

Comprendre les facteurs humains et organisationnels

Sûreté nucléaire et organisations à risques

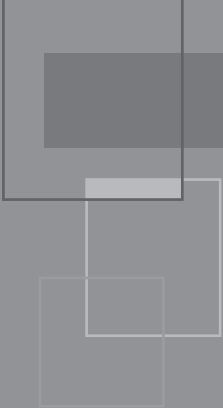
Benoît BERNARD

À Geneviève et Antoine

Imprimé en France
ISBN : 978-2-7598-1185-4

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© EDP Sciences 2014



Remerciements

L'auteur tient à remercier Bel V pour son soutien à la publication de l'ouvrage ainsi que B. Verboomen et Y. Van den Berghe pour leur lecture approfondie et perspicace de l'ouvrage. L'auteur reste toutefois entièrement responsable du contenu du document.

This page intentionally left blank

Préface

Comme toutes les organisations à risques, l'industrie nucléaire se préoccupe des facteurs humains et organisationnels. Dès lors, Bel V, en qualité d'organisme de contrôle nucléaire, s'y intéresse afin de pouvoir vérifier que les exploitants des installations nucléaires prennent toutes les mesures utiles à la diminution des risques, autant que faire se peut.

Au fur et à mesure que la technologie nucléaire gagne en maturité, l'amélioration continue de la sûreté conduit à corriger les erreurs de conception ou de fabrication. Cela se réalise, d'une part, suite à l'analyse des incidents et des accidents qui se produisent dans les installations et, d'autre part, lors des révisions périodiques de la sûreté. L'expérience montre que les accidents peuvent être dus soit à des défaillances de composants, soit à des erreurs humaines. Les erreurs humaines sont plus difficiles à appréhender que les défaillances de composants mécaniques. Les ingénieurs étant beaucoup plus à l'aise avec les facteurs technologiques qu'avec les facteurs humains, il en résulte que les améliorations de sûreté ont surtout porté sur les systèmes hardware. La conséquence est qu'au fil des années, les facteurs humains et organisationnels prennent une importance relative croissante.

Les organismes de contrôle doivent donc compléter la palette des disciplines qui composent leur expertise par les aspects sociologiques utiles, et c'est tout l'intérêt de l'ouvrage de Benoît Bernard. L'auteur y analyse la dimension humaine de la sûreté et, à l'aide d'exemples d'accidents réels, nous conduit à comprendre ce qui

sous-tend les interventions humaines. Celles-ci ne sont pas uniquement à l'origine des accidents ou un facteur aggravant (soit par des réactions inappropriées, soit par manque d'intervention), elles peuvent aussi permettre de récupérer des situations dangereuses, voire désespérées, et d'en limiter les conséquences.

Enfin, la manière dont un exploitant nucléaire s'organise peut avoir une importance majeure sur le niveau de sûreté d'une installation. Évaluer l'importance du facteur organisationnel sur la sûreté nucléaire est l'un des principaux défis des analyses actuelles. L'expérience montre en effet que la structure hiérarchique et organisationnelle mise en place par un exploitant influe grandement sur le fonctionnement des équipes en charge de l'exploitation d'une installation complexe, sur leur capacité à éviter les incidents et les accidents ainsi que sur leur efficacité à gérer les situations de crise.

Dans son ouvrage, l'auteur fait donc le lien entre les comportements individuels et la coordination des équipes, avant d'intégrer ces aspects dans l'étude de la régulation organisationnelle.

Par ses travaux, Benoît Bernard contribue grandement à faire avancer les connaissances indispensables au métier de Bel V et je l'en remercie vivement.

Benoît De Boeck
Directeur général Bel V

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 • La dimension humaine de la sûreté	5
1.1 Les FHO comme barrières.....	7
1.2 Les accidents dits « normaux »	9
Three Mile Island.....	10
1.3 Les « organisations à haute fiabilité »	11
Tchernobyl	13
1.4 L'erreur est humaine	14
1.5 L'identification des causes profondes.....	17
Tokai-mura	19
1.6 Pour une approche sociotechnique de la sûreté	20
Fukushima	22
Chapitre 2 • Analyser une organisation à risques	25
2.1 Les comportements individuels.....	25

2.1.1	<i>La perception des risques</i>	26
2.1.2	<i>La dissonance cognitive</i>	27
2.1.3	<i>Les images opératives et les biais cognitifs</i>	29
	L'USS Vincennes et le vol Iran Air 655	30
2.1.4	<i>Maintenir le sens de la situation</i>	33
	La collision de deux 747 à l'aéroport de Ténérife	33
	À retenir	35
2.2	La coordination des équipes	36
2.2.1	<i>La performance d'une équipe</i>	37
	L'incendie de Mann Gulch	38
2.2.2	<i>Les cultures professionnelles</i>	39
2.2.3	<i>Identifier les « groupthink »</i>	41
	Le décollage de Challenger	43
	À retenir	45
2.3	La régulation organisationnelle	46
2.3.1	<i>Les formes organisationnelles</i>	46
	L'explosion de BP Texas City	48
2.3.2	<i>Compliance et règles informelles</i>	50
2.3.3	<i>Interroger les routines organisationnelles</i>	52
	L'explosion de Columbia	53
	À retenir	54
Conclusions		57
Bibliographie		59

Introduction

Les organisations à risques sont avant tout des systèmes humains. Derrière cette entrée en matière quelque peu provocatrice au regard du caractère technique de ces organisations, se cache l'ambition de mettre en lumière les mécanismes individuels et collectifs qui les façonnent. *Sur quels ressorts reposent les comportements à risques ? Pourquoi certains groupes sont-ils incapables de communiquer ou de se coordonner ? Pourquoi les organisations répètent-elles leurs erreurs ?* Ces quelques exemples de questions nous montrent d'emblée que les facteurs humains et organisationnels (FHO) sont au centre des enjeux de sûreté et de sa gestion : de la conception au démantèlement, les FHO s'invitent lors des différentes phases de la vie d'une installation à risques.

Pourtant, si les FHO font désormais partie du vocabulaire commun des praticiens de la sûreté, ils sont encore trop fréquemment assimilés à des notions, trop restrictives, telles que l'erreur humaine. Considérant qu'une défaillance humaine ne peut se comprendre sur le même mode qu'une défaillance technique, cet ouvrage proposera un parcours d'exploration en profondeur de la dimension humaine de la sûreté. En effet, malgré son appellation, le facteur humain n'est pas tant un facteur à isoler sur un mode analytique, qu'une dimension à comprendre dans ses interrelations aux situations de travail, au contexte d'action et aux dispositifs techniques au sein desquels sont plongés les individus et les groupes. Ainsi, comme le montreront les analyses d'accidents relatés au fil des chapitres, les barrières techniques n'atteignent leur pleine

efficacité que si elles sont comprises, appropriées et utilisées par les opérateurs : les systèmes techniques et sociaux sont indissociablement liés.

La mise en relief de cette dimension humaine de la sûreté nous amène tout d'abord à devoir définir cette dernière. Dans un premier temps, la sûreté peut se définir par le caractère paradoxal de son objectif, à savoir celui de viser une *absence* (Daniellou *et al.*, 2010). Pour reprendre les mots d'Hollnagel (2004), la sûreté se veut en ce sens « *la somme des accidents qui ne se sont pas produits* ». Tant dans le nucléaire que dans d'autres organisations à risques, l'enjeu poursuivi est celui d'éviter ou de réduire l'occurrence d'événements non désirés.

Il s'ensuit qu'une démarche dans le domaine exige une attention constante aux évolutions, mêmes minimales, qui peuvent avoir un impact sur la sûreté. En vertu de ce caractère dynamique, on constatera tout d'abord que la mise en œuvre d'une démarche de sûreté implique que ses résultats ne soient jamais vraiment atteints et surtout acquis. Puisqu'elles sont dynamiques, il faut également considérer que les situations à risques sont soumises à de perpétuelles incertitudes tant sur la fiabilité, l'efficacité que l'adéquation des dispositifs de sûreté prévus (Grote, 2009). Ainsi, et à la suite de Weick (1987), la sûreté se consacre à la poursuite de « *Dynamic non-events* ».

Dans une perspective de défense en profondeur – *i.e.* prévenir les accidents, empêcher leur escalade et limiter leurs conséquences – il convient de constater que les fonctions des barrières de type FHO ne diffèrent pas fondamentalement des équipements de sûreté ou des réglementations. Les programmes de formation ou de performance humaine constituent, parmi d'autres, des lignes de défense au même titre que des dispositifs techniques. Comme nous le verrons, une particularité des barrières FHO tient toutefois dans le fait qu'elles s'ancrent dans des dimensions de l'ordre de l'informel ou du subjectif. En effet, dans une approche FHO, les perceptions, les représentations, les formes de coopération, les mécanismes de traitement de l'information ou encore les traits culturels sont au cœur des questions de sûreté. On le voit, la sûreté est aussi et surtout une *présence*.

Comment dès lors assurer cette présence ? Comment faire face à l'incertitude inhérente des situations à risques ? Deux stratégies de base s'opposent traditionnellement en la matière : l'anticipation et la résilience (Wildalvsky, 1988). D'une part, l'anticipation dont l'objectif est d'accroître la prévisibilité et la stabilité du système. D'autre part, la résilience comprise comme la capacité de résistance aux variations imprévues et de récupération de situations dégradées. D'un côté, les solutions passent par une recherche de réduction des risques ; de l'autre, il s'agit de se préparer à y faire face. Dans un langage organisationnel, on retrouve les deux grandes approches de régulation, dites mécaniste et organique (Journé, 2001). On retrouvera, dans cette première forme de régulation, cette volonté d'anticiper les risques par des études probabilistes, des automatisations, la planification de contre-mesures et, évidemment, des procédures. Pour l'approche organique, la sûreté consistera plutôt à développer les capacités d'adaptation des organisations et des individus face à l'imprévu.

Si les complémentarités entre les deux approches sont encore loin d'être établies, l'ouvrage tentera pourtant d'adopter une perspective croisée. Du point de vue des

FHO, une démarche de sûreté prend alors à une nouvelle portée, celle de l'articulation permanente entre la stabilité des dispositifs et la flexibilité qu'ils autorisent face à la dynamique de la situation (Waller *et al.*, 2004 ; Faraj et Xiao, 2006).

Comme cela a déjà été souligné, s'attacher au facteur humain implique de s'intéresser aux différents niveaux de compréhension des conduites humaines, à savoir l'individu, les groupes et l'organisation. L'ouvrage commencera ainsi son parcours d'exploration par le niveau individuel.

Plongés au sein de situations de travail caractérisées par l'incertitude, l'imprévu ou l'urgence, les individus sont évidemment au cœur du risque. Une des questions clés développée dans ce chapitre concernera les ressorts sur lesquels reposent les prises de risque. En effet, un risque considéré comme acceptable pour les uns ne le sera pas nécessairement pour les autres. Il s'agira ainsi de se pencher sur l'influence des mécanismes de la perception et des biais cognitifs dont la particularité commune est de mettre en place un cadre d'analyse propre à un individu ou à un groupe.

Si les individus sont porteurs de perceptions, de systèmes de valeurs ou d'intérêts différenciés, la question devient celle de savoir comment favoriser la nécessaire coordination des équipes. Au nombre des réponses potentielles, le chapitre consacré à la coordination au sein des groupes s'attachera plus particulièrement au rôle des représentations. Lorsqu'une situation se révèle inattendue, devient urgente sinon extrême, les outils de coordination explicites (la hiérarchie, les procédures, les plans) peuvent, en effet, perdre de leur efficacité s'ils ne sont pas sous-tendus par un cadre implicite (des représentations, des logiques d'action, des modèles de relation), permettant le partage d'une vision commune des rôles de chacun, des problèmes à résoudre et des moyens à mettre en œuvre.

Enfin, l'ouvrage s'intéressera au niveau organisationnel. Sur le plan de sa structure formelle, une organisation peut se comprendre comme un compromis mécanique entre des processus consistant à diviser le travail et, dans le même temps, à établir des moyens de coopération. Les questions clés du design organisationnel sont alors liées au degré de spécialisation du travail, de localisation de l'autorité ou encore des modalités de coordination à privilégier. Ces choix initiaux intéressent la sûreté dans la mesure où ils assureront – ou pas – la disponibilité quantitative et qualitative des effectifs, la clarté des lignes hiérarchiques, la fluidité des canaux de communication ainsi que les coopérations entre acteurs. L'empreinte de l'organisation ne se limite toutefois pas à son cadre formel. Une organisation est également un tissu informel d'interdépendances, de relations de pouvoir et de routines : il en ressort que ce qui est fréquemment qualifié de dysfonctionnements peut aussi se lire comme un mode de fonctionnement.

This page intentionally left blank

La dimension humaine de la sûreté

L'accident de Three Mile Island (TMI) en 1979 constitue l'entrée en matière du facteur humain dans la sûreté et la sûreté nucléaire en particulier. Les approches ergonomiques et de la fiabilité humaine s'étaient déjà intéressées aux interactions homme-machine ou à la maîtrise des défaillances humaines (Rasmussen, 1975) mais, comme nous le verrons, l'analyse de l'accident de TMI et d'une série d'accidents d'ampleur ont mis en lumière l'impact des aspects humains et organisationnels sur les causes et le déroulement des accidents. J. Reason parlera en ce sens d'accidents « organisationnels » (1997) et C. Perrow d'accidents « systémiques » (1984).

L'apparition du facteur humain correspond également à un tournant dans la manière de concevoir la sûreté. En termes historiques, on peut en effet retenir la succession de plusieurs périodes spécifiques (figure 1). Durant la première d'entre elles, la période qualifiée de technique (1960-1980), les questions de sûreté sont envisagées par le prisme unique de la technique, celle-ci étant perçue comme la seule source des problèmes mais aussi et surtout des solutions. Ces dernières sont par conséquent trouvées en priorité dans l'amélioration des composantes techniques.

Le passage de la période technique à la période dite de l'erreur humaine (1980-1990) s'est donc produit, brutalement, suite à l'accident de TMI. Les questions de sûreté se sont alors focalisées sur cette notion générique d'erreur humaine et l'individu est

perçu comme la source principale des défaillances. La sûreté passe par conséquent par la mise en place de procédures, de programmes de formation mais également par des automatisations réduisant une intervention humaine considérée comme un facteur de risque. Nous le verrons, cette approche de l'erreur humaine soulèvera de nombreuses questions.

Lors de la période suivante, qualifiée de sociotechnique (1990-2000), de nombreux travaux ont en effet montré les limites d'une approche centrée sur cette notion d'erreur humaine pour adopter une démarche analysant les composantes humaines et techniques de manière interdépendante. À travers une série de cas d'accidents, cet ouvrage n'aura d'autre ambition que d'explorer les différentes facettes de ces interactions entre le social et la technique.

Enfin, pour être complet, retenons que des auteurs (Wilpert et Fahlbruch, 1998) ont fait l'hypothèse d'une quatrième période, inter-organisationnelle, mettant en exergue l'enjeu de sûreté que constitue les relations mal maîtrisées ou négligées au sein des organisations. Dans un contexte global marqué par les fusions et les acquisitions d'entreprises ou la généralisation du recours à la sous-traitance, la question devient celle des capacités de coordination d'organisations aux traditions et intérêts différenciés.

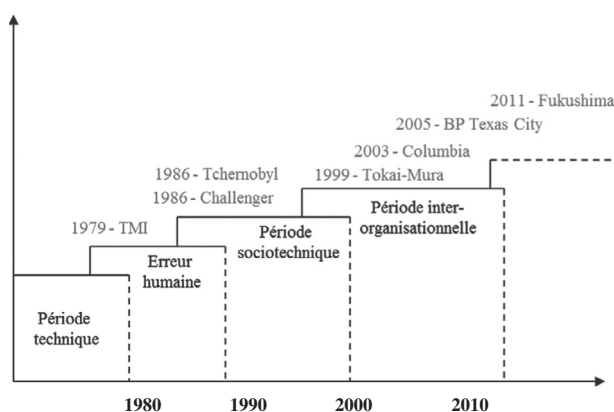


Figure 1 Quatre périodes dans la manière de concevoir la sûreté.

Dans une approche FHO, les opérateurs ne sont donc pas uniquement les premiers instigateurs des accidents mais aussi et surtout les héritiers des défauts du système. L'analyse du facteur humain dépasse alors les questions initiales d'amélioration des relations hommes-machines (salle de commande, instrumentations, cockpit...) pour couvrir le champ plus large des interactions entre les individus, les organisations et les technologies assurant le fonctionnement d'une installation à risques. Au même titre que les équipements matériels de sûreté, les facteurs humains et organisationnels (FHO) contribuent à établir des barrières face aux risques.

1.1 Les FHO comme barrières

On entend par cette notion de barrière tout moyen planifié et destiné à prévenir, contrôler ou diminuer l'impact d'un événement indésirable sur une cible (Sklet, 2006 ; Harms-Ringdahl, 2009). Dans une perspective de compréhension séquentielle des accidents, les barrières empêchent ainsi la succession en chaîne d'événements – par exemple par un effet « domino » (Heinrich, 1931) – ou une libération d'énergie (Gibson, 1961 ; Haddon, 1980). Ces barrières ou lignes de défense peuvent évidemment être de nature technique et répondent alors aux impératifs de redondance, de diversité ou de séparation. Elles sont également de nature procédurale, administrative ou humaine (individuelle ou organisationnelle). Sur une autre modalité de classification (Hollnagel, 2004), les barrières peuvent être physiques ou fonctionnelles (des codes d'accès), symboliques ou incorporelles (des procédures, un système de management). Pour utiliser le vocabulaire en la matière, on ajoutera encore qu'une barrière doit être adéquate et effective, disponible rapidement et fiable, robuste et spécifique.

Ainsi, à l'instar des équipements techniques, tant les individus par leur capacité d'identification et de résolution des problèmes que la dynamique des groupes ou les éléments de structure organisationnelle constituent des lignes de défense : les FHO ne sont donc pas un maillon faible de la sûreté mais, au contraire, y participent activement. Dans de nombreuses circonstances, ils jouent même le rôle de dernière barrière.

L'organisation du travail, la gestion des compétences, les capacités de travail en équipe ou de récupération des erreurs sont autant d'exemples de barrières FHO intégrées aux différentes strates d'une défense en profondeur. Les FHO tentent ainsi, avant tout, de prévenir les « trajectoires accidentelles » selon le concept de Reason (1990), à savoir les combinaisons de causes directes et de facteurs environnementaux qui peuvent se transformer en accident. Dans cette approche qualifiée d'épidémiologique, l'auteur distingue en effet deux types d'erreurs : d'une part, les erreurs « actives » (*active failures*) commises par les opérateurs au plus proche de l'action et dont les effets sont immédiats et, d'autre part, les erreurs « latentes » (*latent conditions*) issues d'activités hors champ opérationnel (par exemple lors de la conception, de la fabrication ou d'une maintenance) et pouvant sommeiller longtemps au sein d'un système¹.

Ce modèle de compréhension des processus accidentels – qualifié de « *Swiss Cheese Model* » (Reason, 1990, 1997) (figure 2) – offre ainsi une vue générique de l'avènement d'accidents et du rôle des lignes de défense. Au sein de ce modèle devenu classique, les risques sont identifiés, sur chacune des tranches, mais ne sont pas prévenus en raison de barrières non entretenues, inefficaces ou mal conçues, en l'occurrence les trous. Un accident est dès lors le produit d'une combinaison

¹ Turner (1978) avait déjà dégagé cette idée d'erreur tapie au sein d'un système en parlant d'une « période d'incubation » des accidents. Ces derniers trouvant leur origine au sein de « *root causes* » et de phénomènes organisationnels tels que la rigidité culturelle, l'affaiblissement des normes ou des mécanismes d'aveuglement face à de nouveaux risques ou à des risques mal identifiés (Turner, 1976 ; Pidgeon et O'Leary, 2000).

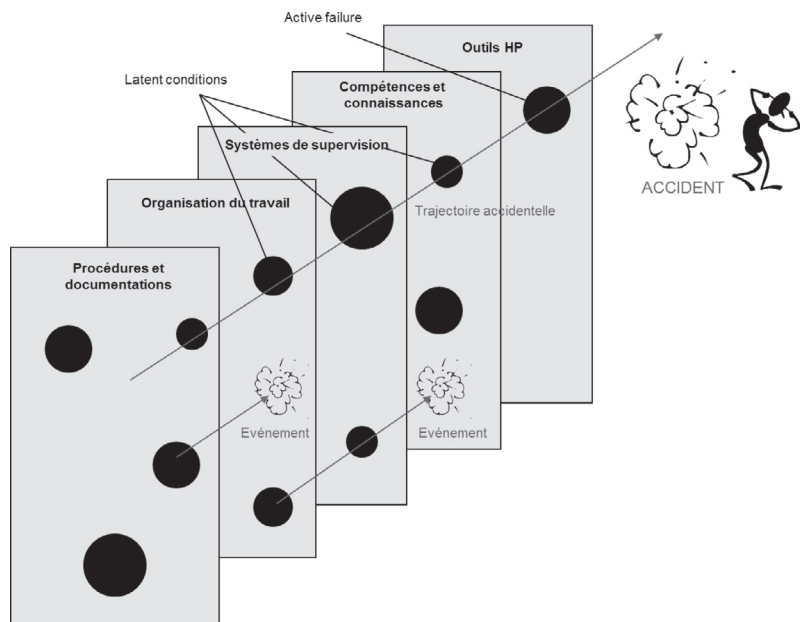


Figure 2 Le Swiss Cheese Model, adapté de Reason (1990).

d'événements, d'une trajectoire au sein de laquelle les différentes barrières se sont avérées inadéquates ou inefficaces.

Les barrières FHO ont alors pour premier objectif d'anticiper les réponses aux risques identifiés. Elles prennent la forme de plans, de programmes, de processus contribuant, par exemple, au développement des compétences ou à l'amélioration de l'organisation du travail. Ainsi, comme en balistique, l'enjeu est de cibler une série d'éléments du système dont il faut assurer le contrôle. En ce sens, chaque barrière, technique ou humaine, renforce le « stock » des dispositifs formels d'une organisation contre le risque.

À l'inverse, une autre approche, plus récente, met en évidence la nécessité de s'attacher au flux, aux capacités de réponse des individus et des organisations confrontés à des situations incertaines ou imprévisibles. On parle de résilience – organisationnelle ou individuelle – afin de témoigner de cette capacité à détecter précocement et à répondre adéquatement aux variations d'un système par rapport aux conditions de référence (Hollnagel *et al.*, 2006 ; Hollnagel *et al.*, 2011). En effet, un espace de sûreté n'est pas un état stable mais dynamique (Rasmussen, 1997) : les évolutions et les pressions de l'environnement conduisent les organisations à devoir faire face à des situations inattendues et donc, par définition, non anticipées. Les barrières s'attachent ici au développement des aptitudes à percevoir les signaux précurseurs, à résoudre les problèmes et à s'auto-organiser dans des contextes dégradés.

Peut-on toutefois prévenir les accidents et surtout comment ? Deux courants théoriques principaux s'opposent quant aux réponses à ces questions.

1.2 Les accidents dits « normaux »

Dans le cadre de diverses analyses d'accidents dans les secteurs nucléaire, chimique ou aérien, C. Perrow (1984) a mis en exergue les propriétés spécifiques et intrinsèques des organisations à risques. Soulignant le caractère inéluctable des accidents, l'auteur identifie ce qu'il considère comme les deux traits majeurs du manque de fiabilité de ces organisations : les « interactions complexes » et les « couplages serrés ».

D'une part, les interactions entre les composants d'un système (les équipements, des détecteurs, des fluides, des réactions chimiques, des comportements humains...) sont qualifiées de complexes dans le sens où elles sont nombreuses et surtout imprévisibles. La complexité des interactions implique donc qu'il n'est pas possible de prévoir avec certitude et de comprendre immédiatement la succession des événements, en particulier en cas de séquences anormales ou non planifiées : selon Perrow, les erreurs sont dès lors inévitables et interagissent de manière inattendue avec d'autres éléments du système.

