



Institut de Maitrise des Risques (IMDR)

Avec le soutien de la Society for Risk Analysis

Groupe de travail « Incertitudes et décisions »

COLLOQUE INCERTITUDES ET DÉCISIONS

Évènements rares à impacts considérables :

Qu'apportent aux praticiens les sciences de la

décision ?

Le 18 décembre 2013

ENSAM PARIS

Amphithéâtre Bézier

151 Boulevard de l'Hôpital 75013 PARIS



Institut de Maitrise des Risques (IMDR)

PRÉSENTATION

Les décideurs sont tous confrontés à la prise de risques dans leurs actions. C'est davantage le cas pour ceux qui contribuent au pilotage des systèmes sociotechniques complexes et qui ont pour mission de gérer ou de prévenir les accidents et catastrophes majeurs (naturels, industriels, sanitaires, ...). Ces accidents et ces catastrophes ont en commun le fait d'être des événements à très faible probabilité et à très forts impacts que nous regroupons sous l'appellation « Risques Majeurs ».

Le constat de départ des organisateurs du séminaire est que « la recherche » et « l'action » sur la prévention, la mitigation et la gestion des crises liées aux accidents et aux catastrophes majeurs sont fragmentées selon la nature des événements considérés. L'ambition du séminaire AFPCN - IMdR sur les « Événements à très faible probabilité et très forts impacts » est de dépasser cette fragmentation en s'enrichissant mutuellement, notamment en matière de gouvernance et de management des risques. La confrontation entre les pratiques en la matière et les résultats issus des « sciences de la décision » nous servira de point de départ.

Le séminaire est structuré autour d'une réflexion en trois temps :

- Quels sont les pratiques, les insuffisances, les problèmes et les attentes des parties prenantes et des décideurs ? avec des interventions de praticiens et d'experts.
- Quels sont les résultats des recherches des différentes disciplines scientifiques ? avec des interventions d'universitaires et d'experts.
- Quelles suggestions faut-il proposer pour améliorer la pratique ainsi que la recherche en la matière ?

Mot d'accueil	6
Eric SAVATTERO, Arts et Métiers ParisTech Jean-Paul LANGLOIS, IMdR	
Introduction	8
Myriam MERAD, INERIS	
Session 1	10
Défis, méthodes, gouvernance et formation : retours d'expérience des décideurs sur la gestion des risques majeurs	10
Michel LUZI, MRN Pascal SUDRET, Air Liquide Yves DIEN, EDF R&D Marc ANTONI, SNCF	
Session 2	26
Penser le rare et penser l'extrême : les risques extrêmes et leur gestion vus par les chercheurs	26
Francis CHATEAURAYNAUD, EHESS Dominique VIEL, 26Mission de contrôle Ecologie et développement durable au ministère des Finances Mohammed ABEDLLAOUI, HEC et CNRS	
Table ronde : Quelles voies nouvelles pour mieux gérer les risques majeurs ?	40
Didier RICHARD, 40IRSTEA Pierre TOULHOAT, INERIS Éric CHOJNACKI, IRSN	
Clôture de la journée	48
Paul-Henri BOURRELIER, AFPCN Jean-Paul LANGLOIS, IMdR	

Mot d'accueil

Eric SAVATTERO

Arts et Métiers ParisTech

Je suis très heureux de vous accueillir dans nos murs. Les sujets qu'il est prévu d'aborder aujourd'hui sont très pertinents dans une école comme la nôtre. Je salue les deux associations organisatrices. La question des risques doit être prise en compte dans les écoles d'ingénieurs, qui forment les décideurs de demain. Il est important de montrer comment concilier le milieu académique et ses modèles théoriques, avec le milieu des praticiens, qui doivent gérer des situations toujours uniques. Je vous souhaite une bonne journée de travail.

Jean-Paul LANGLOIS

IMdR

Je suis très heureux de vous retrouver et de voir des étudiants dans l'assistance, qui viennent participer à notre réflexion sur les risques. Aujourd'hui est une première : nous organisons une réunion commune entre l'AFPCN et l'IMdR. Cette collaboration aura des suites, de même que notre partenariat avec l'ENSAM, puisque nous prévoyons en mars une rencontre d'une journée avec de jeunes chercheurs et ingénieurs.

Lors des entretiens du risque organisés il y a quelques jours à la Défense, le directeur sécurité de la SNCF, Jean-Michel Richard, a souligné que les accidents qui occasionnent des morts dans le domaine ferroviaire sont jugés inacceptables par l'opinion publique, et ont donc un impact gigantesque. L'impact n'est pas mesuré par le nombre de morts, mais par l'émotion. La gestion de la sécurité ne peut donc pas être un processus darwinien, consistant à étudier ce qui s'est passé pour corriger les dysfonctionnements. Nous sommes obligés d'anticiper.

En second lieu, les réflexions sur les méthodes d'aide à la décision sont nombreuses, mais en définitive, il faut bien des décideurs, qui entérinent la décision et la mettent en œuvre. Cela me paraît une dimension capitale.

Je vous livre ces pistes de réflexion.

Introduction

Myriam MERAD

INERIS

Ce séminaire se déroule dans le cadre d'un groupe de travail, « incertitudes et décisions », entre l'AFPCN et l'IMdR. Nous essayons de trouver des portes d'entrées disciplinaires et des témoignages différents. Cette année, le séminaire sera ancré sur la problématique des événements rares à impacts considérables, avec pour objectif d'étudier l'apport de la pratique et des disciplines scientifiques.

Ce séminaire conjoint de l'AFPCN et de l'IMdR a obtenu l'appui de la *Society for risk analysis*, association internationale dédiée à l'analyse des risques.

Nous retenons le terme de « risques majeurs » pour ne pas nous perdre dans les détails terminologiques et sémantiques des communautés des risques naturels et des risques industriels. Ces différents risques présentent des points communs. Il s'agit d'événements rares à impacts considérables, qu'il est difficile d'anticiper, d'imaginer devenir réels. Ils touchent souvent des systèmes sociotechniques complexes, présentant des incertitudes et des jeux d'acteurs qui interagissent pour faire des choix ; ils questionnent les méthodes usuelles et les outils disponibles, voire la mise à disposition et la construction des avis d'experts sur le sujet.

Ils peuvent aussi mettre en évidence les bonnes pratiques issues du terrain, mais aussi leurs limites et les besoins méthodologiques, d'outils d'analyse, réglementaires et d'intervention.

Ils questionnent aussi les modes de gouvernance, et la manière dont les acteurs se saisissent des problématiques, prennent leurs responsabilités, gèrent les événements dans des temporalités longues.

Ils sont caractérisés par leur complexité : on a souvent l'impression qu'il n'y a qu'un seul décideur *in fine*. C'est à la fois vrai et faux, car dans la chaîne du processus de décision, interviennent différents acteurs qui influencent le processus de décision, d'évaluation et de gestion des risques.

Les décideurs ont besoin de comprendre ce qui se passe, ce qui explique l'émergence de ces événements, et comment ils pourraient être anticipés ; il leur faut des outils méthodologiques, notamment calculatoires, et l'appui d'avis robustes et fiables.

Nous avons sélectionné plusieurs jeux de questions, organisées en deux sessions et une table ronde. La première session sera consacrée à des expériences et témoignages de praticiens de terrain par rapport à la prise en charge des risques majeurs, aux leçons tirées et aux besoins des décideurs. La deuxième comportera des témoignages de chercheurs de différentes disciplines, pour faire le point sur l'état actuel des travaux sur les risques majeurs, les principes théoriques et méthodes développées, leurs apports et limites.

La table ronde portera sur la gouvernance, la manière dont sont cloisonnés les risques naturels par rapport aux risques industriels et leur prise en charge en France et à l'étranger.

Ces objets d'étude sont complexes et controversés, car ils permettent l'expression de différents points de vue disciplinaires. Pour les éclairer, il faut mobiliser plusieurs disciplines, ce qui ne peut se faire qu'à travers la mobilisation des témoignages des praticiens et chercheurs, mais aussi par les débats avec vous.

Notre objectif pour 2014 consiste à construire un ouvrage collectif sur la base de cette journée. Toutes les contributions sont les bienvenues.

Session 1

animée par Laurent DEHOUCK, discutant Nicolas DECHY

Défis, méthodes, gouvernance et formation : retours d'expérience des décideurs sur la gestion des risques majeurs

Michel LUZI

MRN

Pascal SUDRET

Air Liquide

Yves DIEN

EDF R&D

Marc ANTONI

SNCF

Laurent DEHOUCK

Deux aspects sont à souligner. Tout d'abord, pourquoi insister sur la dimension pluridisciplinaire ? Dans la pratique, il faut piloter toutes les dimensions de l'action face à un événement rare et pourtant lourd de conséquences. Dans une telle situation, l'incertitude est très importante, ce qui place le praticien dans une position difficile.

La pluridisciplinarité permet de prendre en compte à la fois l'apport des sciences dures et celui des sciences sociales et humaines ; dans tous les cas, l'émergence d'aspects du terrain rend la confrontation difficile à comprendre et à piloter.

Que peuvent nous apporter les décideurs, quels sont leurs besoins par rapport aux chercheurs, aux psychologues etc. ? Ce point est d'autant plus crucial que le cadre juridique est contraignant. L'inscription dans la Constitution du principe de précaution implique de fortes contraintes légales. Il faut aussi y travailler.

La pluridisciplinarité est donc cruciale, au point de vue scientifique (impliquant des juristes, économistes, psychologues, scientifiques), comme dans la rencontre avec la pratique.

Michel LUZI

Je représente le milieu de l'assurance. Nos problématiques sont simples : il s'agit d'arriver à tarifier les risques. Nous utilisons soit la mutualisation, soit la discrimination pour parvenir à la tarification la plus juste.

Un autre problème majeur est celui de la solvabilité, c'est-à-dire du risque de ruine.

En principe, il faut maintenir un équilibre général entre les primes et produits financiers d'une part, les sinistres et charges de l'autre.

Certaines parties sont fixes, d'autres ont une variabilité non négligeable, avec des sinistres qui peuvent changer sensiblement les résultats.

La fonction de distribution montre que le bénéfice moyen est inférieur aux risques.

S'agissant des principes juridiques, les tempêtes, la grêle, la neige sont garanties ; pour le gel et la foudre, leurs conséquences sont assurées.

Par ailleurs, le régime des catastrophes naturelles porte sur les conséquences des inondations, des sécheresses, des tremblements de terre, des cyclones... Un même événement peut relever de plusieurs catégories, comme la tempête Xynthia, qui relève à la fois d'une inondation et d'une tempête.

La loi du 13 juillet 1982 impose de garantir en catastrophe naturelle, avec un taux imposé. Pour les autres événements naturels, l'assurance est obligatoire, mais le tarif est libre.

En France, le total des dommages représente 16 milliards d'euros. Le montant des primes s'élève à 1,3 milliard d'euros pour les catastrophes naturelles, et il est du même ordre pour le TGN (tempêtes/grêle/neige), soit moins de 20 % de l'activité.

En termes de sinistralité, la majeure partie des sinistres sont dus aux tempêtes. Cependant, la restitution est partiellement biaisée ; les résultats peuvent être sensibles à la période d'observation. Ainsi, pour les tempêtes, l'influence des sinistres de 1999 est particulièrement prégnante, alors même que s'agissant des catastrophes naturelles, l'absence de crues centennales de la Seine et du Rhône biaise partiellement les résultats.

Des événements individuels peuvent représenter l'équivalent d'une année de primes. Les charges sont très variables d'une année à l'autre. Selon la période retenue, les résultats varient sensiblement ; les périodes sont assez restreintes.

Nous disposons d'informations de marché : les historiques annuels depuis 1984 fournissent des données robustes et détaillées, mais leur constitution pose problème. En effet, les bases de participants sont hétérogènes selon les années, et les informations vieillissent dans le temps, posant des problèmes d'actualisation des données.

Les données des compagnies s'avèrent mieux construites et assez fines, mais elles sont plus limitées, et la complexité de construction fait perdre en qualité et en quantité.

Nous disposons aussi d'historiques plus anciens, mais qui ne portent que sur des événements majeurs. L'utilisation de données historiques suppose une actualisation.

Une autre problématique est celle des risques extrêmes. Nous pouvons travailler, pour les risques modérés, sur des historiques plus restreints, et parvenir à des résultats convenables. Cependant, s'agissant des événements majeurs, un ajustement est nécessaire. La loi de Pareto permet d'obtenir des résultats opérationnels, mais selon les hypothèses prises, les écarts à l'infini s'avèrent très importants, ce qui est problématique.

S'agissant de l'actualisation, selon les données retenues, les écarts atteignent près de 20 % sur les sinistres de 1982. Les écarts à la mesure sont très importants.

Quant aux sinistres extrêmes, les tempêtes de 1999 représentent plus de 30 % des coûts, donc selon la période estimée de retour (20, 50 ou 150 ans), les résultats varient sensiblement.

Nous utilisons différents modèles en nous appuyant sur le portefeuille, les aléas, la vulnérabilité, l'exposition ; mais d'une version à l'autre, les rapports sont de 1 à 2 sur la moyenne ; les zones géographiques de vulnérabilité s'avèrent très différentes selon les modèles.

Pourquoi de tels écarts ? La société ayant réalisé le modèle prétend utiliser un catalogue de 18 000 événements, alors que sur 40 ans, nous n'avons que 600 événements répertoriés.

Quant à la fonction d'endommagement, qui mesure le taux d'endommagement par rapport à la vitesse du vent, c'est une fonction croissante continue, alors qu'en réalité, la dispersion des points est beaucoup plus importante. En fait, aucun des dossiers sinistres ne mentionne la vitesse du vent ou le taux d'endommagement, ce qui crée donc une forte incertitude.

Les taux de destruction sont extrêmement variables ; s'appuyer uniquement sur la vitesse du vent mesurée par les stations météo départementales est donc insuffisant.

Nous essayons de corrélérer les informations météorologiques avec la maîtrise du risque. Nous disposons de relevés quotidiens depuis 1973 d'une centaine de stations météo. Moyennant un certain nombre de corrections, nous pouvons mettre en relation vitesse du vent et sinistre. Cependant, la corrélation porte en fait sur la fréquence des événements.

Nous constatons qu'à vitesses du vent identiques, les effets sont différents. Si l'on essaie de comparer un indicateur tempête basé sur les vitesses de vent pondérées par le territoire touché avec les sinistres enregistrés, les données sont particulièrement difficiles à analyser.

En région parisienne, toutes les stations ne fonctionnent pas de la même manière ; elles enregistrent les vitesses de vent maximales, mais il faut aussi prendre en compte la durée du vent, qui influe sur les dégâts.

En prenant en compte la tempête Lothar dans la statistique sur 40 ans, on obtient une période de retour de Lothar de 40 ans, alors qu'en utilisant la statistique sans Lothar sur 40 ans, la période de retour de Lothar est de 180 ans. L'incertitude est donc forte.

S'agissant des tempêtes, nous obtenons donc des résultats assez intéressants, mais limités.

Quant à la question des décisions, nous avons une partie haute des risques réassurée, qui se découpe entre sinistres moyens et extrêmes. La partie basse des risques est conservée ; pour cette partie, un historique limité (20 ans) est suffisant. La partie haute permet un transfert d'incertitude aux réassureurs. Cependant, il faut s'assurer que les conditions imposées restent raisonnables, pour éventuellement choisir le seuil de réassurance. Par ailleurs, comment fixer le niveau maximal de couverture ?

