munir d'une carte magnétique qui permettra de les détecter s'ils sont enfouis, fera qu'ils n'auront pas la réaction de panique qu'aurait une personne non prévenue.

La terre prévient longtemps à l'avance l'homme des caprices qu'elle est susceptible de délivrer. Les messages que le particulier n'entend pas, il appartient aux pouvoirs publics et aux assurances de les amplifier au lieu de les étouffer ■

ANNEXE 1

Loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles art. 5 (extraits) :

- L'Etat élabore et met en application des plans d'exposition aux risques naturels prévisibles, qui déterminent notamment les zones exposées et les techniques de prévention à y mettre en oeuvre tant par les propriétaires que par les collectivités ou les établissements publics. Ces plans...valent servitude d'utilité publique et sont annexés au plan d'occupation des sols, conformément à l'article L. 123-10 du Code de l'urbanisme.

Dans les terrains classés inconstructibles par un plan d'exposition, l'obligation (d'assurance des catastrophes naturelles) ne s'impose pas aux entreprises d'assurance... à l'exception toutefois des biens et des activités existant antérieurement à la publication de ce plan.

Cette obligation ne s'impose pas non plus aux entreprises d'assurance à l'égard des biens immobiliers construits et activités exercées en violation des règles administratives en vigueur lors de leur mise en place et tendant à prévenir les dommages causés par une catastrophe naturelle.

A l'égard des biens et des activités situés dans les terrains couverts par un plan d'exposition, qui n'ont cependant pas été classés comme inconstructibles à ce titre, les entreprises d'assurance peuvent exceptionnellement déroger aux dispositions de l'article 2, deuxième alinéa, sur décision du bureau central de tarification...

A l'égard des biens et activités couverts par un plan d'exposition et implantés antérieurement à sa publication, la même possibilité de dérogation pourra être ouverte aux entreprises d'assurance lorsque le propriétaire ou l'exploitant ne se sera pas conformé dans un délai de cinq ans aux prescriptions visées au premier alinéa du présent article.

Le bureau central de tarification fixe des abattements spéciaux dont les montants maxima sont déterminés par arrêté, par catégorie de contrat.

Lorsqu'un assuré s'est vu refuser par trois entreprises d'assurance l'application des dispositions de la présente loi, il peut saisir le bureau central de tarification, qui impose à l'une des entreprises d'assurance concernées, que choisit l'assuré, de le garantir contre les effets des catastrophes naturelles.

SECURITE ROUTIERE**

Une perspective japonaise

MOTS CLÉS : *Sécurité active et passive . Automobile . Risque objectif et subjectif . Prévention . Erreur . Faute .*

L'auteur explicite les principes de la politique de prévention des accidents de la circulation au Japon. Il distingue le jugement de l'automobiliste sur sa conduite auquel il accorde une importance primordiale, des caractéristiques de l'automobile qui peuvent soit faire qu'une erreur de conduite ne sera pas dommageable, soit qu'elle sera limitée dans ses conséquences. Il insiste enfin sur l'importance de la qualité du réseau routier et l'éducation du conducteur.

Pour que l'automobile remplisse sa fonction, elle doit rouler à une certaine vitesse. Qui dit « vitesse » dit « risque ». Il s'agit donc de prendre en compte les risques liés à une utilisation convenable de l'automobile. Si, en effet, on réduisait la vitesse des automobiles à celle des piétons, on réduirait d'autant la force de l'impact au moment de la collision. Ainsi réduirait-on de façon significative le risque objectif, mais on n'utiliserait que de façon très insuffisante l'outil automobile. Permettre que cette activité soit pratiquée par des gens dont les aptitudes sont inférieures au niveau requis revient à accepter un certain taux de fautes et à multiplier les difficultés dans la mise en place d'une politique de réduction des risques. Il ne faut pas se contenter d'une approche statique de la prévention des risques, car ils requièrent une prévention de type dynamique visant à les maintenir à un niveau compatible avec une pleine utilisation de l'automobile. Même s'il est vain de vouloir garantir une sécurité absolue, la poursuite des efforts visant à éviter un accident avant qu'il ne se produise, les mesures de « sécurité active » et les systèmes de « sécurité passive », visant à prévenir les blessures graves lors d'un accident, ainsi que les « mesures de sécurité curatives » visant à limiter les dommages, constituent les trois axes essentiels de la diminution des risques.

* Chercheur à l'IATSS (International Association of Traffic and Safety Sciences).

** Texte publié avec l'aimable autorisation du TÜV.

■ I - LES ACCIDENTS AU JAPON

Le nombre des décès sur les routes japonaises a atteint son point culminant en 1970, avec un chiffre de 16 000. Par la suite, il diminuait régulièrement pour se réduire de moitié en 1979. Cependant, la place prise par l'automobile dans la société, ainsi que l'augmentation de la vitesse, ont fait que le nombre de décès annuels a progressivement augmenté jusqu'à dépasser le seuil des 10 000 par an.

Comme la moitié des victimes sont des piétons et des cyclistes, il est difficile d'établir des comparaisons en utilisant les mêmes critères que ceux qui sont utilisés en Europe et aux Etats-Unis.

Le nombre de piétons tués sur les routes en 1970 était de 6 000, celui des cyclistes de 2 000, soit un total de 8 000 représentant environ la moitié des décès. En 1979, les chiffres étaient respectivement de 2 900 piétons et de 1 000 cyclistes tués. Le Japon avait réussi à faire tomber le nombre de ce type de décès au-dessous des 4 000. Les mesures visant à séparer les piétons des autres flux de circulation et une éducation à la sécurité ont donc eu des résultats très significatifs.

Le fait d'avoir diminué de moitié le nombre des décès dus à la circulation attira l'attention du reste du monde sur le Japon. Nous avons réussi parce que nous avons concentré nos efforts sur les mesures les plus efficaces à réduire les risques auxquels sont exposés piétons et cyclistes. Mais la lenteur des progrès réalisés par la suite atteste la présence de facteurs inconnus attribués au nombre croissant des quatre-roues et des deux-roues mis en circulation. Le Japon est désormais confronté à une situation où il lui est très difficile de faire des progrès en matière de réduction des risques.

Lorsque l'on regarde comment se répartissent les décès selon les moyens de transport en 1979 et en 1989, on observe une nette augmentation des décès concernant deux et quatre-roues alors qu'elle est minime pour les piétons.

	1979	1989	
Automobiles	2 998	4 252	(+140 %)
Motos	747	1 612	(+216 %)
Cyclomoteurs 50 cc	791	963	(+122 %)
Bicyclettes	1 005	1 210	(+120 %)
Piétons	2 888	3 005	(+104 %)

**Nombre de décès selon le moyen de transport
(comparaison 1979/1989)**

Une confiance exagérée dans l'utilisation de l'automobile, la sous-estimation des risques subjectifs, et une augmentation énorme du volume de la circulation concourent à faire de la réduction des facteurs de risque un défi des plus redoutables. Cela oblige à aborder le problème sous un autre angle.

■ II - RISQUES ET TRANSPORTS ROUTIERS

On a dit que, dans la conduite automobile, le plus important n'était pas l'effort physique, mais les tâches exécutées par les fonctions mentales. L'information reçue par l'oeil est sélectionnée, les informations utiles sont traitées et le véhicule se déplace en fonction de ces résultats. Le conducteur peut donc être considéré comme le contrôleur d'un système de traitement sélectif des informations qui opère à la vitesse d'un gros ordinateur.

Cela conduit à considérer la conduite d'une voiture comme un système homme-machine-environnement. Le conducteur, coeur d'un système basé sur sa réponse aux changements incessants de l'environnement, est la clé de la sécurité du voyage. Pour cette raison, le transport automobile recèle la possibilité d'erreurs humaines, en sus de ce qu'il est convenu d'appeler fautes, et qui contribuent à provoquer les accidents de voitures.

On peut diviser le comportement humain en trois catégories principales : le comportement logique ; le comportement illogique ; le comportement irrationnel. Le premier est basé sur un jugement logique. Dans une large mesure, il réduit les risques afférents à la conduite. Le comportement illogique, effet de l'humeur du moment, entre en jeu lorsque, par exemple, on écoute la radio ou que l'on pense à autre chose tout en conduisant.

Mais il y a aussi des moments pendant lesquels le conducteur est perturbé par un comportement impulsif, qui mérite le nom d'irrationnel. C'est le cas lorsqu'il devient agressif à l'égard des autres. Il est en proie à un état d'esprit totalement imprévisible. Le niveau de risque objectif augmente alors considérablement, et la probabilité que s'enclenche un processus d'accident devient extrêmement grande. Dans une telle situation, rétablir un comportement logique grâce à une sorte de système de sauvegarde, tel qu'un dispositif d'alarme, est nécessaire.

Quel que soit le comportement adopté, l'être humain commettra des fautes. Des comportements de type illusoire se produisent assez souvent. Ils ne posaient guère de problème avant l'âge de l'automobile. Mais si pareille défaillance se produit lors de la conduite d'un véhicule à moteur, alors qu'il existe déjà une probabilité d'accident, on a un scénario catastrophe et l'accident se produira à coup sûr. Mais en raison du faible taux de probabilité de ce comportement, de l'ordre de 10⁻⁶, peu de gens reconnaissent l'existence de ce risque.

Indépendamment de la probabilité des accidents, les dommages causés sont quant à eux variables. La plupart des accidents ne sont pas mortels. La répartition des risques est tout à fait différente de celle qui vaut en cas de catastrophe aérienne. L'appréhension et l'aversion provoquées par les accidents automobiles sont relativement peu élevées.

Les Japonais ont tendance à considérer les risques subjectifs comme moins importants que les risques objectifs. Cela tient à ce qu'il s'agit d'une société homogène constituée d'une race unique de souche paysanne pour qui les accidents revêtent un caractère émotionnel.

Les raisons qui font que le risque subjectif est sous estimé sont les suivantes : on ne croit pas que son existence puisse être assimilée au groupe des victimes d'accidents et on surestime ses capacités de conducteur en pensant que l'on ne commet jamais de fautes.

Aussi, après avoir frôlé un accident, le conducteur se placera de lui-même dans l'une des cinq catégories suivantes:

1. Je vais conduire plus prudemment.
2. J'ai réussi à éviter l'accident grâce à mon excellente dextérité.
3. Je suis un type très chanceux. Il y avait un vrai danger.
4. Il n'y avait pas de problème étant donné que je suis un type chanceux.
5. En fait il n'y avait pas vraiment de danger.

Seules les attitudes 1 et 3 prennent au sérieux l'éventualité d'un accident. Et on peut penser que le conducteur tiendra plus compte qu'auparavant de l'existence du risque subjectif. Par contre, dans le cas numéro 2, de surestimation de ses capacités par le conducteur, et dans les cas 4 et 5 où le conducteur dénie l'existence même du risque, la perception du risque subjectif est refoulée et l'on peut penser qu'à l'avenir le conducteur reproduira le même type de comportement.

L'évaluation des erreurs de conduite est naturellement très différente selon qu'elles sont perçues de manière objective ou subjective. Il est des cas où une erreur humaine est clairement perçue comme devant donner un accident, alors que dans les faits l'accident n'a pas été frôlé, ni aucun stade critique atteint. De ce point de vue, les erreurs humaines pourraient être réparties dans les trois catégories suivantes :

1. Celles qui n'ont aucun effet sur le fonctionnement du système.
2. Celles qui ont un effet potentiel sur le fonctionnement du système, ou présentent un risque.
3. Celles qui ont un effet actuel sur le fonctionnement du système.

Par conséquent, selon le cas, il se peut que l'erreur humaine ne soit pas perçue comme une erreur actuelle. Changer le niveau de perception de ses erreurs implique une action éducative. En vérité, comme on le dit généralement, les fautes de conduite sont assez fréquentes, mais la probabilité qu'elles atteignent un stade critique, c'est-à-dire qu'un accident arrive après qu'un choc eut failli se produire, est de l'ordre de un pour mille. Si cela est vrai, il est difficile pour le conducteur d'admettre sa faute. Ce qui rendra du même coup plus difficile son aptitude à corriger ses habitudes de conduite.

■ III - RÉDUCTION DES RISQUES GRÂCE À DES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ DU VÉHICULE

L'amélioration des systèmes de sécurité d'un véhicule doit être envisagée de deux points de vue. Il y a les systèmes de sécurité qui entrent en jeu avant la collision (systèmes de sécurité actifs), et les systèmes de sécurité qui interviennent au

moment de la collision (systèmes de sécurité passifs). Les systèmes de sécurité actifs tentent de diminuer les risques en brisant l'enchaînement des séquences qui entraînent un accident. Il s'agit de faire que, même si une faute est commise, il soit très difficile de provoquer un accident.

Du point de vue de la technique actuelle, les systèmes de sécurité actifs peuvent être répertoriés de la façon suivante :

• 1. Sécurité active

Amélioration des capacités dynamiques du véhicule : amélioration des capacités de contrôle, de freinage, d'arrêt ; amélioration des capacités de résistance des systèmes de freinage à la chaleur et à l'eau ; systèmes de stabilité directionnelle ; amélioration de la stabilité et du système opérationnel, de la suspension, différentiel de dérapage limité ; amélioration des capacités d'accélération, turbo. Amélioration de la manoeuvrabilité, de la visibilité, et de la reconnaissance : optimisation des caractéristiques de la direction ; habitacle (siège du conducteur) ; visibilité latérale et arrière ; reconnaissance visuelle : percevoir et être perçu, optimisation de l'éclairage et de son intensité, feux arrière pour les poids lourds.

Développement des systèmes d'avertissement : senseur arrière à ultra-sons ; faisceau laser pour système de warning à l'avant ; système d'avertissement pour la pression d'air ; dispositif d'avertissement et de prévention de la somnolence ; dispositif de diagnostic automatique.

Ces dispositifs peuvent être considérés comme compensant presque totalement les erreurs. On peut espérer des avancées dans ce domaine, la technologie progressant en même temps que la diversification du trafic (conduite de nuit, vieillissement, etc.).

• 2. Sécurité passive

Technologie d'absorption de l'énergie du véhicule : carrosserie et pare-chocs ; direction ; barre de soutien de la structure latérale ; glaces flexibles ; habitacle intérieur de l'automobile (sac d'air compris).

Mécanismes de maintien du passager : ceintures de sécurité ; maintien des enfants.

Réduction des dommages de l'habitacle du passager : maintien en l'état de l'espace du passager.

Mesures de sécurité pour les piétons : réduction des dommages créés par l'impact initial (amélioration de la forme extérieure des voitures et élimination des angles) ; prévention du risque d'être traîné (pare-chocs latéraux des grosses voitures).

• 3. Sécurité après collision

Sauvetage de l'occupant : accessibilité par les portières ; accessibilité par les fenêtres (verre des vitres brisable).

Mesures de prévention contre le feu : prévention des fuites d'essence ; matériaux ininflammables pour l'habitacle intérieur.

La plupart de ces mesures ont été réalisées grâce aux efforts des constructeurs automobiles. Toutefois les efforts en ce domaine ne doivent pas se relâcher car, dans un avenir rapproché, on conduira de plus en plus vite.

Au Japon, on se demande toujours s'il faut mettre des barres latérales dans la structure des véhicules. Ce type de barres est certainement efficace pour réduire les dommages en cas de collision latérale, mais la question de savoir si cela est efficace en cas de collision frontale à vitesse réduite n'est pas encore tranchée. Or, comme, même lors de collisions frontales, les accidents se produisent généralement un peu de biais plutôt que carrément de face, il est requis une série de contre-mesures spécifiques pour ce type d'accidents.

Il est absolument indispensable de mener des campagnes pour faire accepter ce type de mesures de sécurité. Réduire les risques implique de prendre en compte le degré de sécurité de chaque aspect de la voiture: utilisateur, taille, forme, etc.

La méthode actuellement la plus efficace pour réduire les risques en cas de collision est la ceinture de sécurité. Au Japon, la ceinture est devenue obligatoire en 1985. Son utilisation a réduit la gravité des accidents. Cependant, le nombre de personnes qui ne l'utilisent pas, a récemment augmenté, et les décès des passagers n'utilisant pas de ceinture représentent 69 % du total. Ce pourcentage atteint 74 % pour les accidents mortels de nuit.

Sans ceinture de sécurité, le taux des occupants éjectés augmente. Des études ont montré que, si la ceinture de sécurité était utilisée à 90 %, y compris à l'arrière, les mêmes accidents seraient la cause de 2300 décès en 1990, pour 4200 en 1989. On peut réduire ce taux de risque par une promotion vigoureuse de la ceinture de sécurité pour les passagers arrière.

■ IV - RISQUES ET ENVIRONNEMENT ROUTIER

Des efforts sont faits dans le domaine de l'ingénierie du trafic routier et de l'ingénierie civil afin de réduire le niveau de risques pour les occupants du véhicule. Cela par des mesures visant à créer une circulation fluide et des conditions de conduite agréables. L'ingénierie du trafic routier se concentre plus particulièrement sur l'utilisation de programmes informatiques pour améliorer les techniques de gestion du contrôle de la circulation.

Bien qu'au Japon le nombre d'automobiles atteigne environ les 70 millions, nos routes sont malheureusement toujours très mal conçues (seules 40 % comportent des trottoirs), et insuffisantes eu égard à la demande, ce qui crée des embouteillages. Si on prend comme référence 100 l'année 1975, le nombre de voitures atteignait en 1984, 174, et la population en possession d'un permis de conduire, 155. L'accroissement des routes est très en retard puisqu'il n'a été que de 5 % pour la même période. On estime que le nombre de véhicules va plus que doubler en 1990 (205 eu égard à la base 100 choisie).

Le nombre de systèmes de signalisation comportant des composants électroniques suit une progression similaire, mais cette amélioration ne concerne que

54 % du contrôle global de la circulation. Ce type de contrôle des systèmes de signalisation est très récent puisqu'il ne date que de 1975.

Il nous reste encore à analyser la relation des accidents avec l'infrastructure routière. Nous devons réfléchir à des mesures allant au-delà de la seule contrainte des conducteurs, qui amélioreront la sécurité et le confort sur la route et permettront d'accroître la vitesse autorisée.

Nous devons aussi faire un effort important pour fournir au conducteur les informations qui soulageraient son anxiété. Le fait de rendre plus facile la visualisation et l'écoute d'informations liées à la circulation contribue beaucoup à diminuer les risques de la route.

Bien qu'il soit difficile d'établir la part imputable à la gestion de systèmes de sécurité et de contrôle dans la diminution du nombre d'accidents, une estimation indique qu'en dépit du fait que le parc automobile a doublé en quinze ans depuis 1975 les techniques de gestion du trafic mises en place ont permis de sauver au moins 90000 vies pendant la même période.

■ CONCLUSION

Cohen, l'éminent psychologue spécialiste de la circulation, a défini le conducteur expérimenté comme étant celui qui possède les trois caractéristiques suivantes :

- Il prend le moins de risques possible. Plus particulièrement, qui évite activement les situations à risques.
- Il réduit le potentiel de risques en jeu. Essentiellement, celui qui augmente activement son aptitude à détecter les informations.
- Il serait plutôt enclin à sous-estimer sa capacité de conduite.

Ce dernier point relève d'une politique de formation du comportement de sécurité nécessaire pour contrebalancer les facteurs de risques objectifs et subjectifs.

On ne peut toutefois pas penser que l'ensemble des conducteurs, humains tous sujets à l'erreur, adoptent ce type d'attitude. Aussi nous faut-il briser les réactions en chaîne qui conduisent aux accidents provoqués par ce genre d'erreurs et dont nous avons examiné les facteurs.

Les nombreux facteurs qui provoquent des accidents de la circulation doivent être éliminés grâce à des efforts administratifs et aux inventions technologiques. Nous devons construire des voitures de haute qualité, sûres, capables de compenser la sous-estimation des risques par les conducteurs. Les gens ne pensent pas que les risques sont liés aux capacités de leurs voitures. Ils les ressentent bien plus nettement lorsque l'environnement routier ou l'infrastructure ne sont pas adéquats. Si l'infrastructure routière était améliorée, il est possible que les conducteurs considèrent rapidement cela comme naturel, et que leurs sens auparavant aiguisés par le fait d'être toujours en train d'essayer d'éviter des fautes ne s'émoussent rapidement. Il faut préparer le conducteur au pire scénario, le garder dans un état perpétuel d'alerte, faire qu'il se sente un peu vulnérable, promouvoir énergiquement ce type d'attitude afin que les risques de transport routier soient réduits ■

PREVENTION ET SANTE

MOTS CLÉS : Cancer • Environnement • Facteurs de risques • Gène • Hasard • Mode de vie • Médecine prédictive • Prévention •

Guy de Thé, docteur en médecine et docteur d'Etat ès sciences, est directeur de recherche au CNRS, chef de l'unité d'épidémiologie des virus et des cancers à l'Institut Pasteur. Sur la base des travaux qu'il a menés sur le rôle des facteurs environnementaux dans le développement des cancers, il dresse, dans un premier texte, un tableau de la médecine de demain, qui sera essentiellement préventive. Un second, qui reprend, avec son aimable autorisation, un chapitre de son dernier livre, *Modes de vie et cancers* (écrit en collaboration avec Annie Hubert), et expose l'arrière-fond théorique sur lequel repose son diagnostic.