D'autre part, les couplages serrés (*tightly coupled*) entre les séquences programmées du process industriel entraînent de fortes interconnexions. Les couplages serrés impliquent qu'il n'existe que peu d'alternative (les séquences sont invariables : B doit suivre A dans une séquence temporelle définie), peu de marge de manœuvre et de possibilité de substitution de méthodes ou de matériels (un seul moyen d'atteindre l'état escompté). Dans la perspective tracée par Perrow, les capacités d'adaptation ou d'improvisation des individus sont faibles voire inexistantes. De surcroît, pour l'auteur, toute modification d'un composant, même minime, peut affecter rapidement l'ensemble du système et entraîner une amplification des erreurs.

Sur ces bases, Perrow en vient à considérer que les défauts de conception sont inévitables et que les accidents doivent en toute logique être qualifiés de « normaux » (*Normal Accident Theory* ou NAT). Pour le dire autrement, au sens de Perrow, les organisations à hauts risques sont vouées à l'échec en raison de causes endogènes.

Ainsi, au regard des caractéristiques de complexité et de couplage serré, Perrow (1981) considère le cas de Three Mile Island (TMI) comme l'illustration du caractère inévitable des accidents et, en corollaire, de l'impossibilité de les prévenir. TMI serait-il donc un accident dit normal ? En première analyse, certains enchaînements d'événements pourraient le laisser penser. Une attention approfondie au déroulement de l'accident montre toutefois l'importance qu'ont joué des dimensions telles que le retour d'expérience (REX), la formation des opérateurs ou les relations homme-machine dans le développement de l'accident. Prenant le contrepied des analyses de Perrow, différents auteurs à l'instar d'Hopkins (2001) ont ainsi relevé que TMI était avant tout l'histoire de précurseurs qui n'ont pas été pris en considération (un cas similaire s'était en effet produit 18 mois plus tôt à la centrale nucléaire de Davis-Besse), de communications inadéquates entre opérateurs en salle de commande et, plus largement, de pratiques managériales faiblement orientées sur les questions de sûreté.

1 Three Mile Island

L'accident de TMI, survenu le 28 mars 1979, s'est déroulé² sur la deuxième tranche du site (900 MWe) mise en service le 30 décembre 1978. Cet accident constitue à ce jour l'accident le plus important impliquant un réacteur à eau pressurisée (PWR). Lors de l'accident, l'unité de TMI-2 fonctionnait en contrôle automatique et à pleine puissance. L'équipe de nuit, en place depuis 23 heures le 27 mars, était composée de trois opérateurs de conduite qualifiés et expérimentés. Pourtant, tout au long de l'accident, les analyses ont identifié des lacunes dans la compréhension des instrumentations et dans la capacité des opérateurs à poser un diagnostic approprié de la situation (Libmann, 1996 ; Reason, 1990).

L'accident débuta à 4:00 a.m. par une défaillance de l'alimentation en eau des générateurs de vapeur, ce qui entraîna l'arrêt d'urgence du réacteur (4:00:47). Les automatismes et les alimentations de secours se mettent en route. Néanmoins, en raison d'une maintenance réalisée 42 heures plus tôt, des vannes restées en position fermée empêchent l'eau d'atteindre les générateurs de vapeur. Pour compléter le scénario, une vanne de décharge automatique reste ouverte et libère le fluide du circuit primaire dans un réservoir. C'est alors que plusieurs défaillances humaines se produisent. Tout d'abord les opérateurs de conduite interprètent l'indication de la vanne de décharge (« vanne fermée ») comme la position de la vanne. Or il s'agissait d'une indication d'ordre, une action à prendre (« vanne à fermer ») et non de position. Dès ce moment, ne comprenant pas le scénario accidentel dans lequel ils se trouvent, à savoir celui d'un circuit primaire ouvert, les opérateurs prendront une série de décisions aggravant la situation telles que l'arrêt de l'injection de sécurité et plus tard l'arrêt des pompes primaires.

La fusion du cœur de la centrale de TMI n'a pas provoqué de morts ou de blessés mais a eu pour conséquence des changements importants dans la conception générale de la sûreté – dont en particulier la défense en profondeur – ainsi que dans de nombreux domaines tels que les mesures à prendre en cas de situations d'urgence, le renforcement de la formation des opérateurs, l'amélioration des procédures et des interfaces homme-machine ou encore la réorganisation des pratiques d'inspection des autorités de sûreté (affectation d'inspecteurs permanents).

² Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

- Kemeny, J.G (1979). *The Accident of TMI. The Need for Change : the Legacy of TMI*. Report of the President's Commission October, Washington DC.
- Ireland, J.R., Scott, J.H., Stratton, W.R. (1981). « Three Mile Island and Multiple Failure Accidents ». *Los Alamos Science*, 3, Summer/Fall, 74-91.

L'analyse des différentes phases de l'accident de TMI a ainsi révélé la nécessité d'une approche FHO dès le stade de la conception (ergonomie des alarmes et limite des instrumentations). Toutefois, c'est au cœur même du déroulement de l'accident que les dimensions FHO se sont avérées déterminantes : la formation des opérateurs (une connaissance insuffisante des scénarios accidentels) ainsi qu'en corollaire leurs capacités de diagnostic et de prise de décisions (l'arrêt de l'injection de sécurité et des pompes primaires) ont eu une influence directe sur la dynamique de l'accident.

1.3 Les « organisations à haute fiabilité »

À cette question de savoir si l'on peut prévenir les accidents, un autre courant théorique, à savoir celui des *High Reliability Organizations* (HRO), contraste avec la position de Perrow sur le caractère inéluctable des accidents. L'équipe de chercheurs de l'université de Berkeley qui a initié ce courant a, en effet, renversé la perspective et s'est posé la question de savoir pourquoi si peu d'accidents se déroulaient au sein d'organisations à risques. Ainsi, à l'inverse des tenants de la théorie de « l'accident normal », l'organisation est ici considérée à haute fiabilité³ grâce au développement de pratiques et de modes de fonctionnement propices à l'évitement d'accidents.

Au nombre des caractéristiques centrales des HRO, on relève le constat d'un usage flexible de la centralisation et de la décentralisation de l'autorité (Rochlin, 1989). Une des premières caractéristiques des *High Reliability Organizations* est, en effet, de pouvoir fonctionner, soit sur un mode hiérarchique et formalisé en routine, soit sur un mode décentralisé selon les exigences des circonstances, par exemple lors d'urgences ou d'activités à rythme élevé. En guise d'illustration, des recherches menées sur des porte-avions nucléaires américains en opération (Rochlin *et al.*, 1987 ; Roberts, 1990) ont montré que la chaîne de commandement militaire pouvait être légitimement évitée lorsque des questions de sûreté étaient en jeu. Ainsi, le plus simple opérateur peut et se doit même de suspendre une procédure de décollage s'il perçoit un risque de défaillance. Les impératifs de sûreté renversent alors la pyramide hiérarchique.

On notera tout d'abord que cette flexibilité exige des compétences cognitives permettant le basculement d'un mode de fonctionnement de type bureaucratique à des activités menées à un rythme élevé (La Porte et Consolini, 1991 ; Eisenhardt, 1993). En particulier, lorsqu'il s'agit de s'adapter à des problèmes non identifiés

³ Des auteurs comme Rijpma (1997) ont montré les interpénétrations entre les écoles du NAT et des HRO : par exemple, la redondance des contrôles, une pratique valorisée par les HRO, peut entraîner une augmentation du nombre d'informations et, par conséquent, le niveau de complexité de l'organisation, considéré comme un facteur déterminant dans la théorie des accidents normaux. La redondance, centrale dans la prévention des accidents, peut en effet être la cause de problèmes, en particulier lorsque les éléments redondants sont ajoutés au système en place et non conçus à l'origine (Sagan, 2004, 1996). Par ailleurs, on notera qu'un principe de redondance strictement basé sur des calculs probabilistes peut donner une image de fiabilité faussement rassurante si les coûts (indépendances des systèmes, complexité...) et les bénéfices des équipements redondants ne sont pas mis en perspective. Par exemple, si la multiplication des réacteurs sur un avion semble diminuer la probabilité du risque lié à la défaillance d'un seul moteur, elle entraîne une augmentation du risque d'explosion (Downer, 2009).

préalablement, ou lorsque les procédures ne sont pas appropriées. Selon l'école des HRO, ces compétences sont favorisées par une série d'éléments structurants :

- une attention constante au caractère évolutif des opérations. Il n'est donc pas uniquement question d'appliquer des règles prédéfinies mais de développer une sensibilité aux signaux faibles et de réagir, y compris par l'improvisation ;
- la redondance du contrôle (les contrôles croisés, le *Buddy system*) et la multiplicité des canaux de communication, permettant de diversifier les points de vue et d'agir quand les canaux ou mécanismes habituels ne sont plus adaptés ;
- un climat d'apprentissage permanent (formation, entraînement) nécessaire au développement des connaissances et des savoir-faire, à l'adaptation aux situations inattendues mais aussi à la construction d'une confiance mutuelle ;
- la conscience de la possibilité de l'échec, concrétisée par des remises en question (*questioning attitude*) et des retours d'expérience. On ajoutera que cette dimension est un élément clé d'une culture du reporting. Pour illustration, les travaux de Landau et Chisholm (1995) ont relaté que la perte d'un outil sur le pont d'un porte-avion, causant l'arrêt de tous les atterrissages, a non seulement mobilisé toutes les équipes mais également fait l'objet d'une remise officielle de l'outil au marin qui en avait déclaré la perte.

Le courant de HRO met donc en exergue les nécessaires et constantes articulations entre les dimensions formelles et informelles de l'organisation. Les divers travaux de ce courant ont aussi identifié avec pertinence le rôle des mécanismes cognitifs et culturels (Weick, 1987 ; Bierly et Spender, 1995) sur la fiabilité des organisations. Diverses critiques et questions (Lekka, 2011 ; Hopkins, 2007) sont toutefois soulevées concernant le caractère transférable des éléments constitutifs des HRO à d'autres types d'organisations (en particulier celles où les compromis entre sûreté et productivité sont constamment nécessaires), concernant l'appartenance à cette famille des HRO (le fait de subir un accident permet-il à une organisation de se maintenir dans la catégorie des HRO ?) ou encore de confondre les notions de fiabilité et de sûreté⁴.

Il a également été reproché aux études sur les HRO de se maintenir à un niveau plutôt descriptif. Les travaux de ce courant se sont effectivement attachés à définir une série de caractéristiques propres aux HRO mais sans préciser si certaines étaient plus centrales que d'autres. Pour le dire autrement, ce courant établit peu de liens de cause à effet entre les caractéristiques des HRO et la performance de sûreté des organisations concernées (Boin et Schulman, 2008). Enfin, en se focalisant essentiellement sur les dimensions organisationnelles, les travaux concernant les HRO ne prennent pas ou peu en considération le contexte environnemental ou sociétal global dans lequel ces organisations conduisent leurs activités (Sagan, 1993). Or la prise en compte des variables contraignant l'organisation s'avère tout aussi cruciale pour la compréhension des comportements et de la prise de décision. L'accident de Tchernobyl en offre une illustration.

⁴ Ainsi, un système peut être fiable et non sûr. La fiabilité consiste en la probabilité qu'un composant rencontre les exigences qui lui sont demandées dans le temps et dans différentes conditions. Plus largement, la sûreté a pour objectif de prévenir ou de limiter l'occurrence d'événements.

2 Tchernobyl

L'accident de Tchernobyl survenu le 26 avril 1986 (1:23:44) s'est déroulé⁵ sur la quatrième tranche (en service depuis 1983) de la centrale (Libmann, 1996). L'accident est survenu juste avant un arrêt de tranche et dans le cadre d'un essai d'îlotage, relatif à la sûreté.

Alors que le réacteur est à mi-puissance, les services centraux de Kiev, organisant la production, demandent à la centrale d'arrêter la baisse de puissance et de continuer à alimenter le réseau. L'essai est toutefois maintenu par les opérateurs ainsi que par leurs homologues de l'équipe de quart suivante, et cela malgré leur manque de préparation. Afin de contrôler la réactivité du cœur, les opérateurs vont alors retirer successivement les barres de contrôle assurant la maîtrise du réacteur. Ils vont de surcroît bloquer divers signaux d'arrêt d'urgence et conduisent le réacteur au-delà de son domaine stable. Suite aux dernières manipulations liées à l'essai, il se produit une libération de puissance (1:23:04). Ordre est donné d'insérer les barres de contrôle, ce qui a pour effet inverse d'augmenter la réactivité. C'est l'explosion.

Cet accident a entraîné une réflexion sur la notion de culture de sûreté (INSAG-1) et sur les exigences de transparence de l'information au public (dont l'échelle INES et la surveillance de la radioactivité sur un territoire).

Dans le cas de Tchernobyl, la poursuite d'un essai contre toute considération de sûreté doit se comprendre à l'aune d'un contexte politique et d'une culture favorisant les impératifs de prestige (la centrale venait d'être récompensée pour ses résultats de production) et d'approvisionnement électrique au détriment de la sûreté. En effet, en dehors d'erreurs ou de faiblesses de conception de ce type de réacteur⁶, aucune défaillance technique n'a été observée durant l'accident. En revanche, sur le plan FHO, les actions prises par les opérateurs répondent manifestement aux caractéristiques de la violation. Ainsi, durant le déroulement de l'essai, faiblement préparé et faiblement supervisé, diverses limites ont été dépassées et de nombreux moyens de protection ont été successivement et volontairement inhibés (l'injection de sécurité, divers arrêts d'urgence). Les analyses ont d'ailleurs montré que ces violations étaient non seulement fréquentes mais considérées comme peu dangereuses. Il est ainsi rapporté qu'un réacteur nucléaire était assimilé à « un gros samovar » par les ingénieurs russes (Reason, 1998 ; Grimston, 1996) : les attitudes et les croyances des opérateurs ont ainsi joué un rôle de premier ordre dans la survenue de l'accident.

⁵ Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

- IAEA (1986). *Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident* (INSAG-1).
- IAEA (1992). *The Chernobyl Accident : updating of INSAG-1* (INSAG-7).
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (2011). *Tchernobyl, 25 ans après*.

⁶ On relèvera ainsi son instabilité à basse puissance et la lenteur de chute des barres de contrôle dues au procédé mécanique plutôt que par gravité (Libmann, 1996).

1.4 L'erreur est humaine

Les erreurs ou les défaillances humaines sont régulièrement rapportées dans les analyses d'incidents ou d'accidents⁷. Force est de constater que les statistiques montrent une grande régularité à convenir que 70 % des causes de ces incidents ou accidents sont liées à une erreur humaine. Régulièrement mobilisé, ce chiffre revêt presque une valeur mythique dans l'évaluation du niveau de sûreté d'une installation ou d'un secteur industriel (Dekker, 2002). Or l'identification et, de surcroît, la quantification⁸ de l'erreur humaine peut s'avérer un exercice particulièrement improductif. Pour paraphraser Kletz (2001), parler d'erreur humaine dans l'analyse des causes d'un événement se résume à invoquer les lois de la gravité dans le cas d'une chute. Le constat peut être fondé mais il n'explique rien.

La notion d'erreur humaine est en effet une étiquette derrière laquelle se cache une réalité multiple⁹. L'utilisation du terme révèle tout d'abord plusieurs connotations sémantiques différentes (Hollnagel et Amalberti, 2001 ; Dekker, 2002) : l'erreur peut être considérée, soit comme une cause (par exemple, la fuite due à l'erreur humaine), soit comme une défaillance (actionner la mauvaise vanne) ou encore comme un résultat (l'indisponibilité de l'équipement). Plus fondamentalement, depuis les travaux de Reason (1990), on distingue les erreurs selon qu'elles sont intentionnelles ou non délibérées. Au sein de ces dernières, on considère les ratés (*slips*) et les oublis (*lapses*). Au sein des erreurs intentionnelles, on parle d'erreurs d'appréciation (*mistakes*) ainsi que de violations (de routine ou exceptionnelles) et d'actes de sabotage. Ratés, oublis et erreurs d'appréciation constituent les formes de base de l'erreur humaine (figure 3).

De manière générique, on parlera d'erreur lorsqu'il est observé un écart entre le résultat effectif d'une action et le résultat planifié (Reason, 1990). Sur une séquence

⁷ Par exemple, selon un rapport de l'Agence pour l'énergie nucléaire (NEA 5335) de 2004, les défaillances humaines et organisationnelles sont à l'origine de 48 % des événements consignés dans le système de notification des incidents. Il est par ailleurs précisé que 63 % de ces événements où l'influence humaine est déterminante ont eu lieu au cours du fonctionnement en puissance et 37 % à l'arrêt.

⁸ Basés sur des modélisations de type probabiliste (PSA-PRA), les outils HRA (*Human Reliability Assessment*) – parmi lesquels on trouve les méthodes THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) ou ATHEANA (*A Technique for Human Event Analysis*) (HSE, 2009) – ont pour caractéristique commune de s'attacher à définir la probabilité qu'un individu (*Human Error Probability* ou HEP) réalise correctement ses tâches. Ces modèles ont une triple fonction (Kirwan, 1994) : l'identification (quelles erreurs peuvent survenir ?), la quantification (avec quelle probabilité ?) et la réduction (comment réduire la probabilité de cette erreur ?). Cette manière de prendre en considération les FHO part toutefois de deux hypothèses contestables. La première considérant que la probabilité d'une défaillance peut être déterminée pour des tâches ou des activités spécifiques et cela indépendamment d'un contexte d'action. La deuxième considérant que les *Performance Shaping Factors* (la qualité des interfaces, le stress, la complexité des tâches, le temps de travail) s'additionnent, édulant ainsi leurs interactions (Hollnagel, 2005 ; Dougherty, 1990).

⁹ En termes de classification, on distingue les erreurs d'omission (des tâches non réalisées en tout ou en partie), les erreurs de timing (actions trop courtes, trop longues, trop tôt, trop tard), les erreurs de séquence (actions répétées ou désordonnées), les erreurs de qualité (actions trop fortes, trop faibles, mal orientées), les erreurs de sélection (mauvais équipements, instruments, outils), les erreurs de communication (informations non transmises, non enregistrées, incomplètes, incorrectes, ambiguës).

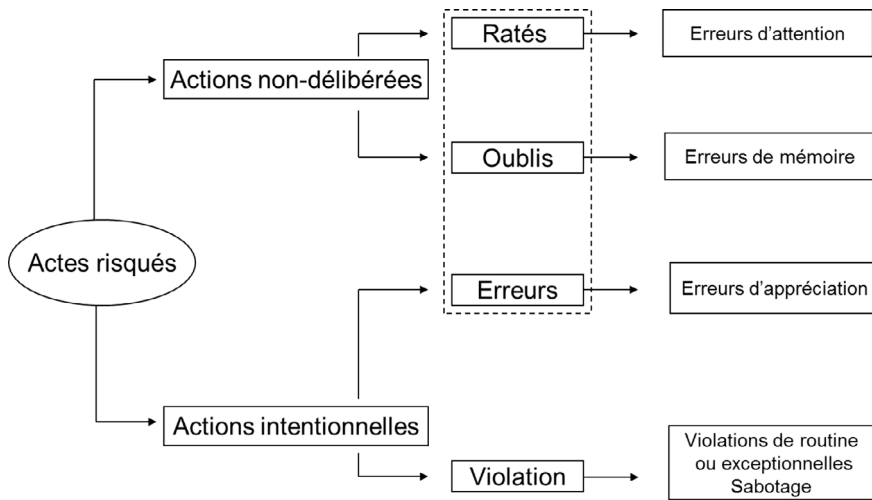


Figure 3 Les catégorisations de l'erreur humaine, schéma adapté de Reason (1990 : 207).

partant de la planification cognitive jusqu'à l'action, les ratés et les oublis font ainsi partie des erreurs d'exécution. Ce type d'erreur est, en effet, le fruit d'un découplage entre l'intention de l'individu et l'action exécutée : par exemple, l'opérateur actionne A plutôt que B, en raison de sa distraction, d'une surconcentration ou encore suite à une interruption dans la séquence d'action. Les erreurs d'appréciation qualifient quant à elles des situations où la compréhension (du processus, des conséquences...) et les moyens mis en œuvre par l'opérateur ne sont pas conformes ou appropriés à l'action prescrite. Se produisant dans le cadre d'activités cognitives de planification, d'anticipation ou de réduction de la complexité (Amalberti, 1996 ; Endsley, 1995), les erreurs d'appréciation constituent par définition les types d'erreurs les plus difficiles à détecter et peuvent même, dans certaines conditions, se transformer en erreurs latentes. Elles sont d'autant moins repérables qu'au sein de situations dynamiques, il n'est pas toujours possible de déceler si la planification de l'opérateur est appropriée ou si un événement inattendu est pris en considération.

En d'autres termes, les erreurs d'appréciation portent sur une situation où un opérateur ne fait pas ce que l'on attend de lui tandis que, concernant les ratés ou les oublis, un opérateur ne fait pas ce qu'il avait l'intention de faire (figure 4). Enfin,

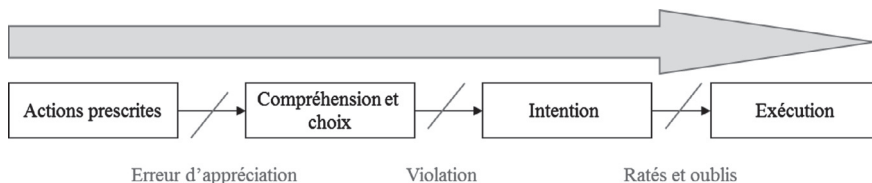


Figure 4 Les erreurs d'appréciation.

Tableau 1 Le modèle SRK (Skills - Rules - Knowledge)

Situations	Modes de « contrôle »		
	Conscient	Mixte	Automatique
Routine			<i>Skill-based</i>
Problèmes connus		<i>Rule-based</i>	
Nouveaux problèmes	<i>Knowledge-based</i>		

dépassant une perspective strictement cognitive pour intégrer une dimension sociale, les violations se définissent par un écart à un système de normes (procédures, règles, codes...) : une violation correspond donc à une pratique non conforme et délibérée par rapport au prescrit.

Comme on peut le voir, l'erreur humaine est intimement liée au contrôle cognitif qu'un opérateur exerce face à des tâches éventuellement complexes¹⁰. Par contrôle cognitif, on entend la modalité d'adaptation des capacités cognitives mobilisées (en intensité, complexité et ordonnancement) par rapport au niveau de performance jugé suffisant et aux exigences de la situation¹¹. En bref, on retiendra que le niveau de familiarité avec une situation ou un problème particulier entraînera une forme de réponse ainsi que des risques d'erreurs spécifiques. Les travaux de Rasmussen (1982) ont ainsi décrit une architecture cognitive à trois niveaux de contrôle, ou modèle SRK (*Skills - Rules - Knowledge*), pouvant s'articuler à la classification des erreurs de Reason (tableau 1).

On identifie tout d'abord un mode de contrôle basé sur des automatismes (ou *skill-based* – SB »). Ce mode consiste à agir en fonction de modèles d'action génériques ou de routines intériorisées. Face à une situation considérée comme connue, la réponse comportementale sera automatique, réalisée en mode réflexe. En vertu de son faible coût cognitif, un individu privilégiera ce mode de contrôle basé sur les habitudes tant

¹⁰ Dans la mesure où elles ne sont pas toujours bien définies (procédures incomplètes ou ambiguës), où les buts peuvent être multiples et interdépendants, où leur ordonnancement peut être contraint par diverses perturbations ou encore dépendre d'échelles de temps différenciées (De Keyser, 1995).

¹¹ On parlera de « compromis cognitif » (Amalberti, 1996) pour qualifier le mécanisme consistant à définir la performance de son action à un niveau suffisant – mais aussi sous-optimal par rapport au potentiel cognitif – afin de se préserver une capacité d'activités parallèles et d'assurer un travail efficace dans la durée. Par exemple, au regard du nombre des alarmes constantes en poste de commande, les opérateurs seront en recherche d'une réduction du bruit – au sens strict comme au sens du traitement de l'information – pour se focaliser sur ce qu'ils considèrent comme significatifs. Les réponses basées sur les automatismes sont en ce sens privilégiées. On notera que ce processus peut également être considéré comme un choix lorsqu'il s'agit de s'adapter à la complexité d'une tâche spécifique. Nous sommes alors à un niveau de métacognition (*i.e.* la connaissance de son propre fonctionnement). Pour illustration, les pilotes de combat évaluent et présélectionnent, lors de la préparation de leur vol, des schémas de réponses bien maîtrisés (routines disponibles) en fonction d'incidents potentiels qui ne pourraient être traités en temps réel (Amalberti et Deblon, 1992). Cette démarche fixe un domaine de validité limité mais permet d'éviter une conduite réactive face à une situation pouvant évoluer très rapidement et provoquer une saturation cognitive.

qu'il sera adapté à ses objectifs. Toutefois, on remarquera que ce mode de contrôle est aussi propice aux ratés et aux erreurs d'inattention (omissions, confusions, répétitions, inversions...). Les contre-mesures face à ce type d'erreurs passent, par exemple, par des détrompeurs, un contrôle croisé ou des techniques de communication sécurisée.