En termes de solvabilité, nous avons construit une fonction, mais les imprécisions sont très importantes compte tenu de l'historique disponible. En construisant une fonction de distribution avec 10 séries de 5 000 années à partir de la même loi de base, nous obtenons des séries extrêmes ; mais avec seulement 40 ans de recul, il est difficile d'obtenir des résultats probants.

Quant au régime CATNAT (catastrophes naturels), il est encadré par la loi, avec un tarif fixé, et une réassurance sans limite. A priori, nous n'avons donc pas à nous poser de questions. Néanmoins, le taux de 12 % est-il suffisant ?

Au brut, ce tarif paraît correspondre à un ordre de grandeur raisonnable y compris en prenant en compte un sinistre centennal.

Néanmoins, au net de réassurance, la situation pour les assureurs est différente, car les 30 % de charges ne sont pas partagés avec la CCR.

L'évolution potentielle de la tarification différenciée selon les risques paraît intéressante en principe, mais en pratique, les risques ne sont pas géolocalisés à l'identique selon l'outil. En outre, s'agissant des risques d'inondation, à peine un tiers des sinistres ont lieu en zones inondables. Comment discriminer parmi eux ? sans compter qu'une part non négligeable des sinistres a pour cause le ruissellement et les coulées de boue, non cartographiés.

Laurent DEHOUCK

Quels sont vos besoins pour améliorer la prise en compte des risques ? Je suis sincèrement surpris par l'étendue de votre ignorance et par les modalités de calcul des primes.

Michel LUZI

S'agissant du régime CATNAT, notre ignorance est grande, mais la loi encadre la garantie des risques. Les discussions ont lieu entre assureurs et caisses centrales de réassurance par rapport au commissionnement ; et tous les assureurs sont à égalité. Globalement, ce système tient la route. Est-il de notre ressort d'affiner les données alors que la volonté politique est celle de la mutualisation ? D'autres pays retiennent des solutions différentes : ainsi, l'Allemagne n'est couverte en inondation qu'à hauteur de 25 %, mais l'Etat et les lands prennent en charge les sinistres, c'est-à-dire que le contribuable a indemnisé les sinistrés.

S'agissant des tempêtes, nous avons supporté les conséquences des tempêtes de 1999 sans que nul ne s'en aperçoive, grâce à des mécanismes de réassurance qui nous ont permis d'absorber le choc, alors que les dommages s'élevaient à près de 12 milliards d'euros.

Les problèmes se posent lorsqu'on veut affiner les données et que certains proposent des solutions insuffisantes. Il faut savoir reconnaître que l'on ne sait pas tout. J'ai beaucoup insisté sur les incertitudes, mais c'est une thématique centrale.

Pascal SUDRET

Je suis *industrial risk manager*. Mon métier consiste à réduire le risque industriel à sa source et à en limiter les dégâts potentiels. J'ai commencé ma carrière dans la fiabilité. Les outils sont les mêmes. J'ai mis en place le système de maîtrise des risques d'Air Liquide, travaillé au Siège, puis suis retourné sur le terrain.

Air Liquide a connu un accident majeur en 1997, avec l'explosion d'un vaporisateur aluminium d'une unité de séparation d'air, entraînant une forte pollution atmosphérique (C₂H₄), la destruction de la « boîte froide » (la colonne à distiller contenant les liquides cryogéniques), et causant décès et quatre blessés graves. Un deuxième accident est survenu la même année. Heureusement, il n'y avait personne sur site, mais il a entraîné la destruction totale du site. Dans les deux cas, les dommages ont été bien supérieurs à ce qui était imaginé, bien que la réaction chimique à sa source (oxygène pur plus aluminium) soit bien connue. Les deux accidents sont survenus dans un contexte d'exploitation et d'environnement extrêmes.

En réaction, Air Liquide a décidé la création d'un système de management des risques industriels, avec l'utilisation de méthodes de sûreté de fonctionnement pour identifier les risques des projets et des installations, l'établissement d'un référentiel identifiant les limites de l'inacceptable et du tolérable (matrice de criticité), et la démultiplication et la reconnaissance des compétences d'analyse et de réduction des risques « sécurité ».

Air Liquide est présent dans 80 pays et compte 2 millions de clients ; l'entreprise déploie ses activités dans le domaine de la plongée, du spatial, de la production, du transport. Cette grande diversité influe sur la manière de démultiplier les compétences et connaissances pour comprendre et limiter un risque : il faut les adapter à chaque domaine et à chaque zone.

Les principes fondateurs du système de management des risques sont les suivants :

- définir le domaine à maîtriser : sécurité des personnes, *process safety*, environnement et fiabilité.
- champ d'application (domaine des projets) : acquisitions, projets d'installation...
- identification des systèmes existants

- intégration : il faut prendre en compte les règlements, normes qualité, environnementales etc. et déployer une démarche identique dans le monde.
- identification des compatibilités à respecter : Seveso, pharma, etc.

Nous utilisons des outils standards ; mais nous avons aussi besoin d'outils propres (check-lists d'analyse, analyse générique des risques, outils de modélisation des conséquences, bases de données fiabilité, concept d'élément important pour la Sécurité).

L'adaptation et le déploiement d'outils plus complexes permet de modéliser les conséquences et de procéder à la quantification probabiliste des scénarios d'accidents.

La définition des critères d'acceptabilité des risques passe par la création d'une matrice de criticité applicable à l'ensemble du groupe Air Liquide, à l'ensemble des activités ; elle se décline sur les événements impactant la sécurité, la fiabilité, l'environnement et couvre l'ensemble du domaine des conséquences, avec l'identification systématique des zones de risque faible.

Air Liquide a aussi développé ses compétences en maîtrise des risques industriels, mis en place une organisation dédiée à la maîtrise du risque industriel et défini une fonction *d'industrial risk manager* rattachée au plus haut niveau de décision de chaque entité opérationnelle, avec une animation du réseau et un support centralisés.

Le développement des compétences passe par l'accueil des jeunes diplômés dans la spécialité, des formations internes dédiées garantissant la crédibilité technique et une communication adaptée aux différentes cultures, qui analysent le risque différemment, sans compter que les situations complexes posent des difficultés en termes linguistiques.

La contribution de l'entreprise est reconnue parmi les *technical community leaders*. Parmi ses atouts, je citerai la nomination au niveau local des IRMR rattachés au niveau DG des unités. La difficulté consiste à se déployer de manière homogène dans les 80 pays où nous sommes présents et à connaître les métiers, marchés et cultures locales, en particulier la langue. Il est important de prendre en compte le risque projet dès la validation de l'appel d'offre, mais il faut aussi connaître les risques et mettre en œuvre de manière appropriée les outils, ce qui nécessite de former les personnes et de les maintenir dans leur expertise. Nous avons développé des études de risques génériques et des *check-lists*, ainsi que des analyses de risques dédiées. Mais il faut aussi prendre en compte l'évolution des exigences réglementaires, différenciée selon les pays, ce qui nécessite de faire évoluer en parallèle les règles internes. Nous disposons pour cela d'un processus d'audit interne.

Parmi les points clés, je citerai :

- la décision/représentation en termes de management des risques au plus haut niveau de Direction Générale du Groupe ;
- une organisation décentralisée au plus près des opérations et activités ;
- un référentiel unique de mesure du risque (matrice de criticité) ;
- des outils génériques adaptables aux besoins des entités et spécialités par les IRMR ;
- le leadership et la crédibilité technique des IRMR et leur connaissance des réseaux.

En termes de perspectives, il convient de développer les indicateurs « signaux faibles », signes précurseurs de dérives complexes (combinatoires) d'événements rares, parfois majeurs, qu'il s'agisse de dérives organisationnelles, techniques, d'alarmes répétitives, d'effets d'échelle, d'incidents et de presque-incident. Il faut aussi affiner la prise en compte du facteur humain en tant qu'élément initiateur et élément de réduction des risques.

En conclusion, souvenons-nous des explosions de nitrate d'ammonium survenues à Oppau, en Allemagne, le 21 septembre 1921, causant près de 500 décès, à Texas City, en avril 1947, à

l'origine de 600 décès, ou encore à Toulouse en septembre 2001. Quelles que soient les organisations, outils ou systèmes de management, n'oublions pas l'expérience acquise.

Un proverbe chinois dit l'expérience des autres est comme un peigne sur un crâne chauve. A nous tous d'être attentifs pour qu'il ne soit pas vérifié.

Laurent DEHOUCK

N'y avait-il pas de système de gestion des risques à Air Liquide avant 1997 ?

Pascal SUDRET

Air Liquide avait développé une forte culture HSE, mais à cette époque, connaissait peu d'accidents. Les indicateurs HSE sont importants et nourrissent une culture de la sécurité, mais je vous parle là d'un autre domaine. La culture du risque concerne surtout les domaines militaire, spatial, aéronautique, mais le domaine industriel n'avait pas imaginé, ou avait oublié, son importance.

Yves DIEN

Je travaille à la R&D EDF et suis spécialisé en management des risques industriels. Je pense que l'on peut gérer les risques, mais qu'il est difficile de penser qu'on puisse les maîtriser, même si c'est un bon objectif. Je vous livre le fruit des réflexions menées avec Nicolas DECHY, de l'IRSN.

Je parlerai des accidents industriels. Notre ambition consiste à faire mentir le proverbe chinois en montrant l'utilité de l'expérience des autres.

On parle souvent d'événements inimaginables. C'est un terme perturbant, qui renvoie à une vision fataliste. Je préfère utiliser le terme « impensé ». Toute la difficulté consiste à les anticiper. Dès 1977, Turner, sociologue anglais, se penche sur les désastres industriels, qu'il attribue à une défaillance de l'anticipation.

L'intitulé d'aujourd'hui me paraît très prometteur, puisqu'il met au centre la « décision ».

De nombreuses entreprises pensent que l'échec est le résultat d'une défaillance technique, ou d'une erreur humaine commise au plus près de l'événement. Or, souvent, il résulte de prises de décision en amont qui en sont les causes profondes. Il est positif qu'on commence à le comprendre et à en débattre.

En 1996, Michel Llory a publié *Le coût du silence*, montrant que des décisions erronées ou une absence de décision sont des causes profondes d'accidents.

On parle d'événements rares. Ce concept peut être questionné. Pour une société donnée, un tel événement peut être qualifié de rare, mais si on l'étend à secteur industriel, il s'avère beaucoup plus courant. Le problème vient peut-être de la rareté de la pensée qui fait que l'on n'arrive pas à consolider les données, à cause d'une vision égocentrique.

Quant à la notion d'impacts forts, à partir de quand ces impacts deviennent-ils forts ? Faut-il prendre en compte le nombre de morts ? Les dégâts matériels ? Le choc psychosocial ? Vous citez en introduction les accidents ferroviaires, qui, même s'ils occasionnent peu de victimes, ont un impact fort car ils sont traumatisants pour ceux qui prennent transports tous les jours.

Les démarches de prévention progressent, mais des catastrophes majeures continuent de survenir. Les accidents sont-ils inévitables ? Sont-ils dus à l'accroissement de la complexité des systèmes sociotechniques ? En sommes-nous déjà au stade du risque résiduel ? La culture des accidents (vs culture des risques) peut-elle contribuer à un réajustement culturel, au sens où l'emploie Turner, pour qui l'accident ne se définit pas seulement en termes d'impact humain

ou matériel, mais aussi en termes culturels, avec la remise en cause de la vision partagée sur les risques et les moyens de les gérer ? Quelle approche retenir par rapport à la voie royale de l'analyse des accidents pour comprendre comment fonctionnent les organisations et systèmes à risque ?

Historiquement, les démarches de prévention des événements rares privilégient une approche déterministe, définissant un scénario prédéterminé auquel des moyens de prévention technique et humains étaient associés, pour l'empêcher ou en limiter les conséquences. Malheureusement, les événements rares s'avèrent souvent hors dimensionnement.

L'approche probabiliste est venue au secours du déterminisme, avec une hiérarchisation des scénarios, explicite ou implicite. Elle met en évidence les risques, mais ne prédétermine pas les problèmes.

Cependant, comment gérer, penser, les événements à très faible probabilité et à conséquences très graves ?

Faut-il changer de paradigme ?

Les approches existantes souffrent des défauts inhérents à la modélisation face à la complexité de la réalité et à l'impossibilité de l'exhaustivité, pour les événements très rares. La « boxologie » ne suffit pas.

L'imagination est bornée par une dose de réalisme ; quels initiateurs sont pris en compte, et lesquels sont donc exclus ? On sait ce que l'on ne sait pas, mais un problème survient quand on ne sait pas qu'on ne sait pas. Les approches conservatrices sont sélectives, ne prenant en compte que certains paramètres.

Il faut aussi savoir prendre en compte les effets pervers du retour d'expérience. Le REX est aujourd'hui un peu remis en cause, mais en termes de prévention, il a de l'avenir. En revanche, il faut tenir compte des précédents. Le REX est-il assez important et assez vaste ?

N'oublions pas non plus le piège de la quantification, dont témoignent le sophisme de McNamara et la notion de « cygne noir ».

Le sophisme de McNamara est rappelé par Dan Yankelevich. La légende veut que McNamara ait très étonné des problèmes rencontrés par les Etats-Unis au Vietnam, étant donné le faible nombre de morts américains, indicateur important. Ce sophisme comprend quatre étapes :

- mesurer ce qui est mesurable. C'est une stratégie efficace, tant qu'elle fonctionne ;
- ne pas prendre en compte ce qui ne peut pas être mesuré, ou lui donner une valeur arbitraire : c'est arbitraire et trompeur ;
- supposer que ce qui ne peut pas être mesuré aisément n'est pas vraiment important, ce qui relève de l'aveuglement
- dire que ce qui ne peut pas être mesuré n'existe pas, ce qui confine à la folie.

Or de manière inconsciente, n'est-on pas soumis à ce sophisme ?

Le piège de la Gaussienne correspond au sentiment que les événements peuvent être distribués sur une gaussienne. Les valeurs de REX sur lesquelles s'appuient les démarches de fiabilisation des performances, voire de prévention, sont distribuées sur cette courbe, alors que les événements rares s'avèrent en dehors de la courbe. Ils ne répondent peut-être pas à la même logique, et ne devraient donc pas faire l'objet des mêmes méthodes de prévention.

L'erreur de la dinde inductiviste a été mise en lumière par Bertrand Russell. Une dinde arrive dans une ferme et recueille toute une série de données à partir desquelles elle aboutit à la conclusion que les dindes sont nourries à 9 heures, mais elle est tout de même mangée à Noël. Faut-il remettre en cause le retour d'expérience ? La dinde s'appuie sur passé, et ne voit

pas l'avenir. Mais la remise en cause doit-elle porter sur la démarche inductiviste, ou sur les données elles-mêmes ? La dinde aurait pu s'intéresser au destin des autres dindes. N'aurait-elle pas dû prendre en compte, pour son REX, l'événement, certes rare à l'échelle d'une dinde, que sa mère avait été mangée au Noël précédent ?

Est-il possible de penser l'accident de manière à pouvoir l'anticiper pour le prévenir ?

Qu'est-ce qu'un accident industriel ? Parfois, il est pensé comme « la faute à pas de chance », ou un « exceptionnel enchaînement malheureux de circonstances ». Charles Perrow le définit comme un « événement « normal » et/ou inévitable. Dans un système complexe, l'accident est inscrit dans le système sociotechnique lui-même, ainsi de *Three Miles Island*. L'événement est normal et inévitable. C'est une vision un peu fataliste.