■ I - LA MÉDECINE DE DEMAIN

La prévention de beaucoup de maladies (infectieuses, métaboliques, cancéreuses) est possible. Mais à un certain prix culturel. Aujourd'hui, l'ensemble de l'appareil de santé est dominé par la médecine curative. Demain, en Occident, la médecine sera préventive, la connaissance du génome humain permettant d'apprécier les facteurs héréditaires des maladies. Ainsi aura-t-on les moyens de recourir à une médecine individualisée, liée à une évaluation individuelle des risques. Dans la civilisation occidentale, la plupart des maladies sont la conséquence de trois facteurs : hérédité, mode de vie et hasard. L'existence du facteur héréditaire et du hasard fait que, dans le monde latin, on invoque la fatalité pour ne rien faire. Dans le monde anglo-saxon, on veut savoir s'il y a quelque chose à faire et, si oui, on le fait. C'est ainsi que la lutte contre le tabagisme a pu constituer la grande victoire de l'épidémiologie anglaise.

Comment mesurer ces trois facteurs de risques ? Le facteur héréditaire, décisif pour de rares maladies, est très faible pour la majorité des maladies, le risque étant polygénique et résultant de phénomènes à étapes multiples. Ainsi, le cancer peut être le résultat de cinq étapes, chacune étant indépendante, dans ses causes et dans ses conséquences, de la précédente et de la suivante, tout en restant

* Directeur de recherche au CNRS, chef de l'unité d'épidémiologie des virus et des cancers à l'Institut Pasteur.

essentielle pour la suite. Si chaque étape dépend des trois facteurs précités, alors que nous sommes entourés de centaines de produits cancérigènes, on comprend pourquoi le nombre de cancers observés soit inférieur à celui auquel on pourrait s'attendre ; et que chacun fasse son cancer.

Peut-on mesurer le hasard ? Le hasard est ce qui permet de comprendre pourquoi, avec les mêmes facteurs de risques et les mêmes gènes, un individu sera ou non malade. Ici ce terme désigne les mécanismes inconnus qui déterminent l'interaction entre gènes et modes de vie. Le biologiste pense que cette loi cache notre ignorance, une ignorance qui est à la rencontre entre sciences de l'homme et sciences de la vie. C'est ainsi que, parmi les grands fumeurs (deux paquets de cigarettes par jour), 25% feront un cancer du poumon, 25 % une autre maladie liée au tabac, d'autres encore verront leur vie abrégée tandis qu'une petite proportion vivra aussi longtemps que les non-fumeurs, non-fumeurs qui eux-mêmes pourront développer les mêmes maladies que le fumeur.

La connaissance du génome humain ne diminuera pas la liberté de l'homme. Elle va au contraire l'augmenter. Si, par exemple, j'ai envie de fumer, j'aurai à déterminer ma conduite en fonction de la connaissance que je pourrai avoir quant au fait que je sois ou non porteur des gènes héréditaires qui transformeront les précancérogènes de la cigarette en cancérogènes immédiats. Prendrai-je un risque qui peut aller jusqu'à 90 % ? N'ai-je pas cette hérédité ? Où suis-je donc alors ? Et comment dois-je me conduire en fonction de l'identité génétique qui est la mienne et des facteurs de risques qui la caractérisent ?

La médecine prédictive est la connaissance des gènes liés à certaines maladies. Elle permet de prédire un certain niveau de risque. L'utilisation de cette connaissance peut être mise au service de l'individu ou au service de la société, entendons de certaines puissances industrielles, auquel cas elle peut se révéler dangereuse. Si cette connaissance n'est partagée que par l'individu aidé de son médecin, cela lui permettra d'accorder son mode de vie à son patrimoine génétique. Un industriel, par contre, pourra vouloir utiliser de telles informations pour sélectionner les travailleurs. Utilisation perverse du savoir génétique qui pourrait être retournée en avantage dans la mesure où l'employeur pourrait présenter au médecin du futur employé une description des postes indexés par leurs facteurs de risques. Dans une usine utilisant des produits chimiques et comportant des risques hématologiques, le médecin pourrait ainsi conseiller à son malade d'accepter ou de refuser tel ou tel emploi en fonction de son hérédité. Mais, en aucun cas, l'employeur ne devrait avoir accès aux données génétiques de ses employés.

Ainsi la médecine prédictive, qui va nécessairement avec la prévention, pourra devenir la médecine du XXI^e siècle, selon une profonde évolution culturelle où le médecin deviendra un conseiller prédictif et préventif et à un moindre degré qu'aujourd'hui un acteur curatif. Une telle vision s'inscrit dans ce que Philippe Lazar, directeur de l'INSERM, a récemment préconisé au ministre de la Santé pour sauver la médecine libérale. Cette nouvelle réalité médicale s'instituera à la fois en

raison de l'augmentation du coût de la santé et de la pression que le public exercera pour ne pas être exposé à certaines maladies. Actuellement, ce sont les médecins qui freinent cette évolution : ils n'ont pas été éduqués dans le domaine de la santé publique et, pour eux, la médecine préventive se réduit à la vaccination et à l'hygiène, notions essentielles certes, mais qui datent du XIXe siècle.

La maîtrise des coûts de la médecine passe par la mise en cause de ses fondements culturels. La médecine préventive doit remplacer la médecine curative. Aujourd'hui, la médecine traite soit du mal-être, soit de gens si gravement atteints qu'ils sont condamnés. Au XXIe siècle, les hôpitaux seront des centres de santé, et non de maladie, où l'on fera des bilans génétiques et où le médecin prodiguera des conseils en mode de vie.

Dans cette transformation de la médecine, et dans la promotion de la médecine préventive, l'assurance a certainement un rôle particulier à jouer. C'est une industrie qui, en effet, a intérêt à ce que les gens paient des primes le plus longtemps possible et à ce qu'ils vivent le plus longtemps possible. Bien sûr, l'intervention de l'assureur peut elle-même être dangereuse, dans la mesure où elle utiliserait la connaissance des risques pour sélectionner la population. Mais ces dangers peuvent être prévenus par une législation qui interdirait de telles pratiques. Par contre, s'il devenait possible de séparer les risques génétiques des risques de modes de vie, on pourrait peut-être imaginer un système d'incitations individuelles pour la personne qui, par son mode de vie, tente de diminuer les risques de maladie. Quelque chose qui ressemblerait au bonus-malus tel qu'il est pratiqué en assurance automobile.

■ II - MODES DE VIE ET CANCERS

Depuis les observations de Doll sur les variations de l'incidence des cancers autour du monde et la notion que ce type de maladie pourrait être évitable ou certainement retardé, un grand débat s'est engagé parmi les spécialistes. Comme dans tout débat concernant des choix fondamentaux, deux attitudes opposées s'affrontent.

• **1. Il y a d'une part ceux que l'on pourrait appeler les conservateurs :** ils arguent que les conclusions de Doll et Peto sont théoriquement intéressantes mais impraticables pour la prévention des cancers, puisque les études sur les migrants ont montré que, s'ils diminuaient leur risque pour les tumeurs prédominantes dans leur pays d'origine, ils acquéraient progressivement un risque non négligeable pour les cancers prévalant dans leur pays hôte. Faut-il donc modifier des habitudes auxquelles on est naturellement attaché pour éviter un cancer mais en risquer un autre ? La réponse est évidente ! Ces mêmes conservateurs pensent que la victoire contre ce type de maladie sera liée à la compréhension des mécanismes fondamentaux, c'est-à-dire cellulaires et moléculaires, qui président à la transformation cancéreuse. Quand il sera possible, par exemple, de

bloquer l'expression des oncogènes, on parviendra à traiter plus efficacement les cancers. La conséquence logique de cette attitude est de privilégier la recherche en biologie moléculaire. Certes, il ne fait pas de doute que la recherche fondamentale doit poursuivre son effort pour nous faire découvrir des aspects du monde cellulaire encore inconnus. Mais la connaissance est un but vers lequel on tend continuellement sans jamais l'atteindre pleinement. Les conservateurs, souvent influents dans le système médical, prônent ainsi l'immobilisme et le droit à la maladie sous couvert de liberté individuelle.

Après tout, les médecins sont là pour réparer, soigner et faire des miracles. Or, la source du pouvoir médical vient de cette action réparatrice sur le malade.

• 2. Dans l'autre camp, celui des progressistes, se retrouvent le plus souvent les spécialistes de la « santé publique » et les épidémiologistes. C'est le droit à la santé qu'ils défendent. Ils observent les tendances parfois « suicidaires » de notre société, la nocivité de certaines habitudes, les courbes montantes d'incidence et de mortalité par cancers, et veulent agir pour briser cette fatalité. Le vieil adage « mieux vaut prévenir que guérir » est cependant mal perçu dans les instances administratives responsables de la santé et de la recherche en Occident. Pour des raisons de prestige ou d'efficacité immédiate, on préférera un programme de recherche en biologie moléculaire fondamentale plutôt que de recherche en prévention. A côté du prestige des vaccins, l'extraordinaire développement de la médecine de remplacement, dont on ne s'étonne même plus des succès, fait la une des médias et conforte les malades ; les greffes du rein, du coeur, du pancréas, bientôt des cellules nerveuses..., sont maintenant entrées dans les moeurs. Fascinés par le médecin devenu en quelque sorte le mage qui répare, qui remplace et qui prolonge ou rétablit la vie, pourquoi devrait-on modifier notre recherche du plaisir immédiat ? Notre monde occidental est orienté vers la consommation maximale et le plaisir, qui favorisent les dépenses porteuses des plus grands bénéfices immédiats pour l'économie de consommation. Santé et systèmes économiques sont profondément liés.

Assurément, toute action de prévention n'a d'effets observables que dix, quinze ou vingt ans plus tard, alors que ses initiateurs ont disparu et sont politiquement oubliés. Le miracle, lui, paie aussitôt. La sagesse individuelle ou collective porte ses fruits à long terme.

Et pourtant, ce sera l'économie qui forcera les pays occidentaux à devenir plus sages et à mettre de l'ordre dans des dépenses médicales disproportionnées à leurs moyens. Dépenser de 4 000 à 9 000 francs par jour dans des services hospitaliers de haute technicité pour conserver une apparence de vie à certains de nos compatriotes, dont on sait qu'ils ne pourront pas guérir, et ce pour leur permettre de survivre dans des conditions inhumaines pendant quelques semaines ou moins, est aberrant. Dans le même temps, on ne rembourse pas, ou très partiellement, les frais de prévention, de vaccination, de soins dentaires, de lunetterie ou d'appareil auditif chez des sujets sains ! On reste confondu devant

les choix des hommes politiques occidentaux en matière de santé. La Chine, pour en revenir à cet exemple maintes fois cité, a depuis des millénaires préféré la prévention au traitement non par vertu, mais par nécessité. Aujourd'hui encore ses dépenses de santé par habitant oscillent entre 9 et 12 dollars par an, alors qu'en Occident la moyenne varie de 1500 à 2500 dollars, soit 150 à 200 fois plus ! Or l'espérance de vie y est à peine plus courte qu'en Occident, de deux à quatre ans. Les interventions dans le domaine de l'hygiène publique après la révolution de 1949, mises en place grâce à des responsables de l'hygiène et des soins de santé primaires dans chaque village (les célèbres « médecins aux pieds nus »), les campagnes d'information sur l'hygiène corporelle, l'alimentation et la vaccination ont eu des effets remarquables. Par contre, il est vrai que leurs hôpitaux sont loin d'avoir les plateaux techniques et les résultats thérapeutiques des nôtres. Mais, si l'on considère que leur espérance de vie a fait un bond de près de vingt ans grâce à cette approche préventive, on ne peut qu'approuver ce choix judicieux. A l'opposé, l'Afrique noire s'est équipée d'hôpitaux ultra-modernes grâce à l'aide technique des pays occidentaux, et se retrouve aujourd'hui avec une espérance de vie moindre que celle des Chinois. En Chine traditionnelle, la préférence pour le maintien d'un équilibre de santé (à travers les concepts du yin et du yang) s'exprimait dans le fait que le médecin était rémunéré par des forfaits payés par ses clients bien portants. Il lui fallait pouvoir rapidement guérir ses mal portants afin de percevoir à nouveau des honoraires ! Nous avons parlé plus haut des programmes chinois de recherche en prévention des cancers. A l'encontre du cancer de l'œsophage, pour lequel une avitaminose A + B et un apport de nitrosamines (dans les légumes en saumure) sont suspectés, ils ont entrepris des programmes d'intervention permettant de distribuer des vitamines aux individus atteints de lésions précancéreuses, tandis que la population générale est conviée à éviter les légumes conservés au sel : action peu coûteuse, et qui, si elle donne des résultats, sera un exemple d'intervention réussie, démontrant a posteriori le rôle causal d'un facteur environnemental.

Avec toute notre technicité, rien ne nous empêche d'acquérir un peu du savoir culturel de l'Extrême-Orient. Mais l'Occident ne développe guère ses facultés d'adaptation que lorsque ses finances sont en jeu. Ainsi ce que les Anglais appellent la « Vertu de la nécessité » va sans doute aider à juguler les dépenses de santé en réévaluant les priorités. Les dépenses hospitalières, qui représentent un peu moins de la moitié des dépenses de santé, sont utilisées pour réparer et prolonger la vie, alors que les hôpitaux devraient être des centres de santé où médecines préventive et curative collaborent intimement.

L'avenir favorisera aussi une médecine prédictive, conçue par Jacques Ruffié et Jean Dausset. A terme, elle représentera la réponse de l'Occident au défi d'une nouvelle politique sanitaire au meilleur coût. Cette médecine prédictive a pour objectif de déterminer les différents marqueurs individuels, génétiques (innés) ou phénotypiques (innés et acquis), qui permettront de prédire, donc de prévenir, différentes maladies avant qu'elles ne s'expriment cliniquement. Jean

Dausset, découvreur du système HLA (*Human Leucocyte Antigens*), et son équipe recherchent les liens pouvant exister entre les gènes HLA et certaines maladies. Par exemple, le gène B 27 est lié à un risque élevé de développer une polyarthrite chronique évolutive. Pour les cancers, cette voie de recherche n'en est qu'à ses balbutiements. On a vu que, sur le chromosome n° 5, certains gènes, ou leur absence, pouvaient être liés au cancer du côlon.

Les différents oncogènes présumés sont portés par différents chromosomes et, dans peu de temps, tous ces gènes seront clonés, c'est-à-dire isolés et greffés sur des vecteurs viraux ou bactériens. Les séquences complémentaires de ces gènes pourront alors servir de sondes moléculaires pour aller à la « pêche » au sein de l'ADN cellulaire. Cette technique est aujourd'hui réalisable dans la plupart des laboratoires. Cela est comparable à un moyen de repérer presque instantanément une phrase écrite, un mot, ou même une séquence particulière de lettres dans l'ensemble des 32 volumes de *L'Encyclopédie*, de Diderot et d'Alembert !

Le professeur Dausset est en train de créer une banque d'ADN à partir des membres de 300 familles de donneurs de sang dont il connaît le profil HLA et les relations parentales. Cette banque servira de référence internationale et de source ADN pour connaître la fréquence de tel ou tel gène. Quand un chercheur voudra étudier le lien éventuel entre un gène particulier et une maladie, il pourra, grâce à cette banque, connaître la fréquence de ce gène dans une population française de référence, puis la comparer à celle observée chez certains malades. La médecine prédictive est en train de naître.

En complément de cette approche, la réalisation d'enquêtes prospectives devrait permettre de découvrir des causes non suspectées de certaines maladies dégénératives et cancéreuses, ou de confirmer des hypothèses concernant leur développement. Cette notion va devoir s'implanter progressivement dans l'esprit des chercheurs et des responsables de la santé publique.

Quand, en 1971, j'ai proposé de mettre en place une enquête prospective sur 42 000 enfants ougandais, dans le but de déterminer si les marqueurs du virus d'Epstein-Barr dans les cellules cancéreuses étaient la cause ou la conséquence du développement du lymphome de Burkitt, la majorité de mes collègues français, et certains américains (mais pas un seul anglais...) m'ont prédit un échec cuisant dû à l'impossibilité de réussir un tel projet. Le défi était de taille puisqu'il s'agissait d'apporter la première démonstration du rôle d'un virus ubiquitaire (présent sur toute la Terre) dans un cancer humain.

Après deux ans d'études et de propositions, l'aventure ougandaise a commencé¹ et, après huit ans de travail acharné et de risques variés, notre équipe est sortie gagnante en 1978. Nous avons démontré que le virus était bien impliqué dans ce cancer et que l'hypothèse la moins probable, celle que nous avions pratiquement écartée, était en fait la bonne. Le virus d'Epstein-Barr, vraisemblablement transmis par la salive maternelle, en infectant très tôt des nourrissons au système

1. Cf. - *Sur la piste du cancer*, Flammarion, 1984.

immunitaire immature, créait des conditions immunovirologiques favorables au développement, cinq ou dix ans plus tard, d'un cancer des lymphocytes B localisés dans les maxillaires, les gonades (testicules et ovaires) et le péritoine. L'hypothèse généralement acceptée avant notre étude prospective était que le virus agissait peu de temps (entre six et dix-huit mois) avant l'apparition de la tumeur ; il aura fallu 42 000 enfants, auxquels quelques centimètres cubes de sang ont été prélevés, attendre sept ans, et que seize d'entre eux développent un lymphome (neuf parmi ces derniers furent guéris), pour apporter la preuve de cause à effet, directement chez l'homme, entre l'intervention d'un virus et le développement d'un cancer. Il n'y avait pas d'autre moyen de répondre à cette question, car lorsque des facteurs aussi communs que des virus ubiquitaires ou des comportements alimentaires sont impliqués, il est très difficile, sinon impossible, d'en faire la preuve par des enquêtes comparant des individus malades et des individus sains. Seules des enquêtes prospectives, où l'on stocke les informations et les spécimens biologiques, ont les chances d'apporter les preuves du rôle d'un facteur présumé, et peuvent contribuer à proposer des hypothèses nouvelles sur des facteurs que l'on ne suspectait pas.

Dans les conclusions de leur rapport demandé par le Congrès des Etats-Unis, R.Doll et R.Peto² ont insisté sur la valeur unique de cette « stratégie de la boîte noire », c'est-à-dire des études prospectives, pour découvrir le rôle des facteurs environnementaux que l'on ne soupçonne pas encore être liés à certains cancers humains. En prenant l'exemple de notre étude ougandaise, ils proposaient de conduire des enquêtes à long terme sur des cohortes de sujets normaux que l'on irait interviewer et chez qui l'on prélèverait du sang et autres spécimens biologiques. Ils seraient ensuite suivis : chaque année, un certain nombre d'entre eux développeraient des maladies de différente nature, y compris des cancers. L'étude comparative a posteriori des différents malades et de témoins appropriés (en particulier leurs spécimens biologiques - sérums et autres - collectés avant, puis après la maladie) peut en effet apporter des éléments totalement nouveaux dans l'étude des causes et du mécanisme de certains cancers. Quand une différence apparaît entre les spécimens prélevés avant et après le développement d'un cancer, on compare alors avec des échantillons représentatifs de la population du même âge, sexe et région géographique prélevés à la même époque. Dans notre enquête ougandaise, par exemple, tous les enfants qui allaient développer un lymphome de Burkitt avaient, depuis plusieurs années (deux à sept ans), des titres d'anticorps très élevés contre une protéine virale, à des taux bien supérieurs à ceux des enfants du même âge, sexe et localité, qui ne développèrent pas de tumeurs. Ces résultats impliquaient que le virus était bien impliqué dans le développement de la tumeur mais qu'il n'était pas un facteur suffisant. Nous démontrions que c'était l'âge auquel l'enfant était touché par le virus qui

2. R. Doll and R. Peto : « *The Causes of Cancer* », Oxford University Press, 1981.

déterminait le niveau d'anticorps et le risque de développer ce cancer si particulier. Ce dernier était d'autant plus élevé que l'âge de primo-infection était jeune. Doll et Pret pensaient donc que le chemin le plus rapide vers la découverte de nouveaux facteurs cancérigènes serait l'établissement de banques, à visée prospective, où seraient stockés les spécimens biologiques prélevés sur un grand nombre d'individus dont on aurait par ailleurs observé le mode de vie et surtout les habitudes alimentaires. Grâce à une surveillance régulière des participants, ou bien à l'établissement d'une liaison avec les registres du cancer tels qu'ils existent en Angleterre, en Scandinavie ou aux Etats-Unis, il devient possible de savoir qui a développé telle ou telle maladie et de demander des spécimens tumoraux et autres spécimens biologiques. Notre législation actuelle sur l'informatique et les libertés ne permettrait pas de croiser les informations entre de telles « banques prospectives » et les registres du cancer, sauf autorisation spéciale que la Commission Informatique et Libertés peut toujours donner. Néanmoins, une collaboration entre la Sécurité sociale et les chercheurs responsables de telles banques pourrait ouvrir des horizons nouveaux pour la recherche sur le cancer et de nombreuses autres maladies, tout en préservant le secret médical et l'anonymat. Pour l'instant, la Sécurité sociale n'a pas de mandat spécifique pour participer à de telles études. Mais, sous la pression du public, qui devrait être davantage informé et exprimer ses probables préférences pour la prévention, les choses pourraient évoluer. Nos députés et sénateurs, mais aussi les mutuelles et les syndicats, pourraient jouer un rôle décisif.

