

► DIRECTION DES ETUDES ECONOMIQUES ET DE L'EVALUATION  
ENVIRONNEMENTALE

► DOCUMENT DE TRAVAIL

# **Le cycle de la prévention**

**Patrick MOMAL**

**Série Méthodes**

**N° 04-M01**



Site internet : <http://www.environnement.gouv.fr>  
20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07 SP

## ► RÉSUMÉ

# Le cycle de la prévention

Patrick MOMAL

La notion de cycle de la prévention permet de mettre en perspective dans un même contexte les théories de l'accident et les arbitrages nécessaires à la sûreté.

Il suggère que la sûreté résulte d'un équilibre jamais définitif entre :

- un 'générateur de risque' qui demeure actif tant que la complexité et la rigidité caractérisent le système considéré,
- et une volonté d'identifier et de traiter ses risques, volonté qui doit toujours être alimentée pour ne pas se tarir.

On pourrait encore dire que notre système technique et économique possède une tendance de fond, une tendance 'entropique' et durable, à sécréter des dangers. En contrepartie, il génère aussi une volonté de maîtriser ces risques. Contrairement à la tendance de fond, cette volonté est sujette à des fluctuations cycliques qui traduisent une modification de l'arbitrage entre sûreté et production.

On pourrait mettre en parallèle la sûreté qu'une entreprise pense avoir établie dans ses établissements et la position qu'elle pense avoir acquise sur ses marchés. L'expérience montre, conformément à la théorie de la concurrence, mais peut-être par d'autres voies aussi, que les positions acquises ont une tendance entropique à se dégrader. La vie de l'entreprise consiste alors plus à renouveler en permanence de nouvelles sources de profit qui viennent relayer celles qui déclinent plutôt que de tenter d'inventer des sources de profit qu'on voudrait espérer plus durables. Avec cette optique, on pourrait suggérer que la gouvernance du risque consiste, certes à s'efforcer d'allonger le cycle de la prévention, mais peut-être surtout, à ré-impulser régulièrement la dynamique de la sûreté.

De préférence avant qu'un accident grave ne vienne remplir ce rôle de façon 'naturelle'.

## ► SOMMAIRE

<b>LE CYCLE DE LA PRÉVENTION</b>	<b>4</b>
1. Description du cycle	4
2. Raisons et déraison du cycle	5
3. Régulation du cycle par une meilleure transparence	5
4. Nécessité d'une politique d'information sur les risques	6
<b>L'ACCIDENT 'NORMAL', LA HAUTE FIABILITÉ ET L'ARBITRAGE ENTRE ERREURS</b>	<b>8</b>
1. Erreurs de type I et de type II	9
2. La théorie de l'accident normal	11
3. La haute fiabilité	12
4. Synthèse	13
<b>ÉVOLUTIONS DES PRIORITÉS À LA NASA ET À LA FDA AU COURS DU CYCLE</b>	<b>14</b>
1. L'évolution des priorités à la NASA	14
2. L'évolution des priorités à la FDA	16
<b>CHALLENGER 1986, COLUMBIA 2003, LA NORMALISATION DE LA DÉVIANCE</b>	<b>19</b>
1. La normalisation de la déviance : définition	20
2. Quelques raisons du processus de normalisation de la déviance	20
3. La méthodologie de maîtrise des risques à la lumière de la déviance	22
4. Enseignements pour le MEDD	24
<b>COMMENT LA CULTURE DU RÉSULTAT PEUT ALLER À L'ENCONTRE DE LA CULTURE DE SÛRETÉ ET SE MINER ELLE-MÊME</b>	<b>25</b>
<b>I. Les difficultés des ingénieurs</b>	<b>25</b>
La contrainte budgétaire	26
Un calendrier omniprésent	28
Une bureaucratie envahissante	28
La combinaison de ces facteurs	29
<b>II. La domination des managers</b>	<b>30</b>
<b>III. La gestion de l'information et de l'imprévu</b>	<b>31</b>
<b>UNE BONNE CULTURE DU RISQUE EST-ELLE IMPOSSIBLE ?</b>	<b>37</b>
Abbreviations	49
Bibliographie	50

# LE CYCLE DE LA PRÉVENTION

*Cette section introduit la notion de cycle de la prévention — on l'appelle aussi parfois le cycle de la défaillance ou le cycle de l'échec ('cycle of failure') — un notion due à Heimann. Elle introduit aussi une des problématiques principales qui lui est liée : celle de l'information sur les risques.*

## 1. Description du cycle

Les organisations confrontées à des risques tendent à connaître un cycle :