Tout événement industriel est initié par des causes directes, immédiates, techniques et/ou humaines ; mais son occurrence et/ou son développement est induit, favorisé, précipité par des causes et des conditions sous-jacentes (facteurs complexes) organisationnelles.

Tout ou partie des éléments de la combinatoire sont présents en avance : défauts latents, facteurs organisationnels pathogènes, signaux faibles, lanceurs d'alerte pas écoutés...

Aucun accident connu n'était vraiment inimaginable : presque toujours, il y a des lanceurs d'alerte.

Ainsi de la navette Columbia, dont l'accident a causé la mort de 7 astronautes en 2003 lors de sa rentrée dans l'atmosphère. A la suite du détachement d'un débris au décollage, la navette s'est désintégrée lorsqu'elle est rentrée dans l'atmosphère.

Dès le deuxième jour de la mission, une équipe informelle d'ingénieurs se constitue, le *Debris Assessment Team* ; elle demande au Management de la Mission et du Programme des Navettes une meilleure imagerie de la zone de choc sur l'aile. En effet, un satellite de l'armée aurait pu permettre d'obtenir ces images.

Le Management refuse au septième jour de vol, à la suite d'un quiproquo. Il s'agit en fait d'une prise de décision erronée.

Avant l'analyse : les managers partageaient la croyance que le choc survenu ne posait pas un problème de sécurité. Ils l'assimilent au choc subi lors du précédent vol (STS 112), qui n'avait pas occasionné de difficultés. Les discussions sur le problème du choc ont été très imprécises. Le fait que le système de protection thermique comprenne deux composantes a entraîné une confusion. Les managers ont craint que cette analyse n'entraîne des retards sur le programme et ne pèse sur le budget.

Tous les vols précédents avaient connu des impacts. C'était la septième fois qu'un morceau d'isolant se détachait du bipod gauche, alors qu'aucun ne s'était jamais détaché du bipod droit.

Il s'agissait d'un événement hors dimensionnement : ce morceau d'isolant n'aurait jamais dû se détacher. Le problème est venu de l'acceptation du phénomène, ou de la « normalisation de la déviance », selon les termes de D. Vaughan.

Lors du premier vol, 300 tuiles avaient été remplacées. Au bout du 35^{ème} vol, les débris étaient considérés comme un problème de sécurité de vol. Peu à peu, cet événement devient un risque accepté, puis une anomalie de vol.

D'où l'importance du REX singulier : il est possible d'apprendre de l'extérieur pour mettre en place des actions de prévention. Les écueils à éviter sont le déni, et la dramatisation excessive des risques. Un vrai travail de réflexion est donc nécessaire.

Il faut être à l'écoute des échecs plus que des succès.

La culture des accidents passe par la détection des dégradations (en termes de sécurité notamment, comme le montre l'exemple de Columbia)

Il faut être sensible à la technique : le diable est dans les détails. Le responsable sécurité de la Nasa se targuait de ne pas être un ingénieur, mais un manager. Il faut savoir être attentif aux mauvaises nouvelles, éviter l'autosatisfaction, avoir une attitude interrogative et savoir accepter la complexité.

La prévention n'est ni prévision, ni prédiction, mais les accidents sont rarement des ruptures inconcevables ou imparables. Après l'événement, des mesures correctives sont définies et implantées. Faut-il attendre la survenue d'accidents pour les penser ? Je pense que non.

Marc ANTONI

Je travaille à la Direction de l'infrastructure de la SNCF en tant que responsable innovation technologique et systèmes. Nous allons aborder les risques industriels dans le domaine ferroviaire. Il s'agit de rechercher des cygnes noirs que l'on veut intégrer, avec difficulté, dans les approches probabilistes.

Je parlerai en particulier des systèmes informatiques critiques. L'informatique est partout, mais l'on ne veut souvent pas reconnaître que l'informatique peut défaillir.

La problématique est celle de l'évaluation des risques, utile pour les manager projets et pour éclairer les prises de décision. Les modèles d'évaluation des risques reposent sur des connaissances incomplètes des phénomènes ; les analyses d'incertitude jouent un rôle important dans la confiance dans la prise de décision. Aujourd'hui, le cadre probabiliste est généralement adopté, avec des limites qu'il faut considérer objectivement. Des accidents avec des conséquences catastrophiques peuvent survenir, et ils ne sont pas assumables, quelle que soit leur pseudo probabilité d'occurrence. Les morts des transports en commun ont plus d'impact que les autres.

Le cadre probabiliste est défini par des normes de gravité et de fréquence ; mais certaines hypothèses sont sous-jacentes.

Tout d'abord, est-il toujours possible de réaliser une estimation objective de la fréquence d'un incident contraire à la sécurité ?

Cette référence existe-t-elle ? Quel est son sens ? Est-elle constante ? En informatique, la réponse est encore plus incertaine.

La seconde hypothèse est qu'il est toujours possible de faire une estimation objective de la gravité d'un accident.

Prenons l'exemple de la crue de 1910 : sa gravité serait-elle la même aujourd'hui ? Lors de l'effondrement du tunnel de Verzy, 110 personnes sont mortes il y a quarante ans. L'accident de Brétigny a causé 7 morts il y a deux ans, avec une couverture médiatique bien plus dramatique. Quel est le niveau de gravité acceptable par la société et par l'entreprise ?

La troisième hypothèse est qu'à une valeur donnée de la criticité correspond un même niveau d'acceptabilité par la société et l'entreprise.

Quel est le niveau acceptable de risque ? Il est différent pour les transports individuels et collectifs. La société est de moins en moins tolérante quant aux risques collectifs.

L'accident de Brétigny était le premier en son genre en plus de 100 ans. Pourtant, il est survenu, et aurait pu être beaucoup plus grave si quelqu'un n'avait pas bien réagi. A ce niveau, les probabilités n'ont donc plus de sens.

Abordons les contributions et limites des méthodes actuelles.

L'évaluation des risques atteint ses limites quand surviennent des accidents catastrophiques, du fait des incertitudes, et de lois non exponentielles. L'évaluation probabiliste repose généralement sur une estimation de la valeur moyenne de la fréquence d'occurrence et une estimation économique des conséquences. Or les événements rares se trouvent en: queue de distribution.

L'évaluation probabiliste atteint une limite du fait de l'absence de distinction de traitement entre les fautes de matériel et de logiciel et entre les risques probabilistes et déterministes. Il n'y a pas de quantification de la fréquence de commande à tort d'une sortie, ce qui relève d'une obligation de moyen, et renvoie au niveau de confiance.

L'évaluation probabiliste mixe les aspects déterministes et probabilistes, et ne considère pas que certaines voies conduisent sûrement à la catastrophe.

Quelle voie définir ?

Il faut séparer logiciel et matériel.

Dans les deux cas, plutôt que chercher le cygne noir, il faut le tuer dans l'œuf. Il s'agit de considérer objectivement les événements rares pouvant conduire à un accident de gravité inacceptable. Pour les événements impossibles à assumer, il faut les éradiquer en amont.

Par exemple, un événement de probabilité très faible, mais de gravité infinie est-il acceptable ? Pensons à Fukushima. Lorsque nous ne maîtrisons pas les conséquences potentielles d'un accident, nous considérons donc que sa probabilité est égale à 1.

Le niveau de gravité non assumable fluctue dans le temps. Les possibilités d'atteindre cette zone doivent être éradiquées. Davantage de sécurité permet de réduire les risques et les coûts, mais cela doit être prévu en amont.

Quant à l'opposition obligation de moyens vs obligation de résultats, aujourd'hui, les normes sont des obligations de moyens, mais pour les systèmes informatiques, comme pour les anciens systèmes de signalisation, il faut une validation ou une preuve formelle des fonctionnalités spécifiées. Nous ne pouvons pas nous permettre d'avoir une « boîte bleue » qui gère une ligne. Il faut distinguer la probabilité de défaillance d'un composant, d'une erreur de conception, et estimer aussi le taux de panne.

Dans un poste d'aiguillage datant de 1956, le câblage est validé à 100 %, donc totalement déterministe. L'opérateur peut défaillir, ce qui relève du probabilisme. Il ne faut pas cacher le fonctionnel du logiciel dans les probabilités.

Pour les événements extérieurs non maîtrisables, il faut retenir une probabilité de 1 par défaut.

Pour les systèmes informatiques, dont-on considère les matrices de criticité pour le logiciel ? Je réponds que non, car il y a une confusion entre le lambda du logiciel, le lambda du matériel, le lambda des séquences d'entrées conduisant de manière déterministe à l'activation d'une erreur du logiciel. Il faut donc explorer tout le domaine du possible pour démontrer l'absence de risque.

Ainsi d'Ariane 5, qui de manière déterministe a été entraînée dans une rotation supérieure à 180° après 39 secondes, conduisant de manière déterministe à la catastrophe, après 500 vols sans problèmes.

Il ne s'agit pas d'un défaut matériel, mais d'une erreur cognitive, qui conduit de manière déterministe à la catastrophe.

Pour choisir une architecture pour les systèmes informatiques critiques, nous sommes placés dans une logique d'obligation de moyens. On nous dit : « Ayez confiance ». Je propose une architecture différente basée sur une obligation de résultats.

Les modèles d'évaluation des risques présentent beaucoup de mérites, mais reposent sur des connaissances incomplètes.

Comment faire face à une probabilité faible d'un risque infini ? Il faut se demander ce que nous sommes prêts à assumer, et si nous pouvons nous permettre de perdre le Concorde ou Columbia et continuer l'exploitation. Les risques pouvant entraîner ces conséquences doivent être éradiqués lors de la conception, ce qui ne coûtera pas plus cher s'ils sont pensés dès le début. Pour les systèmes informatiques, il faut valider formellement l'applicatif métier.

Reste une question : sommes-nous capables de considérer ces événements rares avant d'en avoir vécu un ?

Nicolas DECHY

Quels sont les biais les plus importants, ou qui font le plus peur, ou préoccupent le plus ?

Quels arguments portent le plus face à des décideurs ?

Comment transformer des incertitudes en marges de sécurité ?

Comment organiser des contre-évaluations, des contre-expertises ? Lorsque je travaillais à l'INERIS, nous avons procédé avec des experts européens à sept évaluations d'un même site SEVESO. Nous avons obtenu des écarts de 1 à 6 dans les conséquences, et de 3 ordres de grandeur dans l'évaluation des probabilités. Quel niveau de confiance avoir, de ce fait, dans les estimations des experts ?

La question de la qualité des données est aussi très importante. Il faut par ailleurs prendre en compte le coût des expertises. J'ai été sensible à l'intervention sur le besoin de renforcer les compétences et de réduire le turn-over.

Il faut aussi tenir compte du facteur organisationnel et du changement de paradigme, et développer le REX externe.

Je reviens sur l'exemple des accidents liés au nitrate d'ammonium. La vision de l'ingénieur segmente le REX. Elle considère qu'il n'est pas possible de tirer d'enseignements d'accidents trop éloignés techniquement, alors qu'il y a sans doute des possibilités d'enseignements par rapport aux questions organisationnelles.

L'exemple des gaussiennes est peut-être valable pour les questions matérielles, mais pas forcément à l'échelle systémique. C'est toute la question du mode de raisonnement, des croyances, des lignes acceptables ; vous dites qu'il faut prendre en compte le risque acceptable lors de la conception, mais pour moi, il doit être géré dans l'exploitation.

Marc ANTONI

Dans le ferroviaire, les risques n'ont pas changé depuis 150 ans. Un système bien conçu et validé réduit les risques. Par exemple, sur la ligne 14, la version mise en service en 1998 est toujours celle utilisée aujourd'hui, à comparer avec Windows par exemple. Une telle approche permet d'économiser et d'améliorer la qualité de service. Seulement, elle nécessite de réfléchir avant de coder. Ensuite, il faut être à l'écoute des signaux faibles, et de l'organisationnel : le système est fiable et sûr à partir d'un certain nombre de postulats, mais les postulats évoluent dans le temps. Si les axiomes disparaissent, il faut revoir la démonstration. Il est donc important de surveiller les signaux faibles ; ce n'est pas l'opérateur

qui est en faute lors d'un accident, mais bien plutôt l'organisation qui l'a placé dans cette situation.

Michel LUZI

Il existe une multiplicité de solutions potentielles : il n'y a pas de règle. Pour les événements exceptionnels, il n'existe ni historique, ni base. L'important, plus que le résultat, ce sont les hypothèses et le mécanisme de pensée. Or souvent, cette dimension est totalement occultée. C'est pourtant la problématique. Concernant les résultats que j'ai présentés tout à l'heure, pas un seul assureur français ne connaissait l'information de base.

Quant à la différence entre risques extrêmes et autres risques, ces risques obéissent souvent à des lois totalement différentes. On pense que l'extrême peut être extrapolé par rapport aux données quotidiennes, mais un tsunami n'a rien à voir avec la marée. Ces erreurs sont commises de manière fréquente, y compris dans le système bancaire. Il est impossible de définir une loi universelle.

Pascal SUDRET

Selon moi, le point le plus préoccupant est la propension à faire des REX un outil de décision sans une réflexion intelligente sous-jacente. Un événement rare, improbable, peut très bien se produire demain.

S'agissant des arguments pour convaincre les décideurs, ces derniers ont besoin de chiffres et de probabilités, car ils ont du mal à se positionner ; mais le principal est la crédibilité et le positionnement de l'expert en sécurité dans l'organisation. Pour pouvoir dire non, il faut savoir dire oui, c'est-à-dire accepter certains risques, sous peine d'être exclu de la prise de décision. En outre, ces refus doivent être justifiés par des arguments.

Quant à la marge de sécurité, dans le doute, il faut retenir une probabilité de 1.

En termes de conséquences, notre problématique sociétale est moindre qu'à la SNCF.

S'agissant de la dispersion des données, nous utilisons les mêmes outils depuis 10 ans, et nous utilisons toujours les probabilités de manière comparative, car il ne faut jamais décider dans l'absolu. L'analyste doit garder son bon sens.

Les accidents rares sont des combinaisons complexes ; il faut les imaginer, et construire un scénario qui y aboutisse. Le calcul de la probabilité intervient ensuite.

Yves DIEN

J'ignore comment organiser les contre-expertises, mais une question intéressante est celle de la définition d'un expert. Ainsi, lors de l'accident de Columbia, les managers ont interrogé un expert, mais ce n'était pas le bon. Or ceux qui l'ont interrogé ne le savaient pas, car ils ne disposaient pas d'une connaissance suffisamment technique des sujets qu'ils géraient. D'où l'importance de la technique dans la sécurité.

Par ailleurs, les sciences humaines préconisent l'approche compréhensive, c'est-à-dire l'appui sur la connaissance du terrain. Enormément d'experts ont un savoir théorique très puissant, mais le terrain est encore plus compliqué. L'équipe d'évaluation des débris qui s'était constituée comprenait des gens du terrain.

Il faut donc réfléchir à la définition des experts, ce qui renvoie à la question de la confiance. Mais comment savoir s'il faut faire confiance lorsqu'on ne comprend pas les sujets ? Il est important que les décideurs ne soient pas pilotés par un tunnel mental économique.