De nouveaux progrès dans la connaissance des processus tumoraux seront possibles grâce à ce nouveau type de recherche, associant scientifiques de différentes disciplines et population. Pour cela, il faudrait dépasser la notion de service médical comme manifestation d'un pouvoir. Le savoir sous toutes ses formes, y compris scientifique et technique, est une des clés du pouvoir, et le médecin qui, pour des raisons humanitaires, n'informe pas son client de la nature de sa maladie prend sur lui un certain ascendant. Que le client ait besoin de se confier à un médecin, qu'il lui fasse confiance, est une des composantes essentielles de ce colloque singulier, fondement de notre système médical, développé au cours des siècles et qui répond à un besoin de notre société. Mais cette dernière évolue, en France comme ailleurs, et nos concitoyens manifestent le désir croissant de connaître les mécanismes de la vie, quel que soit leur niveau d'éducation. La découverte progressive de cette remarquable machine qu'est notre corps, la connaissance de ses possibilités, du mécanisme intime de la vie des cellules, des besoins et des défaillances des différents organes, permettra à chacun de mieux diriger le vaisseau de sa vie dans la direction qu'il souhaite. Une bonne information crée des conditions plus favorables à l'épanouissement de chacun et devrait diminuer progressivement le coût de la médecine « refuge ».

Les chercheurs et le public devront collaborer pour que, ensemble, à travers des enquêtes impliquant des dizaines de milliers de personnes, puissent être découvertes les lois encore inconnues qui régissent les relations entre l'hérédité,

c'est-à-dire les gènes, les modes de vie et le développement de nombreuses maladies, en particulier les cancers. La médecine prédictive du siècle à venir sera fondée nécessairement sur une collaboration étroite entre le public et les structures de santé. Mais comment établir en pratique cette collaboration nécessaire ? Peut-il se créer une sorte d'alliance entre chercheurs et public ?

Il faudrait qu'au départ existent de part et d'autre des conditions psychologiques particulières. Nous envisagerons une collaboration avec le nouveau Centre d'information et de prévention des cancers, qui se met en place à Montpellier, sous l'égide du Centre de lutte contre le cancer, dirigé par le professeur Pujol. On peut imaginer un groupe de personnes sensibilisées aux problèmes de santé, et acceptant de participer à une étude prospective devant durer dix ans. Ces personnes seraient interrogées sur leur mode de vie et autoriseraient, sous le sceau du secret, l'accès à leurs données médicales sous une forme qui respecte l'anonymat. D'autre part, une information couvrant les liens suspectés entre les modes de vie et le développement de maladies serait présentée par des spécialistes des médias en collaboration avec des scientifiques. En pratique, un tel projet pourrait se développer en trois phases.

• **1. La première phase** serait une sensibilisation d'un public ciblé avec la mise en place d'une information de grande qualité nécessitant la collaboration de spécialistes des sciences de la communication et de médecins. Elle devrait déboucher sur l'adhésion d'un certain nombre de candidats à l'enquête. Dans l'idéal, le nombre de participants devrait atteindre 100 000, ce qui est réalisable progressivement sur plusieurs années.

• **2. La deuxième phase** impliquerait la collecte de spécimens biologiques (sérum et cellules sanguines entre autres) et des données individuelles sur les modes de vie. Outre l'étude des facteurs génétiques des maladies grâce à l'ADN cellulaire, l'existence de spécimens de sérums permettrait d'étudier la relation entre hormones et propension à développer certaines pathologies; l'équilibre hormonal est en effet la résultante entre les caractéristiques héréditaires d'un individu et son environnement, en particulier alimentaire. L'analyse des très nombreux constituants biochimiques, métaboliques, vitaminiques présents dans les sérums permettrait de corréler des paramètres biologiques, cliniques et environnementaux, le tout a posteriori, en n'étudiant qu'une petite partie de spécimens stockés. Les marqueurs virologiques et immunitaires, qui évoluent en fonction du temps, seront des éléments essentiels à analyser aussi a posteriori. L'étude des maladies virales lentes, qui demandent un temps très long pour se manifester (dix à quarante ans) et qui correspondent à certaines affections du système nerveux, du système immunitaire ou à certains cancers, bénéficierait grandement d'un tel projet.

L'étude des selles collectées longtemps avant une maladie du système digestif permettrait de connaître, de l'alimentation du sujet à cette époque, la qualité de sa digestion et la flore bactérienne de son côlon, éléments essentiels pour vérifier

des hypothèses ou en proposer d'autres concernant l'alimentation et le risque de développer un cancer du côlon, par exemple.

L'étude des phanères (cheveux, poils, ongles) pourrait permettre de mesurer la présence de certains métaux rares ou produits toxiques qui se concentrent dans ces éléments de notre corps. La découverte de liens totalement insoupçonnables aujourd'hui entre une exposition chronique à des substances rares et des maladies dégénératives ne peut se faire qu'à ce prix.

Cette phase de collecte devrait se dérouler d'une façon continue, au fur et à mesure de l'entrée de nouvelles personnes dans l'étude. Au moment de cette entrée, des entretiens approfondis avec le groupe familial permettraient de saisir les différents éléments déterminant le mode de vie et le comportement alimentaire. Les informations recueillies devraient demeurer strictement confidentielles et être protégées, par exemple, par une double clé informatique, l'une détenue par l'interviewé et l'autre par son médecin généraliste.

• **3.** Ce dernier devrait devenir le pilier de **la troisième phase** de l'étude. Celle-ci comprendrait la surveillance clinique des participants pour détecter les maladies à leur tout début, donnant ainsi les meilleures chances de guérison, au moindre coût humain aussi bien que financier. De nouveaux spécimens biologiques seraient prélevés chez les malades pour les comparer à ceux collectés les années précédentes.

Des projets de ce type ont été mis en place aux Etats-Unis, en particulier dans la région de Los Angeles, sous la pression du public. Le doyen de la faculté de médecine sociale et préventive fut approché par des groupes et des personnes proposant parfois des sommes très importantes (plusieurs millions de dollars) pour mener des enquêtes directement avec et sur le public, dans le but de définir les éléments de l'« environnement » accusés en bloc par les médias d'être déterminants dans le développement des cancers. La très grande mobilité des populations urbaines des Etats-Unis rend difficile ce type d'enquête prospective. Mais les régions françaises, où la population est stable, seraient plus propices.

Notre handicap est ici la méfiance, qui est un trait important de notre caractère national. Beaucoup d'être nous croient d'autre part à la « destinée », et espèrent que la maladie ou la mort iront plutôt toucher le voisin. Trop d'entre nous sont convaincus qu'il n'y a pas grand-chose à faire pour éviter le destin, qu'il est préférable de jouir de la vie pendant qu'il en est temps. Si le malheur frappe, on espère alors un miracle, et on ira voir son médecin. Mais le miracle est en chacun de nous. Le destin est en fait la loi des gènes et du hasard, et on peut très bien accumuler les chances du bon côté, sans notion de « punition », sans « interdictions ». On devrait concevoir une médecine fondée sur l'information, sur la collaboration entre médecin et public, sur une meilleure prise en main individuelle de son capital santé. La santé est une réserve qui ne peut pas se reconstituer, il faut donc la développer et éviter de la dilapider par ignorance.

Rappelons-le : un cancer a besoin pour se développer de la conjonction de trois

facteurs : la nature (peut-être les oncogènes), l'accumulation dans notre organisme de facteurs liés à nos comportements (entre autres alimentaires) et le hasard. Nous ne pouvons pas agir sur ce dernier, appréhendé comme la fatalité, mais chacun de nous peut agir sur ses comportements. Les médecins anglais ont montré que cela est possible, dans le cas du tabac, et que l'effet de prévention est considérable. Le miracle est peut-être en chacun de nous, beaucoup plus que dans notre médecin, malgré sa panoplie d'armes sophistiquées contre notre mal. L'homme doit retrouver la notion que son avenir est en lui, en sa volonté de vivre, de s'épanouir et de diriger son vaisseau sur la mer calme ou dans la tempête. Oui, le miracle est en chacun de nous ! ■

L'ÉVITISME

La prévention extrême, c'est l'évitisme de Roger Price. Price, humoriste américain des années 50, a en effet fondé une théorie du bonheur caractérisée par l'entraînement à l'inaction. Traduit et publié chez Julliard dans une collection dirigée par Jacques Sternberg, *Le Cerveau à sornettes*, ouvrage majeur de l'évitisme, bénéficiait d'une préface de Georges Perec.

L'évitisme est une philosophie nouvelle et optimiste qui a pour but de sauver l'homme moderne de lui-même. Le principe de l'évitisme est simple : un Évitiste est celui qui évite les choses, ni plus ni moins.

Il évite, parce que ne pas éviter conduit fatalement à l'implication, qui est la source de tous nos maux.

Descartes disait : « Je pense, donc je suis. »

L'Évitiste dit : « J'veux pas, donc j'marche pas. »

■ I - NÉCESSITE DE L'ÉVITISME

Toutes les philosophies, éthiques et méthodologiques élaborées par l'homme jusqu'à ce jour pour orienter sa vie et ses pensées se sont révélées fondamentalement fausses. Considérons quelques-unes de ces doctrines désuètes, ainsi que les dogmes sur quoi elles sont basées. (Il est un point très important que nous ne devons jamais perdre de vue lorsque nous considérons un dogme philosophique : le mot « dogme » ressemble au mot « dogue ». Un « dogue » est un gros chien de garde à nez écrasé et à lèvres pendantes. Un « dogme » est une chose totalement différente. Gardez bien ce détail présent à votre mémoire.)

Aristotélisme : « L'omelette une fois brûlée, il est trop tard pour nier l'existence de l'œuf ! »

Objection : Excès de logique.

Kantisme : « Tous tant que nous sommes, nous passons notre temps à dire aux autres ce que nous voulons faire et ce que nous ne voulons pas faire, particulièrement quand nous ne sommes pas ce que nous sommes. »

Objection : Cette théorie, établie par Kant, a connu une certaine vogue en Europe au XVIII^e siècle. Par la suite, sa fausseté a été lumineusement démontrée par Edgar A. Guest, qui a déclaré, dans un ouvrage devenu classique : « Le mot Kant n'existe pas. »

Epicurisme : « La jeunesse n'a qu'un temps, mais ça suffit quand on sait en profiter. »

Objection : Néant.

Népotisme : « Je regrette, Sam, mais tu devras débiter au bas de l'échelle comme vice-président chargé du service des ventes. »

Objection : Théorie trop limitée. Empruntée au monachisme.

International Business Machinism : « Réfléchissez ! »

Objection : Et après ?

Existentialisme : « Chacun de nous sans exception devrait aller se faire foutre. Deux fois. »

Objection : Trop difficile à épeler.

Ces dogmes sont manifestement erronés. Il en va de même de tous autres dogmes qui pourraient vous venir à l'esprit. En effet, les différentes éthiques proposées ou acceptées par l'homme reposaient sur la même erreur majeure : à savoir le principe selon lequel l'homme doit « faire quelque chose ».

C'est cette conception étrange qui a foutu la pagaille partout.

■ II - ARGUMENT EN FAVEUR DE L'ÉVITISME

Tout le monde s'accorde à reconnaître que l'homme moderne se dirige vers le néant. Cette situation est due au fait que l'homme moderne souffre d'un penchant tyrannique à se laisser impliquer dans des projets, entreprises et actes divers.

Ces implications sont motivées par le désir de l'homme de se prouver à lui-même qu'il est un être unique et d'essence supérieure. Ainsi, il travaille pour gagner de l'argent afin de pouvoir acheter des choses que ses voisins ne possèdent pas ; il porte des caleçons violets afin de démontrer qu'il est puissamment mâle, etc.

Naturellement, des tentatives de ce genre ne peuvent que mener de l'anxiété à la névrose, par le truchement de la frustration. (Voici la seconde plus belle phrase du livre)

Et elles (les tentatives) sont absolument superflues.

L'évitisme nous enseigne que l'homme est très bien tel qu'il est. L'homme est, en soi, un être supérieur par le fait même qu'il appartient à l'espèce *Homo sapiens*.

Songez combien vous êtes supérieur à une palourde.

Songez que vous êtes bien plus supérieur à une palourde que l'homme le plus important qui ait jamais existé ne vous est supérieur à vous.

■ III - ARGUMENT CONTRE L'ÉVITISME

Plusieurs individus réactionnaires, énergiques et ambitieux vous diront que les évitistes ne sont que des feignants.

Réponse à l'argument contre

C'est la pure vérité.

■ IV - COMMENT DEVIENT-ON ÉVITISTE ?

Encore que nous soyons presque tous des évitistes convaincus (mais auto-refoulés), nous ne devons pas oublier que, si nous voulons intégrer l'évitisme dans notre vie quotidienne, il nous faut, au début, procéder avec lenteur. Commencez donc par éviter de petites choses : les additions au restaurant, votre beau-frère, l'alcool (sauf dans les préparations pharmaceutiques telles que le whisky, la fine et le cognac), et la corvée de tondre la pelouse. Eviter est beaucoup plus difficile qu'on ne pourrait le croire, et le novice plein d'ardeur fera bien de se familiariser avec les principes fondamentaux avant d'aller plus loin. Plusieurs méthodes d'évitement ont été formulées par la D. G. E. (Dissociation Générale des Evitistes), mais elles n'ont pas été imprimées sous forme de brochures, et leur diffusion n'est toujours pas prévue.

Comme nous vivons dans une société non-évitiste, il est malheureusement impossible à la plupart d'entre nous de devenir dès à présent des évitistes complets. En conséquence, nous devons agir dans le cadre de cette société en utilisant l'une des trois méthodes d'évitement pratique : [1] pure, [2] appliquée, [3] active.

Ces différentes formes d'évitement pratique ne sont, bien entendu, qu'un stade provisoire du maître plan d'évitement, et seront abandonnées dès que l'affaire sera vraiment bien en train. Cela s'applique également aux comités ; mais, à l'heure actuelle, nous estimons que les principes du mouvement seront renforcés par la discussion des méthodes et par l'inaction de groupes concertée.

Si le néophyte assiste régulièrement aux réunions de son comité local, il ne tardera pas à éprouver un sentiment réconfortant de manque de volonté et de faiblesse morale ■

RUBRIQUES

Economie

Joseph E. Stiglitz retrace les recherches qui lui ont permis de bâtir la théorie de l'information.

Droit

Le nouveau régime général des contrats d'assurance est analysé par Georges Durry.

THEORIE DE L'INFORMATION

MOTS CLÉS : *Incitation • Prix • Théorie de l'information •*

L'UAP a décerné son prix scientifique 1989 à Joseph Stiglitz, pour l'ensemble de ses travaux sur les théories de l'information et de l'assurance. A l'occasion de la remise de ce prix, l'économiste de Stanford a prononcé une allocution. Ce texte retrace le programme de recherches qui, en vingt ans, a permis de constituer la théorie de l'information, contribution majeure de l'analyse économique moderne.

Les deux dernières décennies ont été passionnantes pour l'économiste, dans la mesure où la compréhension des relations économiques s'est modifiée de façon spectaculaire. Pour employer la terminologie de Thomas Kuhn, il y a eu un changement de paradigme. Celui-ci a permis aux économistes d'apporter de nouvelles réponses à d'anciennes questions, il leur a également permis d'explorer des problèmes qu'ils avaient jusqu'alors négligés. Ce nouveau paradigme a aussi modifié en profondeur notre manière de penser la politique économique. Il y a vingt ans, le modèle standard faisait l'hypothèse de l'information parfaite. Les employeurs par exemple, connaissaient parfaitement les caractéristiques de tous les candidats à un emploi. Ils pouvaient contrôler sans coût les performances de chaque employé. Les investisseurs connaissaient parfaitement les rendements de tous les investissements. Les consommateurs connaissaient, non seulement leurs préférences, mais aussi les prix et caractéristiques de tous les biens disponibles sur les marchés. Certes, un économiste scrupuleux indiquait, dans une note en bas de page, qu'en réalité l'information n'était pas parfaite. Il ne pouvait qu'espérer que l'imperfection de l'information était suffisamment faible pour ne pas affecter les résultats de son modèle. C'était là un acte de foi, plus qu'une proposition démontrée, puisque aucun économiste ne pouvait formaliser le concept d'*information faiblement imparfaite*.

Naturellement, les économistes avaient l'habitude de mentionner le rôle des prix dans la transmission d'information sur la rareté des ressources ou sur les besoins des consommateurs. Mais les modèles utilisés par les économistes étaient essentiellement statiques : rien de nouveau ne se produisait. Aussi bien n'avait-on

* Professeur d'économie à l'université de Stanford, Californie.

aucun moyen pour évaluer l'efficacité du système des prix et par exemple, la vitesse de transmission d'une information nouvelle¹.

L'hypothèse d'information parfaite signifiait aussi que les économistes n'avaient presque rien à dire d'un problème qui aurait dû les préoccuper, celui des incitations. Les travailleurs remplissaient tous les engagements de leurs contrats, ou sinon ils n'étaient pas payés. La motivation des travailleurs était un problème important pour les écoles de commerce, mais ne jouait aucun rôle dans les recherches en sciences économiques.

D'autres thèmes importants dans les écoles de commerce, comme la finance et la décision, faisaient également fuir les économistes. Joan Robinson a bien caricaturé l'attitude des économistes ne s'intéressant dans un plan stratégique ou un schéma directeur d'une entreprise qu'aux seules pages consacrées aux rémunérations du capital et du travail. Modigliani et Miller, en suivant les conséquences logiques d'une information parfaite, ont été jusqu'à soutenir que la structure d'endettement des entreprises n'avait absolument aucune importance ! En supposant que les investisseurs connaissent véritablement et à tout moment les profits des entreprises et qu'ils n'ont à se soucier ni de la motivation des gestionnaires ni des conflits d'intérêt entre gestionnaires et actionnaires, la théorie peut sembler raisonnable.

L'absence d'intérêt pour les incitations a conduit certains économistes à avancer que l'on pouvait se passer de la propriété privée. L'idée que le socialisme de marché, système économique utilisant les prix pour déterminer l'allocation des ressources mais se passant de la propriété privée, puisse faire aussi bien qu'une économie capitaliste, trouve encore, dans certains pays de l'Est, des défenseurs². Bien sûr, si les gestionnaires étaient différents des autres hommes, et faisaient toujours ce qui leur est demandé sans aucune incitation financière, cette théorie pourrait sembler réaliste. Mais ces conceptions du monde, peut-être utopiques, ont peu à voir avec la réalité.

Ce modèle d'information parfaite avait ses critiques, mais celles-ci, tout en soulignant ses défauts, n'offraient pas de solutions de rechange. L'école historique allemande soulignait l'importance des institutions, mais elle avait peu à dire sur la manière dont les forces économiques modifiaient et façonnaient ces institutions.

Depuis deux décennies, mes co-auteurs et moi sommes engagés³, dans un programme de recherche sur l'information. Nous avons essayé d'analyser comment une information coûteuse et qui n'est pas parfaite, modifie fondamentalement notre compréhension de l'économie.

1. Quelques économistes, comme Hayek, ont parlé de l'importance des marchés dans le transfert d'informations, mais n'ont pu mettre au point de modèles formalisés, et sont donc, peut-être pour cette raison, restés en dehors du courant principal de la science économique, au moins comme elle s'est développée en dehors de l'Autriche.

2. La situation a complètement changé depuis que j'ai écrit ces lignes à la mi-1989 ; le socialisme de marché n'a pratiquement plus d'adeptes.