1. après un évènement grave (catastrophe, accident, ...), les priorités sont orientées vers la fiabilité ;
2. des mesures sont prises avec une certaine visibilité voire avec solennité, par exemple, le remplacement d'un ou plusieurs dirigeants, une réorganisation, un changement de périmètre...;
3. les budgets alloués à la sûreté sont relativement généreux ;
4. puis, l'attention se tourne vers d'autres priorités, alors précisément qu'aucun incident grave ne survient, sous l'effet des investissements de sûreté ou par le simple jeu de l'aléa ; les efforts en matière de sûreté n'ont plus la même légitimité ;
5. les efforts consacrés à la sûreté diminuent en proportion de cette baisse de visibilité et d'intérêt pour la sûreté ; les budgets sont plus serrés, les allocations de personnels se contractent, le prestige de la fonction s'érode, le cœur n'y est plus ;
- 5 bis. dans le cas d'organisations onéreuses et visibles, la pression des considérations dites 'économiques' pour des réductions de coûts vont jusqu'à réorganiser les structures ; par exemple, une structure comprenant plusieurs niveaux de vérification successifs est remplacée par une structure à un seul niveau permettant d'économiser du temps et de l'argent ; on réduit la redondance et la défense en profondeur ;
6. sous l'effet de cette baisse d'intérêt pour la sûreté, de cette réduction des moyens, la probabilité d'accident augmente ; si aucune prise de conscience ne se manifeste, une dérive peut se produire, la réduction des moyens peut s'aggraver au motif qu'aucun accident ne se produit ; 'on' considère qu'une sûreté allégée est normale sans se rendre véritablement compte qu'elle est effectivement allégée ; ce processus a parfois été appelé 'normalisation de la déviance' (Diana Vaughan) quand on trouve d'excellentes raisons pour relativiser des règles que l'on s'était données soi-même ;
7. le résultat inévitable est la survenue d'une nouvelle défaillance qui entame un nouveau cycle semblable à celui qui vient d'être décrit.

Les organisations soumises à ce cycle sont des plus diverses, allant de l'atelier au sein d'un établissement de production à une vaste agence comme la NASA, d'une entité bien identifiée comme une centrale nucléaire à un ensemble d'acteurs concernés par un même thème (incendies de forêts, sécurité routière, sécurité du citoyen, inondations, etc.).

## 2. Raisons et déraison du cycle

Ce cycle correspond à des variations légitimes de choix stratégiques : il est inévitable que la direction des organisations concernées soit soumise à des contraintes qui justifient de limiter, dans une certaine mesure, les efforts consacrés à la sûreté afin de pouvoir donner plus de poids à d'autres priorités. Les hommes politiques peuvent être confrontés à de graves déficits budgétaires ; les dirigeants d'entreprise doivent parfois traiter en priorité des menaces stratégiques ; les divers acteurs d'un secteur donné (prenons les inondations) peuvent avoir des objectifs individuels qui ne convergent pas vers la prévention, mais qui n'en sont pas moins respectables (développement économique et foncier de la commune, pour le maire ; protection de leur patrimoine, pour les riverains ; absence d'intérêt financier pour les assureurs et le réassureur ; considérations de politique locale pour les élus, etc.).

Le poids des orientations légitimes de chacun et la prégnance du quotidien entraînent toutefois des inefficacités considérables. C'est ainsi que pour avoir retardé d'un an la révision des installations (gain financier minime) l'entreprise Total a provoqué l'explosion de sa raffinerie de La Mède. De même, le lancement de la navette Challenger pour son dernier vol a coûté à la NASA 2000 millions de \$ pour le seul remplacement du véhicule, alors que les coûts d'un délai auraient été de l'ordre de 1 million de \$. Des rapports de coûts de l'ordre de 1 à 1000 sont en cause.

## 3. Régulation du cycle par une meilleure transparence

L'immense disparité entre ces chiffres montre que ces décisions erronées ne peuvent avoir été prises que dans l'ignorance des risques qu'elles impliquaient<sup>1</sup>. Par exemple, comme l'a révélé la commission d'enquête sur l'accident de la navette Challenger, les techniciens de la NASA estimaient le risque de défaillance à environ 1 pour 100 lancements, alors que la direction estimait ce risque à 1 pour 10 000 ou 1 pour 100 000. Après la désintégration de la navette Columbia, le risque empirique observé est aujourd'hui de l'ordre de 2 pour 100.

Par conséquent, un moyen de bloquer d'excessives dérives des objectifs réels (les objectifs annoncés sont, bien sûr, une sécurité à toute épreuve) est de quantifier les risques et de publier ces quantifications. Il s'agirait d'un pas dans le sens d'une transparence des politiques de risque.

On peut s'attendre à de fortes oppositions à cette transparence. Les personnes interrogées reconnaissent généralement que certains niveaux de risque sont évidemment inacceptables et que d'autres doivent être considérés comme raisonnablement acceptables. Néanmoins, les mêmes personnes se refusent souvent à fixer des seuils entre ces limites. Ces seuils seraient pourtant fort utiles, alors que les limites traduisent un consensus trop général pour être opérationnel<sup>2</sup>. Mais, publier ces seuils serait donner prise à la critique de la part de certains groupes. « *En général, dévoiler des informations spécifiques sur ce point est contraire au comportement de survie qui prévaut dans de nombreuses bureaucraties.* »<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Il s'agit principalement de l'ignorance de décideurs dotés d'une moralité normale. Mais cela s'applique aussi à l'ignorance générale des parties prenantes dans le cas de décideurs sans scrupules prêts à risquer la vie d'autrui et à dépenser l'argent de l'organisation afin de faire prévaloir leur objectifs étroits. En effet, de tels comportements deviennent difficiles à mettre en œuvre quand l'ensemble des parties prenantes est informé.