Quels arguments utiliser en phase d'évaluation des risques ? Pour moi, la sécurité est un sujet de débat. Il est difficile de prévoir un scénario. Par contre, l'on peut faire état de dérives et essayer de réfléchir à leurs conséquences possibles, car il n'est pas possible de prévoir, à mon avis, le scénario catastrophe qui se produira. La sécurité est matière à débat : il n'y a pas de preuves. Toute la question est celle de la rhétorique, de la tactique et de la stratégie. Il faut savoir dire oui pour pouvoir dire non.

De la salle

On entend de plus en plus parler de l'utilisation des réseaux sociaux dans le management des risques. Lors d'une crise, ils permettent de traiter beaucoup d'informations, mais on commence à en parler au-delà, pour détecter des cygnes noirs et les tuer dans l'œuf. J'ai été étonné d'apprendre que dans le cas de Brétigny, des réseaux sociaux auraient donné des informations utiles quelques jours avant l'accident.

Marc ANTONI

S'agissant de Brétigny, le mécanisme est connu, mais je ne veux pas parler de cette procédure. Je ne pense pas que l'analyse des réseaux sociaux aurait pu éviter l'accident, que ces alertes étaient suffisamment sérieuses pour être retenues. L'entreprise va mettre en place un numéro vert pour que tous les usagers et agents puissent signaler les chocs anormaux. Cependant, trop d'information tue l'information. Récolter l'information est facile, mais la traiter efficacement est plus difficile, et si on dispose de cette information et qu'un problème survient, ses conséquences sont encore plus graves. Les réseaux sociaux ne jouent pas pour la prévention initiale, mais plutôt pour la surveillance continue ; ils relèvent de l'ordre du devoir civique.

Sur les scénarios que l'on peut imaginer, il faut avoir une bonne connaissance de la technologie et de l'histoire. On ne peut pas imaginer ces scénarios si l'on est un simple ingénieur en sûreté de fonctionnement qui ne connaît pas le terrain. Il faut s'appuyer sur des gens expérimentés, et se méfier des gens qui s'autorisent à penser dans un bureau, comme disait Coluche.

De la salle

Je travaille sur les risques rares depuis longtemps. Notre réunion montre que ce sujet intéresse, car nous sommes beaucoup plus nombreux que nous ne l'aurions été il y a quelques années. Il faut rester positif sur le niveau de la connaissance dans ce domaine.

Un point fondamental de la culture du risque est qu'il faut rechercher les risques et les traiter en continu. Cette recherche se fait par une multiplicité de moyens ; attention à l'excessive critique par rapport aux efforts dispersés de ceux qui travaillent dans le domaine. Certes, notre ignorance est grande, mais beaucoup d'acteurs cherchent et avancent. En particulier, la quantification est une méthode très importante, même si elle est parfois mauvaise ou mal appliquée. Par exemple, le changement climatique est un sujet très complexe et correspond probablement à un risque extrême ; avant et après le rapport Stern, notre vision en est totalement différente. La quantification doit être lisible. La solution d'éliminer le risque majeur est éminemment souhaitable, mais en général, elle n'est pas possible.

Enfin, le « terrain » comprend une multiplicité d'acteurs, non seulement ceux qui connaissent le risque, mais aussi les gestionnaires ; il y a autant de terrain sur le terrain qu'à la Direction. Tous sont confrontés à des tensions et assument des responsabilités. Il faut leur proposer des pistes pour qu'ils puissent travailler sur la réduction des risques majeurs plutôt que le contraire. J'ai été très intéressé par ce que Marc ANTONI propose pour réduire les coûts tout

en améliorant la sûreté. La seule solution consiste à traiter le risque majeur tout en améliorant la sécurité tous les jours. Le problème des *risk managers* est que lorsqu'ils sont compétents, cela ne se voit pas, et ils ne progressent donc pas. Il est donc important d'aligner le rare et le quotidien.

Marc ANTONI

Lorsque je parlais d'éradiquer les risques, je parlais des automatismes ferroviaires, pour lesquels cette éradication est souvent possible au niveau conceptuel. Il faut favoriser une conception qui pense les risques, et non pas opposer le concepteur au *risk manager*.

Ceux qui décident doivent avoir une culture scientifique et être conscients de l'ingénierie. Certains décideurs qui sortent d'écoles d'ingénieur sont dans leur tunnel mental. Les priorités s'inversent entre sécurité, performance et économique. Désormais, il faut avant tout plaire au marché, puis sauvegarder la qualité, et la sécurité est l'affaire de tous. Il est important de promouvoir une vraie culture du risque pour envisager les possibilités d'événements graves.

Nicolas DECHY

Une des recommandations du *National Safety Board* après la catastrophe de Texas City était de remettre les ingénieurs au cœur des prises de décisions.

Marc ANTONI

Il est possible de faire plus sûr et moins cher, comme le montre l'exemple de la ligne 14. Nous connaissons mieux les lois et notre patrimoine, et pouvons donc mieux piloter la maintenance, ce qui permet réduire les coûts. Bien connaître les lois et bien les utiliser est plus sûr et moins cher.

De la salle

Vous avez évoqué des difficultés pour vous faire entendre vis-à-vis des décideurs et définir la notion de criticité. La notion de risque assumable très intéressante, par rapport à la notion éthique du risque acceptable. S'agissant du tunnel mental économique, n'est-il pas possible d'agir à cet endroit, en imaginant de créer une science de l'évaluation du coût du risque pour un industriel, qui puisse de manière objective évaluer le coût du risque, en termes d'image, en termes juridiques, en termes d'assurance, et même en termes directement financiers ?

Yves DIEN

Ma conviction est que la sécurité n'a pas de prix, mais qu'elle a un coût. Le problème est qu'elle porte ses effets à long terme, alors que les gestionnaires gèrent à court terme. Leur expliquer que des investissements dans la sécurité permettront à terme un bénéfice ne sert à rien. Voyez BP, qui aligne beaucoup d'événements dans tous ses domaines d'activité ; chacun leur coûte cher à tous points de vue, sans que l'entreprise ne change pour autant son comportement. Hopkins a écrit des ouvrages sur le golfe du Mexique et sur l'accident de Texas City. Il en est de même pour la NASA. Les ouvrages sur les Etats-Unis sont nombreux, car les industries américaines fournissent beaucoup d'informations, ce qui permet de travailler plus facilement qu'en Europe. Il n'est pas question pour autant d'en déduire que la sécurité y est plus ou moins importante qu'ici.

Souvenez-vous de l'accident de Challenger en 1986. Le livre de Diane Vaughan, qui y est consacré, sort en 1996. L'accident de Columbia survient en 2003.

Certains sociologues parlent de pression de la compétitivité. Les décisions sont prises à court terme, et la sécurité est vue sous l'angle du coût.

Pascal SUDRET

Je suis en total désaccord. La sécurité n'est pas décidée en fonction des résultats à trois mois d'une entreprise. Je suis désolé si c'est ce que vous vivez. Les budgets sécurité, les programmes de mise en conformité ou d'amélioration de la sécurité sont pluriannuels ; ils peuvent être décalés, mais ils ne sont jamais annulés. Cela étant, il est vrai qu'Air Liquide a une forte culture de la sécurité.

Yves DIEN

Pensez-vous que cet exemple soit généralisable ?

Pascal SUDRET

L'inverse n'est pas non plus généralisable. Il est plus facile d'écrire un livre *a posteriori* pour pointer les manquements que d'être en situation de décider avant l'événement. Des accidents majeurs continueront de survenir. L'important est de mettre en place des outils et moyens pour les minimiser, mais je n'imagine pas une société en butte à la concurrence, à la tension sur les prix et aux attentes élevées de ses clients qui puisse ne pas s'intéresser à la sécurité. Il y a forcément de mauvaises décisions, mais elles ne sont pas prises à dessein.

Yves DIEN

Ce n'est pas ce que je dis.

Session 2,

animée par Myriam MERAD, discutant Marc LASSAGNE

Penser le rare et penser l'extrême : les risques extrêmes et leur gestion vus par les chercheurs

Francis CHATEURAYNAUD

EHESS

Dominique VIEL

Mission de contrôle Ecologie et développement durable au ministère des Finances

Mohammed ABEDLLAOUI

HEC et CNRS

Francis CHATEURAYNAUD

Merci pour cette invitation à participer à vos travaux. J'ai beaucoup apprécié la discussion de très haut niveau de ce matin. Je me réjouis de voir l'assistance nombreuse d'aujourd'hui, qui témoigne d'un changement de paradigme en matière de gestion du risque, processus dont les sciences sociales n'ont pas été totalement absentes. J'évoquerai rapidement le rôle qu'a pu jouer le programme risque sur les situations de crise mené par le CNRS de 1994 à 2005, qui a permis de construire des réflexions à long terme.

Je serai concis, même si je me méfie des raccourcis, car il est difficile de dire en peu de mots la complexité. C'est d'ailleurs l'une des dimensions du politique.

Je commencerai par une sociologie des alertes et des controverses. Je n'utilise pas le mot risque, car je ne connais pas sa définition. En revanche, je m'intéresse aux événements qui surgissent et mettent en alerte. Aujourd'hui, nous sommes passés d'une période de silence à une période de prolifération des alertes et des controverses dans l'espace politico-médiatique ; c'est un moment où s'affrontent des versions et des visions du monde, y compris dans l'univers scientifique.

Je m'inspirerai ensuite du grand Franquin, auteur de la bande dessinée Gaston Lagaffe, pour vous présenter ce que j'appelle la « pragmatique du rebondissement ». J'essaie de comprendre comment il se fait que des thématiques ressurgissent, que des acteurs saisissent une balle au bond et en font autre chose, ce qui nous donne des trajectoires non linéaires. Il peut s'agir d'un accident ferroviaire, qui interroge les acteurs et les conduit à s'intéresser au rail européen, ou bien de dénonciations, de scandales, ou encore d'une étude publiée sur les OGM. J'essaierai donc de vous montrer comment on peut établir une sociologie du rebondissement.

L'activité visionnaire sera le cœur de mon exposé. J'essaie de comprendre comment s'énoncent les visions du futur, qu'est-ce qu'une anticipation, comment elle se distingue d'une prévision, qu'est-ce qu'une prophétie, tout en prenant en compte l'apport de la science-fiction. Il s'agit d'une démarche assez classique en sociologie. Max Weber fut l'un des premiers à s'intéresser à la prophétie en tant que telle. Il s'agit de voir comment une parole tournée vers le futur a tout à coup du crédit, ou n'en a pas. J'analyse la construction de l'activité visionnaire et la manière dont elle produit une performativité. J'aurais voulu vous montrer les

travaux que nous réalisons dans mon laboratoire sur le risque nucléaire, mais je crains que nous n'en ayons pas le temps eu égard à la complexité de ce dossier.

La sociologie des alertes et controverses se construit sur différentes lignes de raisonnement des sciences sociales face aux risques.

Le point de départ est l'opposition entre risque réel et risque perçu. J'ignore si l'on peut établir ce partage. Il est paradoxal de parler de risque réel, puisque le risque est le produit du calcul ; quant à la perception, elle relève de la vision, et est donc presque plus réelle que le calcul.

Il existe une version culturaliste du risque, conventionnaliste du risque (avec des espaces de calcul partagés par des acteurs hétérogènes) ; le risque apparaît comme un instrument cognitif de cadrage des politiques publiques et de gouvernement des personnes et des choses.

Les risques comme objet de controverses continues sont rendus irréductibles par l'incommensurabilité des enjeux et des acteurs (selon une sociologie pragmatique des controverses) ; on sort très vite du simple calcul de probabilités.

En second lieu, les risques sont perçus aussi comme une expérience du danger et de la vulnérabilité au cœur des activités ordinaires ou extraordinaires (selon une sociologie pragmatique de l'activité).

Je ne raisonne ni de manière quantitative, ni ethnographico-qualitative : je construis une casuistique, c'est-à-dire que je collectionne les cas en essayant de construire une base des controverses et alertes et de leur évolution.

L'enjeu de la casuistique consiste à faire varier les cas et à construire pas à pas les conditions de la comparaison. Il faut travailler les conditions d'un raisonnement sur cette base de cas. Il s'agit d'une démarche fractale : à partir d'un ensemble d'événements et de situations, rassemblés comme base d'exemples, il est possible de construire des heuristiques et des raisonnements collectifs.

Dans la série des controverses étudiées, je dégage trois formes d'administration de la preuve ou d'organisation sociale de la tangibilité : d'une part, le surgissement ; d'autre part, la logique d'enquête ; enfin, la production négociée d'un espace de calcul commun.

Comme il a été dit ce matin, nous vivons dans un monde de croyance. Cependant, l'on peut y trouver des points d'appui tangibles, qui permettent de caractériser les croyances comme des croyances. Je m'intéresse à la manière dont surgissent ces éléments de tangibilité. Quand la catastrophe se réalise, elle est déjà une démonstration par elle-même. Des logiques d'enquête se déploient pour essayer de la comprendre. Dans certains cas, les éléments factuels ne suffisent pas, mais ils sont fabriqués de manière négociée, grâce à des normes et des conventions qui permettent d'aboutir à une approximation commune et à des métrologies négociées.

Il faut porter attention à la notion d'incertitude, qui renvoie à différentes formes d'usage :

- l'inquiétude
- l'incomplétude liée aux formes de calcul et de marges d'erreur
- l'indétermination ou incertitude radicale, qui marque à la fois l'ouverture des futurs et la séparation ou la divergence des projets, ou l'absence de projet de transformation.

L'*European Environment Agency* réalise une casuistique des problèmes de santé et d'environnement. Je vous conseille la lecture de son dernier rapport, sorti en janvier 2013, qui s'intitule *Late lessons from early warnings* et élargit cette casuistique.

Pour certains, le « précautionnisme » est l'ennemi de l'innovation, du progrès et de la rationalité. Cette agence, taxée par d'aucuns de soutenir les thèses écologistes, a mis en ligne

un article sur les faux positifs : sur une cinquantaine de cas, seuls 3 n'étaient fondés sur rien. Le fait de sur-interpréter un signal d'alerte a plus de résultats positifs que de résultats négatifs, car il révèle le fonctionnement du dispositif, fait apparaître des conséquences qui n'étaient pas perçues, et oblige à prendre des alternatives.

Abordons maintenant la « pragmatique du rebondissement », c'est-à-dire l'idée des dossiers qui rebondissent : des dossiers qu'on pensait clos font à nouveau l'objet de débats. Je définis deux formes de conséquentialisme en conflit : d'une part, le conséquentialisme borné, dans lequel la liste des conséquences est établie et rendue calculable ; d'autre part, le conséquentialisme ouvert, dans lequel la liste des conséquences ne peut être fermée et les conséquences se découvrent au fur et à mesure, entraînant la création de nouvelles vulnérabilités mais aussi de nouvelles opportunités. Prenons par exemple la diminution des populations d'abeilles qui, d'un problème relatif à l'activité économique de l'apiculture, débouche sur la question de la biodiversité, entraînant des conséquences beaucoup plus lointaines et faisant émerger des temporalités, des vulnérabilités, mais aussi des opportunités inattendues.

Ceci renvoie à l'idée du pragmatisme et à la philosophie de Pears, qui naît du dépassement de l'opposition entre induction et déduction grâce à la proposition d'un raisonnement a-déductif, dans lequel des questions et des hypothèses peuvent être introduites dans les inférences, ce qui constitue un changement de paradigme complet et permet d'ouvrir des branches, stochastiques ou non, qui dépassent la logique linéaire des prémisses, raisonnements et conclusions. Pears, et d'autres philosophes américains, montrent qu'il faut parfois prendre en compte des hypothèses exclues a priori, savoir modifier les règles d'inférence, définir des métrologies.