3. Une grande partie de ces travaux ont été entrepris en commun avec plusieurs co-auteurs, y compris Michael Rothschild de l'université de Californie à San Diego, Richard Arnott, du collège de Boston, Raaj Sab de Yale, Bruce Greenwald, de Bell Core et Columbia, Andrew Weiss, de l'université de Boston, Steven Salop, de l'université de Georgetown, et Carl Shapiro, de l'université de Princeton.

Ce travail s'est effectué en trois étapes. Dans la première, nous avons évalué la robustesse des résultats standards de la théorie de la concurrence parfaite sous information parfaite. Nous avons montré que l'introduction de quantités très faibles d'information imparfaite modifiait spectaculairement les conclusions. Pratiquement tous les résultats du modèle standard se sont révélés suspects. Des résultats formalisés, comme l'existence d'un équilibre, comme l'efficacité des équilibres de marché, étaient remis en cause. Certaines caractéristiques de l'équilibre du marché, dont les économistes avaient autrefois simplement posé l'existence, comme le fait que l'équilibre se caractérise par l'égalité de la demande et de l'offre (la loi de l'offre et de la demande), ou par l'unicité du prix (la loi du prix unique), ont été invalidées. Non pas seulement, parce que les marchés gèrent mal l'information ; nous avons montré qu'il existe dans les économies de marché des forces qui créent des problèmes d'information ou, comme nous le disions de manière plus explicite, génèrent du bruit.

Il s'agissait là de résultats négatifs ; nous avons légèrement modifié le modèle standard, et montré qu'alors il ne marchait plus. La phase suivante du programme de recherches devait être plus positive : réexaminer les marchés du travail, du capital et des produits, du point de vue de la théorie de l'information.

Nos objectifs étaient doubles. Nous espérions, tout d'abord, que la perspective théorique de l'information nous permettrait de comprendre certains aspects de ces marchés et les institutions qui les dominaient. Il y avait très peu d'analyses antérieures sur ces institutions, et ces analyses étaient contraires au sens commun. Trois exemples permettent d'illustrer cela :

Le métayage est l'une des institutions les plus répandues et persistantes des pays sous-développés. Depuis presque cent ans, au moins depuis Marshall, les économistes ont tonné contre cette institution, en lui reprochant de diminuer les incitations des paysans, qui ne reçoivent généralement que la moitié ou les deux tiers du produit d'un travail supplémentaire. La majorité des économistes adhère au principe de rationalité et à l'hypothèse d'une sélection naturelle qui ne laisse survivre que les institutions efficaces. Donc, la persistance d'une institution aussi répandue, et apparemment inefficace, que le métayage, semblait anormale. La théorie de l'information fournit une explication simple non seulement du métayage, mais également d'un certain nombre des dispositions détaillées des contrats de métayage sur la répartition des coûts. Considérons les deux autres formes contractuelles simples du bail. Dans les contrats de fermage, les incitations des paysans sont élevées, mais ils assument tous les risques de variations de la production ; dans un contrat salarial, le paysan est protégé contre ces risques, mais les propriétaires affrontent un difficile problème de contrôle. Quand il est difficile de contrôler le travail, mais qu'il est facile de contrôler la production agricole, le métayage est un compromis entre incitation et partage des risques. Naturellement, la relation entre un métayer et ses locataires ressemble à celle qui existe, dans les économies modernes, entre le propriétaire du capital d'une entreprise et le gestionnaire.

Deuxième exemple, la théorie de l'information a permis d'avancer de nouvelles idées sur la structure financière des entreprises. Tandis que les écoles de commerce consacraient des cours aux problèmes du financement des entreprises, le sujet ne recevait aucune attention de la part des économistes. Il s'agissait au mieux d'un détail qui ne méritait pas l'attention d'un chercheur sérieux. Pour Keynes et ses élèves, la distinction entre un financement de l'entreprise par augmentation de l'endettement ou du capital ne jouait aucun rôle. Franco Modigliani et Merton Miller ont donné à cette conception un achèvement logique en démontrant, dans le cadre étroit de l'information parfaite, que la valeur d'une entreprise était indépendante de sa structure financière. Les économistes ne comprenaient pas pourquoi de tels détails sans importance retenaient l'attention d'hommes d'affaires doués de sens pratique ! Thomas Kuhn a montré qu'une science devient aveugle quand elle pousse à l'extrême les conclusions logiques des hypothèses de son paradigme de référence.

La théorie de l'information n'a pas seulement montré l'importance de la structure financière, elle a aussi dégagé les avantages et les inconvénients des différents instruments financiers. Elle a expliqué pourquoi certaines entreprises émettent des actions et d'autres ne le font pas. Elle a relié les différences de structure financière avec : (a) la difficulté de s'assurer que les diverses clauses d'un contrat sont remplies (*enforcement*) ; (b) les incitations et les contrôles ; (c) la circulation de l'information sur l'entreprise entre l'émetteur d'un instrument financier et les acheteurs. L'acheteur d'un titre possède généralement très peu d'informations sur l'entreprise dans laquelle il investit. Les gestionnaires de l'entreprise ont plus d'informations, mais, naturellement, les déclarations qu'ils font sur les perspectives de l'entreprise ne peuvent être prises au pied de la lettre. On ne peut s'attendre à ce qu'ils dévoilent au grand jour tous les risques cachés qu'elles comportent. Les réglementations modernes sur la transparence des marchés financiers n'ont, malgré leurs bonnes intentions, que peu d'effet. Pour se garantir contre les accusations de défaut d'information, les entreprises reconnaissent qu'il y a toujours des risques sérieux qui restent cachés. Mais elles le font sans permettre à un investisseur potentiel de distinguer les investissements très risqués de ceux qui le sont moins. Nos analyses ont montré comment la décision d'émettre un produit financier plutôt qu'un autre (obligation convertible, action préférentielle...) révèle une quantité importante d'information sur l'opinion des émetteurs quant à l'évolution de l'entreprise. Ainsi, une société qui émet des obligations convertibles donne un signal de sa confiance en l'avenir, tout comme la garantie de sept ans accordée par Chrysler sur ses voitures vise à témoigner de la confiance de cette compagnie dans ses produits. L'instrument agit comme une garantie : si les actions de l'entreprise montent, l'investisseur en partage les gains, tandis que, si le cours baisse, l'investisseur est protégé.

Troisième exemple où des décisions transmettent de l'information, celui du marché de l'éducation. Les économistes de la précédente génération avaient souligné le rôle de l'éducation pour accroître la compétence des individus et par

conséquent leur productivité. Cette conception de l'éducation est aujourd'hui communément désignée sous le nom de « théorie du capital humain ». Elle propose une approche similaire entre l'investissement en éducation et de l'investissement en capital physique. Mais certains aspects des schémas de rentabilité de l'éducation sont difficiles à concilier avec cette interprétation. Par exemple, aux Etats-Unis, le bénéfice retiré d'études au collège (les treizième à seizième années d'éducation) est concentré à l'obtention du diplôme de fin d'études. Il semblerait que l'enseignement dispensé dans les dernières semaines de la terminale ait une plus grande productivité que celui des trois années précédentes. L'explication de ce paradoxe est très simple : le diplôme de fin d'études transmet une information ; ceux qui obtiennent ce diplôme sont meilleurs (plus productifs, plus capables...) que ceux qui ne l'obtiennent pas. Ce qu'apporte l'éducation n'est pas le résultat de l'augmentation de la productivité des individus, mais la distinction entre les différences préexistantes de productivité. Cette fonction de l'éducation est celle d'un signal, d'une sélection. L'importance relative de ces deux fonctions de l'éducation (signal et capital humain) est l'objet de discussion. Mais cette distinction est importante dans l'étude des rendements sociaux ou privés de l'éducation et dans la conception des institutions éducatives⁴.

Le second objectif de ce programme de recherche sur l'information était de parvenir à tirer de l'observation des marchés des principes généraux pouvant servir de guide à l'analyse du comportement des marchés. Comme, au XIX^e siècle la demande avait pu être le concept central d'analyse des marchés. Nous ne cherchions pas à remplacer la loi de l'offre et de la demande, mais à comprendre ses limites, et à la compléter, là où cela se révélait nécessaire, avec un nouvel ensemble de principes. Sur ce point, nous avons au moins partiellement réussi. Il s'est avéré que dans toutes les situations examinées, une courte liste de facteurs semblait jouer un rôle central. Ces facteurs ont été mentionnés : les incitations, les signaux et l'exécution des contrats.

Le marché de l'assurance est l'un des marchés, qui a été étudié avec beaucoup d'attention. Ce qui a eu des conséquences sur le vocabulaire de la théorie de l'information. Dans de nombreux marchés d'assurance, les problèmes d'incitation sont très importants. L'incitation des individus à éviter les risques est diminuée par l'assurance. Ce problème est celui du risque moral (vraisemblablement du fait qu'une personne « morale » ne verrait pas son incitation diminuer). La compagnie d'assurances dispose rarement d'une information parfaite sur les caractéristiques des assurés. Elle sait que certains individus ont une plus grande probabilité d'avoir un accident que d'autres, mais elle ne peut déterminer lesquels. Même si les clients potentiels connaissaient leur probabilité exacte, la compagnie ne pourrait pas le leur demander : quelle incitation auraient-ils à dire la vérité ? De plus, ceux qui ont la plus grande probabilité d'accident sont ceux qui

4. Voir par exemple, Spence (1973) ou Stiglitz (1975b). Les différences entre les modèles à signaux et les modèles de sélection sont analysées dans Stiglitz et Weiss (1991b).

sont le plus demandeur d'assurance. Au fur et à mesure qu'une compagnie augmente sa prime, ceux qui sont le moins intéressés par l'achat d'une assurance renoncent : c'est le processus d'**anti-sélection**.

Notre analyse a aussi consisté à distinguer les différents modes de circulation de l'information sur les marchés. Nous avons montré que, dans de nombreuses circonstances, les prix et les quantités jouent des rôles très différents de ce qui était envisagé dans les analyses traditionnelles, où le seul rôle d'information joué par les prix était l'indication de la rareté. Dès 1970, George Akerlof avait souligné que le prix auquel un particulier était disposé à vendre sa voiture transmettait une information sur son jugement quant à la qualité de la voiture. Dans sa « Theory of Lemons » (en argot américain, « lemon » est une « voiture pourrie »), il soutenait que ceux qui savent que leur voiture ne marche pas bien, sont disposés à la vendre à bas prix. Ainsi, au fur et à mesure que le prix des voitures dans le marché d'occasion baisse, la qualité des véhicules offerts sur ce marché baisse. Ce qui affecte la propension des acheteurs à acquérir les véhicules dont le prix est bas. On peut montrer que ce phénomène est identique à celui de l'antisélection sur les marchés d'assurance⁵.

Mais naturellement, sur la plupart des marchés, les acheteurs et les vendeurs n'acceptent pas passivement le prix du marché. Ils choisissent un prix pour offrir d'acheter ou de vendre, sachant que le prix transmettra une information et affectera la qualité des biens ou services offerts. Une entreprise sait que, si elle offre un bas salaire à de nouveaux ouvriers, elle recrutera une main-d'oeuvre de moins bonne qualité, elle n'engagera que ceux qui n'auront pu obtenir de meilleurs salaires ailleurs. Cette observation apparemment simple a cependant des conséquences importantes. Elle signifie que les entreprises peuvent ne pas être disposées à abaisser le prix auquel elles engagent du personnel, même en cas de chômage considérable.

Ainsi, dans la deuxième partie de notre programme de recherches, nous avons pu identifier un petit nombre de principes qui semblaient agir dans une grande variété de marchés caractérisés par une information imparfaite et coûteuse. Ces principes ou concepts ont permis de mieux comprendre les marchés et les institutions. Ces travaux (avec ceux d'un certain nombre d'autres économistes) ont ainsi fourni la base d'une réconciliation entre les deux courants de l'économie, l'approche historico-institutionnelle et l'approche théorique. En effet, ils montraient la manière dont on pouvait et devait expliquer et comprendre les institutions dans un cadre théorique. L'opposition entre ces approches concurrentes ne reflétait que la pauvreté de la théorie antérieure.

Depuis quelques années, notre programme de recherches est entré dans une troisième phase, où nous avons essayé de tirer les leçons et les connaissances de chacun des marchés que nous avons étudiés pour développer une théorie du fonctionnement de l'économie tout entière. L'une des grandes tâches des

5. Nous avons avec Grossman (1976, 1980) étudié le rôle des prix dans la transmission d'informations sur les marchés financiers.

économistes mathématiciens du siècle dernier a été la mise au point d'une théorie générale de la valeur, dont Kenneth Arrow, de l'université Stanford, et Gérard Debreu, de l'université de Californie, à Berkeley, ont donné l'énoncé le plus complet, la théorie de l'équilibre général, ces deux chercheurs ont d'ailleurs reçu le prix Nobel en partie pour ces travaux. Bien que l'apport de cette théorie a été de montrer comment les diverses parties d'une économie étaient reliées par le système des prix, et de fournir une démonstration formelle à l'intuition d'Adam Smith, selon lequel les économies de marché conduisent à l'efficacité comme par une main invisible, elle se fondait sur l'hypothèse d'information parfaite qui dominait encore récemment la théorie économique. Ces hypothèses sont totalement inadaptées à une économie industrielle moderne. La théorie prédisait, par exemple, qu'il n'y aurait jamais aucun chômage. Et malheureusement, la formulation de la théorie rendait pratiquement impossible son extension à l'information imparfaite ou au progrès technique, d'une manière un tant soit peu réaliste. Non seulement, cela a retardé le développement de cette branche de l'économie, mais a également renforcé un schisme existant depuis longtemps chez les économistes.

Depuis plus de deux siècles, deux vues distinctes ont coexisté sur le fonctionnement des économies capitalistes. L'une, issue des intuitions d'Adam Smith, défendait l'efficacité des économies de marché. L'autre, remontant peut-être, dans la tradition anglo-américaine, à Malthus, s'attachait à la description et à la compréhension des inégalités créées par le capitalisme. Depuis cinquante ans, ces deux conceptions ont été pensées dans deux sous-disciplines séparées, la macro-économie et la micro-économie, l'une soulignant les problèmes de l'économie capitaliste moderne, et le rôle des gouvernements dans leurs corrections, l'autre mettant en relief la raison pour laquelle l'intervention gouvernementale n'était pas nécessaire. La schizophrénie induite par cette séparation a donné naissance à d'énormes problèmes. (Dans les universités américaines, la manière dont on traite traditionnellement cette difficulté, consiste à confier les cours à des enseignants différents. Si bien que le professeur, lui au moins, ne peut être accusé d'incohérence intellectuelle...)

Cependant (Adam Smith avait raison de souligner la puissance du profit) les éditeurs de livres et de manuels d'enseignement de l'économie trouvent qu'il est souhaitable de rassembler ces visions très contrastées dans un même manuel. Paul Samuelson, dans un éclair de génie, a proposé une idée, qu'il a appelée la « synthèse néoclassique », afin de donner une aura de respectabilité à ces efforts. Selon lui, une fois résolus les problèmes macro-économiques de l'économie réelle, la théorie micro-économique traditionnelle s'applique. Autrement dit, la théorie est parfaite, sauf quand l'économie est malade. C'était là une idée dans laquelle les économistes voulaient croire, car elle leur permettait d'adopter la théorie keynésienne sans rejeter la théorie micro-économique classique ; mais c'était une affirmation sans aucun fondement intellectuel.

L'insatisfaction provoquée par le schisme entre la macro-économie et la micro-

économie (et par l'essai de conciliation de Samuelson) a donné naissance à deux essais séparés d'unification de ces deux branches. L'un d'entre eux, visant à étendre le domaine de l'analyse micro-économique traditionnelle à la macro-économie, déniait simplement l'existence, ou au moins l'importance, du sous-emploi. Cette vue, pour absurde qu'elle puisse sembler, était très en faveur aux Etats-Unis à la fin des années 70 et au début des années 80. Il est à porter au crédit de la France, et de la plus grande partie du reste de l'Europe, que ces approches aient peu pénétré ici.

L'autre approche se fonde, dans une large mesure, sur les travaux de théorie de l'information décrits plus haut. Une information imparfaite et asymétrique qui affecte les marchés du capital, du travail et des biens donne naissance à des rigidités et des réactions aux chocs très semblables à celles que l'on observe dans la réalité économique. La théorie fournit ainsi les fondements d'une théorie des fluctuations de l'activité et du chômage. Etant donné sa ressemblance avec la théorie antérieure proposée par Keynes, elle est souvent appelée néo-keynésienne, mais elle en diffère de manière importante. Bien que les rigidités des salaires jouent un rôle central dans la théorie keynésienne traditionnelle, Keynes n'en a pas exploré les causes. Il n'a pas expliqué pourquoi, face au chômage, les salaires ne baissaient pas.

Issue de la théorie de l'information, la théorie des salaires efficients a permis d'avancer une explication : l'abaissement des salaires peut avoir un effet négatif sur la qualité de la main-d'oeuvre. D'autres aspects de la théorie soulignent les effets des salaires sur la productivité des ouvriers ou sur la rotation des effectifs. La finance et la structure des marchés financiers ne jouaient pas un rôle important dans la théorie keynésienne traditionnelle. Notre théorie souligne au contraire l'importance de la structure financière. Nous avons mis au point une théorie du rationnement du crédit, les banques pouvant ne pas élever les taux d'intérêt, même en présence d'une demande excédentaire de crédit. Nous avons également mis au point une théorie du rationnement des titres : en dépit des avantages de partage des risques, les entreprises ne se procurent qu'une faible partie du capital additionnel dont elles ont besoin par l'émission de nouvelles actions.

Nous avons également montré que le mécanisme particulier esquissé par Keynes, selon lequel les autorités monétaires affectent l'économie, est incorrect. Notre analyse souligne le lien entre les décisions des autorités monétaires et la disponibilité du crédit.

Les progrès de nos travaux théoriques vont de pair avec le développement de tests de vérifications, qui différencient ces théories à la fois de celles néoclassiques antérieures et des théories keynésiennes. Les chercheurs d'un certain nombre d'universités ont entrepris de tester divers aspects du modèle, et jusqu'à présent nos théories se sont très bien comportées.

La théorie économique traditionnelle vante les vertus de la décentralisation et le rôle du système des prix comme médiateurs de l'activité économique. Partiellement influencés par ces vues, plusieurs pays d'Europe de l'Est avaient récemment

caressé l'idée d'un socialisme de marché, où les prix guident la production, mais où la propriété privée serait absente. Pour certains, cela semblait avoir les avantages du capitalisme sans le pire vice qui lui est associé, l'inégalité des richesses à laquelle il donne naissance.

J'ai recommandé ailleurs la prudence envers ces approches, suggérant par exemple qu'elles sous-estiment l'importance des incitations pour les gestionnaires. De même que le modèle d'équilibre concurrentiel qu'elles cherchent à imiter, elles passent à côté de certains aspects importants de l'allocation des ressources. Bien que les prix jouent nettement un rôle central, les économies de marché comportent bien d'autres caractéristiques.

Un aspect important des économies de marché est la décentralisation des décisions. De fait, non seulement celles portant sur l'allocation des ressources sont décentralisées, mais il en est de même du choix des décideurs.

Dans certaines de mes recherches les plus récentes, je suis revenu sur les questions fondamentales de l'organisation économique, y compris les conséquences de décisions centralisées ou non. Une part importante de l'activité économique se déroule à l'intérieur d'organisations. Dans ces organisations, les prix jouent un rôle très limité, et des contrats (souvent très complexes) régulent les relations entre les entreprises et les autres organisations économiques. Dans ces contrats, le prix n'est qu'un élément parmi d'autres. La prise de décision et l'allocation des ressources dans les économies modernes font intervenir un mélange de centralisation et de décentralisation, et de mécanismes avec ou sans prix. En admettant le caractère universellement faillible des décisions humaines, nous avons pu montrer qu'un système mixte présente certaines propriétés d'efficacité. Le niveau de production sera en général plus élevé dans un système mixte que dans l'un ou l'autre des types polaires. Le mélange optimal (ou, comme on dit, l'architecture du système économique) dépendra d'un certain nombre de caractéristiques, tant de l'environnement auquel le décideur doit faire face que des décideurs eux-mêmes. Ce projet de recherche, qui ne fait que commencer, est tout à fait passionnant, car il touche aux questions fondamentales de l'organisation sociale pour l'allocation des ressources.

Je voudrais conclure en me tournant brièvement vers deux autres questions.