Un autre mode de contrôle porte sur l'application des règles prédéfinies et formalisées (ou *rule-based* – RB), par exemple dans le cadre de situation d'exécution de procédures. La mise en application de ces règles peut être automatique ou consciente. On retrouve ici les erreurs d'appréciation basées sur une mauvaise utilisation de la bonne règle ou la bonne application d'une mauvaise règle. Les *Pre-job briefings* contribuent dans ce cadre à réduire ce risque d'erreur.

Enfin, le mode de contrôle fondé sur des connaissances formelles (ou *knowledge-based* – KB) demande, à l'inverse des précédents, la mobilisation de représentations complexes, par exemple, dans le cadre de résolution de problème face à des situations peu ou pas connues. Ainsi, dans le cadre de l'analyse de micro-incidents, *i.e.* des événements non prévisibles, critiques et fortement ancrés dans une situation particulière, Carvalho *et al.* (2005) ont montré que les superviseurs de salle de commande de centrale nucléaire ont tendance à prendre des décisions par analogie, en utilisant un savoir tacite et en faisant appel à la coopération plutôt qu'à se référer aux procédures opérationnelles standards. Ce mode est évidemment le plus coûteux des trois en raison des connaissances et des ressources attentionnelles qu'il exige. Il implique potentiellement des erreurs d'appréciation dues aux limites en compétence des opérateurs : des formations aux techniques de résolution collective de problème s'avèrent dans ce cadre indispensables¹².

1.5 L'identification des causes profondes

Les analyses succinctes du déroulement des accidents de TMI et de Tchernobyl ont montré qu'une « erreur » ne peut se comprendre sans considérer une série de variables

¹² Les activités de conduite demandent donc des compétences tant techniques qu'interpersonnelles (communication, travail en équipe, gestion du stress) (Crichton et Flin, 2004 ; O'Connor *et al.*, 2008). On remarque que les exigences en compétences interpersonnelles ne diffèrent pas fondamentalement entre les différentes fonctions en salle de commande mais les compétences en leadership pour les fonctions de supervision – et plus spécifiquement lors des phases incidentielles ou d'urgence (Schumacher *et al.*, 2011) – sont d'autant plus nécessaires : des situations différentes exigent un mode de leadership et de communication différent. En termes de formation, il en ressort qu'une approche à privilégier est celle de la « flexibilité » permettant aux opérateurs d'exercer leurs capacités à évoluer d'une situation de routine à une situation anormale (Hockey *et al.*, 2007 ; Kluge *et al.*, 2009). Ces formations, éventuellement intégrées au sein de programme de *Crew Resources Management* (CRM) (Flin *et al.*, 2002), se matérialisent par une attention à la communication interpersonnelle, au leadership, à la prise de décision, à l'assertivité ou encore au stress. Il a été ainsi montré que ce type de formation n'a pas d'influence sur l'acquisition individuelle de connaissances techniques mais a un impact positif sur l'amélioration des performances de l'équipe (Kim et Byun, 2011). Le *cross training* (Bolstad *et al.*, 2005 ; Volpe *et al.*, 1996) et surtout le *perturbation training* poussant les équipes à explorer de nouvelles manières de se coordonner (Gorman *et al.*, 2012) constituent des techniques de formation particulièrement adaptées au renforcement des capacités à travailler en équipe.

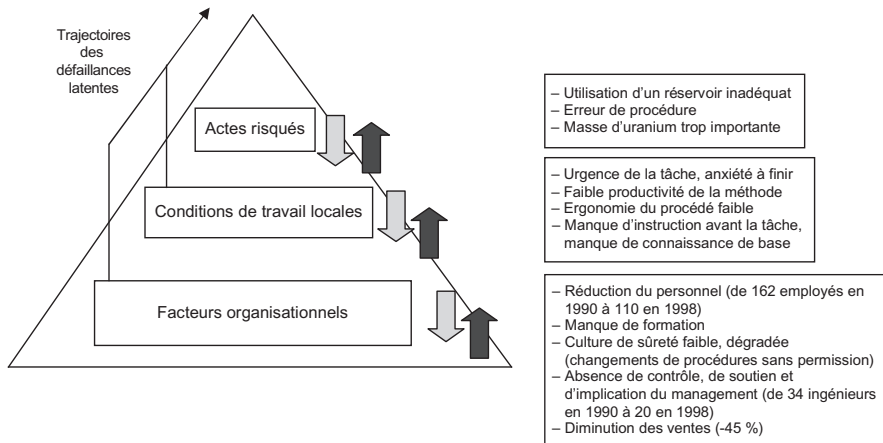


Figure 5 Schéma tiré de Furuta et al. (2000), adapté de Reason (1997).

telles que l'adaptation des outils (la qualité des procédures, les relations homme-machine), le système organisationnel (les règlements, les programmes de formation, la supervision...), le cadre culturel ou même politique. L'analyse de ces accidents a, en outre, révélé l'impact des conditions latentes liées aux phases de conception, de fabrication, de maintenance ou encore de tests au sein desquelles interviennent obligatoirement, à un moment donné, un ou plusieurs individus. Pour en revenir aux statistiques liées à la prégnance de l'erreur humaine, il serait tout aussi légitime dans ce cadre de considérer que 100 % des incidents ou accidents sont liés à une erreur humaine.

Au-delà de la boutade, se focaliser sur l'identification des erreurs individuelles¹³ aura pour conséquence de réduire les investigations aux causes directes – celles proches de l'action ou facilement apparentes – et de détourner l'analyse de toute exploration des causes profondes pourtant essentielle au retour d'expérience (Sitkin, 1992 ; Amalberti, 1998). Le risque est de limiter ces analyses à la recherche des problèmes traitables rapidement (*quick fixes*) ou des solutions dont la portée unique est de rétablir la situation à la normale (Caroll, 1995).

Or la question est pourtant bien de savoir si la défaillance identifiée est de l'ordre des causes ou des conséquences : si une défaillance humaine peut s'avérer une des causes d'un accident, elle sera utilement envisagée comme le symptôme d'un mode de fonctionnement générateur de déviations. Ainsi, plutôt que d'identifier et de quantifier l'erreur humaine, il est question de faire émerger les multiples raisons contextuelles pour lesquelles les individus choisissent, posent des arbitrages – tantôt bénéfiques, tantôt problématiques – et passent à l'action. En ce sens, l'analyse de

¹³ Une démarche se focalisant uniquement sur les responsabilités individuelles répond par ailleurs à ce qui est qualifié « d'erreur fondamentale d'attribution » (Ross, 1977). Ce mécanisme définit la tendance à privilégier les explications liées aux individus (par rapport à leur personnalité, leurs dispositions) ou à leurs intentions et leurs motivations plutôt qu'aux effets de système (les situations, le contexte).

l'accident de criticité de Tokai-Mura offre une illustration de la nécessité de comprendre les conditions locales et les facteurs organisationnels qui sous-tendent les comportements individuels et les prises de risque (figure 5).

3 Tokai-Mura

L'accident de criticité de Tokai-Mura s'est déroulé¹⁴ le 30 septembre 1999 au sein d'une petite installation de fabrication de combustible (phase de conversion). La cause directe de l'accident s'origine dans le versement pour homogénéisation d'une solution de nitrate d'uranyle contenant 16 kg d'uranium avec un enrichissement à 18,8 % dans une cuve de précipitation. Or la conception de la cuve utilisée, sa géométrie et son système de refroidissement, n'étaient pas prévus à cet effet. Par ailleurs, la valeur maximale admise n'était que de 2,4 kg d'uranium. Les investigations ont montré que la procédure opérationnelle suivie par les opérateurs a été modifiée par l'exploitant en 1996 sans l'accord de l'autorité de sûreté.

Il n'y pas eu d'explosion mais un rayonnement de forte intensité et la formation de produits de fission sous forme gazeuse qui se sont en partie répandus en dehors de l'installation (IAEA, 1999). Deux des trois travailleurs impliqués sont morts et vingt-quatre employés de JCO (Japan Nuclear Fuel Conversion Co., filiale de Sumitomo Metal Mining) engagés dans des opérations visant à arrêter la criticité ont été soumis à une exposition concertée. L'accident de Tokai-Mura sera classé au niveau 4 de l'INES¹⁵.

Les pratiques de contournement des procédures autorisées étaient, semble-t-il, la norme en vigueur au sein de l'installation. Malgré un retour d'expérience explicite sur les risques liés à la manipulation de solutions liquides de matières fissibles (USNL, 2000), le management de JCO a cautionné ces pratiques par souci évident de productivité (Furuta *et al.*, 2000). Confronté à un marché très compétitif et une forte diminution du chiffre d'affaires (Tsuchiya *et al.*, 2001), JCO avait drastiquement désinvesti dans la sûreté en général et dans la formation de ses opérateurs. Le jour de l'accident, les opérateurs à l'origine de l'accident avaient accéléré la cadence afin... de prendre en charge la formation de nouveaux employés !

¹⁴ Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

– IAEA (1999). *Report of the criticality accident investigation mission following the accident at the nuclear fuel processing facility in Tokaimura, Japan.*

¹⁵ Pour rappel, l'échelle INES (International Nuclear Event Scale) hiérarchise les événements de 0 à 7 en fonction de leur importance par rapport à trois critères : les conséquences sur l'environnement, l'impact sur le site et le niveau de défense en profondeur atteint. Ces événements sont classés d'anomalie à accident grave faisant clairement la distinction entre accidents (qui impliquent une perte des lignes de défense en profondeur) et incidents. L'INES se veut principalement un outil de communication.

En conclusion, même si les erreurs humaines sont commises par des individus, elles ne trouvent leur sens que par rapport au tissu organisationnel dans lequel elles se sont développées. L'analyse d'un événement implique par conséquent de reconstruire le contexte dans lequel elles se sont produites et d'identifier les causes organisationnelles profondes qui ont conditionné ces erreurs¹⁶. En d'autres termes, la notion d'erreur humaine n'est donc pas synonyme de facteur humain : l'analyse de ce dernier s'intéresse de manière systémique aux interactions entre les éléments techniques et humains.

1.6 Pour une approche sociotechnique de la sûreté

Comme nous le disions en ouverture, les organisations à risques sont avant tout des systèmes humains. Il ne s'agissait pas tant de minimiser la complexité technique de ces organisations que de souligner les interrelations entre social et technique. Les analyses d'accidents relatés ont, en effet, pour point commun d'avoir montré que les barrières techniques n'atteignent leur pleine efficacité que si elles sont comprises, appropriées et utilisées par les opérateurs : les systèmes techniques et sociaux sont indissociablement liés.

La démarche FHO vise en ce sens à comprendre les systèmes sociotechniques. En interdépendance, ces deux dimensions technique et sociale s'articulent pour construire un système définissant un niveau de sûreté spécifique. Pour le dire autrement, en marge des approches déterministes et probabilistes, les FHO se fondent sur une lecture systémique des organisations : les relations entre les éléments d'un système priment sur les éléments eux-mêmes.

Un premier corollaire tient dans le postulat voulant que les éléments sociaux et techniques d'un système soient en équilibre. D'une part, toute modification d'un seul élément du système aura une influence sur l'ensemble du système¹⁷. Pour illustration, les travaux consacrés au passage des salles de contrôle de centrales nucléaires aux instrumentations digitales ont montré que si ces nouvelles technologies sont susceptibles d'améliorer la performance des opérateurs, elles peuvent, dans le même

¹⁶ Dans le cadre d'analyse d'événements, il s'agit de produire un compte rendu circonstancié du déroulement des faits. La description de la séquence chronologique d'un événement (par exemple, par le biais d'un *Event and Causal Factor Charting*) prend en considération les acteurs impliqués (analyse des tâches, qualifications, compétences, expérience...) ainsi que leurs comportements et leurs actions de récupération (détection, rapide ou non, diagnostic, prise de décision, communication en équipe...). La démarche s'attache ensuite à décrire le contexte général (travail de nuit, pression, stress...), les pratiques professionnelles (modes de vérification, supervision...) mais aussi ce qui a pu constituer un changement par rapport aux conditions habituelles (*change analysis*). Il s'agit alors de se poser la question de savoir en quoi le système sociotechnique a créé les conditions propices à l'événement, autrement dit de dégager les causes profondes (*root causes*).

¹⁷ On rappellera ici que ces effets peuvent prendre une forme directe ou indirecte, *i.e.* entraîner des conditions latentes ou une période d'incubation.

temps, altérer les stratégies de prise¹⁸ d'information ainsi que les modes de communication des opérateurs (Sebok, 2000). Si l'information sur des écrans individuels est plus flexible et offre des opportunités supérieures en termes de croisement de données et de choix de paramétrages, une information visible en continu et en parallèle permet à l'ensemble de l'équipe de développer une vue partagée de la situation (Cannon-Bowers et Salas, 1998). Or, un travail d'équipe de conduite efficient se base justement sur la connaissance de la situation de chaque opérateur, le soutien mutuel, l'identification d'erreurs ou de procédures inappropriées.

La technique influence donc le social. La relation est aussi une réalité dans l'autre sens. Les organisations sont en effet des systèmes ouverts à un environnement auquel elles s'adaptent de manière différenciée. Il en ressort qu'une organisation n'est pas une autre et que les frontières qu'elles mettent en place avec l'environnement correspondent rarement aux organigrammes. Ainsi, poursuivant des objectifs spécifiques et nécessitant des ressources diversifiées pour assurer leur fonctionnement, les organisations n'existent jamais complètement pour elles-mêmes. Elles se définissent donc comme des systèmes ouverts et sont, par conséquent, constamment en relation avec ce qui apparaît, *a priori*, comme un extérieur.

On distingue deux formes d'interdépendance entre une organisation et son environnement (Pfeffer et Salancik, 1978). On parle, d'une part, des interdépendances compétitives lorsque deux organisations sont en concurrence pour les mêmes ressources. D'autre part, on qualifie de symbiotiques, les interactions au sein desquelles des ressources sont échangées, où les *outputs* d'une organisation deviennent les moyens de survie d'une autre. Ce dernier mode relationnel peut s'avérer particulièrement problématique dans le cas des interactions entre un régulateur et l'exploitant d'une organisation à risques. L'analyse de l'accident de Fukushima en offre un exemple par la mise en lumière des intérêts communs entre le ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie et l'exploitant TEPCO.

Pour conclure, comprendre les FHO exige de dépasser les défaillances ou les réussites apparentes pour une plongée profonde dans les systèmes sociotechniques. Dans cette perspective, les analyses d'accidents présentées dans cette première partie soulèvent plus de questions qu'elles n'ont apportées de réponses : *sur quels ressorts reposent les comportements à risques ? Pourquoi certains groupes sont-ils incapables de se coordonner ? Pourquoi les organisations répètent-elles leurs erreurs ?* Les chapitres suivants tenteront de répondre à ces questions, parmi d'autres, en s'intéressant successivement aux individus, aux groupes et à l'organisation.

¹⁸ Les moniteurs ne peuvent en effet présenter qu'un nombre limité d'informations par rapport aux potentialités informatiques. On parle ainsi d'un *keyhole effect* (Vicente *et al.*, 2001) identifiant le risque que les opérateurs ne traitent qu'une partie mineure et insuffisante de l'information disponible. En outre, il a été montré qu'en situation de haute activité, les opérateurs sont réticents à ouvrir de nouveaux écrans. Il est en effet plus rapide et direct de se diriger vers l'information disponible grâce à une instrumentation conventionnelle que sur l'écran adéquat. De manière générale, l'automatisation de certaines fonctions diminue la compréhension générale des mécanismes de fonctionnement. L'information est alors de plus en plus « prédigérée », ce qui implique, d'une part, le risque d'une perte de vigilance et/ou d'autosatisfaction et, d'autre part, un risque de perte de compétences.

4 Fukushima

Le 11 mars 2011 (14:46), l'Est du Japon est frappé par un tremblement de terre de magnitude 9.0, suivi 46 minutes plus tard par une série de tsunamis dont la hauteur des vagues a été estimée à 14 mètres. Or la conception de la centrale de Fukushima Dai-ichi – composée de 6 unités à réacteur à eau bouillante (BWR) – ne prenait en compte que des vagues de 5,7 mètres.

Lors du tremblement de terre, les unités 4, 5 et 6 étaient à l'arrêt pour maintenance et approvisionnement. Les unités 1, 2 et 3, alors en fonctionnement, se sont arrêtées automatiquement et les diesels de secours des six unités se sont mis en route comme prévu. Les effets cumulés des secousses et du tsunami ont ensuite provoqué la perte complète de l'alimentation électrique des unités de 1 à 5. La situation qui s'est présentée aux opérateurs est celle d'un *Station Blackout* (SBO) provoquant la perte du refroidissement du réacteur des trois premières unités pendant de longues heures (jusqu'à 71 heures pour l'unité 2). Il s'en est suivi une série d'explosions d'hydrogène endommageant à des degrés divers les enceintes de confinement des unités 1 à 4. Sur l'échelle INES, l'accident a été placé au niveau 7.

Au concret des unités touchées, la tâche des opérateurs a été rendue particulièrement délicate par les conditions de travail rudimentaires et dangereuses liées au SBO : des moyens de communication et des instrumentations limités, l'obscurité au sein des installations (travail à la lampe torche) ainsi que des routes impraticables (zones inondées dans et hors site). Des exemples de résilience sont à mettre en exergue tels que l'utilisation de batteries provenant des ateliers des sous-traitants et des véhicules du personnel afin d'alimenter les salles de commande ou encore l'utilisation des camions de pompier afin de refroidir les réacteurs (Kubota, 2011). En contrepoint, ces illustrations témoignent aussi et surtout du manque de préparation et de capacité de réponse de la part de l'exploitant (Tokyo Electric Power Company), tant au niveau de la formation des opérateurs qu'au niveau de l'existence de procédures de gestion de crise adaptées et de la mise à disposition des équipements nécessaires.

Plus fondamentalement, c'est le modèle même des relations entre l'industrie nucléaire japonaise et les autorités de sûreté que les investigations¹⁹ ont

¹⁹ Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

- Investigation Committee on the Accident at the Fukushima Nuclear Power Stations. Interim report (2011) and Final report (2012).
- NATIONAL DIET of JAPAN (2012). *The Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission* (Executive Summary).
- IAEA (2011). *IAEA International Fact Finding Expert Mission of the Fukushima Dai-ichi NPP Accident Following the Great East Japan Earthquake and Tsunami*, 24 may-2 juin 2011.
- INPO (2011). *Special Report on the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi NP* (INPO 11-2005).

identifié comme une des causes profondes de l'accident. Tant les industriels que la NISA (Nuclear Industry and Safety Agency), partie intégrante du ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), partageaient en effet des intérêts communs à privilégier la continuité du nucléaire (un phénomène de *Regulatory Capture* selon le rapport de la Diète du Japon) : sur le plan de sa structure et de ses pratiques de surveillance, le Japon ne disposait donc pas d'un régulateur indépendant d'un ministère porteur d'une politique industrielle favorisant l'énergie nucléaire.

This page intentionally left blank

Analyser une organisation à risques

2.1 Les comportements individuels

Les individus tiennent de toute évidence une place centrale au sein d'un diagnostic FHO. Quel que soit leur degré de proximité avec une activité à risque, les individus sont par leurs comportements – qu'ils soient intentionnels ou contraints – les acteurs de la réussite mais aussi de l'échec de ces activités. Dans ce cadre, l'analyse du comportement individuel s'intéressera spontanément aux facteurs personnels liés par exemple au stress ou à la pression du temps, à la fatigue et aux rythmes biologiques ou encore aux états émotionnels. Sur un mode plus ergonomique, la compréhension des comportements individuels pourra également s'intéresser aux facteurs de poste. Les questions porteront alors sur l'adaptation du poste de travail (les accès, les zones de circulation...), sur l'adéquation des conditions de travail et des niveaux de protection (l'ambiance physique, le bruit, la température, la sensibilité aux éclairages, le *housekeeping*...) ou encore sur la succession des tâches (les co-activités, les interruptions).

Toutefois, ces éléments descriptifs sont loin d'être suffisants afin de comprendre les états de surconfiance et de déni du danger ou, plus largement, les comportements de prise de risques : le contournement de dispositifs de sûreté, le franchissement volontaire des limites d'accès, l'utilisation d'outils non conformes ou le refus de protections physiques sont autant d'exemples fréquents de conduites dont il n'est pas

toujours aisé d'appréhender les motivations. *Comment comprendre ces comportements risqués ? Sur quels mécanismes psychologiques reposent-ils ?*

2.1.1 La perception des risques

On le sait, le risque caractérise l'éventualité d'un événement indésirable et de ses effets redoutés. La probabilité d'occurrence et la gravité des dommages sont ainsi les variables constitutives d'une approche considérant le risque comme une donnée susceptible d'être évaluée de manière objective²⁰. Une approche FHO aura plutôt tendance à considérer le risque comme un construit cognitif et social : le risque prend alors une tournure subjective. Dans ce cadre, la prudence ou l'absence de crainte face au danger ne sont pas tant fonction des risques réels que des représentations dont les individus sont porteurs. En d'autres mots, un risque considéré comme acceptable pour les uns ne le sera pas nécessairement pour les autres (Fischhoff *et al.*, 1981)²¹. Puisque cette notion de risque est tributaire de représentations, il en ressort fort logiquement que les risques sont perçus et redoutés de manière différente selon les groupes d'appartenance, les situations vécues ou selon les informations à disposition²².

Un ensemble de travaux – qualifiés de psychométriques – ont quant à eux tenté d'établir des corrélations entre la perception du risque et des variables telles que l'utilité de la prise de risque, son caractère familier ou le sentiment de contrôlabilité sur les risques encourus (Slovic *et al.*, 1982 ; Slovic, 1987). Parmi d'autres constats, on retiendra qu'une activité à risque sera d'autant moins perçue comme dangereuse qu'elle procure des bénéfices, par exemple liés à des gains de temps, à une facilité d'opération ou plus largement au prestige que représente le métier. Sur le même

²⁰ Dans cette approche, le risque peut donc être évalué de manière quantitative et ordinale. La formule classique en la matière est une multiplication des facteurs suivants : A (probabilité d'occurrence) X B (gravité) X C (difficulté de s'en prémunir). Cette formule est par exemple au centre du FMEA (*Failures Modes and Effects Analysis*) permettant de classer des défaillances potentielles selon leur degré de gravité (de 1 à 10), de probabilité (de 1 à 10) et de détection (de 1 à 10). Dans le même ordre d'idée, la courbe de Farmer permet de définir des zones de risques acceptables, ou non, par la mise en relation de la probabilité et de la gravité d'un événement potentiel. Dans le cas d'un événement montrant une forte probabilité, ses conséquences devront être très faibles et, inversement, un événement engendrant de graves conséquences devra montrer une très faible probabilité.

²¹ Dans cette optique, les individus établissent une balance entre les avantages et les inconvénients d'une option selon de multiples critères tels que l'évolution des connaissances, la législation en place, les positions dans l'organisation, le degré d'exposition au risque, les systèmes de croyances, le niveau d'éducation, etc. Sur le plan sociétal, on remarquera que désormais nos sociétés occidentales perçoivent plutôt le risque au regard des pertes potentiellement engendrées que par le biais des gains espérés (Gephart *et al.*, 2009). U. Beck (1992) fait même du risque un trait central de la modernité en évoquant l'avènement d'une « société du risque », au sein de laquelle les risques sont perçus de manière globale et peu identifiable, de manière plus problématique et donc moins facilement gérable et, enfin, de manière plus anxiogène.