En introduisant ce genre de raisonnement, on crée des accidents logiques, c'est-à-dire ce qu'on n'avait pas pensé devient pensable, ce qui était mineur devient majeur. Selon la théorie des *turning points*, un point est franchi après lequel ce qui était négligeable ne l'est plus, mais devient majeur au point de configurer des politiques, des institutions, à l'instar de ce qui s'est produit dans l'affaire du sang contaminé. Andrew Abbott a travaillé cette question comme un concept narratif, qui transforme la suite du récit. Il y a ainsi des décisions qui modifient le cours des représentations.

Un signal est lancé, émerge, rebondit ou retombe, donne lieu à des cycles. Cette trajectoire qui rebondit ou non, atteint son ampleur maximale lorsque le signal devient objet mobilisation politique. Puis vient une phase de normalisation, qui peut donner lieu ensuite à un nouveau départ. Dans le même temps se produisent diverses interactions avec le milieu et jeux d'acteurs ; cette trajectoire entraîne ou non des révisions des catégories et des croyances. Le modèle le plus parlant est, selon moi, le chat de Gaston Lagaffe. La trajectoire de la balle avec laquelle il joue n'est pas linéaire : elle connaît des rebondissements et des points de bifurcation.

Il n'existe pas de modèle téléologique ; certaines ruptures partent des choses mêmes (comme dans le cas d'une catastrophe naturelle), d'autres viennent de coups et de stratégies portés par un ou plusieurs acteurs. Différents cas sont envisageables, du cas des tremblements de terre qui renvoie aussi au niveau de préparation des acteurs, comme en Italie, au coup politique. Entre ces deux opposés, je distingue divers types de convergences et conjonctions. Il peut se produire une convergence de phénomènes de long terme et de pertes de prise technique sur des dispositifs ; ou bien encore la fédération ou la coalition de causes au fil d'un processus de fertilisation croisée et l'articulation de prises cognitives et politiques hétérogènes. Cette convergence puissante peut expliquer émergence de dossiers complexes comme celui des perturbateurs endocriniens, qui réunit toute une multiplicité d'acteurs : endocrinologues, écologistes, militants de la cause animale, écotoxicologistes... J'attends que

le dossier des particules fines coagule, car pour moi, les conditions sont réunies pour le voir émerger.

J'en viens à mon point principal, qu'il ne me reste malheureusement que très peu de temps pour le développer, à savoir l'activité visionnaire et la matrice des futurs, évoquée notamment par Bernard Cazes. Il s'agit de dire que l'on doit pouvoir ouvrir les futurs, c'est-à-dire avoir une pensée des futurs qui ne soit pas seulement une forme de masochisme cognitif consistant à dire que l'on ne peut pas penser les futurs, ou au contraire une vision déterministe ou volontariste. Les scénarii du GIEC sont typiquement prospectivistes dans l'esprit, c'est-à-dire qu'ils définissent un angle des futurs, puis raisonnent en laissant ouvertes des possibilités, voire en faisant varier les paramètres qui ouvrent ou ferment ces possibilités.

Dans tous les dossiers sur lesquels je travaille, je retrouve des visionnaires, des prévisionnistes, des prophètes.

Dans les visions du futur, il existe toujours une tension entre le « déjà » et le « pas encore », c'est-à-dire entre ce qui est déjà là, a déjà eu lieu, est déjà à l'œuvre, et ce qui va arriver, viendra ou est pour bientôt.

Une fois la vision du futur installée, trois niveaux de contrainte sont nécessaires pour rendre crédible une vision du futur :

- une échelle temporelle (« d'ici 2015, les X seront Y ») ;
- un modèle de transformation (« l'accélération de X va conduire inévitablement à Y »)
- une logique d'action (« il faut faire X pour aboutir à Y »).

Il est ainsi possible de définir huit régimes d'énonciation orientés vers le futur, sachant que sur le terrain, le risque est toujours d'attribuer à une situation le mauvais régime. Ils sont décrits dans un texte que vous trouverez en ligne et publié dans l'ouvrage collectif *Du risque à la menace*, dirigé par Dominique Bourg.

Myriam MERAD

Je vous remercie pour cette présentation qui nous permet de comprendre comment se créent les mobilisations sur du mineur et du majeur.

Francis CHATEAURAYNAUD a évoqué un certain nombre d'ouvrages. A la fin de la séance, nous vous transmettrons les différentes présentations, ainsi qu'une bibliographie indicative.

Mohammed ABDELLAOUI

Mon point de vue est celui d'un théoricien de la décision, à l'intersection des statistiques, des mathématiques, de la psychologie et de la théorie de la décision.

Je commencerai par un exemple liminaire, avant une introduction à l'analyse de la décision, puis un aperçu de ma recherche personnelle, qui porte sur la perception des événements rares par les individus.

En 2003, un célèbre casino de Las Vegas a été confronté à un problème de management des risques assez grave. Son chiffre d'affaires dépendait entre autres de produits connexes à l'activité du casino, dont l'hôtellerie, la restauration, mais aussi le spectacle que deux illusionnistes présentaient avec des tigres. Ils avaient déjà réalisé plus de 5 000 représentations lorsqu'un soir, l'un des félins a mordu gravement l'un des deux illusionnistes, mettant ses jours en danger. La principale attraction du casino s'est alors arrêtée et a occasionné de graves problèmes financiers pour le casino. Ce dernier, de par son activité principale, employait des analystes des risques très compétentes. Néanmoins, cet accident

correspondait à un « cygne noir » - un événement très peu probable. Les analyses de risque du casino ont donc été battues en brèche par cet événement rare que nul n'avait envisagé.

Les sciences de la décision cherchent à comprendre et améliorer la décision d'individus, de groupes, d'organisations. Cette agrégation s'avère très complexe. Ici je m'intéresse aux individus.

La théorie de la décision présente un discours commun avec les économistes, avec trois facettes. L'on peut élaborer :

- des modèles descriptifs, décrivant la réalité comme le font les sociologues et psychologues) ;
- des modèles normatifs, comme le font les économistes, théoriciens de la décision, qui disent ce qui est bon et ce qui ne l'est pas (ainsi de la transitivité des choix : si je préfère a à b et b à c, alors il est logiquement démontrable que je préfère a à c), même si, lorsque le choix devient multidimensionnel, le cognitif est mis en défaut et il devient difficile d'être transitif.
- des modèles prescriptifs (aspect partagé avec les médecins et les ingénieurs). Le passage du normatif au prescriptif se fait en utilisant des règles normatives pour aider à la décision.

Dans les sciences de la décision, on peut faire un tableau de l'individu au groupe, à l'organisation, à la société, de manière descriptive ou normative.

En théorie de la décision, l'aspect normatif s'oppose à l'aspect comportemental.

Dans les modèles normatifs, le décideur est parfaitement rationnel, a des préférences stables et des croyances stables.

Dans le modèle standard de la théorie de la décision, on modélise les alternatives de choix grâce à des distributions de probabilités. S'il y a probabilités, alors il y a risque ; si la démarche est seulement qualitative, il y a alors ambiguïté. Le modèle permet de déterminer une certaine aversion au risque.

Ce modèle permet de construire une échelle de préférences, de calculer quelle option est préférable. Il est ainsi possible de construire des fonctions de probabilité qui reflètent une appétence au risque. Malheureusement, il n'est que de peu d'utilité dans la vie réelle.

En effet, le calcul des probabilités n'est pas très intuitif ; des décideurs très bien formés commettent parfois des erreurs élémentaires. Ainsi de ce général qui, entendant que la probabilité qu'un missile touche Moscou était de $\frac{1}{2}$, répondait : « Alors, on les lancera par deux ! »

Une étude a été faite à l'ENSAM sur les distributions probables du CAC 40, et les distributions probables de la météo à Paris. Elle montre qu'on peut obtenir des résultats proches de la réalité en agrégeant les distributions individuelles.

Les attitudes vis-à-vis du risque sont reflétées dans une fonction d'utilité ; si elle est concave, elle reflète une risquophobie, comportement postulé communément par la plupart des sciences sociales.

Les études empiriques sur le comportement individuel montrent une distance non négligeable par rapport aux postulats du modèle standard de la rationalité. Ainsi, le décideur n'a pas de préférences et de croyances stables et bien définies.

Les déficiences de la prise de décision apparaissent dans le paradoxe d'Halley.

L'étude de Tversky et Kahneman montre quatre schémas d'attitude. Si la probabilité est faible, le sujet est risquophile, alors que si elle est forte, il s'avère avers au risque.

Ces constats ne peuvent être modélisés grâce au modèle standard.

L'article sur la théorie de Tversy et Kahneman, qui n'a été publiée que cinq ans après sa rédaction, est l'un des plus cités dans la littérature sur le management des risques.

L'idée est que puisque le modèle standard permet de transformer les conséquences, pourquoi ne pas changer les probabilités ? En cas de faibles probabilités, les sujets se montrent plus optimistes, alors que si les probabilités sont élevées, ils se montrent avers au risque. Les sujets surpondèrent les petites probabilités et sous-pondèrent les grandes probabilités. C'est une caractéristique commune et constante de la psychologie.

Le paradigme de prise de décision développé par un psychologue montre que l'idée des probabilités pour la prise de décisions ne marche pas dans la vie quotidienne, où on se base sur l'expérience. Le traitement subjectif des probabilités montre que les sujets surpondèrent les petites probabilités ; par contre, quand ils s'appuient sur l'expérience, ils ignorent les événements de faible probabilité, c'est-à-dire qu'ils les sous-pondèrent considérablement, et deviennent très avers au risque.

Prenons l'exemple d'un sujet qui doit choisir entre A et B, sachant que les conséquences et les probabilités sont inconnues ; en cliquant A, on voit apparaître les conséquences de ce choix. On teste une alternative A, puis on teste l'alternative B et on accumule l'expérience, sachant que l'incertitude perdure forcément. Une fois satisfait des tirages, on choisit.

A mon laboratoire, au lieu de demander aux sujets d'échantillonner autant qu'ils le veulent, on leur a donné un nombre de tirages limité, ce qui est plus proche de la vie quotidienne. En l'occurrence les conséquences sont connues, mais pas les probabilités. Même s'ils peuvent tirer autant qu'ils le veulent, les sujets s'arrêtent au bout d'un moment, et l'on voit qu'ils font bien la différence entre probabilité et fréquences ; une certitude sous la forme d'expérience est très différente d'une certitude sous la forme de probabilité.

S'il y a quatre tirages possibles, les sujets ne font pas confiance aux probabilités, alors que plus le nombre de tirages est grand, plus ils leur font confiance. Ils adoptent donc un comportement différencié selon la taille de l'échantillon.

Selon la « loi des petits nombres » citée par les psychologues, les humains décident à partir de petits échantillons.

On a tendance à ignorer les événements rares, donc à faire appel au mauvais modèle. On a tendance à sélectionner l'information dans le passé ; voyons l'exemple des reconstructions au même endroit où s'est passée une inondation quelques années plus tôt.

Par ailleurs, lors d'une expérience de tirage avec un dé, selon que l'on écrit « pair donne 0, impair donne 1000 », ou que l'on écrit toutes les possibilités, les sujets réagissent différemment.

Myriam MERAD

Merci pour cet exposé qui apporte des réponses à certaines questions posées ce matin par rapport à l'usage de la grille de criticité et les scénarios à très faible probabilité.

Dominique VIEL

Je travaille au Ministère des finances, dans une équipe qui réalise des missions pour le Ministère de l'écologie, pour l'industrie et pour le commerce et l'artisanat, autour du développement durable, qu'il s'agisse de la gestion des déchets, de la responsabilité des producteurs, de l'animation du groupe de parties prenantes sur la gestion efficace des ressources naturelles. S'agissant de la conférence environnementale, dans mon groupe, la

première question posée est celle du niveau de disponibilité des ressources naturelles. Les réponses apportées ne font que renforcer la complexité.

S'agissant des décisions politiques, il est rare qu'elles soient précédées d'une analyse préalable des impacts sur les ressources. Ainsi du Grand Paris : on n'a pas posé la question des ressources disponibles. En fait, nous savons qu'elles sont inexistantes. Il en est de même pour le SNIT – Schéma National des Infrastructures de Transport : la question n'a pas été posée. La loi devrait prévoir qu'il faudrait s'interroger sur l'impact et les conséquences des projets sur les ressources naturelles, et réfléchir en termes de durabilité.

Deux variables nous mettent en situation de risque : la recherche de performance à tout prix, et l'absence de réflexion systémique.

Prenons un premier exemple : une catastrophe du siècle dernier, à savoir le naufrage du Titanic en 1912. Ce naufrage n'aurait jamais dû arriver, non pas que le navire soit insubmersible, mais parce qu'il a sombré du fait d'un enchaînement d'événements : on n'écoute pas les signalements d'icebergs d'autres navires, on pousse le navire à vitesse maximale pour battre le record de vitesse du bateau concurrent, le veilleur n'a pas de jumelles car l'officier qui a la clé du placard aux jumelles a été remplacé avant le départ et a oublié de donner la clé à son remplaçant, alors que les autres officiers, équipés, eux, de jumelles, ne les ont pas données au veilleur. De ce fait, quand ce dernier voit l'iceberg, le bateau en est trop près et va trop vite pour s'arrêter. L'officier de quart fait virer le bateau qui reçoit le choc sur le côté, alors que s'il l'avait reçu de face, il n'aurait pas coulé, même si le choc avait peut-être été plus violent sur le moment. Les rivets sautent, car ils sont en fer et non en acier, par volonté d'économie. L'eau s'engouffre dans les compartiments car les cloisons ne vont pas jusqu'en haut de ces derniers. Lors de l'évacuation, on masque la réalité en prétendant qu'il s'agit d'un exercice. A tribord, les canaux n'embarquent que les femmes et les enfants, alors qu'il reste des places. A bâbord, les responsables se montrent plus raisonnables et embarquent aussi les hommes. Le nombre de canots est calculé par rapport au tonnage du navire, non par rapport au nombre de passagers. Seules 700 personnes survivent à ce naufrage, et 1500 sont portées disparues, alors qu'il aurait pu être évité. Le naufrage découle donc d'un mélange de recherche de la performance, d'une mauvaise circulation de l'information, et d'un manque d'adaptation. Il montre une faille systémique grave.

Abordons maintenant l'exemple actuel d'un territoire en crise : la Bretagne et ses bonnets rouges. En 2000, le diagnostic posé par des acteurs bretons aboutit à l'élaboration d'un plan d'action pour un développement pérenne de l'agriculture et de l'agroalimentaire, prévoyant un recentrage sur les produits à plus haute valeur ajoutée et une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux et sociaux. Il n'a jamais été mis en œuvre. Aujourd'hui, face aux mêmes symptômes, l'on pourrait espérer des réponses systémiques mais contrairement à la position du Conseil socioéconomique et environnemental, les syndicats agricoles plaident pour le maintien du modèle agricole actuel, et le Conseil régional a déclaré que la Bretagne devait rester une région productive. Il y a donc peu de chances de voir la situation évoluer favorablement.

Que faire pour résoudre ou mieux gérer ces problèmes ?