Tout d'abord, un bref commentaire de méthodologie. J'ai essayé de résumer mes recherches, aussi bien quant aux questions que j'ai posées que quant aux enseignements que nous en avons tiré, en termes non techniques. Des modèles mathématiques sont sous-jacents à ces analyses. Dans une large mesure, le succès des approches que j'ai exposées peut être attribué à la formulation de quelques modèles simples, qui sont faciles à manipuler, et qui se sont révélés faciles à appliquer à une grande variété de situations. Aux premiers temps du développement de l'économie mathématique, les économistes ont beaucoup emprunté à la physique. Au fur et à mesure que l'importance des problèmes d'information apparaissait, il y a eu plusieurs essais pour adapter les concepts de l'information élaborés, par exemple, par Shannon et ses collaborateurs. Ces mesures quantita-

tives se sont révélées mal adaptées à l'analyse des problèmes économiques. L'un des aspects passionnants de la recherche que je viens de décrire est que, dans la mise au point de ces modèles, nous ne nous sommes pas tournés vers la physique, ni vers l'électronique, ni en fait vers aucune autre science. Nous nous sommes plutôt efforcés d'étudier en détail le fonctionnement de divers marchés. En reconnaissant que l'analyse **qualitative** s'était autrefois révélée très féconde en économie. Nous avons mis au point des modèles mathématiques captant les caractères essentiels des problèmes d'information. Le mélange de l'analyse des marchés et du formalisme des modèles déductifs et inductifs s'est révélé être une approche puissante de ce qui semblait être un ensemble inextricable de problèmes.

Une grande partie de cet exposé n'est rien de plus que du bon sens. J'avais autrefois un professeur de physique qui disait à peu près la même chose : que la physique n'était rien d'autre que du bon sens. Il ajoutait que rien n'était aussi rare que le bon sens. Le carcan imposé à l'analyse économique par l'hypothèse de l'information parfaite a amené les économistes à des conclusions contraires au bon sens.

J'espère que les théories sur lesquelles j'ai travaillé depuis une vingtaine d'années, avec mes collaborateurs ont contribué à amener un peu de bon sens dans l'analyse économique ■

BIBLIOGRAPHIE

- AKERLOF (G.A.), - Market for Lemons : Quality Uncertainty and Market Mechanism -, *Quarterly Journal of Economics*, Vol 84, N° 3, 1970, pp. 488 -500.
- ARNOTT (R.) et STIGLITZ (J. E.), - Moral Hazard and Optimal Commodity Taxation -, *Journal of Public Economics*, N° 29, 1986, pp. 1 - 24.
- ARNOTT (R.) et STIGLITZ (J. E.), - Equilibrium in Competitive Insurance Markets with Moral Hazard -, *Working Paper*, 1989a.
- ARNOTT (R.) et STIGLITZ (J. E.), - The Welfare Economics of Moral Hazard -, *Risk, Information and Insurance : Essays in the Memory of Karl H. Borch*, Henri Loubergé, Ed. Kluwer Academic Publishers (Norwell, MA), 1989b, pp. 91 -122.
- ARROW (K.), - An Extension of the Basic Theorems of Classical Welfare Economics -, *Proceedings of the Second Berkeley Symposium*, Berkeley : University of California Press, 1951.
- DEBREU (G.), *Theory of Value*, 1959.
- GREENWALD (B) et STIGLITZ (J. E.), - Externalities in Economies with Imperfect Information and Incomplete Markets -, *Quarterly Journal of Economics*, May 1986, pp. 229 -264.
- GREENWALD (B) et STIGLITZ (J. E.), - Keynesian, New -Keynesian and New Classical Economics -, *Oxford Economic Papers*, N° 39 (1987), pp. 119 - 133, par la suite repris dans *Price, Quantities and Expectations*, P. J. N. Sinclair, Ed., Oxford University Press, 1987, pp. 119 -133.
- GREENWALD (B) et STIGLITZ (J. E.), - Macroeconomic Models with Equity and Credit Rationing -, *Information, Capital Markets and Investments*, Edité par R. Glenn Hubbard, University of Chicago Press, 1990.
- GREENWALD (B.), STIGLITZ (J. E.) et WEISS (A.), - Informational Imperfections in the Capital Markets and Macroeconomic Fluctuations -, *American Economic Review*, Vol. 74, N° 1, May 1984, pp. 194 -199.
- GROSSMAN (S.) et STIGLITZ (J. E.), - Information and Competitive Price Systems -, *American Economic Review*, Vol. 66, N° 2, May 1976, pp. 246 - 253.
- GROSSMAN (S.) et STIGLITZ (J. E.) - On the Impossibility of Informationally Efficient Markets -, *American Economic Review* Vol. 70, N° 3, June 1980, pp. 393 -408.
- HAYEK (F. A.), - The use of Knowledge in Society -, *American Economic Review*, Vol. 35, N° 4, September 1945, pp. 519 -530.

- HUBBARD (R. G.), ed., *Information, Capital Markets and Investments*, Chicago : University of Chicago Press, 1990.
- JAFFEE (D.) et STIGLITZ (J. E.), - Credit Rationing -, *Handbook of Monetary Economics*, B. Friedman et F. Hahn eds., Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1990.
- MODIGLIANI (F.) et MILLER (M.), - The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment -, *American Economic Review*, N° 48, June 1958, pp. 261 - 297.
- ROTHSCCHILD (M.) et STIGLITZ (J. E.), - Equilibrium in Competitive Insurance Markets : An Essay on the Economics of Imperfect Information -, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 90, N° 4, November 1976, pp. 629 - 649.
- SAH (R.) et STIGLITZ (J. E.), - Human Fallibility and Economic Organization -, *American Economic Review*, Vol. 75, N° 2, May 1985, pp. 292 - 297.
- SAH (R.) et STIGLITZ (J. E.), - The Architecture of Economic Systems : Hierarchies and Polyarchies -, *American Economic Review*, September 1986, Vol. 76, N° 4, pp. 716 - 727.
- SAH (R.) et STIGLITZ (J. E.) - Qualitative Properties of Profit-Maximizing K-out-of-N Systems Subject to Two Kinds of Failure -, *IEEE Transactions on Reliability*, December 1988a, Vol. 37, N° 5, pp. 515 - 520.
- SAH (R.) et STIGLITZ (J. E.) - Committees, Hierarchies and Polyarchies -, *The Economic Journal*, Vol.98, June 1988b, pp. 451 - 470.
- SALOP (S.) et STIGLITZ (J. E.), - Bargains and Ripoffs : A Model of Monopolistically Competitive Price Dispersions, *Review of Economic Studies* Vol. 44, October 1977, pp. 493 - 510.
- SALOP (S.) et STIGLITZ (J. E.), - The Theory of Sales : a Simple Model of Equilibrium Price Dispersion with Identical Agents, *American Economic Review*, Vol. 72, N° 5, December 1982, pp. 1121 - 1130.
- SHAPIRO (C.) et STIGLITZ (J. E.), - Equilibrium Unemployment as a Worker Discipline Device -, *American Economic Review*, June 1984, Vol. 74, N° 3, pp. 433 - 444.
- SPENCE (A. M.), - Job Market Signaling -, *Quarterly Journal of Economics*, N° 87, August 1973, pp. 355 - 374.
- SPENCE (A. M.), *Market Signaling : Information Transfer in Hiring and Related Processes*, Cambridge, MA : Harvard University Press, 1974.
- STIGLITZ (J. E.), - Alternative Theories of Wage Determination and Unemployment in L. D. C.'s : The Labor Turnover Model -, *Quarterly Journal of Economics* Vol. LXXXVII, May 1974a, pp. 194 - 227
- STIGLITZ (J. E.), - Incentives and Risk Sharing in Sharecropping -, *Review of Economic Studies*, Vol. 41, April 1974b, pp. 219 - 255.
- STIGLITZ (J. E.), - Information and Economic Analysis -, *Current Economic Problems*, Parkin and Nobay, eds., (Cambridge, England : Cambridge University Press, 1975a), pp. 27 - 52.
- STIGLITZ (J. E.) - The Theory of Screening, Education and the Distribution of Income -, *American Economic Review*, Vol. 65, N° 3, June 1975b, pp. 283 - 300.
- STIGLITZ (J. E.), - On Search an Equilibrium Price Distributions -, *Economics and Human Welfare : Essays in Honor of Tibor Scitovsky*, M. Boskin, ed., New York, Academic Press, 1979.
- STIGLITZ (J. E.), - Information and Capital Markets -, *Financial Economics : Essays in Honor of Paul Cootner*, William F. Sharpe and Cathryn Cootner eds., Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall, 1982, pp. 118 - 158.
- STIGLITZ (J. E.), - Risk, Incentives and Insurance : the Pure Theory of Moral Hazard -, *The Geneva Papers*, January 1983, Vol. 8, N° 26, pp. 4 - 32.
- STIGLITZ (J. E.), - Information and Economic Analysis : a Perspective -, *Economic Journal*, 1985a, pp. 21 - 41.
- STIGLITZ (J. E.), - Credit Markets and the Control of Capital -, *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 17, n° 1, May 1985b, pp. 133 - 152.
- STIGLITZ (J. E.), - Sharecropping -, *The New Palgrave : a Dictionary of Economics*, Macmillan Press, 1987a.
- STIGLITZ (J. E.), - The Causes and Consequences of the Dependence of Quality on Prices -, *Journal of Economic Literature*, XXV, March 1987b, pp. 1 - 47.
- STIGLITZ (J. E.), - Money, Credit and Business Fluctuations -, *Economic Record*, December 1988a, pp. 307 - 322.
- STIGLITZ (J. E.), - Why Financial Structure Matters -, *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 2, N° 4, 1988b, pp. 121 - 126.
- STIGLITZ (J. E.), - Imperfect Information in the Product Market -, *Handbook of Industrial Organization*, Vol. 1, Elsevier Science Publishers, 1989b.
- STIGLITZ (J. E.), et WEISS (A.), - Credit Rationing in Markets with Imperfect Information -, *American Economic Review*, Vol. 71, N° 3, June 1981.
- STIGLITZ (J. E.), et WEISS (A.), - Incentive Effects of Termination : Applications to the Credit and Labor Markets -, *American Economic Review*, December 1983, Vol. 72, pp. 912 - 927.

- STIGLITZ (J. E.), et WEISS (A.), • Macro-economic Equilibrium and Credit Rationing -, *NBER Working Paper 2164*, February 1987.
- STIGLITZ (J. E.), et WEISS (A.), • Banks as Social Accountants and Screening Devices and the General Theory of Credit Rationing -, à paraître dans *Essays in Monetary Economics in Honor of Sir John Hicks* Oxford University Press, 1991a.
- STIGLITZ (J. E.), et WEISS (A.), • sorting Out the Differences Between Screening and Signaling Models -, à paraître dans *Oxford Essays in Mathematical Economics* , ed. by M. Bachrach, Oxford University Press, 1991b.

Le nouveau régime général DU CONTRAT D'ASSURANCE

MOTS CLÉS : Contrat . Déclaration . Obligation . Résiliation . Sinistre .

La loi du 31 décembre 1989 a déjà fait l'objet de nombreux commentaires qui ont tous souligné qu'elle rendait le droit français des assurances conforme aux directives européennes. Plus généralement, on sait qu'elle a modernisé le paysage français de l'assurance en introduisant, par exemple des facilités pour lever des capitaux dans les compagnies nationales ou en créant une commission de contrôle. Mais, elle est surtout importante dans les modifications qu'elle introduit dans le contrat d'assurance. Ce texte analyse cette évolution du droit du contrat et distingue l'information du souscripteur, ses obligations et les procédures de résiliation.

RUBRIQUES : Droit

La loi du 31 décembre 1989 - portant adaptation du Code des assurances à l'ouverture du marché européen -¹ est un texte important, et pas uniquement par son volume, au demeurant imposant puisqu'il occupe douze pages de l'Officiel. Elle introduit dans notre droit des assurances des innovations considérables. Non seulement, et conformément à son titre, elle insère dans le Code des assurances la libre prestation de services en assurance de dommages ainsi qu'une réglementation de l'assurance de protection juridique, rendant ainsi notre droit conforme aux directives européennes de 1987 et de 1988 (art. 1 à 7), mais encore elle soumet désormais les entreprises d'assurances au contrôle d'une commission, indépendante du gouvernement (art. 31 à 33). Ce n'est pas rien ! Non négligeable non plus sont l'obligation nouvelle faite aux courtiers d'assurer leur responsabilité civile et de fournir une garantie financière (art. 42) ou, dans un tout autre ordre d'idées, le fait d'avoir facilité la création d'un véritable marché pour les actions des sociétés centrales des trois groupes demeurés nationalisés (art. 35).

* Professeur de droit des assurances à l'Université Panthéon-Assas (Paris-II).

1. Déjà commentée intégralement par Hubert GROUDEL, *Responsabilité civile et assurances*, fév. 1990, n°3; et par Jean BIGOT, J.C.P. 1990, I, 3437. Les innovations sont, par ailleurs, déjà répertoriées et analysées par Yvonne LAMBERT-FAIVRE, dans la très récente 7ème édition de son *Précis Dalloz de droit des assurances*. Hubert GROUDEL avait par ailleurs procédé (*Resp. civ. et assur.*, mai 1989, n°15, et nov. 1989, n°32) à une minutieuse et riche analyse du projet de loi et de la première lecture du texte au Sénat.

Et l'on pourrait encore continuer à énumérer d'autres innovations résultant d'un texte, assez hétérogène donc. Mais il est certain que, pour la vie quotidienne des assureurs, dont la raison d'être et la base de toute leur activité reste de proposer des contrats à leur clientèle, les dispositions essentielles de la loi sont autres : ce sont celles qui ont modifié le régime général du contrat d'assurance et qui figurent surtout, mais pas uniquement (par exemple, l'article 52 réforme les conséquences du non-paiement des primes en assurance-vie), aux articles 5 à 16 de la loi. L'intitulé du titre III de la loi, où figurent ces textes, est évocateur : « Dispositions relatives aux contrats et à la protection des assurés ». Ce souci de la protection des assurés, forme particulière de la protection des consommateurs, si à la mode de nos jours, n'est, à vrai dire, pas une nouveauté. La vieille loi de 1930 était déjà clairement marquée par cette préoccupation, qu'attestait son article 2, selon lequel les dispositions de la loi étaient toutes d'ordre public, sauf dispositions limitativement énumérées. Et même si certaines mesures de protection alors introduites font aujourd'hui sourire - que l'on songe à la faculté de résiliation décennale ! -, cette restriction à la liberté contractuelle des parties, en fait à la liberté des assureurs d'imposer des clauses léonines à leurs contractants, n'était pas négligeable. Elle explique certainement qu'il n'ait pas paru utile de modifier de façon importante le texte de 1930 pendant quarante ans. Et, avant 1990, on ne peut guère citer que deux lois qui accentuaient en profondeur la protection des assurés : celle de 1972 sur la résiliation et celle de 1981 en matière d'assurance-vie.

Tout n'était cependant pas parfait. Il n'est dès lors pas surprenant que la Commission des clauses abusives, créée en application de la loi du 10 janvier 1978, se soit intéressée au contrat d'assurance, et plus précisément à certaines de ses espèces les plus répandues. Chacun garde en mémoire le coup de tonnerre que constitua sa recommandation² de 1985 sur « les contrats d'assurance destinés à couvrir divers risques de la vie privée », les « multi-risques habitation », pour reprendre la dénomination de la pratique. Rendue au rapport de notre collègue Geneviève VINEY, cette recommandation fustigeait les rédacteurs de ce type de police, et derrière eux bien souvent le législateur ou le pouvoir réglementaire qui n'interdisaient pas les clauses dénoncées, voire les autorisaient clairement. Ce n'était pas moins de 39 clauses usuelles (nombre d'entre elles étant, il est vrai, spécifiques à l'assurance-vol ou à l'assurance dégâts des eaux) que, selon la commission, il convenait d'interdire à l'avenir, en même temps qu'on introduirait obligatoirement 9 clauses nouvelles.

Il convenait d'y insister, car il est clair que le projet de loi s'est inspiré de certaines de ses recommandations. Dans les sources du droit, au sens large du terme, il convient, en cette fin de XX^e siècle, de ne pas négliger la Commission des clauses abusives, parfaitement dans son rôle, lorsqu'elle inspire le législateur.

Naturellement, les parlementaires, sur un sujet aussi sensible, ont tenu à

2. *Rev. gén. ass. terr.* 1986, 151 et le commentaire de M. BIGOT, *ibid*, 9 et s.

apporter leur contribution à la protection des assurés, de façon parfois maladroite, comme on aura l'occasion d'y revenir. C'est à eux, et plus précisément à Nicole CATALA, rapporteur du projet devant l'Assemblée, que revient la décision que le titre III soit devenu applicable dès le 1er mai 1990³. Selon les principes applicables en matière de conflits de lois dans le temps, cela signifie que le droit nouveau régira les contrats conclus postérieurement au 1er mai 1990, mais ne concerne pas les contrats souscrits auparavant⁴, sauf dispositions contraires de la loi⁵.

Il est toutefois une disposition de la loi qui, dans ce concert protecteur, détonne : il s'agit du nouvel article L. 140-4 C. ass. (art. 16 de la loi). Comme le prévoyait le projet, il est désormais aisément possible de rendre opposables les modifications du contrat d'assurance-groupe convenues entre l'assureur et le souscripteur, même aux adhérents antérieurs à la modification : il suffira de les en informer. Or chacun sait que la Cour de Cassation décidait le contraire depuis 1978⁶. Ici, les assureurs-groupe ont su se faire entendre de l'administration, puis du législateur⁷ : le besoin de pouvoir modifier à la baisse le contenu de garanties parfois trop généreusement accordées à l'origine et d'imposer ces modifications à tous les adhérents a prévalu sur toute autre considération.

Pour le reste, les formes prises par le souci général de mieux défendre les intérêts des consommateurs que sont, en général, les souscripteurs d'assurances et les assurés sont très diverses. On tentera ici de les regrouper sous trois rubriques : une meilleure information du souscripteur; un allègement de ses obligations envers l'assureur; une facilité accrue de résiliation, enfin.

■ I - UN SOUSCRIPTEUR MIEUX INFORMÉ

C'est une obsession du droit de la consommation que de rechercher à mieux informer le consommateur. Le nouveau droit de l'assurance n'y échappe pas.

On a d'abord souhaité qu'il soit mieux informé qu'auparavant sur le contrat qu'il s'apprête à conclure. C'est pourquoi (art. 8, insérant trois alinéas à l'article L. 112-2 C. ass.) l'assureur doit, en premier lieu, prendre l'initiative de fournir au candidat-souscripteur une fiche d'information sur le prix des garanties; en second lieu, lui remettre soit un exemplaire du projet de contrat et de ses annexes, soit une notice d'information précisant les garanties, les exclusions qui les

3. Art. 60, al. 1er. Le texte dit : *au plus tard, le 1er mai 1990*. Mais il semble que ce soit bien une mal façon (En ce sens, GROUDEL, op. cit. n°64) et que la loi n'ait pas pu entrer en vigueur auparavant.

4. Dans le cadre limité de cet article, ce point ne peut être développé. L'affirmation contenue au texte implique que l'on ne considère pas la législation nouvelle comme l'ordre public, au sens de l'expression en droit transitoire. L'importance du problème ne doit pas être exagérée, car, le plus fréquemment, les contrats sont conclus pour un an, avec tacite reconduction. Or la jurisprudence décide avec constance qu'un contrat reconduit tacitement est un nouveau contrat, auquel doivent donc s'appliquer les modifications législatives intervenues entre-temps.

5. Ainsi l'alinéa 3 nouveau de l'article L. 113-12 C. ass. (art. 12-I, de la loi). Un tel texte confirme, a contrario, l'inapplication de la loi nouvelle aux contrats en cours, soutenue au texte et à la note précédente.

6. 1ère Civ. 5 déc. 1978, D. 1979, 401, note BERR et GROUDEL; Rev. gén. ass. terr. 1979, 505, obs. J.B.

7. Tout au plus les parlementaires ont-ils introduit une faculté de résiliation au profit de l'adhérent, qui semble assez illusoire. Il ne l'a pas quand son adhésion est obligatoire. Et, s'il s'agissait d'une adhésion facultative, où trouver les garanties supprimées ?

restreignent ainsi que les obligations de l'assuré. Cela doit être fait avant la conclusion du contrat. La précision est importante, car il semble bien en découler, l'alinéa 1, maintenant numéroté 4, de l'art. L. 112-2 n'ayant pas été abrogé, que le contrat ne sera, comme par le passé, conclu que lorsque l'assureur aura accepté l'offre de contracter présentée par le souscripteur au vu des documents ci-dessus énumérés. En particulier, il ne suffit pas que le souscripteur donne son accord au prix porté sur la fiche pour que le contrat soit conclu.