²² Par exemple, une enquête réalisée peu de temps avant l'accident de Tokai-Mura et reproduite juste après a identifié une diminution significative de l'acceptabilité des activités nucléaires et une augmentation de la probabilité perçue des accidents (Katsuya, 2001).

mode, plus l'exposition est volontaire ou fréquente plus les risques seront minimisés. On peut dès lors faire l'hypothèse que les professionnels les plus régulièrement en contact avec des dangers divers (irradiation, contamination, émanations toxiques, chutes...) montreront cette tendance à sous-évaluer les risques faisant partie de leur quotidien (Cadet et Kouabéna, 2005).

Une autre manière d'aborder la question de la prise de risque avance que les comportements risqués sont inhérents aux caractéristiques propres de l'individu. Ils sont donc ici indépendants des situations. Il a été ainsi montré que le type de personnalité²³ prédispose un individu à la vigilance (Rose *et al.*, 2002), à la réflexion avant l'action ou, inversement, à l'implication dans des accidents de travail (Clarke et Robertson, 2005). Sur la base des cinq traits de personnalité communément admis – l'ouverture, la conscience, l'extraversion, l'agréabilité et la stabilité émotionnelle (Digman, 1990 ; Costa et McCrae, 1992)²⁴ –, il est ainsi possible de dégager des corrélations entre ces traits et des comportements liés à la prise de risque.

L'identification de ces traits de personnalité exige toutefois la mise en application de tests spécifiques et n'offre donc pas une grande souplesse dans l'observation directe des comportements. Parmi les dimensions de la personnalité, la notion de « *locus of control* » (Rotter, 1954) revêt, en revanche, une importance particulière dans la compréhension de la prise de risque. Le *locus of control* est, en effet, cette disposition de l'individu à évaluer son niveau de contrôle sur une situation. Un individu présentant un locus interne aura le sentiment de contrôler le cours des choses et aura, par conséquent, tendance à considérer son action comme déterminante. Un locus interne constitue donc un facteur clé conduisant à une plus grande responsabilisation des individus face à des situations délicates²⁵. À l'inverse, un individu présentant un locus externe percevra les événements avec plus de passivité, comme s'ils étaient déterminés par des facteurs externes, et aura donc tendance à attribuer un échec à l'action des autres ou au fonctionnement du système.

2.1.2 La dissonance cognitive

La perception du risque est également liée aux modalités de traitement de l'information par un individu. Nous abordons ici les dimensions cognitives du comportement. Avant tout, il est nécessaire de préciser que lorsque l'on parle de comportement individuel, une distinction de base entre l'attitude et le comportement doit être évoquée.

²³ La personnalité peut se définir comme l'ensemble des caractéristiques stables, continues dans le temps et organisées qui expliquent les schémas habituels de comportement d'une personne.

²⁴ Ces dimensions sont connues sous les appellations *Five Factors Model* ou *Big Five* ainsi que sous l'acronyme *OCEAN* selon les termes anglais (*Openness, Conscientiousness, Extraversion, Agreeableness, Neuroticism*).

²⁵ Pour nuancer, il faut toutefois ajouter qu'un locus interne peut également conduire à un excès de confiance ou à une « illusion de contrôle » (Langer, 1975) et, par conséquent, à des prises de risques inconsidérées (Horswill et McKenna, 1999).

Tableau 2 Comportements risqués et traits de personnalité

Traits de personnalité	Facettes	Comportements potentiels en lien avec la sûreté
Ouverture	Curiosité Originalité, imagination Création, improvisation Intellect, profondeur	Flexibilité et capacité d'apprentissage, recherche de feed-back <i>Mais</i> impatience envers la routine ou les procédures, recherche d'expérimentation (trait relié de manière générale avec la prise de risque)
Conscience	Contrôle, détermination Organisé, ponctuel Systématique Discipline Sens du devoir	Performance, prudence, prévisibilité Recherche de conformité Réflexion avant action, solutions faisables <i>Mais</i> perfectionnisme, focus sur les détails plutôt que sur le système Un faible niveau de conscience est un prédicteur d'accident (satisfaction rapide, manque d'objectifs et de prise en compte de conséquences)
Extraversion	Sociabilité Leadership	Cohésion d'équipe Assertivité <i>Mais</i> inclinaison à la prise de risque, manque de vigilance
Agréabilité	Affable Tolérant Sensible, empathie Confiance Coopération	Capacités interpersonnelles Un faible niveau d'agréabilité est un prédicteur d'accident
Instabilité émotionnelle	Anxiété, dépression Stress Sentiment d'insécurité Hostilité	Impulsivité, instabilité Distraction Préoccupation

On entend par attitude l'état mental (les opinions, les convictions, les manières de penser...) ²⁶ prédisposant à agir et à se comporter d'une certaine manière, en l'occurrence face au risque. Le comportement est quant à lui la manifestation observable d'une intention.

La distinction entre ces deux notions, souvent confondues, est d'autant plus fondamentale car elles entretiennent des relations contre-intuitives. Spontanément, on pourrait considérer que l'attitude et le comportement se situent dans une relation

²⁶ L'attitude repose sur une composante cognitive (*i.e.* les perceptions, les croyances, les représentations...), une composante affective (les dimensions socio-émotionnelles) et une composante opératoire (la prédisposition à l'action). L'attitude assume en outre quatre fonctions : connaissance, adaptation, expression et défense de soi (Hellriegel *et al.*, 1992).

de cause à effet. Dans ce modèle, les attitudes d'un individu entraîneraient des comportements reliés aux opinions. L'adéquation entre attitude et comportement serait donc prévisible. Or les relations entre les manières de penser et l'action ne sont pas toujours cohérentes. Selon Festinger (1957), l'individu aspire au confort de l'état dit de consonance, à savoir l'adéquation entre ses attitudes et ses comportements. Toutefois, lorsqu'il y a contradiction entre ces deux dimensions, l'individu se trouve dans un état qualifié de « dissonance cognitive ».

Par exemple, dans le cas d'une situation de travail au sein de laquelle les règles ou les techniques établies ne sont pas applicables, la dissonance cognitive peut provoquer une minimisation des risques (« ce n'est pas si dangereux ») sinon même une déviation par rapport au prescrit (« ce n'est pas si important »). En état de dissonance, l'individu mettra alors en place une série de stratagèmes qui consistent à rationaliser une situation *a posteriori* ou à infléchir ses attitudes pour les mettre en conformité avec ses comportements.

En conclusion, lorsqu'un individu est contraint d'agir d'une manière déterminée dans un environnement qui ne s'y prête pas, le mécanisme de dissonance cognitive aura pour effet d'entraîner un changement, non pas du comportement, mais bien des opinions ! La relation causale entre attitude et comportement est donc inversée : contre toute attente, ce sont les comportements et les possibilités d'agir qui conditionnent les manières de penser.

2.1.3 Les images opératives et les biais cognitifs

On le voit, la prise en considération d'une situation dépend non seulement de la nature de l'opération à traiter mais aussi et surtout du traitement de cette situation par l'opérateur. Il nous faut donc nous intéresser aux mécanismes structurant le traitement de l'information et la prise de décision des individus. Pour notre propos, il est essentiel de comprendre que les individus sont porteurs « d'images opératives » selon le concept introduit par Ochanine (1981), à savoir des représentations fonctionnelles d'une situation et des moyens d'intervenir. Ainsi, une étude menée au sein des équipes de conduite du réacteur d'un sous-marin nucléaire (Letzkus, 2003) a relaté que la représentation mentale des opérateurs concernant des pompes de secours, réparties par bords, induisait la séparation fonctionnelle de ces pompes. Cette perception tronquée amenait les opérateurs à considérer qu'il n'était pas possible d'utiliser simultanément les deux pompes de secours en cas de perte d'une des pompes principales. Ce clivage n'était pourtant pas techniquement fondé et aurait pu conduire, de toute évidence, à des prises de décision sous-optimales.

Notons également que la perception fonctionne comme un tout globalisant et unique : les propriétés d'un objet ou d'une situation auront donc tendance à être regroupées dans le sens particulier que lui confère l'individu qui perçoit, et donc,

en définitive, en vertu de son cadre de référence ou d'intérêt²⁷. Ainsi, sans surprise, la perception des informations est sélective. Elle fonctionne comme un filtre à travers lequel ne passe qu'une partie des informations : on ne perçoit plus alors que ce que l'on s'attend à voir.

1 L' *USS Vincennes* et le vol Iran Air 655

Le 3 juillet 1988, dans le détroit d'Ormuz, un navire de guerre américain (*USS Vincennes*) abat un avion de ligne iranien (l'Iran Air 655) causant la mort des 290 passagers. À première vue, cette erreur pourrait être classée dans la liste des dommages collatéraux d'un conflit armé, en l'occurrence entre l'Iran et l'Irak et dans lequel les États-Unis étaient impliqués. L'analyse du déroulement des événements²⁸ offre toutefois une illustration du rôle des systèmes d'information et de la technologie sur la prise de décision. Ce cas montre également la prégnance des cadres de référence sur le traitement de l'information.

Cet accident est avant tout lié aux caractéristiques du système de contrôle de l'espace aérien AEGIS – *Advanced Electronic Guidance and Instrumentation System* – utilisé à bord de l'*USS Vincennes*. Conçu initialement pour identifier et tracer un grand nombre de missiles et d'appareils lors de combats à grande échelle avec l'Union soviétique, le système n'était que faiblement adapté au monitoring de petites zones de combat. La configuration d'AEGIS ne permettait pas, par exemple, de suivre clairement les trajectoires ascendantes ou descendantes des contacts radar. Cette information doit en réalité être calculée par les opérateurs sur base de données présentées sur un petit écran (12 pouces) placés sous les larges écrans radar. Les opérateurs

²⁷ Piaget (1964 : cité dans Barabel et Meier, 2002) considère à ce propos que « toute information ne sera retenue que si elle va dans le sens des hypothèses contenues dans les schémas cognitifs des individus. Dans le cas contraire, cette information sera rejetée ou transformée pour la rendre compatible au cadre d'analyse ». Ce mécanisme joue également un rôle structurant dans le cadre d'analyses d'événements. De manière générale, le choix de privilégier tel ou tel type de facteurs peut être influencé par les affinités ou les compétences de l'investigateur avec un domaine particulier, sa proximité avec les opérations ou les opérateurs concernés, par le coût estimé de telle ou telle action correctrice, le temps ou les données à disposition voire les pressions du management. En synthèse, le risque est de tomber dans le « *What-You-Look-For-Is-What-You-Find* » (Lundberg *et al.*, 2009), une adhérence à ses idées préconçues, à ses observations initiales sinon à ses attentes. Pour illustration, il a été montré dans le domaine du contrôle aérien (Hollnagel et Amalberti, 2001) que des experts amenés à évaluer une même situation n'observaient pas les mêmes erreurs (en nombre et en qualité) selon leur appartenance disciplinaire. On précisera qu'en définitive, nombre de ces « erreurs » ont été redéfinies comme des actions normales suite à un débriefing avec les opérateurs.

²⁸ Pour le déroulement des faits, voir :

- US House of Representatives Committee on Armed Services (1993). « The July 3 Attack by the *Vincennes* on an Iranian Aircraft ». 102nd Congress, Second Session, 21 July 1992.
- US Department of Defense (1988). « Formal Investigation into the Circumstances Surrounding the Downing of Iran Air Flight 655 on 3 July 1988 ».

n'ont dès lors pu visualiser sans ambiguïté la trajectoire ascendante de l'Iran Air 655 qui aurait pu le disculper d'une toute intention offensive. Une autre limite technologique clé dans le déroulement des événements se situe au niveau du système d'identification IFF (*Friend or Foe*), distinguant les avions militaires (Mode II) des avions civils (Mode III). Les opérateurs suivaient un point de contact (le vol 655) sur leurs écrans mais le système IFF était toujours accroché sur le transpondeur d'un F-14 stationné aux environs de l'aéroport de départ du vol 655. Ce dernier émettait bel et bien un signal Mode III mais les opérateurs ignoraient qu'AEGLIS n'était pas conçu pour lire deux fois la signature d'un même avion sans une réinitialisation manuelle.

Les lacunes technologiques du système ainsi que la surconfiance et le manque de formation des opérateurs (Rochlin, 1991) ont joué ici les premiers rôles. On ajoutera que ce cas est aussi celui d'une prise de décision – celle de lancer deux missiles sur le point de contact sept minutes après son décollage – ancrée dans un contexte de tension (à savoir des attaques iraniennes et irakiennes le matin même, des informations des services d'intelligence sur l'imminence d'attaques vers le 4 juillet) et de pression du commandement. Dans leur salle de contrôle opaque, coupés d'autres sources d'information, les opérateurs ont alors perçus leurs informations comme les indices évidents d'une attaque imminente. Les limites du cadre cognitif des opérateurs se sont ainsi conjuguées aux limites du cadre technologique.

Pour être plus précis, l'organisation mentale des informations perçues repose sur certains grands principes généraux tels que la proximité (on évalue le risque à partir des informations les plus répandues), la similitude (une situation est rattachée à une gamme de situations déjà connue et jugée similaire) ou encore l'analogie (la situation est évaluée sur la base d'un cas précédent). Ainsi, selon Tversky et Kahneman (1974), le jugement mobilise une charge cognitive faible. En d'autres mots, les individus fonctionnent sur la base « d'heuristiques », de procédés par lesquels ils évaluent une situation sans mettre en œuvre une réelle démarche analytique. Les travaux de ces auteurs ont ainsi permis d'identifier une série de distorsions génériques dans le traitement de l'information :

- la disponibilité : à savoir le mécanisme général consistant à considérer qu'un fait est plus important qu'un autre parce que plus saillant, fréquent ou observable. Par exemple, les faits faisant l'objet d'une large médiatisation seront perçus en ce sens comme plus importants ;
- l'existence de précédent : ce qui conduira à surestimer la fréquence d'un événement parce qu'un événement similaire a déjà été observé (et inversement) ;
- la perception sélective : comme il a été illustré, ce que l'on s'attend à voir déforme ce que l'on voit ;
- l'information concrète : le souvenir disponible d'une information concrète ou vécue l'emporte sur une information abstraite ou statistique ;

- la loi des petits nombres : les événements qui se produisent sont considérés plus représentatifs qu'ils ne le sont réellement. Autrement dit, quelques cas confirment la règle ;
- l'illusion du joueur : la répétition d'un nombre inattendu d'événements semblables dûs au hasard amène à croire qu'un élément nouveau ne peut manquer de se produire (par exemple, considérer qu'après neuf fois de rouge à la roulette, les chances de voir le noir sortir sont supérieures à 50 %).

Tableau 3 Synthèse des biais cognitifs

	Biais cognitifs	Effets potentiels sur la sûreté
Acquisition de l'information (Percevoir)	<i>Le biais de disponibilité</i> : le degré d'importance d'une variable dépend de sa disponibilité ou de sa visibilité	– Perception limitée de la complexité de la situation
	<i>Perception sélective</i> : voir ce que l'on s'attend à voir	– Filtrage des informations
Traitement du problème (Raisonner)	<i>Le biais de conformité</i> (<i>Bandwagon</i> ou <i>Groupthink effect</i>) : ne considérer que les positions de son groupe d'appartenance	– Conformisme – Vision de groupe
	<i>Le biais de confirmation</i> : rechercher les variables qui confortent sa solution	– Sélection des informations confirmatoires – Rejet des informations non conformes à ses positions de départ
	<i>La focalisation sur une solution préférée</i> : se focaliser sur les seuls avantages de sa solution	– Nombre réduit de solutions envisagées, rejet rapide des solutions alternatives
	<i>Le raisonnement par analogie</i> : transposer des cas simples et connus aux cas complexes ou non identifiés	– Évaluation insuffisante – Solutions inadaptées
Prise de décision (Choisir)	<i>La représentativité</i> : généraliser abusivement à partir de situations connues ou d'expériences passées	– Mauvaise appréciation des causes et conséquences
	<i>L'ancrage</i> : s'attacher à son jugement initial	– Réduction du champ des solutions
	<i>L'escalade</i> : poursuivre l'action engagée d'autant plus qu'elle ne produit pas les effets attendus	– Minimisation des facteurs contingents, de l'évolution de la situation
	<i>Le Wishful thinking</i> : prendre une décision sur la base d'une situation désirée	– Confusion entre désir et réalité
	<i>L'illusion de contrôle</i> : surestimer son degré de contrôle sur le cours des événements (ou biais d'optimisme)	– Surestimation des chances de succès – Forte prise de risques

La prise en considération d'une situation à risque et les décisions qui en découlent sont donc étroitement connectées à la manière dont l'information a été sélectionnée et traitée²⁹. Dans cette perspective, les typologies sont nombreuses à avoir tenté d'identifier les biais de traitement et leurs impacts (Hogarth et Makridakis, 1981 ; Schwenk, 1984, 1985 ; Bazerman, 2005). Le tableau 3 n'a pas vocation à les dénombrer de manière exhaustive mais propose une synthèse des biais cognitifs les plus prégnants pour la sûreté.

2.1.4 *Maintenir le sens de la situation*

Mais comment éviter les prises de risques inconsidérées ou les effets néfastes des biais sur la décision ? Parmi différentes réponses, le concept de *mindfulness* (Langer, 1989) et de *situation awareness* (Endsley, 2000) rendent compte de cet état d'esprit flexible par lequel les individus sont activement engagés dans l'action présente et discriminent les éléments nouveaux de leur situation (les signaux faibles, les éléments perturbateurs, les précurseurs...). Sur le plan cognitif, ces concepts se traduisent par une sensibilité à l'environnement direct et une ouverture aux nouvelles informations afin d'envisager les alternatives potentielles à la résolution de problèmes. L'accident de Ténérife nous livre une illustration de la perte de cet état de vigilance par rapport aux évolutions de son contexte d'action.

2 La collision de deux 747 à l'aéroport de Ténérife

Déviés sur un aéroport secondaire des îles Canaries, deux 747 (PANAM et KLM) sont entrés en collision suite à une demande d'autorisation de décollage ambiguë du deuxième appareil (KLM) en attente et une série de confusions dans la communication – en l'occurrence non-sécurisée – entre les deux cockpits et la tour de contrôle : 13 secondes après ce dernier message, le 747 de la KLM entra en collision avec le 747 de la PANAM le précédant sur la piste de décollage, provoquant la mort de 583 passagers et membres d'équipage.

Une des causes directes de l'accident tient évidemment dans la décision du pilote de la KLM de procéder au décollage sans autorisation. Divers éléments de contexte sont toutefois nécessaires à la compréhension de cette prise de décision : tout d'abord, l'aéroport de Ténérife, de taille réduite, n'était pas conçu pour accueillir des 747 (exigeant des manœuvres difficiles) et les opérateurs de la tour de contrôle étaient par ailleurs peu habitués à un trafic de ce type (procédures spécifiques, échanges en anglais). Ensuite, les pilotes

²⁹ On notera au passage l'importance de ces dimensions dans le cadre de la mise en place d'un système de retour d'expérience et du traitement des données.

de la KLM étaient proches d'atteindre leur limite maximale d'heures de pilotage mensuelle imposée par la législation néerlandaise. Ils étaient donc contraints de repartir le plus vite possible, de surcroît afin d'éviter les vols du soir et au risque d'être à nouveau retardés. Enfin, les conditions atmosphériques étaient telles que les pilotes et la tour de contrôle avaient une très faible visibilité (présence de nuages d'altitude). Ces éléments accumulés ont ainsi créé les conditions d'une mise sous stress des protagonistes et provoqué une rupture de la coordination entre les cockpits et la tour de contrôle. Focalisés sur leurs contraintes propres, les protagonistes ont perdu la vue d'ensemble de la situation amenant l'équipage de la KLM à une prise d'action motivée par des impératifs spécifiques (Weick, 1990).

Il faut donc comprendre que la construction du sens de l'action concerne plus précisément ce que les individus font avec l'information plutôt que l'information elle-même. Au sein de contexte d'ambiguïté sur la signification d'un événement ou d'incertitude sur son importance, c'est au fil de l'action et de leurs interactions – de manière « naturalistique » – que des individus vont pouvoir évaluer une situation au regard de son juste degré de dangerosité (Carroll *et al.*, 2006 ; Journé et Raulet-Croset, 2008). On se souvient dans le cas de TMI que les opérateurs ancrés dans leurs hypothèses initiales (pour rappel fondées sur une lecture erronée d'une indication) n'ont pas pris en compte ou n'ont pas interrogé les informations qui leur arrivaient en cours d'accident : c'est bien cette capacité à sortir de son cadre de compréhension de la situation qui leur a manqué.

Face à des situations inhabituelles, des événements inopinés ou lorsque les procédures sont muettes, l'enjeu de sûreté se situe dans le maintien du sens d'une situation, de sa signification (le scénario en cours) et de sa direction (les conséquences potentielles). Dans cette optique, il s'agit de détecter les signaux faibles et de les intégrer dans une nouvelle vision globale de la situation³⁰. En pratique, le développement du *mindfulness* passe par un encouragement aux communications verbales ouvertes et à l'expression de cadres de référence alternatifs.

Dans ce cadre, Weick et Sutcliffe (2001) ont dégagé cinq processus clés renforçant la vigilance face à l'inattendu : premièrement, il s'agit de porter attention aux échecs ou aux défaillances plutôt qu'aux succès passés, voire aux expériences heureuses. À l'inverse, on parlera du « paradoxe d'Icare » (Miller, 1992), défini par le sentiment

³⁰ Pour illustration, l'expression « *having the bubble* » utilisée au sein de l'*US Navy* identifie ce mécanisme de construction et de maintien d'un état mental au sein duquel les individus sont capables d'intégrer et de visualiser d'une manière homogène les différentes informations nécessaires – les positions sous-marines, les vaisseaux de surface, les rotations aériennes... – à la conduite de leurs opérations (Roberts et Rousseau, 1989). Ce même mécanisme est aussi observé dans le contrôle aérien civil où il est primordial de maintenir une vision générale des positions, des vitesses et des trajectoires. On pourrait ainsi penser que les contrôleurs aériens sont plus efficaces s'ils interviennent ponctuellement sur des situations exceptionnelles : au contraire, les arbitrages sont d'autant plus difficiles à résoudre que les contrôleurs n'ont pas suivi la totalité des processus.

d'invulnérabilité qu'il procure et la perte de vigilance qu'il entraîne. Plus largement, ce concept rejoint l'idée voulant que le succès peut mener à un excès de confiance et à la suffisance (Sitkin, 1992). Ainsi, à l'inverse du *mindfulness*, le « paradoxe d'Icare » contribue à la construction de dogmes et de rituels de type « cela marche mieux comme cela », « on a toujours fait comme ça ».

Deuxièmement, il est aussi question de se méfier des simplifications concernant des situations connues en apparence. On retrouve ici les exigences d'attitude interrogative. Plus largement, c'est faire preuve de *safety imagination* dont il s'agit : prévoir le scénario du pire, envisager les *what ifs* ou encore se dégager des hypothèses du type « cela a bien fonctionné dans le passé ».

Troisièmement, il est préconisé une sensibilité au caractère critique des opérations. Cet état de conscience permanent qu'est le *mindfulness* suppose alors une vision globale (holistique) des processus et des objectifs au détriment d'une vision cloisonnée par l'appartenance organisationnelle (département, division...). Il s'agit alors de détecter les problèmes assez tôt pour qu'ils restent des *free lessons*.

Quatrièmement, la capacité de résilience est également mise en exergue. Partant du constat voulant que tout ne peut être prévu, l'enjeu est de pouvoir répondre à la complexité des situations par des compétences d'adaptation.

Enfin, la vigilance face à l'inattendu passe par une déférence envers l'expertise et la diversité des expériences (fonctions hiérarchiques, métiers, ancienneté). Ce point implique, d'une part, que les équipes soient constituées de manière diversifiée (Carroll *et al.*, 2006) et, d'autre part, que les individus bénéficient d'un cadre psychologique (Edmondson, 1999) et culturel (Reason, 1997) leur permettant d'exprimer des points de vue divergents³¹.

Ces derniers constats nous amènent, dans le chapitre suivant, à envisager le rôle des collectifs dans la sûreté.

3 À retenir

- La perception des risques dépend étroitement de l'utilité perçue d'une activité, de son caractère familier ou du sentiment de contrôle de l'individu (*locus of control*).