Je m'appuie sur la pensée de Mulanovich, un théoricien de l'écologie qui réfléchit à la durabilité des systèmes complexes en réseau. La structure d'un réseau affecte la viabilité à long terme d'un système à partir de l'équilibre de deux piliers : efficacité/performance, et résilience/capacité à rebondir. Il y a une fenêtre de viabilité, avec un optimum. Privilégier l'un ou l'autre de ces piliers pose problème. Trop de performance, et le système s'épuise. Trop de résilience est synonyme d'une absence de dynamique. L'équilibre est plus proche de la

durabilité que de la performance, mais nos systèmes d'aujourd'hui sont trop tournés vers la performance.

Le terme de résilience entre dans le vocabulaire, ce qui montre qu'on prend conscience de l'importance de ce concept, même s'il reste un peu intuitif.

La résilience a deux variables : la diversité et l'interconnectivité, c'est-à-dire le nombre et la variété des agents d'une part, et les relations entre ces agents d'autre part. Ainsi, quand le système est en crise, il existe davantage de canaux alternatifs pour trouver une nouvelle stratégie.

Dans les systèmes naturels, l'équilibre est trouvé automatiquement. Cette grille de lecture est applicable dans la plupart des systèmes complexes, naturels ou conçus par les humains.

Comment l'appliquer à l'entreprise ? Une entreprise est toujours en compétition, donc rester sur le marché suppose que l'entreprise soit une source de profit. La difficulté surgit si l'on cherche à maximiser les profits, car cela peut signifier que l'on dépend totalement du fournisseur le moins cher, ou qu'on vend au client le plus offrant, mais cette stratégie est un facteur de fragilité. Un fournisseur unique qui défaille est difficile à remplacer ; une entreprise dépendante d'un seul client est vulnérable. Il faudrait donc passer des contrats avec une multiplicité de fournisseurs et diversifier les clients, et entretenir des partenariats multiples.

De même, une entreprise ne devrait pas consacrer tous ses efforts de production et de R&D là où elle est la plus performante, car ce marché peut s'effondrer rapidement.

Ainsi, le profit global de l'entreprise doit rester positif, mais pas forcément maximal ; la différence entre le profit global potentiel et le profit réel correspond à une assurance pour la pérennité de l'entreprise, ou à l'investissement.

Toutes les entreprises en sont-elles capables ? Cette vision est appliquée plus facilement par les entreprises mutualistes et coopératives, car la rentabilité n'est pas leur seule valeur ; peut-être aussi par une entreprise familiale, pour laquelle la durabilité et la volonté de transmission aux descendants sont des dimensions importantes, ou par une entreprise non cotée, qui recherche la pérennité. Par contre, une société cotée en Bourse subit la pression des actionnaires et du marché ; il lui faut donc fermer des centres de coût si le taux de profit n'est pas suffisant. Cette même logique peut être appliquée à tout organisme.

Un autre exemple de réseau est notre système neuronal. Sa représentation a évolué : on pensait que le nombre de neurones était limité à la naissance et diminuait ensuite. Depuis une dizaine d'années, on sait qu'il existe une possibilité de génération de nouveaux neurones, mais que nous ne sommes pas égaux devant cette capacité, qui repose sur cinq conditions :

- continuer à apprendre et à s'émerveiller ;
- ne pas être soumis à un stress négatif excessif, ni à des pollutions visuelles et auditives trop importantes ;
- ne pas consommer de psychotropes de manière régulière ;
- éviter la sédentarité, pratiquer une activité physique ;
- avoir une vie sociale et affective active.

Ces cinq conditions s'inscrivent davantage du côté de la résilience que du côté de la performance.

La même logique s'applique à beaucoup d'autres domaines : ainsi, Robert Lieutard, spécialiste des monnaies alternatives, montre qu'elles complètent les monnaies nationales et peuvent permettre de créer de la richesse.

En conclusion, l'approche systémique qui réintègre la nécessité de penser la résilience permet d'envisager la prévention des risques et la gestion des crises dans une perspective de durabilité globale, c'est-à-dire de moins chercher des solutions cosmétiques, mais d'avoir une vision au-delà du symptôme. Cette approche est coûteuse, mais son coût correspond à un investissement ; c'est l'assurance que le système pourra rebondir en cas de crise.

Myriam MERAD

La nécessité d'aller au-delà des symptômes est ce que nous avons essayé de montrer à travers vos présentations ; la focalisation sur le mineur ou sur le majeur est une construction.

Yves DIEN évoquait BP et la multiplication des accidents que cette entreprise connaît sans qu'elle remette en cause son modèle ; elle s'explique en partie par la diffusion dans le monde d'un schéma d'entreprise qui vise le profit à court terme, d'où cette méconnaissance des risques.

Marc LASSAGNE

Nous avons écouté trois présentations aux postures très différentes et difficiles à réconcilier. Une question m'apparaît : ces trois présentations montrent comment on fait sens de l'objet que sont les événements majeurs à impact considérables, qu'ils soient réalisés en acte ou encore en puissance, ce qui pose aussi la question du rapport au réel.

Il est intéressant au point de vue épistémologique de voir les points de départ de chacun.

Pour faire sens, trois points me paraissent importants :

- la question du cadrage/décadrage, à deux niveaux. Ces présentations sont issues de disciplines différentes et ont donc des cadrages variés, qu'il s'agisse de l'interprétation sociale à travers les controverses et jeux d'acteurs, de la logique individuelle, à travers les questions de la pondération faibles probabilités et des décisions basées sur l'expérience, ou du prisme systémique. Il y a là une dialectique entre des représentations individuelles et collectives qui se répondent les unes aux autres.
- la question du rapport à la pratique : il existe un continuum entre théorie et pratique. L'ENSAM, à cet égard, est une école très particulière, puisqu'elle fonde sa pédagogie sur l'intelligence de la pratique et le rapport au réel, avec un passage par les ateliers. C'est une école à la fois archaïque, puisqu'elle a été fondée en 1780, et post-moderne, qui met en avant l'importance du continuum entre exécution et savoir, cassée par les logiques tayloriennes. La logique sous-jacente de cette journée est que les théoriciens et les praticiens se nourrissent mutuellement. Cette question se retrouve dans le domaine des risques majeurs par rapport à l'affirmation que décision et action ne sont jamais découplées, alors que les rapports entre ces deux activités humaines sont peut-être différents selon que l'on se trouve en situation normale ou dégradée. La même dialectique apparaît entre normatif et prescriptif, et dans la place de l'entreprise par rapport à l'autorité publique.
- Nous formons ici une communauté de pratiques ; nous discutons d'un objet, et nous réfléchissons aux cadres. Qu'apportent aux praticiens les sciences de la décision ? La perspective est très large ; aux praticiens de nous interroger. En quoi les concepts développés peuvent faciliter les décisions dans les entreprises ?

De la salle

Dans la gestion de projets, on considère des matrices de risques. Un événement décennal se voit attribuer une probabilité de 0,9, alors que celle des risques très graves est de 10^{-7} . Quelle échelle peut être raisonnable pour obtenir des scores réalistes ? La réglementation nous

demande d'évaluer des risques selon des échelles qu'aucune expérience humaine n'est capable d'appréhender.

Mohammed ABDELLAOUI

En général, dès qu'une probabilité s'approche de 1/10 000, les gens ont du mal à se la représenter, à part les statisticiens professionnels, qui réussissent à imaginer des manières de se la représenter. La situation est encore pire pour ceux qui travaillent sur la décision fondée sur l'expérience, car on peut échantillonner 100 fois sans qu'un événement pourtant assez probable apparaisse. Aux Etats-Unis, seule la moitié des sinistres est assurée. Une probabilité faible n'est pas représentable cognitivement parlant. Cela explique que même de grands statisticiens travaillant pour un casino n'arrivent pas à imaginer le risque d'une morsure du félin.

De la salle

Par rapport à l'appréhension des probabilités très faibles et des scénarios lointains, Marvin Reynes a introduit la notion de risque indirect, c'est-à-dire le transfert de l'appréhension du risque à une personne de confiance. J'ignore comment cela peut être théorisé.

Par ailleurs, vous n'avez pas décrit de typologie des décideurs ; on pourrait proposer de différencier l'exploitant, qui a ses contraintes diverses, l'administration, qui est chargée d'appliquer les règlements, le décideur politique qui fixe les grandes tendances, ou encore le capitaine des pompiers en charge des secours. Comment vos réflexions théoriques peuvent-elles se projeter sur tel ou tel type de décideur ou de décision ?

Francis CHATEAURAYNAUD

Il faut aussi réfléchir aux modèles de collectifs et de raisonnements. Les modèles de rationalité sont basés sur un raisonnement individuel qui modélise l'individu du libéralisme économique standard, ce qui est une fiction politique. Une autre fiction est celle du réseau. Mais tout dépend aussi de la nature des liens, qui peuvent polluer le réseau. Entre les deux, comment organiser le lien social ?

S'agissant des décideurs, où se logent les autorités, qui a autorité sur qui ? Les périodes de crise révèlent les limites des systèmes d'autorité tels qu'ils sont construits. Par exemple, les politiques utilisent le principe de précaution à l'envers de ce pour quoi il a été construit. Il faut étudier les évolutions des systèmes de pouvoir.

Il faut aussi poser la question de la composition des échantillons, des cadrages et constructions ; il faut remettre les acteurs dans leur système de relations, déjà très compliqué.

Un politique qui propose une décision alors qu'il n'a pas de vision de l'histoire longue risque de proposer la mauvaise option. Il existe une zone intermédiaire d'histoire institutionnelle, sociale et politique. Le décideur n'est pas facilement séparable de son système de relations. Il est difficile de dire qui a prise sur l'autre, et qui peut faire passer un message.

Dominique VIEL

Il est difficile de répondre à cette question complexe. Tout dépend du type de décision qu'il faut prendre. S'agissant du code de la route, par exemple, il n'est pas possible d'être trop nombreux à décider, sinon chacun voit son intérêt particulier. On délègue donc à des experts le choix de l'optimum collectif et on leur obéit.

En revanche, s'il s'agit d'un choix individuel, je le fais par moi-même.

L'augmentation de la résilience d'un territoire ne devrait être ni déléguée à des experts, ni poursuivie de manière individuelle, mais en essayant d'échanger des représentations, de partager une vision, de fixer des objectifs et de décider d'un programme d'actions. Ce choix relève du bien commun.

Les décisions ne se prennent donc pas de la même manière selon ces trois catégories.

Mohammed ABDELLAOUI

En théorie de la décision, on diagnostique les objectifs principaux des décideurs, qu'on désagrège en sous-objectifs, et on aboutit à un certain nombre de critères. On repère ainsi le décideur en fonction de ses valeurs et de la hiérarchie de ses valeurs, puis l'on peut ensuite essayer de réconcilier les uns avec les autres. Fondamentalement, chacun porte des attributs multiples. Je vous renvoie aux travaux de Ralph Kimmy à cet égard.

De la salle

Les modèles comportementaux montrent les difficultés pour les individus à prendre des décisions. Comment, dans une organisation gouvernementale, mettre en place des actions ? Utilise-t-on les théories de la décision ? S'agit-il d'une vision paternaliste ou de politiques libérales ?

Dominique VIEL

Nous ne nous fondons pas sur une quelconque théorie de la décision. Nous travaillons de manière pragmatique ; il n'y a pas d'effort de rationalisation des processus de décision. Cependant, on peut observer une évolution de l'Etat : on passe d'un Etat régalien, qui légifère et réglemente, à un Etat qui a accepté, depuis le Grenelle de l'environnement, le dialogue et la prise de décision, et la co-construction de plans d'action sur la base de décisions prises en commun. Nous observons un retour en arrière depuis, avec la conférence environnementale. L'Etat cherche une nouvelle posture. Quant à savoir s'il est libéral ou pas, c'est un cadre qui n'a pas vraiment de sens. Nous travaillons selon un pragmatisme qui manque parfois de rationalité, voire de procédures. Cela peut paraître paradoxal étant donné la multiplicité d'indicateurs et de procédures qui sont développés, mais au sein de l'Etat, tout reste assez pragmatique.

De la salle

S'agissant de la théorie de la décision, vous montrez les problèmes liés à l'utilisation des probabilités. Comment vous positionnez-vous par rapport aux méthodes multicritères ? Quelles utilisations en sont conseillées selon les contextes ? Théoriquement, l'utilité comparée est le Graal, mais dans la pratique, cette démarche est difficile à utiliser.

Mohammed ABDELLAOUI

Les méthodes d'aide multicritère ne supposent pas les mêmes conditions de rationalité, de transitivité etc. Elles ont eu leur temps de gloire, mais les méthodes basées sur le modèle d'utilité espérée ont été renforcées par les déviations constatées, qui ont permis d'en renforcer la robustesse. Les méthodes Electre sont très pratiquées quand il n'y a pas d'incertitude, mais sinon, on peut avoir besoin de davantage d'outils statistiques, de conditions de dominance qui ne sont pas présentes dans cette méthode. Je préférerais enseigner les deux méthodes, mais quand je manque de temps, je privilégie la méthode assise en termes de rationalité.

De la salle

On dit de ces méthodes que la manière de construire l'analyse est aussi importante que le résultat. Du fait de la diversité des décideurs et de la multiplicité des critères, il est possible de démonter le cadre de l'analyse, ce qui est intéressant par rapport à la méthode rationaliste.

Mohammed ABDELLAOUI

Les processus d'élucidation des préférences relèvent de l'architecture et de l'archéologie : l'analyste aide le décideur à construire ses préférences, mais cherche aussi à retrouver ses croyances les plus fondamentales. Il y a peu d'expérience de ces méthodes en France à ma connaissance.

Marc LASSAGNE

Cadrer un problème en définissant ses objectifs, ses possibilités d'action, les incertitudes et leur influence sur les choix permet une structuration moins claire.

Francis CHATEAURAYNAUD

Vous avez posé la question de la délibération. Ce processus est très important. Selon les personnes par qui on est entouré, ces processus diffèrent. Les processus participatif, délibératif, ont beaucoup augmenté depuis quelques années, et peu de domaines y échappent. Il est intéressant de s'interroger sur la manière dont à partir des individus, on construit de l'intelligence collective, ce qui était impossible tant qu'on restait dans une communication à distance et médiée.

Myriam MERAD

Sans être une adepte des méthodes Electre, j'en vois l'utilité en tant qu'élève de Bernard Roy, car elles permettent, dans des situations où il n'y a pas seulement de l'incertitude, mais aussi une multiplicité d'acteurs, de mettre à plat et de servir de catalyseur de débat pour les acteurs plutôt que pour résoudre les problèmes. Cela permet de faire ressortir les représentations, les attendus et les écarts de vision.

Mohammed ABDELLAOUI

Je suis tout à fait d'accord. Les méthodes multicritère permettent l'agrégation de préférences multidimensionnelles ou de préférences au niveau de groupes. Elles sont très puissantes, mais elles ne peuvent pas être présentées de manière superficielle.

Cela étant, quand il y a des ambiguïtés et des incertitudes, il est difficile de capturer les attitudes des gens vis-à-vis de cette ambiguïté et de cette absence de probabilité.

La question de la délibération est pertinente, mais en France, notre culture du management n'est pas une culture du partage de la décision. En France, tout vient d'en haut, à comparer à la NASA qui délègue la décision sur le choix du bras de la station spatiale internationale à un spécialiste de l'analyse des décisions, ingénieur de formation, enseignant à Harvard.