Il faut être résolument sceptique sur la portée pratique de ces dispositions. D'abord, aucun délai n'est prévu, qui doive séparer la remise des documents de la conclusion du contrat. Pourquoi ne serait-il pas réduit à presque rien ? Ensuite, le texte ne prévoit aucune sanction, sans doute parce que la seule efficace, la nullité du contrat à la demande du souscripteur, a paru trop lourde. Il est dès lors douteux que les tribunaux osent aller jusque-là. Mais peut-être useront-ils de la responsabilité de l'assureur pour manquement à son obligation de renseignement, légale ici, si le souscripteur réussit à démontrer que l'absence d'information préalable lui a causé préjudice, par exemple en ne lui permettant pas de comparer le prix demandé avec celui, pourtant très inférieur, proposé par d'autres assureurs pour les mêmes garanties ? Encore que, troisième raison de douter, l'expérience montre que les candidats-souscripteurs, souvent pressés d'être assurés, utilisent bien rarement le droit de comparer les prix.

Cependant, comme le prévoit l'alinéa 3 nouveau de l'article L. 112-2, un décret du 20 septembre 1990 a prévu (art. R. 112-3 C. ass.) que la remise du projet de contrat, ou de la notice qui en résume l'essentiel, sera constatée par une mention signée et datée par le souscripteur apposée au bas de la police et indiquant la remise préalable des documents, leur nature, et la date de cette remise.

Tout cela est assez contraignant et certains assureurs s'en étaient émus, selon lesquels le formalisme nouveau était incompatible avec la rapidité avec laquelle certains contrats devraient être conclus, ou inutile, étant donné l'ampleur des discussions préalables à la conclusion du contrat. Prudemment, le législateur s'en était remis à un décret en Conseil d'Etat pour déterminer « les dérogations justifiées par la nature du contrat ou les circonstances de sa souscription ».

Le même décret du 20 septembre 1990 a (art. R. 112-2 C. ass.) prévu ces dérogations. Elles sont effectivement de deux ordres. D'une part, sont exceptées les assurances à souscrire vite, par exemple les contrats couvrant des risques en liaison avec des vacances ou des voyages. D'autre part - et ceci est plus intéressant, car ainsi se profile une distinction entre souscripteurs de contrat, selon qu'ils sont des consommateurs ordinaires d'assurance ou des professionnels⁸ -, point n'est exigé d'information formaliste « pour les risques définis à l'article L. 351-4 ». Derrière cette formule ésotérique se cachent les « grands risques » d'ores et déjà offerts à la libre prestation de services européenne par l'article 1er de la loi.

Si l'on suppose que le souscripteur se soit vu remettre une notice d'information

8. Cf. *infra* à propos de la résiliation.

et non pas le projet complet, le problème surgit d'une possible discordance entre les dispositions de la notice et celles de la police. A partir du précédent fourni par la jurisprudence sur les notices remises à l'adhérent à une assurance de groupe, il faut, avec M. GROUTEL⁹, penser que la notice prévaudra. Pour éviter ce résultat, il faudrait que, en envoyant la police à signer, l'assureur signale spécialement les distorsions au souscripteur. Mais, en ce cas, l'envoi de la police ne serait plus la manifestation de l'accord de l'assureur avec la proposition d'assurance, donc le moment de la conclusion de contrat, mais seulement une offre de contracter qui aurait besoin de l'accord du souscripteur pour devenir contrat¹⁰.

Une fois le contrat conclu apparaissent de nouvelles obligations d'informer, spécialement en cas de modification du risque initialement garanti. A cet égard, le nouvel article L. 113-4 C. ass (art. 11 de la loi) mérite mention particulière, car il ne contient pas moins de deux obligations d'informer.

La première est, là encore, dépourvue de sanction : elle résulte de l'alinéa 5 de l'article L. 113-4, qui impose à l'assureur, lorsque celui-ci est prévenu, soit de l'aggravation du risque, soit de sa diminution, de rappeler à l'assuré les dispositions de L. 113-4. On peut se demander à quoi cela servira. Car si le souscripteur a signalé à l'assureur l'aggravation ou la diminution des risques, on peut supposer que c'est pour bénéficier des dispositions du texte, qu'il connaît donc déjà.

Au contraire, l'autre obligation nouvelle d'information pourra avoir une grande importance pratique. Elle résulte de l'alinéa 2 de l'article L. 113-4. Visant le cas où, informé d'une aggravation de risque, l'assureur propose une surprime au souscripteur pour garantir le risque sous sa forme aggravée, ce texte envisage que, faute d'accord du souscripteur, le contrat puisse être résilié. Encore faudra-t-il que, dans la proposition d'augmentation de la prime, l'assureur ait donné connaissance au souscripteur de cette faculté, et qu'il l'ait fait en « termes apparents », exigence évidente¹¹.

Au-delà de ce problème formel, l'ensemble du traitement par la loi nouvelle des aggravations de risque mérite d'être repris, car c'est bien l'un des terrains sur lesquels la loi a modifié, dans un sens favorable, la position du souscripteur.

■ II - LES OBLIGATIONS DU SOUSCRIPTEUR ALLÉGÉES

C'est toujours l'article L. 113-2 qui énumère les obligations fondamentales du souscripteur, dans le même ordre qu'avant : payer les primes convenues, déclarer le risque initial, les éventuelles aggravations de ce dernier et, enfin, tout sinistre survenu, et ce dans un délai bref. Mais, sur tous ces points, on est aujourd'hui beaucoup moins exigeant qu'auparavant. C'est aussi vrai pour la déclaration du risque que pour la déclaration du sinistre.

9. *Op. cit.* n° 22.

10. *1ère Civ.* 15 juill. 1975, *Rev. gén. ass. terr.* 1976, 178.

11. *Il en est, en effet, ainsi de la police tout entière (art. L. 112-3 C. ass. al. 1). Sur l'origine des petits caractères, condamnés par ce texte, cf. BOISSONNET, Risques, n°2, p. 67 et s.*

■ 1. Quand à la déclaration du risque, le droit antérieur imposait une distinction assez tranchée entre le risque initial et le risque aggravé en cours de contrat. Aujourd'hui, elle l'est beaucoup moins. Cependant, il convient de la maintenir comme base d'exposé, car les apports de la loi nouvelle sont, sur les deux points, considérables.

Si l'on peut affirmer que la loi a opéré un rapprochement, c'est parce qu'elle a aligné l'étendue de l'obligation imposée au souscripteur lors de la conclusion du contrat sur celle, moins lourde, qui lui incombait si une aggravation de risque survenait. En effet, la loi de 1930 imposait, lors de la conclusion du contrat, au souscripteur d'indiquer spontanément à l'assureur tous les éléments de nature à influencer sur l'opinion que ce dernier avait à se faire du risque à couvrir, comme l'avait affirmé clairement la Cour de Cassation¹².

Chacun sait que, dans la pratique, les assureurs avaient estimé nécessaire d'aider le souscripteur à satisfaire à l'exigence légale en lui imposant presque toujours de remplir un questionnaire très précis, à leur renvoyer complété en même temps que la proposition d'assurance, avec laquelle même il faisait souvent corps. Et, face à de tels questionnaires, les tribunaux jugeaient volontiers que l'assureur ne pouvait plus reprocher au souscripteur de n'avoir pas, de lui-même, répondu à une question non posée¹³. L'absence de question ne démontrait-elle pas à elle seule que le point indifférait à l'assureur ? Aussi était-il périodiquement proposé en doctrine de rompre avec le dogme de la spontanéité. Bien sûr, la Commission des clauses abusives étant allée dans le même sens.

C'est précisément ce qu'a fait le législateur. Désormais (art. L. 113-2, 2° C. ass.), le souscripteur n'a plus d'autre obligation que de répondre aux questions que lui aura posées l'assureur, notamment dans le questionnaire, baptisé « formulaire de déclaration du risque ». Aux assureurs, désormais, de déterminer d'avance tout ce qu'ils estiment nécessaire de savoir avant d'accepter un risque ou, s'ils le garantissent, de tarifier le contrat. S'ils ont omis un point qui, par la suite, se révèle pourtant essentiel, ils ne pourront plus en tirer aucun grief à l'encontre du souscripteur.

La rédaction du questionnaire devra être d'autant plus soignée que, également pour protéger le souscripteur, le nouvel alinéa 2 de l'article L. 112-3 C. ass. (art 9) dispose que l'assureur ne pourra plus à l'avenir se prévaloir du fait qu'une question a reçu une réponse imprécise si elle était libellée de façon excessivement générale. Assureurs, exprimez désormais vos curiosités de façon complète et précise !

On ne peut que se féliciter des dispositions nouvelles... sauf à faire observer que les assurés risquent de perdre sur le terrain de la sanction ce qu'ils avaient gagné sur celui de l'étendue de leur obligation de déclaration. Rien, en effet, n'a été changé aux articles L. 113-8 et 113-9, le premier de ces deux textes, notamment, continuant à prévoir la nullité du contrat en cas de mauvaise foi démontrée, tandis

12. Cf. 1ère Civ. 26 janv. 1948, D. 1949, 442, note BESSON, BERR et GROUDEL, *Grands arrêts*, p. 93.

13. Sur ce problème, v. la note de M. GROUDEL, D. 1986, 509, sous 1ère Civ. 2 juill. 1985.

que, au cas contraire, le second impose à l'assureur de régler un sinistre, lui permettant simplement de diminuer l'indemnité par application de la règle proportionnelle de primes. Or, avant 1990, les juges du fait, dont l'appréciation sur ce point était souveraine, admettaient parfois avec bienveillance que la mauvaise foi n'était, malgré les apparences, pas démontrée, pour ne pas avoir à prononcer la nullité, c'est-à-dire priver l'assuré de toute garantie. Désormais, puisque les questionnaires seront, par hypothèse, explicites, il deviendra beaucoup plus facile aux assureurs de démontrer la mauvaise foi de l'auteur d'une réponse inexacte ou incomplète. Et les cas où il sera possible, décemment, de recourir à la sanction modérée de L. 113-9 deviendront exceptionnels. C'est, une fois de plus, le tout ou rien.

Quant à la déclaration des aggravations de risque, elle n'a jamais eu aucun caractère de spontanéité. La loi de 1930 ne l'imposait qu'à propos des circonstances spécifiées dans la police, et la jurisprudence veillait au respect de cette exigence. Naturellement, rien n'a changé sur ce point, sinon dans la forme. Désormais, l'obligation de déclarer est liée à un changement dans les circonstances, tel que les réponses initialement faites aux questions de l'assureur sont devenues inexactes ou caduques. Et comme, on l'a vu, il n'y a lieu de rien révéler à l'assureur qu'il n'ait souhaité connaître, le souscripteur tout à la fois sait à quoi l'assureur attache de l'importance et se l'est bien vu spécifier dès la conclusion du contrat.

En revanche, le nouveau texte donne lieu à de graves incertitudes, et sur le fait générateur d'une obligation de déclaration en cours de contrat, et sur les sanctions d'un défaut de déclaration.

Sur le premier point, l'article L. 113-2, 3°, évoque les circonstances « qui ont pour conséquence soit d'aggraver les risques, soit d'en créer de nouveaux ». Il y a dans cette formule de quoi mettre à mal des solutions que l'on croyait pourtant acquises. Sous l'empire des textes anciens, la jurisprudence avait fait une distinction, claire dans son principe sinon facile à mettre en oeuvre, entre le risque aggravé et le risque exclu. Le problème était important, en présence de la non-déclaration par le souscripteur d'une circonstance rendant plus lourd le risque précédemment couvert par l'assureur. En cas de sinistre, si l'on considérait qu'il s'agissait simplement d'une aggravation de risque non déclarée, il y avait place pour une garantie réduite de l'assureur, si ce dernier échouait à démontrer la mauvaise foi du souscripteur. Mais si l'on pensait que le risque était exclu, la garantie de l'assureur disparaissait, le souscripteur eût-il été de bonne foi. Et c'est ainsi que la Cour de Cassation avait été amenée¹⁴ à décider que l'adjonction d'une remorque, sans l'accord de l'assureur, « modifie l'instrument du risque et constitue un cas de non-assurance ».

Or le texte nouveau paraît bien condamner toute distinction de cet ordre,

14. Plén. 13 déc. 1974, D. 1975, 325, note BESSON ; J.C.P. 1975, 18.017, note rapport LEMERCIER. Le fait que, depuis le décret du 7 janvier 1986, l'art. R. 211-4 distingue de ce point de vue les petites remorques (simple aggravation) des grosses (exclusion) changeait d'autant moins la position de principe que l'on pouvait douter de la compétence du pouvoir réglementaire en un tel domaine.

puisque'il vise aussi bien les circonstances nouvelles qui aggravent les risques jusque-là garantis que celles qui en créent de nouveaux. Désormais, on peut soutenir que c'est la loi du 31 décembre 1989 qui soumet au même régime aussi bien les véritables aggravations de risque - c'est-à-dire des événements qui ne font qu'augmenter la probabilité de survenance du sinistre - que ce que la jurisprudence antérieure appelait « circonstances modifiant l'instrument du risque ».

Comme on l'a justement souligné¹⁵, s'il ne s'agit que de l'adjonction d'une remorque, la nouvelle solution est bonne. Mais il n'est pas sûr qu'il en aille toujours de même. Car l'absence de différence de régime entre risque simplement aggravé et risque nouveau pourrait de conduire à l'abandon d'une distinction que la jurisprudence la plus récente s'efforçait de faire, pour déterminer le domaine d'application de l'article L. 112-2 al. 5 (ex. 112-2 al. 2 C. ass.), entre la modification du contrat et la demande de garantie d'un risque nouveau. Pour ne prendre qu'un exemple, l'application de l'article L. 112-2 al. 2 a été écartée à propos d'une police d'assurance-incendie qui ne concernait primitivement qu'une habitation et dont l'extension avait été demandée à un bâtiment attenant où s'exerçait une activité professionnelle¹⁶. Ne peut-on imaginer que, demain, un assuré contre l'incendie pour son habitation n'installe un atelier professionnel dans sa maison et omette de le déclarer à son assureur, alors pourtant qu'une question lui avait été posée à l'origine sur l'exercice d'une profession ? Ce serait typiquement la création d'un risque nouveau. D'après l'article L. 113-2, 3°, dans sa rédaction actuelle, l'assuré serait cependant garanti, sous réserve de la réduction proportionnelle, pour peu qu'on ne le juge pas de mauvaise foi¹⁷, comme s'il ne s'était agi que d'une simple aggravation de risque.

La solution nous paraît imposée par le texte. Mais, de ce fait, la Cour de Cassation ne sera-t-elle pas amenée à revenir sur sa tentative de distinguer simple modification et garantie d'un risque nouveau, faute de pouvoir l'appliquer en toute circonstance ? Peut-être ne serait-ce pas un mal, au demeurant, puisque la Cour de Cassation semble éprouver les plus grandes difficultés à cantonner sa distinction dans des limites raisonnables¹⁸ ? En tout cas, l'évolution de la jurisprudence sur tous ces points devra être suivie avec attention.

Si l'on suppose maintenant que l'on soit en présence de circonstances nouvelles justiciables de l'article L. 113-2, 3°, elles doivent être déclarées à l'assureur. La loi de 1989 a porté de huit à quinze jours le délai, courant du moment où le souscripteur a été averti de ces circonstances, pendant lequel la déclaration doit être faite, sous forme de lettre recommandée. On peut supposer que, comme par le passé, la jurisprudence admettra des équivalents : déclaration faite oralement à l'agent général ou par lettre simple, dès lors que l'existence n'en est pas contestée par l'assureur ou son agent.

15. GROUDEL, *op. cit.* n°25.

16. *Tère Civ.* 16 oct. 1984, *Bull. I*, n° 261.

17. *Ce qui sera certes plus rare qu'auparavant, cf. supra, mais peut encore arriver.*

18. *Tère Civ.* 13 mars 1990, *Rev. gén. ass. terr.* 1990, 309, obs. MARGAT et LANDEL, *a refusé de faire jouer l'article L. 112-2 al. 5 pour l'extension du risque-vol à une police de responsabilité civile automobile !*

Non seulement le délai a été modifié, mais encore tant l'effet d'une déclaration que celui d'une absence de déclaration.

La déclaration de l'aggravation de risque nouveau ouvre à l'assureur, comme précédemment, la faculté, à son choix, de dénoncer le contrat ou de proposer une surprime (art. L. 113-4 al. 1 C. ass.). On a cru utile de préciser que cette faculté ne lui était octroyée que si les circonstances nouvelles étaient telles que, « déclarées lors de la conclusion ou du renouvellement du contrat, l'assureur n'aurait pas contracté ou ne l'aurait fait que moyennant une prime plus élevée ». C'était bien superflu, puisque, de toute façon, l'obligation de déclarer ne porte (art. L. 113-2, 2^o in fine) que sur les circonstances de nature à permettre à l'assureur d'apprécier les risques qu'il prend en charge. Or c'est l'appréciation du risque qu'on lui demande de couvrir qui amène l'assureur soit de refuser à contracter, soit à fixer son tarif. Le serpent se mord la queue !

Selon l'option de l'assureur, le texte nouveau confirme ou infirme la jurisprudence antérieure. Si l'assureur décide de résilier, la résiliation ne prendra effet que dix jours plus tard (L. 113-4 al. 2 C. ass.), ce qu'avait déjà décidé la jurisprudence par analogie avec l'article L. 113-9. Si l'assureur propose une surprime, le souscripteur a le droit de la refuser. Là, le texte innove. Sous l'empire de la loi de 1930, la Cour de cassation paraissait bien avoir décidé¹⁹, prenant le texte (« le contrat est résilié ») à la lettre, que le contrat prenait fin instantanément. Cette solution était apparue inopportune à la doctrine, comme fermant la porte à toute négociation et laissant l'assuré à découvert de garantie sans qu'il en soit nécessairement conscient. Désormais, plus de couperet : le refus du souscripteur d'accepter la surprime proposée, qu'il se manifeste explicitement ou par un silence prolongé pendant trente jours, ouvre seulement à l'assureur la faculté de résilier au bout des trente jours, à la condition, on l'a vu plus haut, d'en avoir prévenu le souscripteur dans la lettre proposant la surprime. On peut supposer que ce délai de trente jours sera mis à profit pour tenter une transaction. En tout cas, le souscripteur, dûment averti, aura eu tout le temps de replacer son risque ailleurs.

Ces innovations vont certainement dans le bon sens. On ne saurait en dire autant de ce que le texte prévoit, littéralement, en cas de manquement à l'obligation de déclarer l'aggravation de risque. La première phrase de l'avant-dernier alinéa de l'article L. 113-2 doit être ici intégralement citée : « Lorsqu'elle est prévue par une clause du contrat, la déchéance pour déclaration tardive au regard des délais prévus au 3^o et 4^o ci-dessus ne peut être opposée à l'assureur que si l'assureur établit que le retard dans la déclaration lui a causé un préjudice. »

Laissons de côté les conditions d'application, nouvelles, de la déchéance, que l'on reprendra à propos du nouveau régime de déclaration de sinistre, pour ne nous attacher ici qu'à la nature, également nouvelle, de la sanction. Là où la

¹⁹ Civ. 19 oct. 1963, D. 1964, 157, note BESSON J.C.P. 1963, II, 13445 note R.L. Mais voir, à ce sujet, les réserves de MM. BERR et GROUTEL, *Grands arrêts*, p. 109.

jurisprudence²⁰ avait décidé de calquer les sanctions d'une non-déclaration de l'aggravation de risque sur celles de la non-déclaration du risque initial, avec la grande distinction entre mauvaise foi démontrée ou non du souscripteur, le texte paraît bien ne plus admettre que la déchéance. Encore celle-ci ne serait-elle encourue, que si elle avait été prévu par le contrat, comme il est de règle : la déchéance n'est jamais qu'une sanction conventionnelle, tolérée par le législateur.

Tout cela fait beaucoup d'erreurs, graves. D'abord, en saine terminologie, la déchéance suppose un manquement du souscripteur à une obligation postérieure à la survenance du sinistre. Celle-ci avait ouvert son droit à garantie que la déchéance lui fait perdre. Or ici, ce qui est reproché au souscripteur, c'est une déclaration tardive, par rapport au délai légal de quinze jours. Le fait peut effectivement mériter sanction, ne serait-ce que parce que l'assureur aurait dû, à tout le moins, percevoir un supplément de prime. Mais cela n'a rien à voir avec une déchéance.