³¹ Ces constats renvoient à divers enjeux tels que la composition ou les types de leadership appropriés (Klein *et al.*, 2006). On remarquera ainsi qu'en termes de composition d'équipe, des travaux ont montré que la diversité de compétences au sein d'un groupe permet le développement d'une pluralité d'interprétations (Levitt et March, 1988) qui favorise, à son tour, les échanges de points de vue, l'émergence de connaissances communes (Levine *et al.*, 1993) et une prise de décision collective (Jehn *et al.*, 1999). En contrepoint, comme l'indiquent Nonaka et Takeuchi (1995), une diversité totale des équipes peut s'avérer stérile si les membres ne partagent pas des points de repères communs initiaux. La composition d'une équipe se révèle donc une question d'équilibre entre son hétérogénéité et son homogénéité (Cooke *et al.*, 2000).

- Des corrélations peuvent être établies entre des traits de personnalité et la prise de risque : un faible niveau de conscience et d'agréabilité sont identifiés comme des prédicteurs d'accidents.
- Les individus traitent les informations reçues sur la base d'une série de grands principes (la proximité, la similitude, l'analogie). Par ailleurs, la qualité de leur prise d'action et de décision peut être limitée par un mécanisme de dissonance et par une série de biais cognitifs.
- Il est dès lors essentiel de développer la capacité des opérateurs à construire une compréhension commune de la situation et de ses évolutions (*mindfulness, situational awareness*).

2.2 La coordination des équipes

Les équipes³² sont constituées lorsqu'un individu ne peut assumer seul un ensemble de tâches, éventuellement complexes. Au-delà de ce principe quelque peu tautologique, la coordination entre les membres d'un groupe est pourtant loin d'être évidente. De manière générale, les recherches en matière de travail en équipe (Salas *et al.*, 2008 ; Rosen *et al.*, 2008) montrent que la performance d'une équipe dépend de facteurs tels que sa composition (par exemple les personnalités, les compétences, les motivations des protagonistes), les modalités de structure (à savoir les rôles et responsabilités, les canaux de communication ou de prise de décision) ou encore les caractéristiques des tâches qu'elles ont à assumer (le degré de concurrence ou de simultanéité des tâches, leur niveau de complexité et de nouveauté). Ainsi, de l'articulation de ces variables constitutives émergent des formes de coordination favorisant, ou non, des dimensions de sûreté clés telles que la qualité de la communication, la résolution collective de problème ou la capitalisation des retours d'expérience.

En effet, en vertu de leurs rôles essentiels dans la détection, le signalement et la récupération des erreurs, les groupes constituent des barrières centrales face au risque. Comme il a été souligné dans le chapitre précédent, la performance d'un groupe passera donc inévitablement par sa capacité à comprendre l'évolution d'un contexte, à échanger de l'information et, enfin, à agir de concert. Inversement, les collectifs peuvent jouer un rôle contre-productif lorsqu'ils sont incapables d'établir des lignes de communication ouvertes ou qu'ils développent une culture professionnelle s'éloignant des exigences de sûreté. *Mais comment éviter ces dérives au sein d'équipes dont les missions interdisent ou limitent le droit à l'erreur ?*

³² Par équipe, on entendra un ensemble d'au moins deux individus aux rôles et aux fonctions spécifiques, interagissant de manière dynamique et interdépendante dans la poursuite d'objectifs communs (Salas *et al.*, 1992).

2.2.1 La performance d'une équipe

Voyons tout d'abord comment comprendre la performance d'une équipe. Il est attendu des équipes qu'elles assurent une division du travail adaptée à la poursuite d'un objectif particulier. En ce sens, elles sont censées montrer une capacité à orchestrer des séquences de tâches dans le temps (Marks *et al.*, 2001) et donc à s'adapter constamment aux dynamiques du contexte (Burke *et al.*, 2006). On précisera aussi qu'à l'instar du niveau individuel, les groupes sont également tenus de favoriser une *team situation awareness* (Kaber et Endsley, 1998). Dans ce cadre, les techniques de communication telles que les *pre-job briefings*³³ ou les protocoles de communication sécurisée figurent parmi les outils classiques de performance humaine contribuant à la qualité des échanges et au transfert d'information.

Plus largement, des dispositifs de gestion tels que la hiérarchie, les règles, les plans, les réunions ou les projets sont également au cœur de la coordination des équipes. Or la plupart de ces mécanismes sont plutôt adaptés à des situations de travail prévisibles ou routinières. Si ces outils de coordination formels sont nécessaires, ils ne sont pas toujours suffisants lorsqu'il s'agit de faire face à la pression du temps, à l'imprévu et surtout à l'évolution rapide d'une situation à risque.

La performance d'une équipe se mesure alors par sa capacité à évoluer d'un mode de coordination explicite à un mode de coordination qualifié d'implicite (les dimensions communicationnelle et relationnelle). Pour exemple, l'analyse de la coordination d'une équipe médicale d'urgence (Faraj et Xiao, 2006) a ainsi montré que, selon la nature ou l'intensité des interventions, s'articulent des formes de coordination explicites, telles que le respect des protocoles ou une division du travail basée sur les spécialités, et des formes de coordination implicites, *i.e.* issues des échanges informels, lors desquelles s'élabore un consensus sur les cas délicats. Lorsque les situations sont de l'ordre du prévisible, la coordination repose alors sur l'expertise des membres de l'équipe. À l'inverse, quand l'environnement exige des réponses hors routine, les compétences communicationnelles et relationnelles des équipes sont déterminantes. La coordination implique donc une articulation permanente entre la stabilité des structures organisationnelles et la flexibilité des conduites (Waller *et al.*, 2004).

Si la communication et les interactions interpersonnelles sont des conditions nécessaires à la construction de représentations communes, certains contextes n'offrent toutefois pas la possibilité de maintenir un rythme constant d'activités et le temps nécessaire aux échanges. C'est là que les outils impersonnels de coordination (les règles, les procédures) jouent leur rôle de structuration. Une recherche sur les services d'incendie (Bigley et Roberts, 2001) a mis en avant l'importance d'un système de coordination centralisé sur les capacités de réaction et de révision des tactiques. Ainsi, selon les circonstances, l'autorité formelle peut être officiellement découplée

³³ On retrouve ces dispositifs de communication et de planification dans des activités aussi diverses que la préparation des plans de vol (Hoc et Amalberti, 2003), les interventions chirurgicales (Vashdi *et al.*, 2007), les opérations militaires (Melkonian et Picq, 2010) ou d'unités spéciales de police (Bechky et Okhuysen, 2011).

du grade et transmise à un pompier selon son expérience. Les membres d'une équipe sont alors capables de changer de rôles parce que ces derniers sont décrits et formalisés.

Devant l'imprévu, lorsqu'il faut basculer d'un mode de coordination vers un autre, la performance d'une équipe s'exprime alors plus particulièrement par la compétence des individus à anticiper les actions, les tâches et les besoins en information des autres membres du groupe ainsi qu'à ajuster leurs comportements réciproques en fonction de la dynamique d'une situation. Les membres d'une équipe doivent donc impérativement disposer de connaissances communes³⁴ sur le fonctionnement et les limites du matériel par exemple, mais surtout sur les tâches des autres membres, sur leurs rôles et leurs savoir-faire. À la question de savoir sur quoi se fonde la performance d'un groupe, il est alors possible de constater qu'elle ne passe pas tant par une connaissance de l'ensemble du système de la part de chacun de ses membres mais par leur capacité à construire une vue commune sur la dynamique d'une situation et du rôle de chacun afin d'y faire face³⁵. Autrement dit, la performance se fonde sur un processus mental collectif s'appuyant sur la vigilance des uns vis-à-vis de l'action des autres (Weick, 1987).

4 L'incendie de Mann Gulch

Ce cas célèbre de 1949 ayant causé la mort de 13 pompiers parachutés (*smokejumpers*) dans une région forestière illustre bien le rôle structurant du collectif (la définition des rôles et des responsabilités, la communication, les pratiques...) dans la construction de significations communes – le processus de *sensemaking* dans le vocabulaire de Weick (1995). L'histoire de cette intervention est celle de la perte des points de repère au sein de cette équipe de pompiers suite à une série d'événements inattendus et de ruptures avec les routines telles que la perte de la radio lors du parachutage ou la découverte d'un type de feu différent de celui annoncé. Au concret, les pompiers se sont retrouvés dans une configuration de terrain exigeant de séparer le groupe en deux et, par conséquent, de distendre les lignes. Toutefois, habitués à fonctionner au sein d'un système de rôle formalisé (le leader, le second puis les membres de l'équipe) et à se transmettre les ordres le long

³⁴ Ces connaissances sont qualifiées de « socles de connaissances implicites » (Rico *et al.*, 2008) ou de « modèles mentaux partagés » (Cannon-Bowers *et al.*, 1993). Ces derniers, ou *shared mental models*, sont définis comme des « *knowledge structures held by members of a team that enable them to form accurate explanations and expectations for the task, and, in turn, to coordinate their actions and adapt their behavior to demands of the task and other team members* ».

³⁵ Une série d'observations ont montré que le partage d'un modèle mental contribue à réduire la surcharge de communication – *communication overhead* – lors d'activités à haute intensité (McMillan *et al.*, 2004), à pallier une communication rendue difficile par la pression du temps (Mathieu *et al.*, 2000) ou à renforcer la capacité des équipes à fonctionner sous stress (Entin et Serfaty, 1999). Dans cette même perspective, d'autres travaux ont mis en exergue que le partage de modèles mentaux, par les mécanismes de responsabilisation qu'ils induisent entre membres de l'équipe, a pour effet de diminuer les impacts négatifs de la fatigue sur l'attention des opérateurs (Baranski *et al.*, 2007).

des lignes, les hommes du feu envoyés à Mann Gulch se sont retrouvés dans un contexte d'isolement. Or c'est par les communications constantes concernant la situation, la progression du groupe ou les changements survenant dans l'environnement que s'élaborent la vigilance, les mises en garde et, en définitive, l'anticipation des réactions adéquates (Weick, 1993). L'intensité et la rapidité de l'incendie, encore invisible à leur arrivée sur les lieux, ont dès lors été une surprise totale. Dans leur repli désordonné, l'instruction par un pompier plus expérimenté de se débarrasser de ses outils – un ordre à l'encontre du prescrit et de l'image du pompier – et son improvisation d'une technique de contre-feu ont achevé de désintégrer la compréhension commune de la situation.

La construction de représentations et d'interprétations communes sur la dynamique d'une situation est donc primordiale. Pour le dire autrement, une équipe se doit de développer des techniques et des stratégies de communication lui permettant de se doter d'une compréhension partagée des problèmes à résoudre. Pour illustration, dans le cadre des opérations de maintenance des voies ferroviaires (Roth *et al.*, 2006), il a été montré que le dispatching, les équipes sur les voies et, dans une moindre mesure, les conducteurs développent des pratiques de communication proactives au-delà du permis de travail requis. Ces pratiques, simplement qualifiées de « courtoisie » par les équipes de maintenance, sont pourtant essentielles afin de délivrer des points de situation le plus précis possibles (géographie des lieux, conditions de travail, état d'avancement des travaux, activités programmées) au dispatcher afin qu'il puisse visualiser au mieux les segments à isoler du trafic. De ces échanges naissent des représentations communes grâce auxquelles les protagonistes s'entendent sur les objectifs à atteindre, la programmation des tâches et les adaptations nécessaires : en bref, ils se coordonnent.

2.2.2 Les cultures professionnelles

Les représentations d'un groupe sont donc au cœur de sa capacité à évaluer la nature d'une situation et à agir en conséquence. Dans le même temps, ces représentations, sont aussi des facteurs de cloisonnement ou d'inertie puisqu'elles s'accompagnent de normes et de modèles de comportements légitimes. Un groupe se caractérise, en effet, par sa capacité à définir ce qui est de l'ordre du possible et de l'admissible pour ses membres : autrement dit, il se construit une culture professionnelle. La manière de concevoir et d'appliquer une démarche de sûreté est donc toujours le résultat d'un cadre de représentations propre à un groupe. Pour illustration, selon la typologie de Westrum (1993), le traitement de l'information concernant les problèmes rencontrés par une organisation pourra être de nature « pathologique, bureaucratique ou générative » (tableau 4).

La dimension culturelle est donc une dimension forte de la différenciation entre groupes ou entre organisations. À la suite de Schein (1985), on définira la culture

Tableau 4 *Le traitement de l'information*

Pathologique	Bureaucratique	Générative
L'information est cachée	L'information peut être ignorée	L'information est activement recherchée
On tue les messagers	Les messagers sont tolérés	Les messagers sont formés
Les responsabilités sont évitées	Les responsabilités sont compartimentées	Les responsabilités sont partagées
Les rapprochements ne sont pas encouragés	Les rapprochements sont permis mais peu encouragés	Les rapprochements sont récompensés
Les défaillances sont punies ou couvertes	L'organisation est juste et gratifiante	Les défaillances entraînent des enquêtes
Les nouvelles idées sont écartées	Les nouvelles idées créent des problèmes	Les nouvelles idées sont les bienvenues

comme « *a pattern of basic assumptions – invented, discovered or developed by a given group as it learns to cope with its problem of external adaptation (how to survive) and integration (how to stay together) – which have evolved over time and are handed down from one generation to the next* ». Cette définition souligne deux caractéristiques centrales de la construction identitaire : une culture professionnelle s'élabore, d'une part, par la mise en œuvre et l'apprentissage de réponses à des contraintes (on parlera d'adaptation externe, par exemple à une législation ou aux réalités du marché) et, d'autre part, elle se transmet aux nouveaux venus par des mécanismes de socialisation (on parlera d'intégration interne, par exemple par le compagnonnage, des récits ou des rites de passage). C'est en fonction de ses activités et de ses contraintes qu'un groupe professionnel élabore le système de représentations, de croyances et de valeurs qu'il mettra en action.

Les travaux de Fillol (2009) dans le secteur nucléaire ont ainsi soulevé la singularité de la culture professionnelle des opérateurs ayant connu l'entrée en service des centrales nucléaires par rapport aux opérateurs plus jeunes. Les premiers sont entrés en fonction dans un contexte où il était question de développer les méthodes et les procédures nécessaires au fonctionnement quotidien. La qualité d'un opérateur se traduisait alors par sa capacité d'exploration sinon d'innovation. Les seconds ont par la suite été amenés à exploiter les connaissances formalisées par les anciens et, ainsi, à fonder leur métier sur le respect des règles et du cadre normatif général. En d'autres termes, les valeurs adoptées au sein d'un groupe ne lui sont pas extérieures. Elles sont, on le voit, ancrées dans les enjeux particuliers des situations de travail et véhiculées au sein des groupes eux-mêmes.

Ce schéma de compréhension est également celui du cas particulier de la culture de sûreté. De nombreuses recherches au sein de groupes professionnels – tels les marins (Antonsen, 2009), les ouvriers du bâtiment (Gherardi *et al.*, 1998) ou les mineurs (Hynes et Prasad, 1997) – ont ainsi établi les liens de cohérence entre la

nature même de l'activité effectuée, un système de valeurs adapté à cette activité et une vision partagée de la sûreté : de la même manière qu'un groupe définit ce qui est de l'ordre du beau, du bon et du juste, il marque de son empreinte ce qui est considéré comme un risque acceptable (Duclos, 1987 ; Pidgeon, 1998). Malgré une grande diversité de définition (Guldenmund, 2000 ; Zhang *et al.*, 2002), la « culture de sûreté » doit donc avant tout être considérée comme un construit situé, propre aux réalités vécues par une « communauté de pratique » partageant les mêmes ressources et contraintes (Gherardi et Nicolini, 2000). Imposer une culture de sûreté sur le mode de l'injonction peut donc s'avérer une démarche infondée³⁶.

Les traits culturels d'un groupe se construisant sur les activités concrètes de travail, on ne s'étonnera pas que les différents niveaux de fonction au sein d'une organisation ne partagent pas les mêmes logiques d'action voire même ne comprennent pas celles des autres groupes. Les organisations à risques n'échappent pas à ces mécanismes identitaires. Elles sont, comme toutes organisations, caractérisées par des situations où les incompréhensions sont pléthore, récurrentes et parfois totales. Dans le cas de la maintenance aéronautique (McDonald *et al.*, 2000), il a été par exemple observé que le management imagine que les techniciens accomplissent leur travail sur la base des procédures écrites alors que ces derniers valorisent une culture professionnelle mettant l'accent sur la responsabilité et les compétences techniques³⁷. Sur le même mode, lors d'une enquête menée dans le domaine ferroviaire (Clarke, 1999), il a été établi que les conducteurs et les contremaîtres sous-estimaient les préoccupations de sûreté de leurs cadres qui pourtant les mettaient en avant dans leurs réponses.

Ces incompréhensions sont d'autant plus problématiques lorsqu'il est question de s'entendre sur l'évaluation d'un risque, sur des causes profondes ou encore sur des objectifs à atteindre entre des métiers (Reiman *et al.*, 2005), des départements (Dougherty, 1992) ou des niveaux de responsabilité différents (Harvey *et al.*, 1999 ; Prussia *et al.*, 2003 ; Carroll *et al.*, 2006). D'ailleurs, puisqu'elles impliquent différentes manières de faire et de penser, les identités ont également vocation à s'entrechoquer et à s'opposer.

2.2.3 Identifier les « groupthink »

En résumé, les modèles culturels et leurs valeurs sous-jacentes sont à la fois ce qui rapproche les individus entre eux et ce qui renforce leur distance par rapport à d'autres. Un groupe n'est donc pas une simple juxtaposition d'individus mais une communauté de pratique structurant les comportements individuels de manière

³⁶ Ainsi, on notera le contraste entre cette perspective constructiviste et l'approche qui prévaut largement au sein des guidances internationales en la matière. Partant d'une vision *top-down* de l'organisation, ces guidances mettent plutôt en exergue le rôle du leadership dans la construction et la diffusion d'une culture de sûreté. Le débat peut ainsi se résumer par une tension entre une culture de l'ordre de « l'avoir » (une culture qui peut être acquise et transformée par le haut) et de « l'être » (une culture qui émerge des interactions et des interdépendances au sein des groupes).

³⁷ On mentionnera le rôle charnière des contremaîtres ou des chefs d'équipe dans la communication et le travail de traduction entre les managers et les opérateurs (Findley *et al.*, 2007).

homogène. Il s'ensuit que les contextes de divergences et donc de conflits³⁸ entre groupes sont des situations courantes et surtout inévitables. Ces conflits peuvent, entre autres, concerner la question des objectifs et des missions, de l'allocation des ressources, des processus ou la gestion des tâches et la planification du travail³⁹.

Comme cela a déjà été souligné, les conflits peuvent également concerner les manières de penser les problèmes, par exemple entre des experts proposant des solutions basées sur des connaissances abstraites et des opérateurs mettant en avant un savoir-faire orienté sur l'expérience et l'intuition (Dunbar et Garud, 2005).

Dans le cas des centrales nucléaires, Rochlin et von Meier (1994) ont ainsi identifié deux sous-cultures de base, celle des ingénieurs et celle des opérateurs. À la recherche d'optimisation de la performance des systèmes, les ingénieurs sont fortement ancrés dans un modèle fait d'abstraction, d'une perception analytique des problèmes et d'une conception déterministe des relations causales. À l'inverse, les opérateurs, dont les tâches sont orientées vers le maintien de l'équilibre du système, développent un ensemble de représentations basées sur le fonctionnement concret des équipements, une vision holistique, empirique et incertaine du système. Ces appartenances culturelles ne condamnent évidemment pas les ingénieurs et les opérateurs à vivre dans des mondes parallèles, elles sont toutefois des dimensions alimentant les divergences de vues⁴⁰. Dans le même ordre d'idée, une autre grille de lecture, illustre cette corrélation entre des types de solutions privilégiées (*i.e.* l'analyse, la planification, les solutions opérationnelles, etc.) et la proximité (*sharp end*) ou l'éloignement (*blunt end*) des groupes face au risque (figure 6).

En filigrane de ces constats, il ressort qu'une trop grande cohésion peut se révéler particulièrement néfaste lorsqu'elle entraîne l'isolement et l'hermétisme d'un groupe, en un mot du conformisme. S'il n'existe pas de liens univoques entre la cohésion et le conformisme⁴¹, le mécanisme qualifié de *groupthink* par Janis (1982) caractérise toutefois les groupes à la fois en forte cohésion et caractérisés par leur conformisme.

³⁸ Au passage, on mentionnera que dans des situations considérées comme défavorables, les individus réagissent selon plusieurs modes de réaction : la défection, la protestation, la loyauté – ou « *exit, voice and loyalty* » selon les termes d'Hirschman (1970) – ou encore l'apathie qui a été ajoutée au modèle par Bajoit (1988). D'autres travaux se sont plus précisément penchés sur les styles de comportements observables face au conflit (Thomas, 1976, 1992) : on peut dégager l'évitement (stratégie de retrait, soit par aversion, soit parce qu'il y a peu à perdre ou à gagner dans le conflit), la compétition (poursuivre ses objectifs sans considération pour ceux des autres), la coopération (la solution intégrative dans laquelle chacun atteint ses objectifs ou du moins obtient un maximum d'avantages), la conciliation (stratégie d'apaisement) ou encore le compromis (les parties font des concessions).

³⁹ Les conflits se caractérisent par ailleurs par leur degré de visibilité (conflits ouverts ou tensions latentes), de lisibilité (conflits clairement formalisés ou inexprimés), d'amplitude (conflits spécifiques à un domaine ou élargis), leur localisation (conflits circonscrits ou globaux) (Charpentier, 2007).

⁴⁰ De manière plus générale, les observations de Perin (2005), également au sein de centrales nucléaires, ont identifié trois logiques en tension : la logique de sûreté calculée, celle basée sur des évaluations chiffrées des risques ; la logique du temps réel, celle des opérateurs au cœur des activités à risque ; la logique politique, faite des arbitrages constants par les managers, par exemple entre production et sûreté.

⁴¹ Une faible cohésion pourra par exemple être associée à un faible conformisme et une forte cohésion n'entraîne pas automatiquement un degré élevé de conformisme.

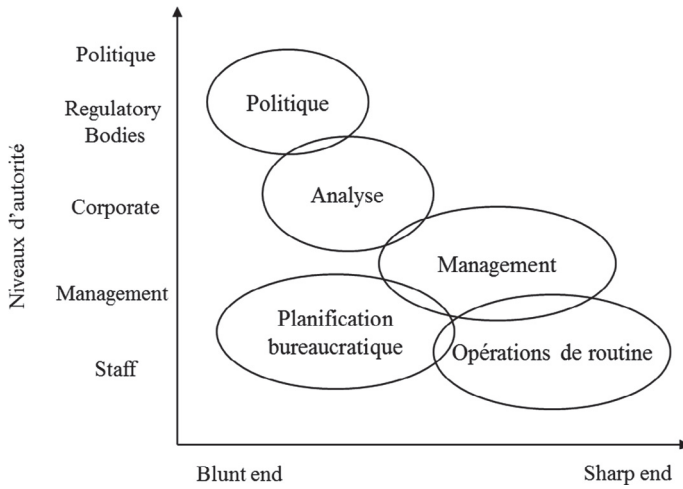


Figure 6 Schéma tiré de Rosness et al. (2010).

La pensée de groupe se manifeste alors par une vision en tunnel, une tendance à chercher les preuves qui viendront conforter ses conceptions et, dans le même temps, à écarter les informations divergentes⁴². L'accident de Tchernobyl, décrit dans la première partie de cet ouvrage, constitue une dramatique illustration de ces mécanismes. On s'en souvient, les opérateurs en salle de commande ont maintenu la poursuite d'un essai en cours sans se préoccuper de données et d'alarmes pourtant inquiétantes, tout en dépassant de surcroît diverses limites de sûreté. L'illusion d'invulnérabilité et l'optimisme excessif dont ces opérateurs ont fait preuve sont précisément des effets pervers typiques d'une pensée de groupe.