De la salle

Je suis impressionné par la qualité des débats et présentations et par celle des interventions et de la discussion. En tant que décideur, je suis frappé par le fait qu'on se cache derrière la théorie, alors que finalement, c'est la valeur du décideur qui compte. Un décideur industriel doit faire en sorte que son entreprise fonctionne. Comment se mesure la valeur du décideur industriel ? Car c'est bien lui qui donne les orientations et est responsable ou non du succès.

Marc LASSAGNE

Ce n'est pas seulement une question de valeur du décideur, mais aussi le fait du hasard. Il est difficile de séparer le talent de la chance et de l'incertitude. Il n'y a pas de solution évidente à cette question.

De la salle

Vous parlez de la valeur du décideur, mais celui-ci est rarement seul ; il doit savoir s'entourer, écouter, ce qui est pratiqué depuis toujours. La plus grande des qualités du décideur est de savoir quoi déléguer et de faire confiance, et non pas forcément de savoir prendre des décisions selon un modèle théorique.

Dominique VIEL

M. GOES a travaillé sur la pérennité des entreprises ; il a mis en évidence plusieurs facteurs communs. Un chef d'entreprise a de la valeur s'il sait les intégrer. Beaucoup de choses reposent sur les valeurs du chef d'entreprise ; je connais des sociétés qui ont aboli les hiérarchies, dont FAVI, équipementier automobile, qui a mis ses salariés aux commandes, ce qui lui a permis de supprimer la DRH et divers services centraux. L'entreprise ne licencie pas, mais invite les salariés à changer de poste s'ils sont insatisfaits. Ce système fonctionne très bien dans cette société. Dans le sud-ouest, un fabricant de gâteaux, POULT, au bord du dépôt de bilan, a de même supprimé la hiérarchie ; les anciens chefs sont devenus des veilleurs et conseillers. Ce passage a été bien préparé, mais il s'est fait d'un coup. Chaque ligne est autonome et peut expérimenter ; il n'existe pas de service du marketing qui prépare ou interdit les projets. La société a retrouvé une rentabilité très honorable.

Francis CHATEAURAYNAUD

Je retiens idée de vision : peu importe qu'il s'agisse d'une personne ou un groupe, il est intéressant d'étudier comment une vision convainc. Cela me paraît plus intéressant que terme de valeur, qui nous entraîne dans des polarisations normatives très fortes. Ce qui caractérise les acteurs qui réussissent à rendre des systèmes résilients, c'est leur capacité d'ouvrir l'avenir, de produire du potentiel et du futur là où prévalaient le repli sur l'intérêt privé ou la saturation de signes et de demandes *d'accountability*. Le lanceur d'alerte signale un danger, mais il essaie aussi de le rendre réversible en passant la balle aux autres, y compris à de nouveaux acteurs. C'est cette capacité de partager des visions qui fait la différence.

Mohammed ABDELLAOUI

Déléguer aux autres est important, y compris le fait de déléguer aux académiques ; les praticiens ne peuvent pas tout redécouvrir tous seuls.

De la salle

Vous posez les problèmes de manière très claire, mais je ne vois pas comment cristalliser vos réponses dans l'entreprise et les mettre en application dans la pratique. Par exemple, s'agissant du Titanic, la personne qui a décidé de remplacer les rivets en acier par des rivets en fer a dû prendre bien d'autres décisions au cours de sa carrière. Combien de décisions critiques doit prendre un chef de projet pour que son usine fonctionne ? Il ne peut pas compter sur la chance pendant 50 ans. Comment faire pour transmettre vos études de manière simple et applicable dans un monde où le nombre de décisions critiques est énorme ?

Francis CHATEAURAYNAUD

Il faut essayer de créer des scènes et arènes où les tensions sont visibles, comme dans le cas de la souffrance au travail. Il est important de montrer les interactions entre les uns et les autres, de recréer du public, de montrer ce que c'est que de vivre dans une organisation, pour éviter de se laisser développer une vision, soit du silence, soit paranoïaque, soit de justice après coup.

Dominique VIEL

Dans le monde de l'entreprise, les outils ont évolué. Il existe des référentiels en matière de RSE, par exemple l'ISO 26 000, qui permettent d'aider à la décision et de vérifier si des problèmes ont été évités.

Marc LASSAGNE

N'hésitez pas à nous ouvrir vos portes pour que nous en discussions concrètement.

Table ronde : Quelles voies nouvelles pour mieux gérer les risques majeurs ?

animée par Myriam MERAD

Didier RICHARD

IRSTEA

Pierre TOULHOAT

INERIS

Éric CHOJNACKI

IRSN

Myriam MERAD

Nous avons la chance d'avoir parmi nous trois représentants d'institutions d'expertise qui font le lien entre théorie et pratique pour appuyer les entreprises, institutions, collectivités locales et autres.

Didier RICHARD

L'IRSTEA est une institution d'expertise, mais aussi un organisme de recherche. Je parlerai de la prévention des risques naturels en montagne, et des nouvelles approches pour l'aide à la décision, qui me paraît une bonne illustration des thèmes d'aujourd'hui.

Il existe en montagne différents types de risques, notamment les risques gravitaires : avalanches, crues torrentielles, chutes de blocs.

Par rapport à d'autres phénomènes à risque, il s'agit de phénomènes soudains et violents, qui entraînent très vite des victimes humaines. Leur mesure directe sur le terrain s'avère très compliquée en raison de la force des impacts, mais aussi de la rudesse et des conditions des milieux de montagne. Les chaînes d'acquisition de données doivent être très robustes, ce qui n'est pas toujours possible. Il y a donc peu de données d'enregistrement par rapport à des risques comme ceux d'inondations par exemple.

Les variables de ces fluides complexes pas forcément accessibles, ou le sont au moyen de dispositifs lourds, non généralisables. Par exemple, la mesure de la densité de la neige des avalanches ne permet d'obtenir que des données lacunaires, hétérogènes. Dans un contexte de forte incertitude, nous sommes face à une imperfection des données, incomplètes, inconsistantes, imprécises, entachées d'incertitude.

En matière d'événements rares, je suis gêné par la distinction entre risques anciens et risques émergents, dont ceux qui résultent du changement climatique. Cela semble sous-entendre que les incertitudes seraient plus fortes pour les risques émergents, ce qui ne me convainc pas. La distinction entre risques courants et ordinaires n'est pas forcément adaptée pour traduire la gradation par rapport à l'incertitude dans la caractérisation de ces phénomènes. Certes, les événements rares sont plutôt liés à une incertitude forte, mais les niveaux d'incertitude associés à des événements même peu rares peuvent être très différents. Les risques gravitaires en montagne sont entachés d'incertitude même pour des événements relativement courants.

Il existe différents contextes de décision ; prenons l'exemple de la gestion intégrée des risques naturels, qui inclut différents acteurs soumis à la prise de décision. L'expertise peut placer l'expert en situation de décision, que ce soit pour l'usage des sols PPR, les valeurs de dimensionnement des infrastructures et ouvrages, la programmation d'investissements, la préparation de dispositifs gestion de crise etc.

L'approche traditionnelle probabiliste est efficace, quand elle est faisable ; elle s'appuie sur les chroniques d'enregistrement de la variable choisie pour extrapoler vers des valeurs extrêmes, par exemple pour l'hygrologie. Elle nécessite de disposer de données en quantité et en qualité suffisante. Elle est adaptée à des problèmes monovariés, par exemple les inondations : le débit de pointe lié à l'écoulement détermine le débordement.

En revanche, les avalanches sont un problème multivarié. L'avalanche de Montroc en 1999, qui a causé 12 morts, a une période de retour, par rapport aux chutes de neige sur les trois ans, estimée à 5 ans ; en termes de cote d'arrêt, sa période de retour est de plus de 50 ans ; en termes d'énergie, elle est estimée à 300 ans.

La sélection des variables pertinentes n'est donc pas simple, et la disponibilité des données sur un niveau suffisamment long fait qu'on retient parfois une variable indirectement liée à la variable pertinente, ce qui nécessite le recours à des modèles complexes.

Pour caractériser les périodes de retour des avalanches, on ne peut pas se limiter à déterminer les caractéristiques d'une avalanche par simple extrapolation de la cote d'arrêt, car ce n'est pas une variable intrinsèque du phénomène, comme le débit d'une rivière. Sinon on aboutirait par extrapolation simple à une altitude inférieure au fond de vallée. Il faut donc ajuster les lois de distribution en tenant compte des modèles dynamiques d'écoulement, et déterminer les scénarios de référence souhaités par interpolation à l'intérieur de l'échantillon simulé de grands effectifs.

Ces approches nécessitent toujours un minimum de données. En France, nous avons la chance de disposer d'une base de données très riche : l'enquête permanente sur les avalanches (EPA) recense toutes les avalanches, parfois depuis 100 ans, sur 4 000 couloirs dans les massifs alpins et pyrénéens. Grâce à ces observations, on a pu commencer à obtenir des résultats sur l'impact de l'évolution climatique sur les avalanches. En moyenne, depuis les années 70-80, elles iraient un peu moins loin, avec une augmentation de la proportion d'avalanches humides par rapport aux avalanches de neige froide. Les dispositifs d'observation de long terme sont fondamentaux par rapport à la prévention d'événements rares. Il serait regrettable que les tensions budgétaires actuelles entraînent des difficultés pour les observatoires existants.

Dans le domaine des avalanches, les données ne sont pas partout disponibles. Nous cherchons à exhiber des corrélations spatiales pour pouvoir les extrapoler aux couloirs non explorés.

Les phénomènes torrentiels n'ont pas d'équivalent en termes d'observation, ce qui renforce la nécessité d'avoir recours à l'expertise pour les gestionnaires et décideurs.

Un des premiers décideurs est l'expert, qui a des données d'observation, d'analyse, d'interprétation de calcul hétérogènes et imparfaites qu'il doit comparer et croiser, pour se forger une opinion sur la réponse à apporter au commanditaire. La préférence accordée à tel ou tel critère, la confiance dans tel ou tel donnée, la manière de les croiser sont souvent très informelles, voire opaques. On obtient souvent autant de réponses que d'experts. Il est important de formaliser les processus d'expertise, l'évaluation, la pondération, et l'agrégation des critères. Différentes méthodes existent pour cela y compris pour tenir compte d'avis d'experts différents. Cependant, il est difficile de faire expliciter aux experts les règles qui guident leur choix et encore plus de les traduire en grille de critère. Nous y travaillons depuis quelques années.

Un autre enjeu est de conserver dans le résultat final la trace des incertitudes diverses rencontrées dans le processus. Il n'est pas certain que ce soit le cas aujourd'hui dans les expertises livrées.

La place de la modélisation numérique est fondamentale : il s'agit de savoir comment le modèle numérique propage les incertitudes importées par les données d'entrée, les conditions limites, en particulier au plan spatial par rapport au terrain servant au calcul, et comment représenter spatialement ces incertitudes.

C'est une question récurrente : dans le domaine de l'estimation des événements extrêmes, s'en remettre à la modélisation numérique par défaut nous préoccupe beaucoup, car elle est bâtie et validée sur la base d'événements connus. Il n'est donc pas certain qu'elle soit valable pour appréhender des événements inconnus.

L'évaluation des dommages implique de passer de l'étude de l'aléa à l'étude du risque, en incluant les enjeux et la vulnérabilité. Nous avons affaire à des systèmes environnementaux, sociaux, dont la dynamique découle d'interactions complexes. Les attentes sont donc très fortes vis-à-vis de la recherche. Nous ne pourrions répondre que si nous savons décrire les incertitudes et proposer leur prise en compte dans le processus de décision. Cela ouvre des champs de recherche orientés vers l'évaluation des dommages et conséquences, et cela suppose d'élargir la prise en compte des critères pour structurer l'aide à la décision en tenant compte à la fois des critères relatifs aux caractéristiques des phénomènes, mais aussi des enjeux du territoire, de la criticité des réseaux, de l'attractivité des pôles qu'ils connectent, etc.

En termes de perspectives, on développe beaucoup l'évaluation de l'efficacité des ouvrages et dispositifs de protection, voire l'efficacité des mesures de protection, en étudiant les aspects fonctionnel, structurel, économique. Se pose la question de l'adaptation des méthodes des risques industriels. Nous sommes convaincus qu'il y a une plus-value à croiser ces systèmes et approches. Enfin, il faut aussi intégrer les critères sociaux et humains.

Pierre TOULHOAT

Les orientations prises à l'INERIS sont un peu différentes, car l'activité industrielle est au cœur de nos préoccupations, notamment les institutions classées SEVESO, ainsi que les conséquences environnementales chroniques ou à court terme, et les risques liés au sous-sol et au stockage, à la frontière entre risque naturel et technologique. Nous sommes impliqués dans l'interaction entre ces risques à travers la problématique Natec. Je détermine différentes étapes. La première est celle de la prévention/mitigation des risques pour une installation en projet, en fonctionnement ou en développement. C'est une étape majeure, où l'ensemble des compétences des experts et chercheurs est mobilisé, en incluant les aspects humains et organisationnels. Les sources des accidents industriels se trouvent à 80 % dans ces aspects. Cela doit trouver son écho dans l'aide à la décision.

Pour l'aide à la décision et l'analyse multicritère, il existe des plans de prévention des risques technologiques et risques miniers. Il faut prendre des décisions relatives à l'urbanisme et à la gestion d'un espace incluant de nombreux acteurs. Les méthodes multicritères, les méthodes PPRM, les études présentées aujourd'hui peuvent être appliquées.

La notion de scénario autour d'un accident majeur et de ses conséquences est très importante. Sur les risques majeurs, comme le risque nucléaire, ou les problématiques à très long terme comme le stockage des déchets nucléaires, l'on n'a pas assez travaillé à la construction collective du scénario. On n'est jamais assez inventifs : ce travail doit être un effort partagé avec les acteurs ; cette piste mérite d'être approfondie. L'ensemble des parties prenantes doivent être incluses, au-delà des pouvoirs publics, de l'exploitant etc.

Il existe 4 principes de Leak et Setcliff :

- apprendre des échecs (ce qui signifie qu'il est très important de prendre en compte le REX) ;
- vérifier les pondérations à partir des situations accidentelles dont les conséquences sont connues ;
- tirer parti de l'expertise des opérateurs, confrontés au quotidien au risque, qui ne sont pas les décideurs à grande échelle mais prennent des décisions au jour le jour qui peuvent être lourdes de conséquence. Cette expérience doit être prise en compte pour les pondérations.
- consentir des moyens, au-delà des objectifs à court terme de rentabilité, et favoriser la résilience, être plus créatif et inventif pour les solutions de mitigation.

Cette décision ne se construit pas dans l'urgence.

Pour aider les décideurs pendant une situation de crise, il faut un dispositif d'une autre ampleur. Il faut prendre les bonnes décisions rapidement tout en posant la question des conséquences, processus nourri par réseau d'experts. Ainsi, utiliser de l'eau salée pour refroidir un réacteur par exemple, peut résoudre un problème à court terme, mais à long terme, cette décision peut être très lourde de conséquences. Je ne suis pas sûr que des concepts théoriques puissent se décliner aussi rapidement.