Ensuite, et surtout, le système est inapplicable dans l'hypothèse la plus importante : celle où un sinistre s'est produit avant la déclaration de l'aggravation de risque. Car ce qui déclenche l'obligation par l'assureur de couvrir le risque sous sa forme aggravée, c'est la déclaration du souscripteur, et elle seule. Une fois que le sinistre s'est produit, il est trop tard ! A notre avis, même si le sinistre se produit dans le délai de quinze jours, mais à un moment où la déclaration de l'aggravation n'a pas été faite, il n'est pas possible de prétendre à la prise en charge du sinistre sous sa forme aggravée. Ce serait absolument contraire au caractère fondamentalement aléatoire du contrat d'assurance, lequel interdit, comme l'a rappelé récemment, à de nombreuses reprises, la Cour de cassation²¹, d'obtenir la couverture d'un risque que l'on sait déjà réalisé. Simplement, si l'on est dans le délai, il ne saurait être question de mauvaise foi, et seule une réduction proportionnelle est encourue. A fortiori, si le délai de quinze jours est dépassé, et si le sinistre se produit à un moment où l'aggravation de risque n'a toujours pas été déclarée, est-il indispensable de continuer, comme avant 1989, à appliquer, par identité de motifs, les sanctions expressément prévues par le Code des assurances à l'encontre des souscripteurs qui ne déclarent pas correctement à l'assureur le risque qu'il lui est demandé de couvrir.

Il appartiendra, selon nous, à la jurisprudence de pallier une évidente malfaçon législative et de poser en principe que la non-déclaration d'une aggravation persiste donc, en l'absence de texte contraire explicite, à être régit par les articles L. 113-8 et L. 113-9, avec toutes les distinctions que ces textes imposent, selon que la mauvaise foi du souscripteur est ou non démontrée, d'une part ; selon que la non-déclaration est découverte avant tout sinistre, ou après sinistre, de l'autre. Car les raisons qui avaient poussé, en 1941, à l'alignement des sanctions de la

20. Civ. 29 sept. 1941, D.C. 1943, J, 10, obs. BESSON; cf. également Ch. Réun. 8 juill. 1953, A.B.J.C.P. 1954, II, 7931, note A.B.; BERR et GROUDEL, *Grands arrêts*, 105.

21. Cf. notamment, 1ère Civ. 18 janv. 1989, *Resp. civ. et ass. mars 1989*, n° 118, commentaire GROUDEL; *Rev. gén. ass. terr.* 1989, 310, note BIGOT.

non-déclaration des aggravations de risque sur celles des réticences ou fausses déclarations initiales demeurent : on a affaire à un souscripteur qui ne paie pas une prime suffisante, au détriment de la mutualité des assurés, et ce fait mérite toujours sanction.

A tout hasard, cependant, les assureurs pourront insérer une clause prévoyant la déchéance à leur profit en cas de déclaration tardive. Mais si cette clause existe, encore faudra-t-il qu'ils démontrent que le retard leur a causé préjudice (notamment en les privant un certain temps d'une surprime), puisque tel est désormais le régime commun et à la non-déclaration en temps utile d'une aggravation de risque et à la déclaration tardive de sinistre.

■ **2.** Le régime antérieur de la déclaration de sinistre était assez rigoureux et avait fait l'objet de critiques particulièrement acerbes de la Commission de la concurrence. Il a été notablement adouci.

D'abord, le délai lui-même accordé pour déclarer le sinistre est allongé de plusieurs manières. En premier lieu, s'il reste, comme avant, en principe fixé à cinq jours au minimum (le contrat peut toujours prévoir davantage), il est précisé (art. L. 113-2, 4^o) qu'il s'agit de jours ouvrés, c'est-à-dire de jours où l'on travaille : ni les samedis, ni les dimanches, ni les jours fériés ne comptent dans ce délai. En second lieu, le délai de seulement quatre jours, naguère prévu - pourquoi ? - pour l'assurance-grêle disparaît. Seul celui de vingt-quatre heures, justifié par la nécessité de prendre très vite des mesures qui permettront d'éviter la propagation d'une épidémie, en assurance mortalité du bétail, a trouvé grâce. En troisième lieu - et c'est la modification la plus importante sur ce point - le délai accordé pour déclarer le vol est, dans une certaine mesure, réintégré au droit commun. Dans le droit antérieur, en effet, le délai minimal de cinq jours était écarté en matière d'assurance-vol, abandonnée en ce domaine à la liberté contractuelle. Les assureurs en avaient abusé, imposant, en pratique, la déclaration de vol dans les vingt-quatre heures, ce qui était tout de même un peu court. Désormais, ils devront laisser deux jours au moins, ouvrés également, pour déclarer un vol. Le compromis est heureux : d'un côté, il est admis qu'un vol doit être déclaré vite, plus vite que les autres sinistres, ne serait-ce que pour éviter les exagérations sur le montant du sinistre dont on a pu montrer qu'elles croissaient avec le temps qui sépare le vol et sa déclaration; de l'autre, les excès des assureurs sont désormais prohibés.

Ensuite, la sanction de la déclaration tardive du sinistre a été profondément modifiée, dans le sens, bien entendu, de l'atténuation. Chacun sait que, non sanctionnée par la loi, elle l'était, avec la permission du législateur, par le contrat. Et que, classiquement, les polices prévoyaient la déchéance. C'était extraordinairement rigoureux, puisque le résultat était de priver l'assuré d'une garantie a priori acquise, et ce sans qu'il y eût à avoir le moindre égard à la bonne foi du défaillant. Un retard de quelques jours, dû à une simple négligence, pouvait ainsi être la cause d'une perte considérable, au moins en théorie, car, en pratique,

beaucoup d'assureurs étaient indulgents pour les petites négligences. Mais rien ne les y contraignait.

Certains d'entre eux, cependant, spécialement dans le domaine des risques industriels, se contentaient de prévoir dans la police qu'un retard dans la déclaration du sinistre entraînerait tout au plus des dommages-intérêts au profit de l'assureur, si ce dernier avait subi un préjudice. Assez curieusement, la loi de 1989 a combiné les deux systèmes, celui de la déchéance et celui, plus équitable par les dosages qu'il permet aux juges, des dommages-intérêts, en faisant du préjudice éprouvé - et prouvé - par l'assureur la condition du jeu de la déchéance (art. 10, modifiant l'article L. 113-2 C. ass.). En fait, c'est enlever à la déchéance presque tout son venin, car, le plus souvent, le retard n'aura causé aucun préjudice tangible à l'assureur. Pour plus de précaution encore, la loi précise-t-elle *ibidem* que toute sanction est exclue si le retard est dû à la force majeure, ce qu'avait déjà d'elle-même admis la jurisprudence du temps où la déchéance était licite.

On ne peut que constater que, en ces temps de protection intensive du débiteur, comme en témoigne la loi, du 31 décembre 1989 également, sur le surendettement des ménages, la déchéance apparaît comme une arme excessive du créancier, ici de l'assureur. Aussi bien un autre texte (art. 14 créant un art. L. 113-17 C. ass.) interdit-il, à l'avenir, de sanctionner par la déchéance l'immixtion de l'assuré dans son propre procès, dirigé par l'assureur de responsabilité, lorsque l'assuré avait intérêt à s'immiscer (al. 2 du nouveau texte). On ne peut qu'applaudir à cette solution, car, même si les tribunaux hésitaient à appliquer la déchéance en cas d'immixtion justifiée, elle constituait une menace qui détournait certains assurés de se mêler de leur propre procès, même lorsque l'assureur apparaissait bien négligent dans sa conduite.

En définitive, le régime de la déchéance est aujourd'hui devenu bien complexe; ici, elle est prohibée : l'article L. 113-17, al. 2 nouveau s'ajoute ainsi aux interdictions prévues, explicitement, par l'article L. 113-11, et, implicitement, par l'article L. 124-2; là, sa mise en jeu est subordonnée à la preuve d'un dommage de l'assureur : tel est le nouveau statut de la déclaration tardive de sinistre; ailleurs, elle reste possible sans condition : on pense notamment à l'exagération frauduleuse du montant du sinistre.

Cette diversité n'est guère satisfaisante. Ne faudrait-il pas, un jour, se décider à bannir complètement la déchéance de l'arsenal à la disposition des assureurs, sauf au législateur à décider lui-même comment réprimer l'exagération frauduleuse, pourquoi pas par la réduction de moitié de l'indemnité à l'assuré trop gourmand ?

En matière de résiliation, au contraire, tout est, dès maintenant, plus net.

■ III. - LA RÉSILIATION FACILITÉE

Dans ce domaine, la loi du 31 décembre 1989 est sans doute l'ultime étape d'une évolution bien connue, dans le sens de la protection des assurés contre l'enchaînement à un assureur par des contrats de trop longue durée.

A titre de règle générale, on était, en 1972²², passé de la résiliation décennale seule prévue par la loi de 1930 à un saucissonnage des contrats de longue durée en deux périodes de trois ans, à l'issue de chacune desquelles la résiliation devenait possible sous réserve d'un préavis de trois mois, puis en périodes annuelles, la résiliation restant subordonnée au même préavis.

Cela a semblé encore trop long pour le souscripteur. Désormais (art. 12), l'assuré (l'assureur également, par une fausse symétrie, car on peut gager que c'est beaucoup plus souvent l'assuré qui, séduit par un tarif plus alléchant présenté par un intermédiaire convaincant, résiliera que l'assureur) se voit accorder une facilité nouvelle de résiliation. Les choses lui sont encore rendues plus aisées par deux dispositions de détail. En premier lieu, le préavis est ramené de trois mois à deux²³; en second lieu, il suffit que la lettre de résiliation ait été envoyée au moins deux mois à l'avance et non pas, comme le décidait, à juste titre, étant donné les textes, la jurisprudence, qu'elle soit parvenue deux (trois) mois avant l'échéance à l'assureur. La précision n'est pas négligeable, car beaucoup d'assurés se laissaient piéger en ne résiliant que le dernier jour du délai, en sorte que leur courrier parvenait trop tard à l'assureur.

Pour mieux protéger encore les assurés, les polices doivent rappeler la faculté annuelle de résilier. Mais quelle autre sanction du non-respect de cette obligation que le droit de mettre fin au contrat à chaque anniversaire ?

Le droit de résilier annuellement n'est toutefois pas d'application absolument générale. Mais les exceptions ne sont plus du tout les mêmes qu'en 1972, et n'ont plus le même régime. En 1972, la résiliation était restée décennale pour la grêle; quinquennale pour les assurances contrats risques d'accidents du travail, d'accidents corporels, d'invalidité et de maladie. De toutes ces exceptions ne subsiste plus que le contrat individuel d'assurance-maladie, alors qu'on se serait attendu à voir l'assurance-grêle épargnée, car le délai de dix ans pouvait se recommander de raisons techniques. Et encore n'est-il plus question de résiliation quinquennale, mais simplement d'une faculté laissée aux assureurs de déroger à la règle de la résiliation annuelle. On peut supposer qu'ils en useront largement et qu'ils reprendront le délai de cinq ans auxquels les avait habitués la législation antérieure.

En revanche est ajoutée une nouvelle hypothèse dérogatoire : les contrats « couvrant des risques autres que ceux des particuliers ». Pour ces derniers également, la possibilité, et la périodicité, de la résiliation est abandonnée à la liberté des parties. Et, en ce cas, c'est souvent d'une vraie liberté qu'il s'agit, car

22. Les intérêts des assurés et des plus dynamiques des assureurs s'étaient ici conjugués.

23. Mme LAMBERT-FAIVRE (op. cit., n° 256) pense à juste titre qu'un mois eût été encore préférable.

le souscripteur est à même de discuter les clauses de son contrat avec l'assureur. La formule légale est cependant beaucoup trop imprécise et l'on peut prévoir des difficultés d'interprétation : l'entrepreneur individuel qui garantit sa responsabilité professionnelle est-il un particulier au sens de ce texte ? Oui, si l'on oppose les particuliers aux personnes morales. Non, et cette seconde solution nous semblerait plus conforme à l'esprit du texte, si l'on oppose les particuliers - les consommateurs - aux professionnels. Mais quoi qu'il en soit de cette difficulté, l'idée est importante : une fois de plus se dessine une assurance à deux vitesses. Celle des professionnels tend à être laissée à la liberté des parties et à la concurrence. Celle des consommateurs est encore l'objet d'un régime de plus en plus protecteur de ces derniers, avec les difficultés qui en résultent pour instaurer une libre prestation de services totale.

On relèvera, enfin, une dernière disposition de la loi améliorant la condition des assurés : l'article 13. Il abroge quatre textes qui, tous, permettaient auparavant aux assureurs de subordonner le droit de résilier au paiement d'une indemnité, égale au plus, selon les cas, à la moitié ou à la totalité d'une prime annuelle : l'article L. 113-16, al. 11 (résiliation exceptionnelle pour changement de circonstances ; moitié de la prime) ; l'article L. 121-10, al. 5 (aliénation de la chose assurée et résiliation par l'acquéreur ; prime annuelle), et l'article L. 121-11, al. 5 (aliénation d'un véhicule à moteur ou d'un bateau de plaisance et résiliation par le souscripteur ; moitié de la prime annuelle)²⁴. Dans toutes ces situations, le nouveau texte dispose que le contrat ne peut plus prévoir le paiement d'aucune indemnité à l'assureur. On ne peut qu'approuver, car les anciennes pénalités étaient autant de freins à un droit de résilier pourtant reconnu par la loi. Donner et retenir ne vaut !

De même que la loi du 31 décembre constitue, dans son ensemble, une mosaïque, de même la partie de la loi réformant la régime général du contrat d'assurance est-elle très disparate. Aurait-il donc fallu être plus ambitieux et procéder à une réécriture complète des chapitres II et III du titre 1^o du livre 1^o du Code des assurances ? Il ne le semble pas, car l'essentiel des réformes souhaitables figure dans la loi et a été, à quelques bévues près, signalées au passage, convenablement intégré au Code des assurances. Aux souscripteurs et assurés maintenant de prêter attention à leurs nouveaux droits et de les exercer ! ■

24. L'alinéa 4 de l'article L. 121-11 disparaît également. Mais l'indemnité qu'il prévoyait ne concernait pas un cas de résiliation ; simplement un retard dans la notification de l'aliénation à l'assureur.

CHRONIQUES

Livres

Du désir de catastrophe, à
l'assurance des objets d'art, un
bref panorama des livres
consacrés à l'assurance.

Revue

Assurance, risk manager,
finance théorique et modes de
distribution constituent la
matière de la revue des revues.

Les Métiers de l'assurance

Dominique Pérez et Ali Laïdi

L'Etudiant Pratique, 192 pages, 80 F

Dans la collection d'ouvrages L'Etudiant Pratique conçus pour s'informer sur les professions ou les études, vient de paraître - Les Métiers de l'assurance -. Illustré en couverture par un assureur - superman -, l'ambition de cet ouvrage est de faire découvrir aux jeunes - un monde qui bouge et qui communique chaque jour davantage - mais également une future carrière possible.

Après une présentation de ce secteur à travers les exemples de la MAAF, du GAN, du Groupe AXA, et de Mondial Assistance, un - panorama des métiers - décrit les emplois de l'assurance en distinguant la vente, le risque, l'international et les carrières autour de l'assurance. Sont examinées ensuite les différentes formations requises aujourd'hui, celles spécialisées Bac + 2 et Bac + 4. L'ouvrage se termine par un chapitre consacré à l'étude et à la carrière dans les compagnies avec des développements sur les procédures de recrutement, la formation interne, la formation continue. De nombreux tableaux illustrent les différents propos et, à la fin, figure un carnet d'adresses des écoles de commerce, d'ingénieurs, et des universités. Des adresses utiles d'organismes, centres d'information, etc. sont indiquées en fin de chapitre.

Cet ouvrage, soixante-huitième de la collection L'Etudiant Pratique, est un témoignage de la modernité et de la diversité des métiers que propose l'assurance ■

La Responsabilité civile et le contrat d'assurance

Françoise Cocral

L'Assurance française, 496 p., 320 F.

Le Droit du dommage corporel, systèmes d'indemnisation

Yvonne Lambert-Faivre

Dalloz, droit usuel, 577 p., 240 F.

Le droit de la responsabilité continue d'alimenter les travaux des juristes. Il est vrai que c'est un domaine en perpétuelle évolution. Et un domaine qui intéresse au premier chef les assureurs, dans la mesure où le risque qu'ils assurent est la plupart du temps borné par les catégories juridiques du droit de la responsabilité. Le livre de Françoise Cocral, récemment paru aux éditions de L'Assurance française, constitue une sorte de dictionnaire de la responsabilité civile, contractuelle et extra-contractuelle. Il résume l'ensemble des cas d'ouverture à responsabilité, indexés sur de nombreuses références jurisprudentielles. La présentation en est claire. Systématique et maniable, cet ouvrage deviendra naturellement un instrument indispensable dans le travail quotidien du juriste et de l'assureur.

L'ouvrage d'Yvonne Lambert-Faivre, juriste bien connue des assureurs pour ses ouvrages sur le droit des assurances, aborde le droit de la responsabilité par un biais fort intéressant, et souvent délaissé : le droit de la réparation du dommage corporel. Le livre répond à un véritable besoin, qu'il satisfait d'une manière remarquable.

Dans une première partie, l'auteur étudie les techniques d'évaluation du dommage pour aborder ensuite les différents systèmes d'indemnisation, c'est-à-dire les mécanismes d'assurances sociales et privées; il étudie ensuite les systèmes spécifiques d'indemnisation des dommages (accidents de la circulation, accidents thérapeutiques, victimes de risques technologiques, victimes de la violence). L'ouvrage de Yvonne Lambert-Faivre offre ainsi une somme fondamentale rédigée d'un point de vue proche de celui de la pratique des assurances. Il servira naturellement de référence, d'autant qu'il est complété par de nombreux documents (barèmes en particulier) et qu'il intègre systématiquement la dimension européenne ■

The Politics of Social Solidarity
Peter Baldwin

Class bases of the European Welfare State 1875-1975., Cambridge University Press, 353 p.

Le livre de Peter Baldwin est un livre profondément original et important. C'est la première fois, en effet, qu'un historien étudie de manière comparative la problématique politique en fonction de laquelle se sont mis en place, à la fin du XIX^e siècle, les législations d'assurance sociale. Avec ceci que Peter Baldwin n'a pas limité son enquête aux traditionnels Allemagne, Grande-Bretagne et France, mais l'a étendu au Danemark et à la Suède.

Le livre de Peter Baldwin conduit à renouveler la compréhension de l'institution du *Welfare State*. Il ressort en effet de son travail qu'il convient de distinguer entre les technologies mises en place dans les différents pays européens, et qui sont les mêmes, des politiques en fonction desquelles elles ont été mises en oeuvre. Les technologies de la solidarité ne sont pas nécessairement instituées au service de politiques de gauche. Elles ont plutôt été utilisées avec succès pour résoudre des problèmes de conflits de classes dans des stratégies qui pouvaient être aussi bien progressistes que conservatrices.

L'étude de Peter Baldwin n'a pas seulement un intérêt historique. Elle peut se révéler utile pour penser la réforme à venir de nos dispositifs de solidarité, en montrant combien, au-delà des problèmes techniques, la dimension politique peut être décisive ■

La Gestion du capital-risque
Constantin Zopounidis

Economica, 160 p., 125 F.

Considéré comme un moyen de financement privilégié pour les entreprises de petite et moyenne taille, le capital-risque est apparu aux Etats-Unis au début des années 40 et, aujourd'hui, sa répercussion sur l'économie américaine est incontestable. Pratiqué en France depuis le début des années 70, cette technique occupe le troisième rang mondial avec, pour 1987, 12 milliards de francs de fonds gérés et 1,5 milliard de francs d'investissement annuels.

Le but de l'ouvrage de Constantin Zopounidis, professeur de gestion financière à l'université technique de Crète, est d'offrir au capital-risque un cadre

méthodologique cohérent afin de permettre aux investisseurs de formaliser le processus de prise de décision et de gérer leurs investissements de manière efficace. Une première partie est consacrée à la définition et à la situation des sociétés de capital-risque en France. Dans une deuxième partie, l'auteur présente le processus d'investissement en capital-risque et sa modélisation. Un index par mots clés et une bibliographie, très détaillée, complètent cet ouvrage ■

Le Désir de catastrophe

Henri-Pierre Jeudy

Aubier, « Résonnances », 161 p., 78 F.

Nous vivons dans des sociétés qui ont fait de la catastrophe, de son éventualité, de sa présence, de ses conséquences un de leurs signifiants majeurs. Henri-Pierre Jeudy, en sociologue et en philosophe, s'interroge sur les implications profondes de cette promotion de la catastrophe.