5 Le décollage de Challenger

Le 28 janvier 1986, la navette spatiale Challenger se désintègre 73 secondes après son décollage provoquant la mort des 7 astronautes dont une institutrice. Techniquement, c'est l'érosion d'un joint torique (O-rings) du propulseur d'appoint qui est à l'origine de la catastrophe⁴³. Or le manque de

⁴² Avant la formalisation de ce concept par Janis, une étude célèbre sur la prise de décision lors de la crise de missiles de Cuba en 1962 (Allison, 1971) avait déjà mis en évidence l'impact du caractère préconçu des solutions retenues selon les appartenances (Département d'État, Pentagone, Maison Blanche, Air force...) et les intérêts, les savoir-faire, les enjeux concrets qui leur sont sous-jacents.

⁴³ Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

- Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident (1986). « Report of the Presidential Commission » ;
- US House of Representatives Committee on Science and Technology. « Investigation of the Challenger Accident (1986) ».

fiabilité de ce matériel, identifié depuis 1977 et de surcroît particulièrement critique par grand froid comme le jour du décollage, était connu du management et des équipes d'ingénierie, tant de la NASA et de ses entités que du concepteur des joints, Morton Thiokol. C'est lors d'une téléconférence tenue la veille du décollage entre les directions de la NASA et du concepteur que le décollage a été évalué. Dans un premier temps, mis en doute par les ingénieurs de Thiokol, le décollage fut finalement autorisé par l'ensemble des protagonistes en vertu d'impératifs financiers et de légitimité.

Divers travaux (Starbuck et Milliken, 1988 ; Vaughan, 1990, 1996, 1997 ; Boin et Schulman, 2008) ont montré combien le contexte institutionnel (l'histoire politique de la conquête spatiale) mais aussi et surtout l'environnement de la NASA (les relations au Congrès et les contraintes de financement, l'opinion publique...) se sont immiscés en cascade – ou *trickle-down effect* (Vaughan, 1997) – et induit un système de contrôle et de régulation peu inquisiteur. Nourrie des succès du passé (une « *Can do attitude* » héritée des missions Apollo) et soumise à l'impératif d'assurer au plus vite le passage d'une navette d'un stade développemental (l'espace comme une affaire d'État) à un stade opérationnel (l'espace comme un business), l'agence spatiale américaine a délibérément accepté des dérives concernant la sûreté : des audits peu indépendants, des contrats avec les fournisseurs favorisant la réduction des coûts et le respect des délais au détriment de la sûreté, l'absence de sanction envers un fournisseur coutumier de non-conformité⁴⁴.

Le partage des mêmes enjeux liés à la bonne marche des programmes spatiaux a conduit les acteurs à baisser collectivement leur niveau d'acceptabilité du risque et à « normaliser la déviance » (Vaughan, 1996). Ainsi, lors de cette téléconférence, ce n'était pas tant une erreur liée à la sûreté qui était redoutée mais le report du lancement de la navette au risque de perdre en crédibilité et en ressources.

Le *groupthink* est donc synonyme d'un examen incomplet de la réalité, de choix sans analyse approfondie des risques, d'une sélection biaisée de l'information et, en conséquence, d'une absence de plans pour parer aux imprévus. Au sein d'un

⁴⁴ Dans une perspective chronologique, Farjoun (2005) parle ainsi d'un « cycle d'échec de la sûreté », considérant que l'absence de problème majeur de sûreté crée des attentes en termes d'efficacité qui poussent le système vers ses limites. Dans le même ordre d'idée, posant une relecture des accidents de Challenger et de Columbia, Heimann (2005) développe l'idée d'un « cycle des défaillances », illustrant la tendance des organisations à se concentrer, dans un premier temps, sur leur efficacité à éviter des erreurs pouvant entraîner des accidents puis, au fil de leur évolution et d'une attention sur leur efficacité, sur les erreurs pouvant entraîner des pertes de ressources. De manière générale, le *capability trap* (Repenning et Sterman, 2001) témoigne de situations au sein desquelles les organisations n'allouent pas assez de moyens dans l'amélioration constante des processus et se retrouvent à devoir combler rapidement et à grands frais une situation de sûreté déclinante. On remarquera qu'à la différence des efforts consentis dans l'amélioration de la production (coûts de production, productivité, marges bénéficiaires), les efforts réalisés vers une réduction des incidents sont beaucoup moins visibles, de surcroît lorsqu'aucun incident ne se produit.

groupe touché par ce phénomène, s'installe alors une logique collective qui néglige les signaux et autres avertissements précurseurs, produit des opinions stéréotypées et, plus encore, stigmatise les vues contradictoires. Porteurs de représentations façonnées par les enjeux de leur environnement, les acteurs organisationnels ne raisonnent pas tant en termes d'optimisation de leur décision mais sont plutôt à la recherche, consciente ou non, de la première solution acceptable ou satisfaisante. La rationalité de l'acteur est dite « limitée » (Simon, 1947) : elle est contingente à l'individu, aux contraintes de son contexte, aux routines ou encore aux choix du passé⁴⁵.

Ces dimensions nous invitent à aborder, dans le chapitre suivant, les questions relatives à l'organisation.

6 À retenir

- Les identités professionnelles sont à la fois ce qui rapproche les individus entre eux et ce qui renforce leur distance lorsqu'ils appartiennent à des groupes différents. Les identités structurent la manière dont les groupes professionnels diagnostiquent les problèmes et envisagent les solutions. Il est dès lors essentiel d'anticiper les incompréhensions potentielles entre les groupes, plus particulièrement lorsqu'il s'agit de définir les objectifs et les moyens de les atteindre.
- Des groupes à la fois en cohésion et conformistes peuvent développer une « pensée de groupe » les empêchant d'identifier les informations divergentes et d'anticiper des conséquences négatives (illusion d'invulnérabilité).
- La construction de représentations communes est pourtant essentielle face aux situations urgentes ou imprévues. Concrètement, la performance d'une équipe s'exprime par la compétence des individus à anticiper les actions, les tâches et les besoins en information des autres membres du groupe ainsi qu'à ajuster leurs comportements réciproques en fonction du déroulement d'une situation.
- La performance d'une équipe est donc liée à sa capacité à atteindre un objectif mais également à sa capacité d'adaptation aux circonstances. Plus précisément, la force d'une équipe est de pouvoir évoluer d'un mode de coordination explicite (les règles, les procédures) à un mode de coordination implicite (basée sur la communication et les ajustements mutuels).

⁴⁵ C'est donc uniquement du point de vue de l'acteur, inséré dans une situation spécifique, que l'on peut comprendre ses choix, ses comportements ou pratiques : les acteurs sont dès lors toujours rationnels mais par rapport à un contexte perçu.

2.3 La régulation organisationnelle

Les organisations sont une réalité complexe et multiple. De nombreuses typologies en ont montré les différentes dimensions et facettes. Classiquement, on peut ainsi citer les travaux de Bolman et Deal (1984, 2003)⁴⁶ ou de Morgan (2000)⁴⁷ offrant une vue synthétique des différents niveaux de lecture que l'on peut poser sur une organisation. Sur le plan de sa structure formelle, une organisation peut pourtant se comprendre simplement comme un compromis entre des processus consistant à diviser le travail (on parlera de différenciation) et à établir des moyens de coordination (on parlera d'intégration). En effet, spécialiser les tâches afin d'organiser le travail implique inévitablement d'introduire de la différenciation. Tout aussi inévitablement, il faut dans le même temps compenser par des mécanismes d'intégration dans le but de maintenir l'unité et la cohérence de l'organisation.

Les questions clés du design organisationnel sont alors liées au degré de spécialisation du travail, de localisation de l'autorité ou encore des modalités de coordination à privilégier. Ces choix initiaux intéressent de toute évidence la sûreté dans la mesure où ils assureront – ou pas – la disponibilité quantitative et qualitative des effectifs, la clarté des lignes hiérarchiques, la fluidité des canaux de communication ainsi que les coopérations entre acteurs. Ces questions sont d'autant plus importantes que la structure organisationnelle aura, comme nous le verrons, un impact sur les comportements : un individu dans une situation de travail fait, en effet, partie d'un système plus large structurant les appartenances (section, département, métier) et les types d'activités à mener.

2.3.1 Les formes organisationnelles

Pour le dire brièvement, les types d'organisation influencent les comportements individuels ou de groupe. Plus encore, les choix liés aux processus de différenciation montrent un impact direct sur l'efficacité et l'efficience de la structure elle-même. Afin d'illustrer la gamme des pathologies organisationnelles classiques et leurs impacts potentiels sur la sûreté, nous suivrons la typologie des configurations organisationnelles de Mintzberg (1980, 1982). L'intérêt du travail de l'auteur tient dans l'établissement

⁴⁶ Les auteurs distinguent les approches « structurelles » (s'intéressant à l'adaptation des moyens aux fins), « des ressources humaines » (mettant l'accent sur les motivations profondes des individus), « politiques » (les organisations comme arènes de négociation, de conflit et de coalition) et « symboliques » (privilégiant les croyances et les significations partagées).

⁴⁷ Les travaux de Morgan (2000) développent huit images ou métaphores de l'organisation : l'organisation comme une machine (une approche mécanique et taylorienne), un organisme (un système en interaction avec son environnement), un cerveau (une capacité de traiter l'information et d'apprendre), une culture (un ensemble de symboles et de rites), un système politique (des rapports de force et de pouvoir), une prison du psychisme (psychanalyse de l'organisation), un flux et des transformations (logique du changement), un instrument de domination (exploitation).

d'une typologie composée de cinq structures organisationnelles⁴⁸ articulant cinq formes de coordination⁴⁹ avec d'autres facteurs de contingence tels que la forme type de l'organisation et un environnement caractéristique.

La première structure identifiée, à savoir la « structure simple », est typique d'une organisation jeune et/ou caractérisée par un système technique peu sophistiqué. Elle pourrait donc s'écarter à première vue des grandes installations à risques. On notera toutefois que la structure simple suppose une supervision directe, essentiellement celle du cadre dirigeant, qui a pour effet une centralisation des décisions et une division du travail peu formalisée. Si la supervision directe offre de la flexibilité et de la réactivité à la prise de décision, ce type de structure à faible délégation conduit nécessairement à une charge de travail importante pour le management.

Le deuxième type d'organisation, qualifiée de « bureaucratie mécaniste », constitue par contre un modèle plus fréquent au sein des organisations à risques. Au sein de ce type, on retrouve en effet des tâches hautement spécialisées et routinières, des comportements formalisés ainsi qu'un pouvoir de décision fortement centralisé et hiérarchisé. Coordonnée par un mécanisme de standardisation des processus, cette configuration est aussi typique d'organisations de grande taille caractérisées par des environnements plutôt simples et stables. Malgré des atouts en termes d'efficacité et de régularité, la liste des effets liés aux structures bureaucratiques est connue de longue date : une monotonie des tâches, une faible implication du personnel, le manque de polyvalence, une dilution des responsabilités ou encore des coopérations limitées entre départements.

On ajoutera que, dans le domaine des organisations à risques, ces pathologies sont combattues par différents systèmes de supervision, de règles ou par le formatage des comportements. À l'instar de structures bureaucratiques classiques, le risque de voir les logiques de fonctionnement internes l'emporter sur les objectifs premiers de l'organisation est un problème permanent pour les organisations à risques (Hirschhorn, 1993).

Les travaux de Snook (2000) ont ainsi identifié quatre états d'évolution du cycle des systèmes sociotechniques : dans un premier temps, les règles globales sont

⁴⁸ Selon Mintzberg, la structure organisationnelle se définit comme l'ensemble des moyens employés afin de diviser les activités en tâches distinctes et d'assurer la coordination entre ces tâches. Elle se compose de cinq grands domaines : le noyau opérationnel (au sein duquel le travail est accompli), le sommet stratégique (les orientations, l'allocation des ressources...), la ligne hiérarchique (la ligne d'autorité et de communication verticale), la technostucture (les divers analystes dont le travail est d'assurer l'adaptation ou la standardisation) et le soutien fonctionnel (la logistique).

⁴⁹ Concernant les cinq mécanismes types de coordination, on dénombre : l'ajustement mutuel, se basant sur les communications informelles et constantes des membres de l'organisation ; la supervision directe par un seul individu ; la standardisation des processus de travail, *i.e.* la programmation des activités ; la standardisation des produits où seul le résultat escompté est défini ; la standardisation des compétences où seules la qualification ou la formation nécessaire sont spécifiées. On ajoutera que plus les tâches deviennent complexes, plus les besoins en coordination exigent des solutions évoluées.

suivies (l'état est celui de *designed organization*) ; ensuite ces règles sont susceptibles d'être considérées comme non nécessaires parce que leur utilité n'est plus perçue (*engineered organization*) ; il en ressort que des règles locales prennent le dessus dans les pratiques quotidiennes (*applied organization*) ; en définitive, c'est l'ensemble du système qui devient vulnérable (*failure*). S'ils ne sont pas contrôlés, ces écarts peuvent conduire à ce que l'auteur nomme un *practical drift*, une lente et insidieuse dérive provoquant le découplage entre les règles écrites et les pratiques réelles du terrain.

À la différence de la configuration précédente, la « bureaucratie professionnelle » se veut beaucoup moins centralisée et apparaît dans des environnements plus complexes. Typiquement, on retrouve parmi ces organisations, les cabinets de consultance, les bureaux d'études ou les universités. Elles se caractérisent par l'homogénéité des compétences et des qualifications de leurs membres. En termes de sûreté, le risque premier de ce type de structure est d'éloigner les experts des réalités de terrain vécues par les opérateurs et d'imposer une séparation artificielle entre ceux qui pensent le travail, à travers les analyses, les procédures, les planifications, et ceux qui le réalisent : au risque, à nouveau, de fortes variations entre le prescrit et le réalisé (Dien, 1998 ; Antonsen *et al.*, 2008).

La « structure divisionnalisée » se fonde, quant à elle, sur un découpage répondant aux différentes activités d'une organisation (en termes de produits ou de localisation de marché) et un siège central dont la fonction est de contrôler les performances (essentiellement financières) des divisions. Or ces structures demandent un minimum d'interdépendance et exigent, par conséquent, une forte implication de la ligne hiérarchique. En offrant une meilleure adaptation aux situations locales, la structure en division se veut à l'origine une solution aux travers de la bureaucratie, elle risque toutefois d'y retomber constamment en raison d'un « effet silo », provoquant des interactions limitées entre les unités, une faible diffusion des connaissances et le développement de cultures locales. Le cas de Texas City constitue une illustration de l'impact d'une configuration organisationnelle de ce type sur la sûreté.

7 L'explosion de BP Texas City

L'explosion de la raffinerie de Texas City (BP) est survenue le 23 mars 2005 (à 13 h 20) au sein d'une unité d'isomérisation (*ISOM unit*). Lors du redémarrage de l'unité après un arrêt pour maintenance, une colonne de distillation trop remplie par un opérateur déborde et le système de décharge de la pression (datant des années 1950) provoqua un geyser liquide et gazeux. En l'absence d'une torchère ou d'autres dispositifs de sûreté, les vapeurs inflammables sortant du ballon d'éclatement s'enflamment et provoquent une explosion au contact d'un véhicule situé à une trop grande proximité (7,6 mètres). Cette explosion entraîna le décès de 15 personnes (des sous-traitants se trouvant à 37 mètres du ballon d'éclatement) et 180 blessés.

Les commissions d'enquête⁵⁰ concernant cet accident ont dressé un lourd bilan concernant les processus et les pratiques de sûreté au sein de la raffinerie. Il a été mis en évidence des effectifs insuffisants afin de mener les opérations de redémarrage, l'absence de communication entre les équipes de quart, la faible formation des opérateurs aux situations anormales et de démarrage, leur fatigue, des instrumentations incorrectes ou encore le manque de surveillance du processus et d'assistance technique par le management.

Sans surprise, ces différents constats sont à replacer dans un contexte de réductions drastiques des coûts de production. Les priorités budgétaires opérées par le management ont été clairement établies au détriment des conditions de sûreté : réduction des effectifs, de la formation (l'équipe de formateurs est ainsi passée de 28 à 8), de la supervision et de l'inspection mais également de la maintenance. On remarquera ainsi que les indicateurs considérés par BP se basaient sur un outil de comparaison des performances entre les entités du groupe où l'on pouvait trouver des indicateurs de coûts de production, de disponibilité du matériel ou les aspects de sécurité individuelle : aucun des indicateurs de ce tableau de bord ne mettait sous contrôle des processus liés à la sûreté.

Sur le plan organisationnel, la forte décentralisation au sein du groupe BP et la forte responsabilisation du leadership au niveau des unités composant les sites ont également été identifiées comme des facteurs clés de l'accident. Au regard de sa structure accordant une large autonomie des divisions, BP ne disposait pas d'un système intégré de management de la sûreté (normes, procédures actualisées, indicateurs, retour d'expérience⁵¹...). Sans cadre contraignant, se sont installées des pratiques locales en totale violation des procédures en place, celles-ci étaient d'ailleurs considérées non pas comme des instructions strictes mais, dans le meilleur des cas, comme de simples guidances ou des documents à remplir *ex-post*. Ainsi la pratique de remplissage qui a causé l'accident était en réalité courante : un seul des 19 derniers démarrages opérés de 2000 à 2005 avait été réalisé dans le respect des normes de niveaux et de pression.

⁵⁰ Pour le déroulement de l'accident, voir parmi d'autres :

- US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (2007). Investigation Report (2005-04-I-TX) ;
- The BP US Refineries Independent Safety Review Panel (2007). The report of The BP US Refineries Independent Safety Review Panel.

⁵¹ On remarquera que cet accident est aussi celui d'une organisation qui n'a pas su apprendre des accidents précédents, pourtant fréquents sur le site et à l'échelle du groupe, tel que celui de BP Grangemouth (UK) en 2000 (Hopkins, 2008).

Pour clôturer le passage en revue des configurations, « l'adhocratie » est une forme relativement peu formalisée et flexible. Elle se rapproche des structures projets aujourd'hui fréquemment rencontrées. Cette configuration se dispense du principe d'unité de commandement pour adopter une coordination par ajustement mutuel (entre des experts aux qualifications différentes). L'adhocratie implique par définition des réorganisations constantes au gré des besoins et une faible distinction entre la conception et l'exécution. Si elles sont censées diminuer les problèmes de communication et réduire les coûts de coordination, elles imposent également une multiplication des interfaces et des conflits de priorités ainsi que, potentiellement, des objectifs variables et une orientation à court terme.

On remarquera que les organisations à risques se caractérisent fréquemment par une tension entre les configurations mécaniste et adhocratique⁵², oscillant entre la mise en place de système de règles et le besoin de s'adapter rapidement aux situations. Il en ressort la nécessité de trouver un équilibre organisationnel entre une responsabilité hiérarchique et le développement de structures plus autonomes. Comme cela a déjà été présenté, les constats tirés par les tenants de la *High Reliability Theory* favorisent les hiérarchies flexibles au sein desquelles le modèle d'autorité hiérarchique se transforme en modèle collégial selon les exigences de la situation⁵³.

2.3.2 Compliance et règles informelles

L'empreinte de l'organisation ne se limite toutefois pas à son cadre formel. Une organisation est également un tissu informel d'interdépendances et de relations de pouvoir au sein duquel le poids des cultures locales (les normes valorisées), des symboles ou du passé sont le ciment de modes de fonctionnement, parfois qualifiés d'incohérents ou d'irrationnels.

L'existence d'une structure organisationnelle formalisant les buts, les lignes hiérarchiques, et les canaux de communication pourrait, en effet, laisser penser qu'une organisation est un espace de certitudes. Or les règles formelles (les procédures et les règlements) aussi détaillées qu'elles soient n'atteignent jamais un degré de complétude, de couverture de l'éventail des situations ou de cohérence qui leur permettrait de lever les incertitudes relatives à la diversité et à la complexité des contextes. Pour illustration dans un contexte maritime (Chauvin, 2003), il a été montré que les décisions prises par les officiers en passerelle, lors des croisements entre navires,

⁵² Journé (2001) relève que Mintzberg (1982 : 291) identifie une configuration qualifiée de « bureaucratie de contingence » concernant les organisations, à l'instar des services d'incendie, fortement régulées mais devant répondre constamment à des situations imprévues.

⁵³ Dans ce cadre, les travaux de Rothwell (1996) concernant l'organisation de l'exploitation de centrales nucléaires ont ainsi montré qu'une coordination horizontale – *i.e.* des échanges non structurés, la négociation des objectifs, une prise de décision collective et incrémentale... – est synonyme d'une meilleure productivité lors des opérations de conduite alors que le contrôle hiérarchique s'avère plus efficace lors des arrêts de tranche.

relèvent plutôt de règles informelles alors qu'ils disposent d'un cadre réglementaire international d'anti-collision. Afin d'éviter et surtout d'anticiper les situations d'incertitudes laissées par cette réglementation, les officiers de pont développent des stratégies consistant à manœuvrer ostensiblement de manière à limiter les réactions de l'autre navire (stratégie d'évitement de l'interaction) ou, au contraire, à contraindre le navire antagoniste à manœuvrer dans une certaine direction (stratégie incitative ou coercitive).

Ces phénomènes de déplacement, de contournement sinon de détournement des règles au sein des organisations sont des observations récurrentes (Crozier et Friedberg, 1977 ; Reynaud, 1989). Les acteurs, qu'ils soient individuels ou de groupes, développent en effet des régularités de comportements, autrement dit des stratégies, soit offensives, soit défensives, afin d'atteindre leurs objectifs, d'assurer la progression de leurs tâches ou, plus largement, de maintenir leur zone d'autonomie.

Les observations de Bourrier (1996, 1999) sur les activités de maintenance au sein de plusieurs centrales nucléaires ont ainsi révélé que les règles étaient constamment ajustées et adaptées afin de pouvoir atteindre les objectifs fixés. Comparant deux centrales françaises (Bugey et Nogent) et deux américaines (Diablo Canyon et North Anna), l'auteur montre que ces ajustements se produisent lorsqu'il est nécessaire de réduire l'imprévisibilité inhérente aux arrêts de tranche (par exemple les coopérations effectives entre la maintenance et la conduite, l'utilité opérationnelle des procédures ou la gestion des situations inattendues). Dans les cas français, caractérisés par la faible planification des travaux, les écarts par rapport au prescrit sont nombreux (interprétation des consignes, adaptation aux réalités de terrain...). Dans les deux cas américains, on observe *a contrario* un niveau de préparation élevé et un contrôle étroit. Au sein de ces deux derniers cas, les règles sont suivies drastiquement et les travailleurs se réfèrent aux chefs d'équipe à chaque difficulté rencontrée.

Une explication spontanée sur les écarts de conformité des opérateurs à l'égard des procédures pourrait se trouver dans les clichés culturels mettant en exergue l'orientation « contractuelle » des Américains et l'orientation « autonomiste » des Français (Bourrier, 2005). En contrepoint à ces considérations culturalistes, M. Bourrier montre que ce qui est en jeu ce ne sont pas tant des modèles culturels mais, plus concrètement, les possibilités d'ajuster les normes formelles aux besoins opérationnels.

Ainsi, dans l'un des cas américains (Diablo Canyon), les travailleurs reportent une majorité des problèmes à traiter aux ingénieurs afin de mener les changements de procédures nécessaires ; dans l'autre cas (North Anna), ce sont les contremaîtres qui ont l'autorité formelle d'initier ces ajustements. Dans ces deux cas, les opérateurs respectent les règles non par obéissance mais parce qu'ils sont associés à leur validation ou aux possibilités de les modifier rapidement. Dans les cas français, les opérateurs ne pouvant faire évoluer les règles, ils n'ont d'autre choix que de les contourner. Il en ressort que la compliance n'est pas seulement calculée, normative ou le fruit de pressions sociales (Winter et May, 2001) mais liée à un contexte relationnel garantissant, ou non, l'adaptation des règles aux réalités opérationnelles.

À l'intérieur du cadre formel prescrit par la structure organisationnelle, se développent en arrière-fond des mécanismes informels de régulation propres aux réalités vécues par les opérateurs. La mise en place d'un système de sûreté reposant uniquement sur des procédures n'est dès lors pas sans poser de questions. Si les procédures sont indéniablement des barrières clés, leur multiplication ou leur inadaptation aux besoins du terrain peut s'avérer contre-productive (Dekker, 2002).