Vient ensuite la gestion de la situation post-accidentelle : il faut éviter le suraccident, préserver la population et l'environnement, ce qui implique des décisions multiples de sauvegarde, d'interdiction etc. L'aide à la décision doit être déclinée de manière originale, car nous intervenons dans des situations réelles à enjeux très importants en termes de vies humaines et de biens matériels. Le monde académique devrait projeter ses idées sur ces situations particulières qui mettent le décideur en position de responsabilité très lourde. Une telle responsabilité est très lourde à porter pour les gestionnaires d'installations et décideurs qui doivent prendre une décision très rapidement. La déclinaison de la théorie à la pratique en situation d'urgence se fait de manière empirique ; il y a des points d'attention. En tant que directeur scientifique de l'INERIS, j'attends de savoir comment passer de concepts théoriques à des décisions pratiques, dans les différents types de situations où l'on est confronté à l'urgence. Le panel des compétences académiques n'est pas complètement mobilisé dans ce champ.

L'INERIS se trouve entre les industriels, l'administration et le politique, qui nous consulte à titre d'experts, même si le scientifique doit aussi savoir s'impliquer en mobilisant une expertise de manière transparente et réfutable par les pairs.

Éric CHOJNACKI

Je chercherai à illustrer le lien entre risque et science de la décision. En tant que praticien de l'analyse du risque, cette démarche n'est pas si simple par rapport à nos collègues ingénieurs, qui caractérisent un phénomène physique, mais ne le pensent pas forcément en lien avec le risque et la science de la décision.

L'IRSN cherche à préserver l'homme d'éléments radioactifs diffusés suite à un accident en centrale, ce qui suppose des discussions avec le constructeur, l'autorité de sûreté et les intervenants de la société civile.

Le risque d'un système complexe vient de ce que personne n'a une vision à la fois globale et précise du système, en raison de multiples acteurs, de données en nombre et nature différentes, et de nombreux modèles. Ce sont les interfaces qui posent problème.

Je définis le risque comme la probabilité qu'une personne ou un bien subisse un préjudice ou des effets nocifs en cas d'exposition à un danger. Cette définition n'est pas forcément la même pour un juriste ou un ingénieur.

L'article 4 de la loi de 2003 prévoit que l'étude de risque doit fournir les bonnes informations pour pouvoir prendre la bonne décision.

Vis-à-vis du risque, l'approche déterministe prévoit une défense en profondeur. Le combustible est protégé par sa gaine, puis par une cuve, et par une enceinte. Il existe aussi des systèmes physiques de protection pour récupérer une défaillance.

Les experts nucléaires avaient affirmé à Gorbatchev qu'une centrale nucléaire était aussi sûre qu'un samovar et que l'on pouvait en construire une sur la place Rouge. En fait, Tchernobyl a résulté d'incidents moins graves qui ont percolé et ont abouti à l'accident. Dans le cas de Fukushima, le tsunami a fait que le risque est devenu déterministe, et les ordres de grandeur retenus étaient faux.

Comment mesurer la probabilité d'un élément simple ? Prenons un exemple dans lequel la longueur d'un segment sécant du cercle circonscrit à un triangle équilatéral est supérieure à celle du côté du triangle. Différents processus mentaux sont envisageables pour calculer cette probabilité. Il en est de même quand on calcule la probabilité d'un scénario.

Comment quantifier le risque associé à un système complexe ? La NASA envisageait un risque de 10^{-4} par lancement. Finalement, elle a subi 2 accidents sur 135 lancements. Le nucléaire ne fait pas beaucoup mieux. Il semble donc qu'on sous-estime le risque.

Le risque n'est pas un objet bien délimité dont le contour serait accessible par la certitude scientifique : il faut intégrer le niveau de connaissance du problème étudié, ce qui n'est pas toujours aisé. Pour autant, il ne faut pas refuser la quantification du risque, car elle impose rigueur et force opérationnelle. Simplement, il faut faire attention à la complexité du problème dans sa globalité.

L'étude du risque doit être abordée au regard des sciences de la décision : il faut définir les informations nécessaires en y intégrant leurs limites.

Parmi les apports et voies nouvelles pour cela, le premier problème est la représentation de la connaissance. Associer une probabilité à un événement suppose une granulométrie. Prenons l'exemple de la probabilité de non vie, de vie primaire et de vie intelligente dans la galaxie d'Andromède. Sans informations complémentaires, on pourrait attribuer une probabilité de 1/3 à chacune de ces propositions. Jusqu'où peut-on découper la connaissance ? Je vous renvoie à une étude d'évaluation du risque de leucémie du Groupe Radiologique Nord Cotentin 2002. Sur quel mode éliciter la connaissance ?

La théorie de Gemster Shafer, sur les atomes de connaissance, est intéressante à ce point de vue. Jusqu'où peut-on décomposer la connaissance ?

Un autre problème est celui de la synthèse d'informations de sources différentes portant sur une même grandeur. Comment quantifier la meilleure information par rapport à une autre ? Comment fusionner les sources ? On a souvent tendance à concentrer tout le poids sur la partie commune, ce qui peut aboutir à des biais. La moyenne est compliquée à faire.

Prenons l'exemple d'une expertise sur le scénario d'une grosse brèche sur une boucle expérimentale et une simulation réacteur (sans données). Les 14 instituts sollicités ont abouti à des résultats très différents et difficiles à synthétiser. Sans méthode, il est difficile de tirer des conclusions.

Les outils de synthèse permettent de repérer les conflits, par exemple, sur quoi les experts jouent pour récupérer des résultats qu'ils connaissent par avance. Ils aident à mettre en évidence des connaissances implicites, non remontées sinon.

Une autre difficulté touche à l'agrégation de données incommensurables, portant sur des grandeurs différentes. Le risque est souvent ramené à deux grandeurs : probabilité et gravité. Comment hiérarchiser dans ce cas ? L'on peut faire le produit des deux, mais l'on aboutit à des résultats différents, si l'on connaît mal la probabilité ; il faudrait avoir des marges, comme pour la gravité. D'où l'avantage à passer par des étapes intermédiaires pour agréger des données incommensurables.

Pour l'étude d'évaluation d'un préjudice, nous interrogeons les parties prenantes et nous essayons de déceler un consensus sur des enjeux communs, ce qui permet de les numériser et de les synthétiser. Ce processus est plus facile à partir d'une étude de cas que dans l'absolu. Cependant, la théorie nous apprend qu'il n'est pas facile de maintenir la transitivité. Les méthodes ELECTRE respectent la transitivité, mais laissent transparaître des notions d'incomparabilité, ce qui est un très gros avantage quand plusieurs acteurs sont en présence. Il faut pouvoir conserver une certaine liberté dans les modèles pour que des éléments de caractérisation consensuels soient intégrés, même si la décision elle-même ne sera pas forcément consensuelle.

S'agissant des notions de gravité, nous pourrions construire des indicateurs plus développés, notamment pour les événements rares à conséquences graves.

Pour la co-construction, il est important de modéliser les raisonnements. La capacité d'opposabilité est un élément crucial. Le formalisme des réseaux probabilistes est beaucoup plus efficace que celui des arbres de probabilité, car ces derniers présupposent que l'on dispose d'une vision exhaustive du problème. C'est pourquoi nous raisonnons en probabilité conditionnelle.

Pour donner du sens au mot résilience, il faut lui donner du contenu pour qu'il puisse être intégré au niveau opérationnel.

Quelles actions imaginer en amont pour l'après ? Savoir comment gérer une crise suppose aussi de définir toute la liste des scénarios imaginables, car souvent les acteurs se trouvent dépourvus quand survient un scénario non prévu. Il faudrait développer un système générant des scénarios non prévus pour tester la résilience du système.

Nous avons évoqué la multiplicité des acteurs. Il faut être capable de contractualiser la connaissance. Suivant le destinataire d'une expertise, les résultats sont très différents, de même que les résultats en termes de gestion opérationnelle.

Le risque renvoie au problème de la décision sous incertitude. Les renforts et voies nouvelles qui seraient appréciés seraient de travailler à représenter l'incertitude, évaluer et fusionner les sources d'information, agréger les données incommensurables et modéliser les raisonnements avant validation.

Myriam MERAD

Nous avons sciemment choisi de ne pas séparer les risques industriels et technologiques des risques naturels, et de les éclairer par discipline de rattachement. Même les éléments les plus techniques font toujours l'objet d'arbitrages.

Que pensez-vous de la gestion des tensions entre institutions d'expertise et de recherche et politiques, sachant que les premiers doivent répondre à des demandes immédiates, mais aussi

à des demandes de long terme ? Comment dépasser le clivage entre facteurs techniques, organisationnels et humains, pour se saisir des risques majeurs grâce à la pluridisciplinarité ?

En termes de temporalité, pour une expertise en situation de prévention ou en situation de crise, comment les institutions travaillent-elles sur ce besoin de rendre vite une conclusion, quitte à simplifier outre mesure, sachant qu'elles engagent aussi leur responsabilité à la fois légale et éthique ?

Pour faire tomber la barrière entre les différents types de risque, quelle nouvelle forme possible de gouvernance des institutions d'expertise et de recherche pourrait-on imaginer, avec quels liens envers les autorités, les industriels et les collectivités ?

Pierre TOULHOAT

Ce sont là des questions complexes, renvoyant à la fois à la politique de recherche, à la place des instituts d'expertise et à la gouvernance.

Sur la gouvernance, l'INERIS privilégie une approche pragmatique, avec la mise en place d'une commission d'orientation de la recherche et de l'expertise, qui comprend plusieurs collègues (élus, académiques, pouvoirs publics, syndicats, industriels, société civile), pour proposer une évaluation non pas scientifique mais sur les questions posées. Cette commission de 15 membres travaille sur des cas concrets de nos programmes d'expertise, et dit si les questions posées répondent aux attentes, si elles sont correctement formulées, et si d'autres questions ne sont pas oubliées. Nous avons par exemple travaillé de cette manière sur les gaz de schiste. Cette expérience de maintenant trois ans nous a beaucoup apporté. Ces questions concrètes nous sont très utiles. Nous travaillons de même avec nos commissions scientifiques : l'année dernière, nous avons organisé un séminaire sur la notion d'incertitude et de communication de l'incertitude.

Quant à la manière dont la recherche peut être mobilisée de manière pluri ou transdisciplinaire, c'est un sujet récurrent des instituts d'expertise. Il faut avancer sur des problèmes concrets. Je ne suis pas sûr que nous ayons les moyens d'avancer sur la théorie : nous devons nous appuyer sur les académiques pour mobiliser le meilleur de la science, en définissant bien nos attentes. Nous avons la chance à l'INERIS d'avoir 80 métiers différents ; c'est une richesse qu'il faut savoir mobiliser, et ce travail de longue haleine n'est pas simple.

Denis RICHARD

S'agissant des tensions entre demandes immédiates et demandes de long terme, elles existent en effet. Sur les risques naturels, nous avons la chance d'entretenir des relations de longue date avec le Ministère de l'écologie et la DGPR. La question de l'évaluation de l'efficacité des ouvrages et dispositifs et mesures de protection et des critères de cette évaluation est tout à fait centrale. Nous avons eu des discussions avec le Ministère, la DGPR, le service de restauration des terrains en montagne et leur avons expliqué que nous ne disposions pas forcément de toutes les bases scientifiques pour leur répondre très vite. Finalement, une thèse vient de démarrer, où ces trois acteurs sont associés dans le cadre d'un programme pluriannuel. Cela devrait pouvoir nous permettre de produire des grilles et d'avancer des éléments de réponse, même partiels. Le risque que nous essayons d'éviter est d'apporter des réponses grossières qui soient déjugées quand la connaissance aura progressé.

Le scénario inverse peut aussi se produire : il peut arriver que nous ayons lancé des recherches de longue date qui nous permettent d'avancer des réponses rapides aujourd'hui. Le fait d'avoir des relations étroites et conventionnées avec le Ministère nous permet ce genre de montages. Nous espérons que les engagements pluriannuels des pouvoirs publics perdureront malgré le contexte de crise.

Les clivages disciplinaires sont un enjeu stratégique majeur concernant les risques. La pluridisciplinarité est incluse dans le plan stratégique d'IRSTEA depuis quelques années. Nous y travaillons même si nous ne savons pas encore forcément comment procéder. Nous plaçons beaucoup d'espoir dans la portée des méthodes comme objet de rencontre et support de médiation entre disciplines.

Éric CHOJNACKI

S'agissant des liens entre organismes et de la gouvernance, à l'IRSN, je milite pour un rapprochement avec IRSTEA et INERIS sur la question de l'aide à la décision.

La transdisciplinarité est consubstantielle à nos organismes, mais pour moi il faut aller au-delà, jusqu'à l'interpénétration des disciplines. Le diable est dans les détails ; il faut du temps pour savoir dire exactement ce qu'on veut, et se réinterroger sur ses pratiques.

S'agissant des demandes à court ou à long terme, à l'IRSN, nous avons deux directions, l'une chargée de la recherche, l'autre de l'expertise. Pour être réactifs en cas de demande d'expertise, il faut que les équipes aient l'habitude de travailler ensemble.

Clôture de la journée

Paul-Henri BOURRELIER

AFPCN

Je parlerai en mon nom et en celui de Jean-Paul LANGLOIS, de l'IMdR. Il me paraît dynamique d'associer les deux types de risques naturels et industriels. Il faudrait sans doute y ajouter les risques sanitaires.

Je félicite et remercie tous les intervenants ; il nous faudra maintenant travailler à valoriser cette journée. Un bon compte-rendu pourrait servir de vademecum.

Je remercie l'ENSAM pour son hospitalité. Il serait souhaitable que nous puissions construire un noyau de réflexion sur les risques entre l'IMdR, l'AFPCN et l'ENSAM. Il me paraît très important d'inclure des doctorants et étudiants dans cette démarche.

Nous pouvons envisager un séminaire dans un an sur thème différent. Nous avons essayé de tenir des réunions mensuelles d'un groupe de travail, mais ce rythme n'était pas soutenable. Il faudrait imaginer un dispositif intermédiaire avec réunions plus courtes, trimestrielles, pour ne pas attendre un an pour nous revoir.

Pour nous tous, le côté décideurs est très important. Les aspects scientifiques sont assez bien repérés, mais il faut approfondir la réflexion sur les décideurs, avec des sociologues et des philosophes, pour décortiquer les décisions publiques nationales, locales, d'industriels etc.

Un facteur important est celui de la vision derrière les valeurs, plus dynamique et plus volontaire. Notre prochain séminaire pourrait être l'occasion d'une réflexion sur les décideurs et leur vision.

L'importance du facteur temps est cruciale. Les progrès de la science et de la gestion des risques font que l'on examine des temps très longs s'agissant des questions de climat ou de radioactivité, mais aussi des temps très courts lors de la gestion de crise. Cet éventail est difficile à gérer, car la décision est totalement différente selon ces temps.

Il y a aussi beaucoup à faire, en termes de réflexion, sur la notion de consensus multiopérateurs.

Jean-Paul LANGLOIS

IMdR

Le groupe de travail incertitudes et décisions se réunit tous les deux mois. J'invite les personnes intéressées à se signaler pour que nous leur adressions les ordres du jour.

Remettez-nous en sortant vos badges, qui seront recyclés, et vos commentaires sur cette journée.

L'an prochain, l'IMdR tiendra son congrès à Dijon sur le thème « Décider dans un monde incertain » ; vous avez jusqu'au 31 décembre pour remettre vos résumés. Les meilleurs seront retenus pour être présentés au congrès.

Merci et bravo aux organisateurs de cette belle journée.