La multiplication des risques technologiques majeurs, la perception généralisée de l'événement en terme de risque qui caractérisent les sociétés développées désignent la catastrophe comme leur point archimédien, leur principe organisateur, la source de leur morale : « Au nom d'une gestion optimale des risques, l'organisation de la sauvegarde de l'humanité impose un mode culturel déterminant, celui d'une pédagogie du risque mise en place par les sociétés industrielles les plus développées et les plus menaçantes. »

Ainsi Henri-Pierre Jeudy en vient-il à analyser le rôle du discours de l'écologie comme langage commun des sociétés modernes. Il en fait aussi la critique dans la mesure où ce discours ne peut passer pour naturel. Car c'est un fait qu'à mesure que la science pénètre mieux les secrets de la nature et que les techniques améliorent les capacités d'en reproduire et d'en manipuler les mécanismes la nature devient de plus en plus silencieuse et incapable de nous enseigner les bons comportements à suivre. Ce rapport abyssal d'un homme désormais seul avec ses techniques et condamné à ne plus trouver d'autre référence qu'en lui-même, c'est cela que nous désignons comme catastrophe. Elle est au principe d'un nouvel ordre du monde ■

La Perte d'exploitation, comment, pourquoi deux entreprises sur trois disparaissent à la suite d'un sinistre ?

Pierre Bessé

L'Assurance française, 145 p., 120 F.

20 % seulement des entreprises françaises sont assurées en pertes d'exploitation, quand 43 % de celles qui subissent un incendie ou une explosion font faillite dans les trois ans qui suivent le sinistre. Le constat de carence est suffisamment parlant par lui-même. Il imposait la rédaction d'un ouvrage qui fasse, en particulier à l'attention des chefs d'entreprise, la pédagogie de ce type d'assurance.

Le contrat d'assurance des pertes d'exploitation est une « enveloppe » qui a pour objectif de protéger financièrement l'entreprise après la destruction de son outil de production, c'est-à-dire lorsqu'elle n'a plus de ressources financières. Elle n'a pas pour objet de réparer les dommages aux biens, mais de faire que l'entreprise continue quand on procède aux réparations. Le livre de Pierre Bessé, qui décrit avec

une grande clarté la technique de cette assurance, a aussi valeur de guide. Il répond aux questions essentielles que l'utilisateur se posera : comment s'assurer ? Pour quelle part ? En fonction de quel type d'événements ? ■

L'Assurance des objets d'art

Mireille Brignole-Saracco

L'Argus, 152 p. 190 F.

Comme le remarque Roger Bout, directeur de l'Institut des assurances de Marseille, dans la préface qu'il a donné à l'ouvrage de Mireille Brignole-Saracco : « Les objets d'art font partie intégrante du patrimoine et, partant, entrent prosaïquement dans le champ des assurances des « choses ». Il s'agit pourtant de « choses » très spécifiques, dont l'assurance ne peut être elle-même que singulière. Le mérite de l'ouvrage de Mireille Brignole-Saracco est de mettre en lumière les aspects originaux de cette garantie.

Originaux : la clientèle (collectionneurs privés, commerçants, experts, musées), les événements qui peuvent donner lieu à garantie (du vandalisme aux dégâts des eaux, en passant par le vol), les techniques du contrat (en « valeur déclarée », où l'assuré définit lui-même la valeur qu'il assure, ou en « valeur agréée », qui suppose expertise de l'assureur), sans parler des modalités de l'indemnisation.

L'étude de Mireille Brignole-Saracco donne une vue très claire d'un type d'assurance, dont le développement a été freiné par l'obligation faite aux assureurs de déclarer les valeurs assurées dès lors qu'elles dépassaient 100 000 F ■

Le Management de l'incertitude

Jacques Defrenne et Chantal Delvaux

De Boeck, éd. Bruxelles, 280 p.

Dans ce livre, Jacques Defrenne et Chantal Delvaux tentent d'analyser à quelles conditions le concept d'incertitude permet d'améliorer l'efficacité du management. Pour les auteurs, la société se décode aujourd'hui en termes d'incertitude. Ce n'est plus dans l'organisation que la société post industrielle trouve ses critères de performance, mais dans sa capacité à gérer l'aléa. Avec des références empruntées à la psychologie cognitive, aux théories du risque et parfois avec une conviction peut-être excessive à la thermodynamique de déséquilibre, les auteurs proposent des critères de management qui visent à réduire le sentiment d'incertitude au travail, créateur d'inadaptations et de dysfonctionnements. Pour les auteurs, les analyses en termes d'organisation ajoutent des leurres et contribuent à renforcer les stress. Ils développent une conception du management fondée sur la confiance et la fiducie. L'adhésion partenariale n'est efficace que si elle propose des assurances contre les bifurcations et fluctuations de la société de l'incertitude. Ce livre témoigne de nombreuses recherches qui dessinent la fin d'une époque, celle des plans d'entreprise très structurés et des stratagèmes de participation aux projets d'entreprise. Il est riche d'exemples et d'interrogations. Peut-être peut-on lui reprocher une tendance au jargon scientifique, finalement en contradiction avec le propos central ■

Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking

J. David Cummins

ASTIN Bulletin, November 1990, Vol. 20, N°2, pp. 125-166.

L'article essaie d'appliquer les différents modèles d'évaluation des actifs à l'assurance. La force de ces modèles est d'évaluer les primes d'assurance, en tenant compte non seulement des jeux d'offre et de demande sur le marché de l'assurance, mais également sur le marché du capital. Les hypothèses de ces modèles sont que les prix des polices d'assurance sont fixés par l'équilibre sur les deux marchés ou de manière à ce que les arbitrages entre produits financiers et produits d'assurance ne soient plus possibles. Ces modèles peuvent devenir plus sophistiqués et comporter, par exemple, des variations aléatoires des taux d'intérêt. La plupart de ces modèles ne prennent pas en compte le risque de ruine.

L'auteur précise que l'application, le calcul des bêta et des primes de risque sont compliqués par la pauvreté des données statistiques sur l'assurance.

Les modèles d'options et les modèles de cohorte à la Cummins permettent d'incorporer des taux d'intérêt aléatoires et ont en plus l'avantage de ne comporter que peu de paramètres.

Les modèles financiers de l'assurance sont susceptibles d'évoluer en suivant les avancées de la finance théorique, ce qui suggère l'utilisation prochaine des modèles de diffusion ou à treillis dans les recherches sur l'assurance.

L'auteur propose enfin des correspondances plus étroites entre les sciences actuarielles et la finance. Si les concepts de la finance théorique sont plus avancés dans les domaines de l'arbitrage, de la formation des prix, la théorie actuarielle a une meilleure maîtrise des processus stochastiques, qui caractérisent les transactions sur les marchés d'assurance ■

Exclusive vs. Independent Agencies : A Comparison of Performance

Peter Zweifel et Peter Ghermi

The Geneva Papers, Vol. 15, N°2, September 1990, pp. 171-192.

Les auteurs proposent de traiter les problèmes de réseaux de distribution de l'assurance en Europe par un modèle économétrique. L'objet de l'analyse est de distinguer le mode de distribution le plus efficient entre celui par agents exclusifs et celui par courtiers indépendants. L'analyse théorique semble suggérer un développement des agents exclusifs. Mais la vérification sur les données statistiques du marché suisse montre que, pour des structures de sinistralité équivalentes des portefeuilles, les courtiers ou agents indépendants ont un meilleur contrôle des prix. Sans apporter de résultats définitifs, cet article est le premier à s'intéresser aux problèmes de distribution de l'assurance en proposant une analyse théorique spécifique aux marchés européens. Les auteurs suggèrent de poursuivre la recherche en ce domaine en utilisant les concepts d'incitation. La théorie du *principal-agent* semble pouvoir rendre compte d'un processus d'ajustement entre compagnies et agents qui expliquerait les changements d'incitation des différentes générations de produits ■

Cost Effectiveness of Risk-Management Practices

Joan T. Schmit and Kendall Roth

The Journal of Risk-Insurance, Vol. LVII, N°3.

En dépit du succès du risk-management dans les entreprises industrielles, très peu de recherches ont été menées pour mesurer l'efficacité de cette pratique, par rapport aux autres modes de gestion des risques des entreprises. Les auteurs, grâce à des données statistiques qui comportaient les coûts de risk management et les volumes de rétention, ont dégagé deux résultats inattendus.

Le premier est le surcoût entraîné par le mécanisme des captives. Sans bien expliquer ce surcoût, frais de création et de fonctionnement, il semble que la technique de la captive soit inefficace.

Un autre résultat important est l'inefficacité des méthodes analytiques des risques. Le fait qu'un risk-manager utilise des procédures analytiques n'apporte pas d'efficacité supplémentaire à son entreprise. L'interprétation de ce résultat semble montrer que les qualités essentielles d'un risk-manager sont ses capacités de négociation avec les assureurs. Il est possible que la variable soit biaisée par des différences de compétence et d'expertise importantes entre les utilisateurs des techniques quantitatives. Enfin, un autre biais viendrait de l'utilisation des captives : dans une grande entreprise, le risk-manager est obligé d'utiliser une captive, pour des raisons fiscales, ce qui minore peut-être l'efficacité de ses expertises qualitatives. Les résultats provocants de l'analyse économétrique des auteurs amèneront certainement des développements futurs ■

Effects of the Chernobyl Accident on Public Perceptions of Nuclear Plant Accident Risks

Michael K. Lindell, Ronald W. Perry

Risk Analysis, Vol. 10, N°3, September 1990.

Une enquête a été menée aux Etats-Unis sur la perception du risque nucléaire. Elle a démarré cinq mois avant l'accident de Tchernobyl, et s'est poursuivie un mois après. D'après les auteurs, de toutes les variables étudiées, seules deux ont été affectées par l'accident : la référence dans la conversation courante et le fait de penser au risque nucléaire. Les seuils de perception des risques personnels ou collectifs n'ont pas été affectés par la catastrophe. Ce qui suggère une stabilité importante de la perception des risques, qui n'est pas affectée, mais confirmée par une information nouvelle. Par ailleurs, les estimations sur certains risques ont diminué après l'accident ■

A B S T R A C T S

Self-protection and self-insurance : Louis EECKHOUDT

Self-protection and self-insurance are frequently confused. This is a simple and understandable introduction to the article of Eric Briys and Harris Schlesinger. In the oversimplified context of a company owning only one asset at risk. Insurance and self-insurance offer a different and better performance than self-protection in the strict meaning of the term. This theoretical conclusion shows that the party looking for self-protection in fact often requests self-insurance.

Cindynics : Georges-Yves KERVERN

On 8th December 1987, during a symposium organized by ACADI, an association of industrial executives, a new science was born : Cindynics. Georges-Yves Kervern describes the change-over from deified to domesticated technique before the birth of this science. He then discusses its specific features, i.e. its serial character, its transverse nature and the importance of feedback from experience. The appendix contains the results of the ACADI symposium and the fields covered by this new discipline, Cindynics.

Science of safety : Albert KUHLMANN

This is Albert Kuhlmann's address during the first world congress of the 'Science of Safety', held in September 1990 in Cologne. After reviewing the reasons leading to a science of safety, he tries to determine its purpose, which is closely linked to various philosophical and especially ethical questions. It is necessary to define what needs to be protected and why. Faced with the concept of risk, Albert Kuhlmann approaches its definition in qualitative and quantitative terms. However, as these turn out to be inadequate, he submits that the primary task of the science of safety is to prove its interdisciplinarity in order to determine priorities and develop data bank files.

Industrial risks, evaluation techniques :

Alain VILLEMEUR

Is it possible to evaluate risks ? How ? Which methods are available ? Which forms of logic are used ? How should they be applied ? A. Villemeur, manager of the EDF safety and reliability research department, answers these questions using principles which apply to all prevention practices. A summary of present-day risk evaluation methods.

The laws of extreme values : Nicolas BOULEAU

After reviewing the basic theory of the laws of extreme values and discussing a few underlying hypotheses Nicolas Bouleau shows that the method consisting in basing the parameters of one of

ABSTRACTS

the three laws of extreme values on the extremes of a finite sample shored by a little known law, is strongly encouraged by the social pressure to quantify serious risks, particularly in view of the fact that such procedures are hard to refute because of the rareness of the events concerned.

Law and prevention : Martine RÉMOND-GOUILLOUD

The proliferation and volatility of regulations make it almost impossible to give a systematic outline of preventive laws. However, it is important to know how our legal systems react to preventive efforts. Martine Rémond-Gouilloud shows how the law in this field manages to fill the gaps created by technological developments.

Veterinarian Standardization : Henri BELVEZE

In this article, Henri Belveze shows that a quarter of a century after the creation of the Common Market there are still no free circulation and trade in the area of animals and animal products. The reason is that EC member states use Article 36 of the Treaty of Rome, authorizing interdiction or restriction measures to protect the lives of human beings and animals. Thus, for the Single Act to become a reality requires a new inspection strategy and confidence between the veterinarian departments of EC member states.

Corporate and prevention : M. DUCORPS, C. PARIZOT, F. SAUVANET

UAP considers prevention an integral part of its vocation as an insurer. The writers describe the services this group can give companies at all economic levels. They consider prevention especially important, in that they see a definite correlation between the economic performance of a manufacturer and the strategic importance he grants to safety and quality.

Prevention and financial markets : J.M. SURET, T. PAUCHANT, M. DESNOYERS

The authors try to establish the impact of accidents on the financial markets and whether corporate officers can be disciplined or be forced to take preventive measures to minimize risks. After reviewing their methodology, the authors present studies on the consequences of risks in different economic sectors. They pay particular attention to airplane and energy disasters.

ABSTRACTS

Data-processing security : Jean-Marc LAMERE

The widespread use of data-processing in companies entails new risks linked to its implementation and use. After examining several possible types of risks and losses, in various sectors, J.-M. Lamère proposes a methodical approach of information system security and presents the Marion method, developed by insurers in 1984 and nowadays the de-facto standard. He discusses its basic principles and the different steps of its methodology.

Traffic safety ; a japanese perspective :

Minoru KOBAYASHI

The author explains the principles of Japanese traffic accident prevention policies. He distinguishes between the driver's evaluation of his own way of driving, which he assigns maximum importance, and the characteristics of his car, which may prevent or limit the damaging consequences of a driving error. Lastly, he underscores the importance of quality roads and driver training.

Theory of information : Joseph STIGLITZ

Joseph Stiglitz received the UAP's scientific prize for his general work on information theories and insurance. The text of the Stanford economist traces the twenty-year research program which made it possible to develop the information theory, a major contribution to modern economic analysis.

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner à : **Revue RISQUES - 9 rue d'Enghien - 75010 PARIS**

Tél : 42 46 19 56 - Fax : 48 00 97 22

Nom et Prénom

Institution ou entreprise

Adresse

Code Postal **Ville**

Pays

Publication trimestrielle

Je souscris un abonnement à la revue Risques, à partir du numéro :

prix : 500 F TTC (4 numéros)

Je commande un exemplaire du numéro : prix : 125 F TTC

Je vous adresse le montant de : F à l'ordre de la Société SCEPRA par :

☐ Chèque bancaire ☐ Chèque postal

☐ Virement en Francs français - Banque Hervet - Agence principale Trinité
75 rue Saint Lazare - 75009 PARIS

Compte SCEPRA - Revue Risques - n° 07216Z0630



RISQUES

Les Cahiers
de l'Assurance

Éditée par la SARL
SCEPRA
9 rue d'Enghien
75010 Paris
Tél : 42.46.19.56
Fax : 48.00.97.22

Directeurs
François-Xavier Albouy
François Ewald

Rédacteur en Chef
Claude Beaufort

Rédacteur en Chef Adjoint
Alain Wernet

Secrétaire de Rédaction
Brigitte Pruvot

Direction artistique
Catherine Feuillie

Illustration de couverture
Jacques, Juliette Damville.
La phrase est tirée de
« Dactylographismes »,
Pierre Etaix – Editeur :
Gilbert Salachas.

Conseils et Relectures
François Bonnet
Jean Lethel
Patrick Rauline
Michel Simongiovanni

Abonnement - Vente au numéro
Dominique Nevaire

Numéro de commission
paritaire : 72.325
Dépôt légal : janvier 1991
ISSN : 1152-9253
Directeur de la publication :
F.X. Albouy
Abonnement annuel :
4 numéros par an
Prix de l'abonnement :
500 F TTC
(prix au numéro : 125 F TTC)

Photocomposition,
Photogravure, Impression,
Routage :
Morel et Corduant
11 rue des Bouchers
59800 Lille
Tél. 20.57.44.96

Informatique et PAO :
Michel Giustina
Société Common
Tél. 39.13.46.62

SOMMAIRE N° 3

Les visages de l'assuré (deuxième partie)

II - DU CLIENT A L'INDIVIDU

Introduction

Figures du client

L'assurance au pied de la lettre	Denis Kessler
La sinistrose	Yves Buin
Du rire au drame	Pierre Veron
Le client idéal	Jean-Jacques Donzel

Théories de l'assurance

Risques et Incertitude	Frank H. Knight
Du jeu à l'assurance	Gerd Gigerenzer
La philosophie de l'assurance	Alfred de Courcy

Segmentation

De la sécurité passive à la sécurité active	Jacques Paitra
Gestion des risques dans l'entreprise	Olivier Muraire
Le conseil patrimonial global	Philippe Journeau
Segmentation et mutualisation	Jean-Charles Rochet
Assurance et santé	Thérèse Lebrun et Jean-Claude Sailly

Méthodologie

Analyse temporelle des risques	Luc Arrondel
Du groupe à l'individu	Gérard Tobelem

Rubriques

FINANCES

Le comportement financier
des compagnies canadiennes (II) Jean-Marc Suret

ÉTRANGER

La renaissance des assurances en Hongrie Carlos Pardo

RESPONSABILITÉ CIVILE

Savoir raison trouver Pierre Lascoumes
Sida, responsabilité civile et assurance André Graf

VARIA

Anticipations Ivar Ekeland

Chroniques

Un Institut de droit de l'assurance à Bordeaux Hubert Groutel

Comptes rendus de livres :

♦ - Economiser la planète -, Claude Allegre ♦ - Les menaces globales
sur l'environnement -, Sylvie Fauchoux et Jean-François Noel ♦ - Le
grand chambardement de la médecine -, Jean-Louis Funck-Bren-
tano ♦ - Entrer dans le XX^e siècle -, le secrétariat d'Etat au Plan
♦ - La société française en tendances -, Louis Dirn

Revue des revues :

♦ Les années Sida ♦ Le financement de la protection
sociale agricole

Achevé d'imprimer par Morel et Corduant
11 rue des Bouchers, 59800 Lille
Dépôt légal : janvier 1991 – Imprimé en France – ● SCEPRA

La prévention

Introduction	10
--------------------	----

ASSURANCE ET PREVENTION

Prévoyance et prévention	Pierre FLORIN	15
Théorie de la prévention	Louis ECKHOUDT	19
Aversion au risque et prévention	Eric BRIYS	
	Harris SCHLESINGER	27
Les Cindyniques	Georges-Yves KERVERN	37
Science de la sécurité	Albert KUHLMANN	49

EVALUATION DES RISQUES

Méthodologie et sûreté nucléaire	Pierre TANGUY	61
Evaluation des risques	Alain VILLEMEUR	73
Splendeurs et misères des lois de valeurs extrêmes	Nicolas BOULEAU	85
Analyse de la fiabilité humaine	Alan D. SWAIN	93
Droit et prévention	Martine REMOND-GOUILLOU	109
Normalisation vétérinaire	Henri BELVEZE	115
Entreprises et prévention	Pierre-Marie DUCORPS	
	Christophe PARIZOT	
	Françoise SAUVANET	127
Ingénierie de la prévention	Jean-Louis CHAPEL	135
Prévention et marché financier	Jean-Marc SURET	
	Thierry PAUCHANT	
	Marie DESNOYERS	139
Sécurité informatique	Jean-Marc LAMERE	153
Catastrophes naturelles	Renaud VIE le SAGE	171
Sécurité routière	Minoru KOBAYASHI	172
Prévention et santé	Guy de THE	185
L'évitisme	Roger PRICE	197

Rubriques

Economie

Théorie de l'information	Joseph E. STIGLITZ	203
--------------------------------	--------------------	-----

Droit

Nouveau régime général du contrat d'assurance	Georges DURRY	215
--	---------------	-----

Chroniques

Comptes rendus de livres :

♦ Les Métiers de l'assurance *, D. Pérez et A. Laïdi ♦ La Responsabilité civile et le contrat d'assurance *, F. Cocral ♦ Le Droit du dommage corporel *, Y. Lambert-Faivre ♦ The Politics of social Solidarity *, P. Baldwin ♦ Le Désir de catastrophe *, H.P. Jeudy ♦ La Gestion du capital-risque *, C. Zopounidis ♦ La Perte d'exploitation *, P. Bessé ♦ L'Assurance des objets d'art *, M. Brignole Saracco	
♦ Le Management de l'incertitude *, J. Defrenne et C. Delvaux	246
Revue des revues :	
♦ Asset Pricing Models and Insurance Ratemaking ♦ Exclusive vs. Independant Agencies : a comparison of Performance ♦ Costs Effectiveness of Risk Management Practices ♦ Effects of the Chernobyl Accident on Public Perceptions of Nuclear Plant Accident Risks	251