Au concret, on peut ainsi s'interroger sur leur volume maîtrisable, leur degré d'applicabilité aux réalités de terrain ou encore leur niveau de cohérence. Plus fondamentalement, il convient de comprendre que la réduction du champ d'autonomie des individus quant à leur possibilité d'assurer leurs tâches peut entraîner des mécanismes d'affranchissement par rapport aux règles et conduire à des « violations de routine » (Lawton, 1998)⁵⁴. Une logique additive dans le développement des procédures aurait ainsi pour effet d'entraîner un cercle vicieux – plus de règles donc moins d'autonomie donc moins de compliance – au risque de tomber dans le *practical drift* décrit par Snook.

De manière plus générale, on ajoutera, à la suite de nombreux travaux (Antonsen *et al.*, 2008 ; Grote *et al.*, 2009), qu'un recours à des procédures et à des règles de plus en plus détaillées se caractérise par un triple risque de déresponsabilisation, de perte d'expertise dans la résolution de problème et d'incapacité à se coordonner en cas de situation imprévue. Certains travaux développent même l'idée qu'il serait vain de rechercher les micro-violations quotidiennes et de les analyser comme les symptômes d'une dégradation de la fiabilité (Amalberti, 1996). Pour le dire autrement, un système au sein duquel ne se produit aucune action corrective de la part des opérateurs peut être considéré comme un système fragile. Rejoignant ainsi le courant des HRO, la capacité de contournement des règles et les actions correctrices des opérateurs peuvent même, dans cet ordre d'idée, se révéler un facteur de sûreté (Kontogiannis, 1999).

2.3.3 Interroger les routines organisationnelles

L'organisation ne va donc pas de soi. Elle est le fruit d'un processus chaque fois contingent ou, dans un autre vocabulaire, d'une dynamique d'*organizing* (Weick, 1979) par laquelle une organisation se construit et se stabilise autour de routines construites de manière non prescriptive et non anticipée. Il en ressort que ce que l'on nomme couramment des dysfonctionnements – des décisions en apparence irrationnelles, des procédés opaques, la persistance de problèmes non résolus, des conflits récurrents, des projets de changement qui ne changent rien... – peut s'avérer la conséquence d'une forme de régulation dont la compréhension éclaire des phénomènes tels que

⁵⁴ Plus largement, ce mécanisme renvoie à la capacité des acteurs à développer de nécessaires ajustements et à compenser les limites de leur contexte. On parlera ainsi de « violations nécessaires » (Reason, 1987), de « bricolages ordinaires » (Duclos, 1991) ou d'une pratique de « *finishing the design* » selon l'expression de Rasmussen.

la résistance au changement ou l'incapacité des organisations à apprendre de leurs erreurs.

En bref, les dysfonctionnements sont aussi des fonctionnements, reposant sur des règles informelles, des coutumes, des croyances qui orientent en retour les comportements et conditionnent l'action des individus. Des processus aussi importants pour la sûreté que la gestion des connaissances ou le retour d'expérience (REX) sont par conséquent subordonnés aux construits sociaux en place, favorisant ou interdisant tout changement (Gilbert, 2001 ; Gaillard, 2005). L'analyse d'accidents (Kletz, 1993) a, en effet, montré à de nombreuses reprises combien la « mémoire organisationnelle » pouvait être défaillante.

8 L'explosion de Columbia

Le 1^{er} février 2003, dix-sept ans après Challenger, la navette spatiale Columbia se désintègre durant sa phase de rentrée dans l'atmosphère, entraînant la disparition des sept astronautes. Sur le plan technique, l'accident trouve son origine dans la détérioration de la protection thermique de l'aile gauche par des débris d'isolant lors du décollage. Plus fondamentalement, la commission d'enquête sur cet accident⁵⁵ identifia que les leçons de Challenger n'avaient pas été retenues, en particulier au niveau des modes de management et des pratiques de retour d'expérience en vigueur.

À l'instar de Challenger, la défaillance technique de Columbia fut avant tout le fruit d'une défaillance organisationnelle au sein d'une administration qui n'a pas su corriger ses erreurs du passé (Hall, 2003 ; Vaughan, 2006). De nouveau, des phénomènes de sur-confiance, de pressions compétitives et de réduction des ressources ont entraîné un processus de « normalisation de la déviance » déjà identifié dix-sept ans plus tôt : au sein de la NASA, le problème des débris d'isolant, pourtant connu depuis longtemps et observé lors du décollage, n'était en effet pas considéré comme un enjeu de sûreté et n'a donc pas été reconnu comme un problème critique.

Les organisations sont en effet beaucoup plus enclines à développer une mémoire des succès que des échecs. Un optimisme aveugle sur la marche des choses (Landau et Chisholm, 1995) ou les croyances superstitieuses quant à l'issue positive des actions (Levitt et March, 1988) conduisent à considérer le futur comme une simple répétition des performances du passé et renforcent les routines installées. En effet, si les routines sont nécessaires à des fins de coordination, de réduction de l'incertitude, d'économie des ressources cognitives mais aussi de conservation du savoir tacite (Cohen et Bacdayan, 1994), elles tendent à devenir des conduites « naturelles » et à se transformer en automatismes. Les routines restreignent alors l'éventail des solutions et, dans le même temps, la capacité à réagir face à des problèmes nouveaux. Miller

⁵⁵ CAIB (2003). Report of the Columbia Accident Investigation Board.

identifie en ce sens les risques d'inertie, de démesure, d'inattention et d'insularité à considérer les succès comme des acquis (Miller, 1994)⁵⁶.

L'apprentissage organisationnel n'est donc pas une simple accumulation de savoirs. Il implique une mise en examen permanente des manières de faire et de penser : apprentissage et changement sont ainsi intimement liés. Selon Argyris et Schön (1978), les apprentissages se produisent, soit en simple boucle, soit en double boucle – *single/double loop learning*. Lors d'un apprentissage en simple boucle, les individus modifient leur comportement sans pour autant modifier les principes directeurs et les valeurs implicites qui orientent leurs actions. L'attention se limite alors à l'adaptation de l'existant, à la différence d'un apprentissage en double boucle dont la particularité est de remettre en question les routines établies.

Le mode d'apprentissage en simple boucle est pourtant le plus fréquent. Au sein des organisations à risques, il se traduit le plus souvent par le développement de nouvelles procédures censées rectifier de manière mécanique les pratiques non désirées. S'il apporte des réponses provisoires, il va sans dire que ce type d'apprentissage en simple boucle peut être un obstacle aux réformes plus profondes dans la mesure où il contribue au renforcement des cadres de référence et donc... des routines. *A contrario*, lors d'un apprentissage en double boucle, il y a interrogation des schémas mentaux et exploration de nouvelles manières de penser ou de résoudre les problèmes. Il s'ensuit que seuls les apprentissages en double boucle permettent à l'organisation d'être réellement apprenante.

Le mot d'ordre est donc en quelque sorte de « désapprendre » (Hedberg, 1981). La participation d'acteurs organisationnels aux profils différenciés à des séances de débriefings (après une intervention ou après un événement) s'avère, dans ce cadre, une pratique cruciale (Carroll, 1995 ; Carroll *et al.*, 2002 ; Ron *et al.*, 2006). Ces moments constituent une opportunité de confrontation des perceptions de chaque groupe et de compréhension des contraintes réciproques. Lorsqu'ils sont régulièrement organisés, ces débriefings sont autant d'occasions de contrecarrer les « routines défensives », les mécanismes de défense face au changement selon l'expression d'Argyris (1990), et de favoriser les changements systémiques plutôt que ponctuels (Zohar et Luria, 2003).

9 À retenir

- Les choix organisationnels fondamentaux, dont l'organigramme offre une synthèse, influencent les comportements individuels (la responsabilisation, la coopération, la prise de décision...). Des pathologies classiques peuvent être identifiées par rapport aux formes organisationnelles types.

⁵⁶ Plus encore, des travaux ont montré combien la routinisation pouvait entraîner des déviations telles qu'une propension au secret (Vaughan, 1999) sinon à l'instauration d'une culture du silence (Beamish, 2000) envers des pratiques ou des résultats qu'il n'est pas question de mettre en cause.

- Aussi détaillés qu’elles puissent être, les règles ne permettent pas de couvrir la diversité des situations de travail. Il en ressort que les individus sont amenés à les adapter, à les contourner sinon à les détourner afin d’atteindre leurs objectifs. L’adhérence aux règles et aux procédures n’est donc pas tant liée à leur caractère rationnel ou à la compliance des individus mais à leur degré d’adaptation aux réalités vécues par les opérateurs.
- Une organisation se stabilise autour de routines, de pratiques institutionnalisées. Ce qui est qualifié de dysfonctionnements peut s’avérer en réalité un mode de fonctionnement en vigueur. Un apprentissage organisationnel efficient s’attache donc à changer en profondeur les pratiques en place (*double-loop learning*).

This page intentionally left blank

Conclusion

L'ouvrage avait pour ambition d'explorer la dimension humaine de la sûreté. Au fil des chapitres, il a donc été question d'identifier les notions clés nécessaires à l'adoption d'une perspective FHO. Le passage en revue de concepts tels que les biais cognitifs, la pensée de groupe ou les effets de système a révélé la permanence de leur influence sur la sûreté. Le facteur humain ne se limite donc pas à la compréhension des défaillances, des écarts ou des événements : sa prégnance se manifeste au quotidien des pratiques individuelles et collectives.

En corollaire, un autre enseignement majeur issu de notre parcours d'exploration tient dans la remise en question des certitudes et des idées reçues concernant, par exemple, les comportements à risque, l'erreur humaine ou encore les dysfonctionnements organisationnels. Un des messages de l'ouvrage tient dans l'idée que ces dernières dimensions ne peuvent se comprendre qu'en relation avec un contexte qui dépasse le cadre spécifique de l'activité concernée. Les individus agissent et réagissent avec d'autres, pallient leurs contraintes et s'approprient les éléments techniques de leur situation de travail. Il en ressort que les causes profondes en matière de facteur humain ne peuvent s'analyser qu'au prix d'une approche mettant en interrelation le social et le technique.

Au passage, on admettra aisément que notre approche en séquence, basée sur l'individu, le groupe et l'organisation, avait surtout pour qualité d'offrir un découpage didactique. De toute évidence, les comportements d'un individu ne peuvent

s'approcher sans s'intéresser à ses appartenances de groupe ou son cadre organisationnel. Comprendre la dimension humaine est en définitive un exercice holistique. Aux côtés des approches déterministes ou probabilistes, les FHO proposent donc un mode de compréhension global et systémique de la sûreté.

Nous commençons cet ouvrage sur une définition communément admise de la sûreté. Les développements proposés nous invitent à une définition augmentée de celle-ci. Si la sûreté repose sur des éléments matériels, elle est aussi le fruit de modalités organisationnelles, de capacités relationnelles et de représentations relatives à une installation particulière. Ce qui est considéré de l'ordre du danger ou de la sûreté trouve donc son origine au sein même des systèmes sociotechniques. Du point de vue FHO, la sûreté est donc moins une affaire de normes externes que le résultat d'une construction collective située dans un contexte particulier : comme nous le disions en entrée de jeu, les organisations à risques sont avant tout des systèmes humains.

Bibliographie

Allison, G. (1971). *The essence of decision: explaining the Cuban missile crisis*. Boston, Little Brown.

Amalberti, R. (1996). *La conduite des systèmes à risques*. Paris, PUF.

Amalberti, R. (1998). « Dysfonctionnements des systèmes et dysfonctionnements de la cognition ». *Revue générale nucléaire*, 1, 55-62.

Amalberti, R., Deblon, F. (1992). « Cognitive modelling of fighter aircraft's process control: a step towards an intelligent on board assistance system ». *International Journal of Man-Machine Studies*, 36, 639-671.

Antonsen, S. (2009). « The Relationship between Culture and Safety on Offshore Supply Vessels ». *Safety Science*, 47, 1118-1128.

Antonsen, S., Almklov, P., Fenstad, J. (2008). « Reducing the Gap between Procedures and Practice – Lessons from a Successful Safety Intervention ». *Safety Science Monitor*, 12, 1, 1-16.

Argyris, C. (1990). *Overcoming Organizational Defenses, Facilitating Organizational Learning*. Boston, Allyn and Bacon.

Argyris, C., Schön, D. (1978). *Organisation Learning: a Theory of Action Perspective*. Londres, Addison-Wesley.

- Bajoit, G. (1988). « Exit, voice, loyalty... and apathy. Les réactions individuelles au mécontentement ». *Revue française de sociologie*, 29, 2, 325-345.
- Barabel, M., Meier, O. (2002). « Biais cognitifs du dirigeant, conséquences et facteurs de renforcement lors de fusions acquisitions : synthèse et illustrations ». *Finance Contrôle Stratégie*, 5, 1, 5-42.
- Baranski, J.V., Thompson, M.M., Lichacz, F.M. McCann, C., Gil, V., Pasto, L., Pigeau, R.A. (2007). « Effects of Sleep Loss on Team Decision Making: Motivational Loss or Motivational Gain? ». *Human Factors*, 49, 4, 646-660.
- Bazerman, M.H. (2005). *Judgement in Managerial Decision Making*. New York, John Wiley.
- Beamish, T.D. (2000). « Accumulating Troubles: Complex Organizations, a Culture of Silence, and a Secret Spill ». *Social Problems*, 47, 4, 473-498.
- Bechky, B.A., Okhuysen, G.A. (2011). « Expecting the Unexpected? How SWAT Officers and Film Crews Handle Surprises ». *Academy of Management Journal*, 54, 2, 239-261.
- Beck, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. Sage, Thousand Oaks.
- Bernard, B. (2011). « Knowledge Management practices applied within a TSO: the Role of Technical Responsibility Centers ». *International Journal of Nuclear Knowledge Management*, 5, 4, 348-360.
- Bierly, P.E., Spender, J.-C. (1995). « Culture and High Reliability Organizations: the Case of the Nuclear submarine ». *Journal of Management*, 21, 4, 639-656.
- Bigley, G.A., Roberts, K.A. (2001). « The Incident Command System: High-Reliability Organizing for Complex and Volatile Task Environments ». *Academy of Management Journal*, 44, 6, 1281-1299.
- Boin, A., Schulman, P. (2008). « Assessing NASA's Safety Culture: the Limits and Possibilities of High-Reliability Theory ». *Public Administration Review*, November/December, 1050-1062.
- Bolman, L.G., Deal, T.E. (1984). *Modern Approaches to Understanding and Managing Organizations*. San Francisco, Jossey Bass.
- Bolstad, C.A., Cuevas, H.M., Costello, A.M., Rousey, J. (2005). « Improving Situation Awareness through Cross-training ». Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 49th Annual Meeting, 2005, Orlando, FL.
- Bourrier, M. (1996). « Organizing Maintenance Work at Two American Nuclear Power Plants ». *Journal of Contingencies and Crisis Management*. 4, 2, 104-112.
- Bourrier, M. (1999). *Le nucléaire à l'épreuve de l'organisation*. PUF, Paris.
- Bourrier, M. (2005). « L'analyse culturelle : un horizon, pas un point de départ. En réponse à Philippe d'Iribarne ». *Revue française de sociologie*, 46, 1, 171-176.

- Burke, C.S., Stagl, K.C., Salas, E., Pierce, L., Kendall, D. (2006). « Understanding Team Adaptation: a Conceptual Analysis and Model ». *Journal of Applied Psychology*, 6, 1189-1207.
- Cadet, B., Kouabenan, R.D. (2005). « Évaluer et modéliser les risques : apports et limites de différents paradigmes dans le diagnostic de sécurité ». *Le travail humain*, 68, 1, 7-35.
- Cannon-Bowers, J.A., Salas, E. (Eds) (1998). *Making Decisions under Stress: Implications for Individual and Team Training*. American Psychological Association, Washington.
- Cannon-Bowers, J.A., Salas, E., Converse, S. (1993). « Shared mental models in expert team decision making ». In N.J. Castellan (Ed.) *Individual and group decision making*. Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 221-246.
- Carroll, J. (1995). « Incident Reviews in High-hazard Industries: Sensemaking and Learning under Ambiguity and Accountability ». *Industrial and Environmental Crisis Quarterly*, 9, 175-197.
- Carroll, J.S., Hatakenaka, S., Rudolph, J.W. (2006). « Naturalistic Decision Making and Organizational Learning in Nuclear Power Plants: Negotiating Meaning Between Managers and Problem Investigation Teams ». *Organization Studies*, 27, 1037-1057.
- Carroll, J.S., Rudolph, J.W., Hatakenaka, S. (2002). « Learning from experience in high-hazard organizations ». *Research in Organizational Behavior*, 24, 87-137.
- Carvalho, P.V.R., Dos Santos, I.L., Vidal, M.C.T.R. (2005). « Nuclear power plant shift supervisor's decision making during microincidents ». *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 619-644.
- Charpentier, P. (2007). *Management et gestion des organisations*. Paris, Armand Colin.
- Chauvin, C. (2003). « Gestion des risques lors de la prise de décision en situation d'interaction dynamique : approches systémique et cognitive ». In Bastien, J.-M.C. (Ed) *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique (EPIQUE)*, Boulogne-Billancourt. INRIA : Rocquencourt, 123-134.
- Clarke, S. (1999). « Perceptions of Organizational Safety: Implications for the Development of Safety Culture ». *Journal of Organizational Behavior*, 20, 2, 185-198.
- Clarke, S., Robertson, I.T. (2005). « A Meta-analytic Review of the Big Five Personality Factors and Accident Involvement in Occupational et non-occupational settings ». *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 78, 355-376.
- Cohen, M.D., Bacdayan, P. (1994). « Organizational Routines Are Stored as Procedural Memory: Evidence from a Laboratory Study ». *Organization Science*, 5, 4, 554-568.
- Cooke, N.J., Salas, E., Cannon-Bowers, J.A., Stout, R. (2000). « Measuring Team Knowledge ». *Human Factors*, 42, 151-173.

- Costa, P.T., McCrae, R.R. (1992). *NEO PI-R professional manual: Revised NEO Personality Inventory (NEO PI-R) and NEO Five-Factor Inventory (NEO-FFI)*. Odessa, Psychological Assessment Resources.
- Crichton, M.T., Flin, R. (2004). « Identifying and training non-technical skills of nuclear emergency response teams ». *Annals of Nuclear Energy*, 31, 1317-1330.
- Crozier, M., Friedberg, E. (1977). *L'acteur et le système*. Paris, Seuil.
- Daniellou, F., Simard, M., Boissieres, I. (2010). « Facteurs humains et organisationnels de la sécurité industrielle. Un état de l'art ». *Les Cahiers de la sécurité industrielle*, 2010-02.
- De Keyser, V. (1995). « Time in ergonomics research ». *Ergonomics*, 38, 1639-1660.
- Dekker, S. (2002). *The Field Guide to Human Error Investigations*. Ashgate, Aldershot.
- Dien, Y. (1998). « Safety and application of procedures, or 'how do 'they' have to use operating procedures in nuclear power plants?' ». *Safety Science*, 29, 179-187.
- Digman, J.M. (1990). « Personality Structure: Emergence of the Five Factor Model ». *Annual Review of Psychology*, 41, 417-440.
- Dougherty, D. (1992). « Interpretive Barriers to Successful Product Innovation in Large Firms ». *Organization Science*, 3, 2, 179-202.
- Dougherty, E.M. (1990). « Human Reliability Analysis – Where Shouldst Thou Turn? ». *Reliability Engineering and System Safety*, 29, 3, 283-299.
- Douglas, M., Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture*. Berkeley, University of California Press.
- Downer, J. (2009). *When Failure is an Option: Redundancy, Reliability and Regulation in Complex Technical Systems*. London School of Economics, discussion paper 53.
- Duclos, D. (1987). « La construction sociale du risque : le cas des ouvriers de la chimie face aux dangers industriels ». *Revue française de sociologie*, 28, 1, 17-42.
- Duclos, D. (1991). *L'homme face au risque technique*. L'harmattan, Paris.
- Dunbar, R., Garud, R. (2005). « Data Indeterminacy: One NASA, Two Modes ». In Starbuck, W.H., Farjoun, M. (Eds). *Organization at the Limit: Lessons from the Columbia Accident*. Malden, Blackwell, 202-219.
- Edmondson, A. (1999). « Psychological Safety and Learning Behavior in Work Teams ». *Administrative Science Quarterly*, 44, 2, 350-383.
- Endsley, M.R. (1995). « Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems ». *Human Factors*, 37, 1, 32-64.
- Endsley, M.R. (2000). « Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: a Critical Review ». In Endsley, M.R., Garland, D.J. *Situation Awareness Analysis and Measurement*. Mahwah, N.J. Lawrence Erlbaum Associates, 3-32.

- Eisenhardt, K.M. (1993). « High Reliability Organizations Meet High Velocity Environments: Common Dilemmas in Nuclear Power Plants ». In Roberts, K.H. (Ed.). *New Challenges to Understanding Organizations*. Macmillan, New York.
- Entin, E.E., Serfaty, D. (1999). « Adaptive team coordination ». *Human Factors*, 41, 312-325.
- Faraj, S., Xiao, Y. (2006). « Coordination in Fast-Response Organizations ». *Management Science*, 52, 8, 1155-1169.
- Farjoun, M. (2005). « Organizational Learning and Action in the midst of Safety Drift : Revisiting the Space Shuttle Program's Recent History ». In Starbuck, W.H., Farjoun, M. (eds.) *Organization at the Limit. Lessons from the Columbia Disaster*, Oxford, Blackwell.
- Festinger, L. (1957). *A theory of cognitive dissonance*. Stanford, Stanford University Press.
- Fillol, C. (2009). « Antinomie de l'identité et des règles professionnelles. Le cas de la conduite nucléaire ». Conférence de l'AIMS, Grenoble.
- Findley, M., Smith, S., Gorski, J., O'Neil, M. (2007). « Safety Climate Differences among Job Positions in a Nuclear Decommissioning and Demolition Industry: Employees' Self-reported Safety Attitudes and Perceptions ». *Safety Science*, 45, 875-889.
- Fishhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S.L., Keeney, R.L. (1981). *Acceptable Risk*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Flin, R., O'Connor, P. Mearns, K. (2002). « Crew resource Management: Improving Team Work in High Reliability Industries ». *Team Performance Management*, 8, 3-4, 68-78.
- Furuta, K., Sasou, K., Kubota, R., Ujita, H., Shuto, Y., Yagi, E. (2000). « Human Factors Analysis of JCO Criticality Accident ». *Cognition, Technology and Work*, 2, 182-203.
- Gaillard, I. (2005). « Le retour d'expérience. Analyse bibliographique des facteurs socioculturels de réussite ». *Les Cahiers de la sécurité industrielle*, 2008-01.
- Gephart, R.P., Van Maanen, J., Oberlechner, T. (2009). « Organizations and Risk in Late Modernity ». *Organization Studies*, 30, 141-155.
- Gherardi, S., Nicolini, D. (2000). « The Organizational Learning of Safety in Community of Practices ». *Journal of Management Inquiry*, 9, 1, 7-18.
- Gherardi, S., Nicolini, D., Odella, F. (1998). « What Do You Mean by Safety? Conflicting Perspectives on Accident Causation and Safety Management in a Construction Firm ». *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 6, 4, 202-213.
- Gibson, J. (1961). « The contribution of experimental psychology to the formulation of problem of safety ». In *Behavioural Approaches to Accident Research*. New-york, AACC.

- Gilbert, C. (2001). « Retour d'expérience : le poids des contraintes ». *Annales des Mines*, avril, 9-24.
- Gordon, R., Flin, R., Mearns, K. (2005). « Designing and evaluating a human factors investigation tool (HFIT) for accident analysis ». *Safety Science*, 43, 147-171.
- Gorman, J., Cooke, N.J., Amazeen, P.J. (2012). « Training Adaptive Teams ». *Human Factors*, 52, 2, 295-307.
- Grimston, M.C. (1996). « Chernobyl and Bhopal ten years on. Comparisons and Contrasts ». *Advances in Nuclear Science and Technology*, 24.
- Grote, G., (2009). *Management of uncertainty. Theory and application in the design of systems and organizations*. London, Springer.
- Grote, G., Weichbrodt, J.C., Günter, H., Zala-Mezö, E., Künzle, B. (2009). « Coordination in high-risk organizations: the need for flexible routines ». *Cognition, Technology and Work*, 11, 1, 17-27.
- Guldenmund, F.W. (2000). « The Nature of Safety Culture: a Review of Theory and Research ». *Safety Science*, 34, 215-257.
- Haddon, W.J. (1980). « The basic strategies for reducing damage from hazards of all kinds ». *Hazard Prevention*, September-october, 8-12.
- Hall, J.L. (2003). « *Columbia and Challenger*: organizational failure at NASA ». *Space Policy*, 19, 239-247.
- Harms-Ringdahl, L. (2009). « Analysis of Safety Functions and Barriers in Accidents ». *Safety Science*, 47, 3, 353-363.
- Harvey, J., Bolam, H., Gregory, D. (1999). « How many Safety Cultures are they? ». *The Safety and Health Practitioner*, 17, 12, 9-12.
- Hedberg, B. (1981). *How Organizations Learn and Unlearn. Handbook of Organizational Design*. Oxford University Press, Oxford.
- Heimann, L. (2005). « Repeated Failures in the Management of High Risks Technologies ». *European Management Journal*, 23, 1, 105-117.
- Heinrich, H.W. (1931). *Industrial Accident Prevention: a Scientific Approach*. New York, McGraw-Hill.
- Hellriegel, D., Slocum, J.W. (1992). *Management des organisations*. Bruxelles, De Boeck.
- Hirschhorn, L. (1993). « Hierarchy versus Bureaucracy: The Case of Nuclear Reactor ». In Roberts, K. *New Challenges to Understanding Organization*. New York, Mac Millan, 137-149.
- Hirschman, A. (1970). *Exit, Voice, and Loyalty: Responses to Decline in Firms, Organizations, and States*. Cambridge, Harvard University Press.

- Hoc, J.M., Amalberti, R. (2003). « Adaptation et contrôle cognitif: supervision de situations dynamiques complexes ». In Bastien, J-M.C. (Ed) *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique (EPIQUE)*, Boulogne-Billancourt. INRIA : Rocquencourt, 135-147.
- Hockey, G.R.J., Sauer, J., Wastell, D.G. (2007). « Adaptability of Training in Simulated Process Control: Knowledge- Versus Rule-Based Guidance under Task Changes and Environmental Stress ». *Human Factors*, 49, 1, 158-174.
- Hogarth, R.M. (1980). *Judgment and Choice: the Psychology of Decision*. John Wiley.
- Hogarth, R.M, Makridakis, S. (1981). « Forecasting and Planning: an Evaluation », *Management Science*, 27, 2, 115-138.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and accident prevention*. Aldershot, Ashgate.
- Hollnagel, E. (2005). « Human Reliability Assessment in Context ». *Nuclear Engineering and Technology*, 37, 2, 159-166.
- Hollnagel, E., Amalberti, R. (2001). « The emperor's New Clothes: or whatever Happened to "Human Error"? In Dekker, S. (Ed) *Proceedings of the 4th International Workshop on Human Error, Safety Systems Development*, Linköping, 1-18.
- Hollnagel, E., Paries, J., Woods, D.D., Wreathall, J. (2011). *Resilience Engineering in Practice: A Guidebook*. Aldershot, Ashgate.
- Hollnagel, E., Woods, D.D., Leveson, N. (Eds) (2006). *Resilience Engineering: Concepts and Precepts*. Aldershot, Ashgate.
- Hopkins, A. (2001). « Was Three Mile Island a 'Normal Accident'? ». *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 9, 2, 65-72.
- Hopkins, A. (2007). *The Problem of Defining High Reliability Organisations*. Working paper 51, The Australian National University.
- Hopkins, A. (2008). Failure to Learn, the BP Texas City Refinery Disaster. CCH, Sidney.
- Horswill, M.S., McKenna, F.P. (1999). « The Effect of Perceived Control on Risk Taking ». *Journal of Applied Social Psychology*, 29, 2, 377-391.
- Hynes, T., Prasad, P. (1997). « Patterns of "Mock Bureaucracy" in Mining Disasters: an Analysis of the Westray Coal Mine Explosion ». *Journal of Management Studies*, 34, 4, July, 601-623.
- Janis, I.L. (1982). *Groupthink*. Houghton-Mifflin, Boston.
- Jehn, K.A., Northcraft, G.B., Neale, M.A. (1999). « Why Differences Make a Difference: A Field Study of Diversity, Conflict, and Performance in Workgroups ». *Administrative Science Quarterly*, 44, 4, 741-763.
- Journé, B. (2001). « Quelles stratégies pour gérer la sûreté? Le cas des centrales nucléaires françaises ». Papier présenté à la X^e conférence de l'AIMS, Laval, Québec.

- Journé, B., Raulet-Croset, N. (2008). « Le concept de situation : contribution à l'analyse de l'activité managériale en contextes d'ambiguïté et d'incertitude ». *Management*, 11, 1, 27-55.
- Kaber, D.B., Endsley, M.R. (1998). « Team Situation Awareness for Process Control Safety and Performance ». *Process Safety Progress*, 17, 1, 43-48.
- Katsuya, T. (2001). « Public Response to the Tokai Nuclear Accident ». *Risk Analysis*, 21, 6, 1039-1046.
- Kim, S.K., Byun, S.N. (2011). « Effects of Crew Resource Management Training on the Team Performance of Operators in an Advanced Nuclear Power Plant ». *Journal of Nuclear Science and Technology*, 48, 9, 1256-1264.
- Kirwan, B. (1994). *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. London, Taylor & Francis.
- Klein, K.J., Ziegert, J., Knight, A.P., Xiao, Y. (2006). « Dynamic Delegation: Shared, Hierarchical, and Deindividualized Leadership in Extreme Action ». *Administrative Science Quarterly*, 51, 4, 590-621.
- Kletz, T. (1993). *Lessons from Disaster. How Organisations Have No Memory and Accidents Recur*. IchemE.
- Kletz, T. (2001). *Lessons from Disasters*. Oxford, Gulf Professional Publishing.
- Kluge, A., Sauer, J., Schüler, K., Burkolter, D. (2009). « Designing Training for Process Control Simulator: a Review of Empirical Findings and Current Practices ». *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10, 6, 489-509.
- Kontogiannis, T. (1999). « User Strategies in Recovering from Errors in Man-Machine Systems ». *Safety Science*, 32, 49-68.
- Kouabenan, D.G. (2007). « Incertitude, croyances et management de la sécurité ». *Le Travail Humain*, 70, 3, 271-287.
- Kubota, R. (2011). « Investigation on the Human and Organizational Factors in the Fukushima Accident », Personal opinion, 12th Meeting of WGHOE-OECD, Paris.
- La Porte, T., Consolini, P.M. (1991). « Working in Practice but Not in Theory: Theoretical Challenge of High Reliability ». *Journal of Public Administration Research and Theory*, 1, 19-47.
- Landau, M., Chisholm, D. (1995). « The Arrogance of Failure: Notes on Failure-avoidance Management ». *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 3, 2, 67-80.
- Langer, E.J. (1975). « The Illusion of Control ». *Journal of Personality and Social Psychology*, 32, 311-328.
- Langer, E.J. (1989). *Mindfulness*. Cambridge, Perseus.
- Lawton, R. (1998). « Not working to rule: understanding procedural violations at work ». *Safety Science*, 28, 2, 77-95.

Lekka, C. (2011). *High Reliability Organisations. A Review of the Literature*. Health and Safety Executive.

Leplat, J. (1988). *Task Complexity in Work Situations*. In Goodstein, L.P., Andersen, H.B., Olsen, S.E. (Eds). *Tasks, Errors and Mental Models*. London, Taylor and Francis.

Letzkus, P. (2003). « La gestion des conflits d'objectifs dans les activités à risques : la conduite d'installations nucléaires ». In Bastien, J.-M.C. (Ed) *Actes des Deuxièmes Journées d'Étude en Psychologie Ergonomique (EPIQUE)*, Boulogne-Billancourt. INRIA : Rocquencourt, 325-331.

Levine, J.M., Resnick, L.B., Higgins, E.T. (1993). « Social Foundations of Cognitions ». *Annual Review of Psychology*, 44, 585-612.

Levitt, B., March, J.G. (1988). « Organizational Learning ». *Annual Review of Sociology*, 14, 319-340.

Libmann, J. (1996). *Éléments de sûreté nucléaire*. Les Ulis, EDP Sciences.

Lundberg, J., Rollenhagen, C., Hollnagel, E. (2009). « What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The Consequences of Underlying Accident Models in Eight Accident Investigation Manuals ». *Safety Science*, 47, 10, 1297-1311.

Marks, M.A., Mathieu, J.E., Zaccaro, S.J. (2001). « A Temporally Based Framework and Taxonomy of Team Processes ». *Academy of Management Review*, 26, 3, 356-376.

Massaiu, S. (2011). *Developing and Testing the Guidance-Expertise Model of Crew Cognitive Control: Study Plan for the Teamwork, Procedures and Expertise Experiment*. OECD Halden Reactor Project, HWR-980.

Mathieu, J.E., Heffner, T.S., Goodwin, G.F., Salas, E., Cannon-Bowers, J.A. (2000). « The Influence of Shared Mental Models on Team Process and Performance ». *Journal of Applied Psychology*, 85, 2, 273-283.

McDonald, N., Corrigan, S., Daly, C., Cromie, S. (2000). « Safety Management Systems and Safety Culture in Aircraft Maintenance Organisations ». *Safety Science*, 34, 151-176.

McMillan, J., Entin, E.E., Serfaty, D. (2004). « Communication Overhead: the Hidden Cost of Team Cognition ». In Salas, E., Fiore, S.M. (Eds) (2004). *Team Cognition: Understanding the Factors that Drive Process and Performance*. American Psychological Association, Washington DC, 61-82.

Melkonian, T. Picq, T. (2010). « Opening the “Black Box” of Collective Competence in Extreme Projects: Lessons from the French Special Forces ». *Project Management Journal*, 41, 3, 79-90.

Miller, D. (1992). *Le Paradoxe d'Icare. Comment les entreprises se tuent à réussir*. Presses de l'Université Laval, Québec.

Miller, D. (1994). « What Happens after Success: the Perils of Excellence ». *Journal of Management Studies*, 31, 3, 325-358.

- Mintzberg, H. (1980). « Structure in 5's: a Synthesis of the Research on Organizations Design ». *Management Science*, 26, 3, 322-341.
- Mintzberg, H. (1982). *Structure et dynamique des organisations*. Paris, Éditions d'organisation.
- Morgan, G. (2000). *Les images de l'organisation*. Bruxelles, De Boeck.
- Mumaw, R.J., Roth, E.M., Vicente, K.J., Burns, C.M. (2000). « There is More to Monitoring a Nuclear Power Plant than Meets the Eye ». *Human Factors*, 42, 1, 36-55.
- Nonaka, I. (1994). « A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation ». *Organization Science*, 5, 1, 14-37.
- Nonaka, I., Takeuchi, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company*. New-York, Oxford University Press.
- Ochanine, D. (1981). L'image opérative, Actes d'un séminaire (1-5 juin), et recueil d'articles. Université Paris 1.
- O'Connor, P., O'Dea, A., Flin, R. Belton, S. (2008). « Identifying the team skills required by nuclear power plant operations personnel ». *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 1028-1037.
- Perin, C. (2005). *Shouldering Risks. The Culture of Control in the Nuclear Power Industry*. Princeton and Oxford, Princeton University Press.
- Perrow, C. (1981). « Normal Accident at Three Mile Island ». *Society*, 17-26.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies*. New York, Basic books.
- Pidgeon, N. (1998). « Risk Assessment Risk Value and the Social Science programme: Why we Do Need Risk Perception Research? » *Reliability Engineering and Safety System*, 59, 5-15.
- Pidgeon, N., O'Leary (2000). « Man-made disasters: why technology and organizations (sometimes) fail ». *Safety Science*, 34, 15-30.
- Pfeffer, J., Salancik, G.R. (1978). *The External Control of Organizations: a Resource Dependence Perspective*. New York, Harper and Row.
- Prussia, G.E., Brown, K., Willis, G.P. (2003). « Mental Models of Safety: Do Managers and Employees see eye to eye? ». *Journal of Safety Research*, 34, 143-156.
- Rasmussen, J. (1975). *The Reactor Safety Study*. WASH-1400, USNRC.
- Rasmussen, J. (1982). « Human Errors: a Taxonomy for describing human malfunction in industrial installations ». *Journal of Occupational Accidents*, 4, 311-335.
- Rasmussen, J. (1990). « The Role of Error in Organizing Behaviour ». *Ergonomics*, 33, 1185-1199.
- Rasmussen, J. (1997). « Risk Management in a Dynamic Society: a modelling problem ». *Safety Science*, 27, 2-3, 183-213.

- Reason, J. (1987). « The Chernobyl errors ». *Bulletin of the British psychological society*, 40, 201-206.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Reason, J. (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate, Aldershot.
- Reason, J. (1998). « Achieving a safe culture: theory and practice ». *Work & Stress*, 12, 3, 293-306.
- Reiman, T., Oedewald, P., Rollenhagen, C. (2005). « Characteristics of Organizational Culture at the Maintenance units of two Nordic Nuclear Power ». *Reliability Engineering and System Safety Science*, 89, 331-345.
- Repenning, N.P., Sterman, J.D. (2001). « Nobody Ever Gets Credit for Fixing Problems that Never Happened: Creating and Sustaining Process Improvement ». *California Management Review*, 43, 4, 64-88.
- Reynaud, J.-D. (1989). « Les régulations dans les organisations : régulation de contrôle et régulation autonome ». *Revue française de sociologie*, 29, 5-18.
- Rico, R., Sanchez-Manzanares, M., Gil, F., Gibson, C. (2008). « Team Implicit Coordination Processes: a Team Knowledge-based Approach ». *Academy of Management Review*, 33, 1, 163-184.
- Rijpman, J.A. (1997). « Complexity, Tight-Coupling and Reliability: Connecting Normal Accidents Theory and High Reliability Theory ». *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 5, 1, 15-23.
- Roberts, K. (1990). « Some Characteristics of one Type of High Reliability Organization ». *Organization Science*, 1, 2, 160-176.
- Roberts, K.H., Rousseau, D.M. (1989). « Research in Nearly Failure-Free, High-Reliability Organizations: Having the Bubble ». *IEEE Transactions on Engineering Management*. 36, 2, 132-139.
- Rochlin, G.I. (1989). « Informal Organizational Networking as a Crisis-Avoidance Strategy: US Naval Flight Operations as a Case Study ». *Organization and Environment*, 3, 2, 159-176.
- Rochlin, G.I. (1991). « Iran Air Flight 655 and the USS Vincennes ». In La Porte E, T.R. (Ed), *Social Responses to Large Technical Systems*, 99-125.
- Rochlin, G.I., La Porte, T.R., Roberts, K.H. (1987). « The Self-Designing High-Reliability Organization: Aircraft Carrier Flight Operations at Sea ». *Naval War College Review*, 40, 4, 76-90.
- Rochlin, G.I., von Meier, A. (1994). « Nuclear power operations: a cross-cultural perspective ». *Annual Review of Energy and the Environment*, 19, 153-187.
- Ron, N., Lipshitz, R., Popper, M. (2006). « How Organizations Learn: Post-flight Reviews in an F-16 Fighter Squadron ». *Organization Studies*, 27, 8, 1069-1089.

- Rose, C.L., Murphy, L.B., Byard, L. Nikzad, K. (2002). « The Role of the Big Five Personality Factors in Vigilance Performance and Workload ». *European Journal of Personality*, 16, 185-200.
- Rosen, M.A., Fiore, S.M., Salas, E., Letsky, M. Warner, N. (2008). « Tightly Coupling Cognition: Understanding How Communication and Awareness Drive Coordination in Teams ». *The International C2 Journal*, 2, 1, 1-30.
- Rosness, R., Grotan, T.O., Guttormsen, G., Herrera, I.A., Steiro, T. Storseth, F., Tinmannsvik, R.K., Waero, I. (2010). *Organisational Accidents and Resilient Organisation: six perspectives*. (SINTEF A17034).
- Ross, L. (1977). « The intuitive psychologist and his shortcomings: Distortions in the attribution process ». In L. Berkowitz (Ed.). *Advances in experimental social psychology*. New York, Academic Press, 173-220.
- Roth, E., Multer, J., Raslear, T. (2006). « Shared Situation Awareness as a Contributor to High Reliability Performance in Railroad Operations ». *Organization Studies*, 27, 7, 967-987.
- Rothwell, G. (1996). « Organizational Structure and Expected Output at Nuclear Power Plants ». *The Review of Economics and Statistics*, 78, 3, 482-488.
- Rotter, J. B. (1954). *Social learning and clinical psychology*. New York, Prentice-Hall.
- Sagan, S.D. (1993). *The Limits of Safety: Organizations, Accidents and Nuclear Weapons*. Princeton, Princeton University Press.
- Sagan, S.D. (1996). « When Redundancy Backfires: Why Organizations Try Harder and Fail More Often ». *Annual Meeting of the American Political Science Association*. San Francisco.
- Sagan, S.D. (2004). « The Problem of Redundancy Problem: Why More Nuclear Security Forces May Produce less Nuclear Security ». *Risk Analysis*, 24, 4, 935-946.
- Salas, E., Cooke, N.J., Rosen, M.A. (2008). « On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments ». *Human Factors*, 50, 3, 540-547.
- Salas, E., Dickinson, T.L., Converse, S.A, Tannenbaum, S.I. (1992). « Toward an Understanding of Team Performance and Training ». In Swezey, R. W., Salas, E. (Eds). *Teams: their Training and Performance*. Ablex, Norwood, 3-29.
- Schein, E.H. (1985). *Organizational Culture and Leadership: a Dynamic View*. San Francisco, Jossey Bass.
- Schumacher, S., Kleinmann, M., Melchers, K.G. (2011). « Job requirement for control room jobs in nuclear plants ». *Safety Science*, 49, 394-405.
- Schwenk, C.R. (1984). « Cognitive Simplification Processes in Strategic Decision-Making ». *Strategic Management Journal*, 5, 2, 111-128.
- Schwenk, C.R. (1985), « Management Illusions and Biases: Their Impact on Strategic Decision », *Long Range Planning*, 18, 5, 74-80.

- Sebok, A. (2000). « Team Performance in Process Control: Influences of Interface Design and Staffing Levels ». *Ergonomics*, 43, 8, 1210-1236.
- Simon, H. (1947). *Administrative Behavior*. New-York, The Free Press.
- Sitkin, S. (1992). « Learning through failure: the strategy of small losses ». *Research in Organizational Behavior*, 14, 231-266.
- Sklet, S. (2006). « Safety barriers: Definition, classification, and performance ». *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 494-506.
- Slovic, P. (1987). « Perception of Risk ». *Science*, 236, 280-285.
- Slovic, P., Fishhoff, B., Lichtenstein, S. (1982). « Facts versus Fears: Understanding Perceived Risk ». In D. Kahneman, P. Slovic, A. Tversky (Eds). *Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases*. Cambridge, Cambridge University Press, 463-492.
- Snook, S.A. (2000). *Friendly Fire: The Accidental Shootdown of US Black Hawks over Northern Iraq*. Princeton, Princeton University Press.
- Starbuck, W.H, Milliken, F.J. (1988). « Challenger: Fine-tuning the odds until Something Breaks ». *Journal of Management Studies*, 25, 4, 319-340.
- Thomas, K.W. (1976). « Conflict and Conflict Management ». In Dunnette, M.D. (Ed.) *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*. Chicago, Rand Mc Nally.
- Thomas, K.W. (1992). « Conflict and Conflict Management; Reflections and Update ». *Journal of Organizational Behavior*, 13, 3, 265-274.
- Tsuchiya, S., Tanabe, A, Narushima, T., Ito, K., Yamazaki, K. (2001). « An Analysis of Tokaimura Nuclear Criticality Accident: A System Approach ». Proceedings of the 19th International Conference of the System Dynamics Society, Atlanta.
- Turner, B. (1976). « The Organizational and Interorganizational Development of Disasters ». *Administrative Science Quarterly*, 21, 3, 378-397.
- Turner, B. (1978). *Man-Made Disaster*, London, Wykeham.
- Turner, B. (1994). « Causes of Disasters: Sloppy Management ». *British Journal of Management*, 5, 215-219.
- Tversky, A., Kahneman, D. (1974). « Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases ». *Science*, 185, 1124-1131.
- Vashdi, D.R., Bamberger, P.A., Erez, M., Weiss-Meilik, A. (2007). « Briefing-debriefing : Using a Reflexive Organizational Learning Model from the Military to Enhance the Performance of Surgical Teams ». *Human Resource Management*, 46, 1, 115-142.
- Vaughan, D. (1990). « Autonomy, Interdependence and Social Control: NASA and the Space Shuttle Challenger ». *Administrative Science Quarterly*, 35, 225-257.
- Vaughan, D. (1996). *The Challenger Launch Decision. Risky Technologies, Culture and Deviance at NASA*. Chicago, Chicago University Press.

- Vaughan, D. (1997). « The Trickle-down Effect: Policy Decisions, Risky Work, and the Challenger Tragedy ». *California Management Review*, 39, 2, 80-102.
- Vaughan, D. (1999). « The Dark Side of Organizations: Mistake, Misconduct, and Disaster ». *American Review of Sociology*, 25, 271-305.
- Vaughan, D. (2006). « NASA Revisited: Theory, Analogy, and Public Sociology ». *American Journal of Sociology*, 112, 2, 353-393.
- Vicente, K.J., Roth, E.M., Mumaw, R.J. (2001). « How Do Operators Monitor a Complex, Dynamic Work Domain? The Impact of Control Room Technology ». *International Journal of Human-Computer Studies*, 54, 831-856.
- Volpe, C.E., Cannon-bowers, J.A., Salas, E., Spector, P.E. (1996). « A The Impact of Cross-training on Team Functioning: an Empirical Investigation ». *Human Factors*, 38, 87-100.
- Waller, M.J., Gupta, N., Giambatista, R.C. (2004). « Effects of Adaptive Behaviors and Shared Mental Models on Control Crew Performance ». *Management Science*, 50, 11, 1534-1544.
- Weick, K.E. (1979). *The Social Psychology of Organizing*. Mc Graw Hill, New York.
- Weick, K.E. (1987). « Organizational Culture as a Source of High Reliability ». *California Management Review*, 29, 2, 112-127.
- Weick, K.E. (1990). « The Vulnerable System: An Analysis of the Tenerife Air Disaster ». *Journal of Management*, 16, 3, 571-593.
- Weick, K.E. (1993). « The Collapse of Sensemaking in Organizations: The Mann Gulch Disaster ». *Administrative Science Quarterly*, 38, 4, 628-652.
- Weick, K.E. (1995). *Sensemaking in Organizations*. Sage, Thousand Oaks.
- Weick, K.E., Roberts, K.H. (1993). « Collective Mind in Organizations: Heedful Interrelating on Flight Decks ». *Administrative Science Quarterly*, 38, 3, 357-381.
- Weick, K.E., Sutcliffe, K.M. (2001). *Managing the unexpected*. San Francisco, Jossey-Bass.
- Westrum, R. (1993). « Cultures with requisite imagination ». In Wise, J. Hopkin, D, Stager, P. (eds). *Verification and validation of Complex Systems: Human Factors issues*. Berlin, Springer, 401-416.
- Wildavsky, A. (1988). *Searching for Safety*. The social Philosophy and Policy Centre. New Brunswick Transaction Books.
- Wilpert, B., Fahlbruch, B. (1998). « Safety related interventions in interorganisational fields ». In Hale, A., Baram, M., (eds). *Safety Management and the Challenge of Organisational Change*. Oxford, Elsevier.
- Winter, S.C., May, P.J. (2001). « Motivation for Compliance with Environmental Regulations ». *Journal of Policy Analysis and Management*, 20, 4, 675-698.

Zhang, H., Wiegmann, D.A., Von Thaden, T.L., Sharma, G., Mitchell, A.A. (2002). « Safety Culture: a Concept in Chaos? ». *Proceedings of the 46th Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society*. Santa Monica.

Zohar, D., Luria, G. (2003). « Organizational Meta-scripts as a Source of High Reliability: the Case of an Army Armored Brigade ». *Journal of Organizational Behavior*, 24, 837-859.