<sup>2</sup> Heimann [1997 : 165]

Il existe aussi une vue, répandue chez les spécialistes et les techniciens, selon laquelle les non-initiés ne comprennent pas bien les risques et que les décisions seront mieux prises par les initiés. La rétention d'information permettrait donc, d'après cette vue, de rendre un meilleur service à la société tout en réduisant le risque d'interférences de la part des politiques, des médias et du public. Vivre caché permettrait de vivre plus tranquille.

Il existe pourtant des domaines où les risques sont affichés<sup>3</sup>. Dans l'énergie nucléaire, les niveaux de radiation acceptables sont connus, ils font l'objet d'un accord international, et sont affichés par l'AIEA (Agence Internationale de l'Énergie Atomique). Il en est de même des risques de fusion du cœur d'un réacteur nucléaire. C'est encore le cas des spécifications des divers composants d'une centrale, par exemple la résistance aux chutes d'avions. Certains débats tournent autour de ces diverses normes, par exemple pour la résistance aux chutes d'aéronefs après le 11 septembre 2001, ou bien concernant les effets des faibles doses de radiation. Ces normes ont l'immense avantage de fonder les choix et de permettre leur discussion. Les débats sont parfois utiles et le consensus sur les normes de risques acceptables semble assez large dans le nucléaire.

Dans le cadre du comité de Bâle, les institutions financières se sont aussi dotées d'outils qui vont dans le sens de la transparence. Le critère de la VAR (Value At Risk) permet de donner des limites acceptables aux risques pris quotidiennement par les grands opérateurs. Ce critère est loin d'être parfait, les analystes le savent, mais le fait qu'il soit applicable et appliqué lui donne une grande valeur pratique. Des progrès ont été enregistrés récemment avec la décision du comité de Bâle de réserver des fonds pour couvrir les risques opérationnels (c'est-à-dire autres que les risques de crédit, de taux ou de change). L'opposition à cette mesure a été vive car, en gelant une partie des avoirs à fins de sécurité, elle réduit les moyens dont disposent les institutions. Ainsi, malgré l'opposition prévisible des exploitants, la visibilité et la conscience des risques s'améliorent continuellement dans ce domaine.

#### **4. Nécessité d'une politique d'information sur les risques**

Il existe des périodes où la pression à la réduction des coûts est très forte. Il faut éviter que l'énergie consacrée à la poursuite de ces réductions de coûts n'aveugle les décideurs et mette en cause la sécurité, aboutissant à des accidents excessivement coûteux et que tous auraient souhaité éviter. Cela peut être soutenu par une politique affirmée de transparence, d'amélioration patiente (et poursuivie dans le temps) de la connaissance des risques, et de la diffusion des informations qui matérialisent cette meilleure connaissance.

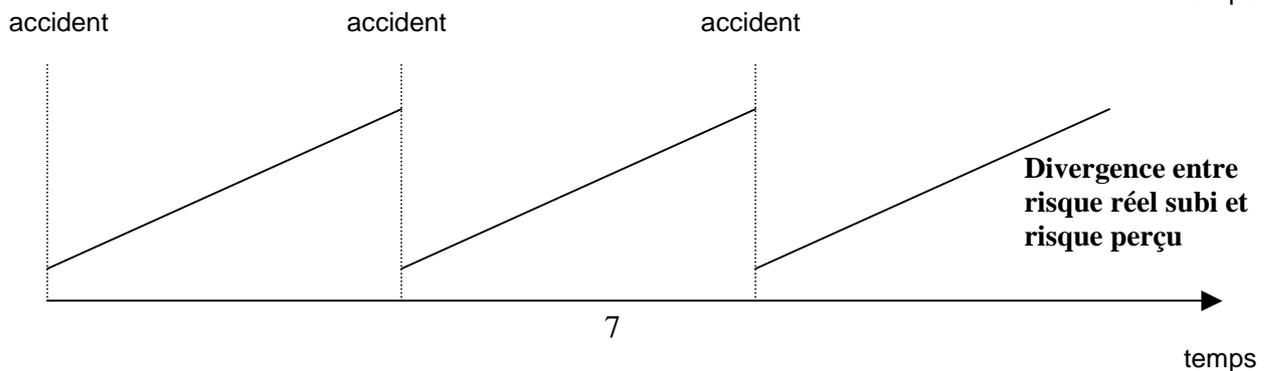
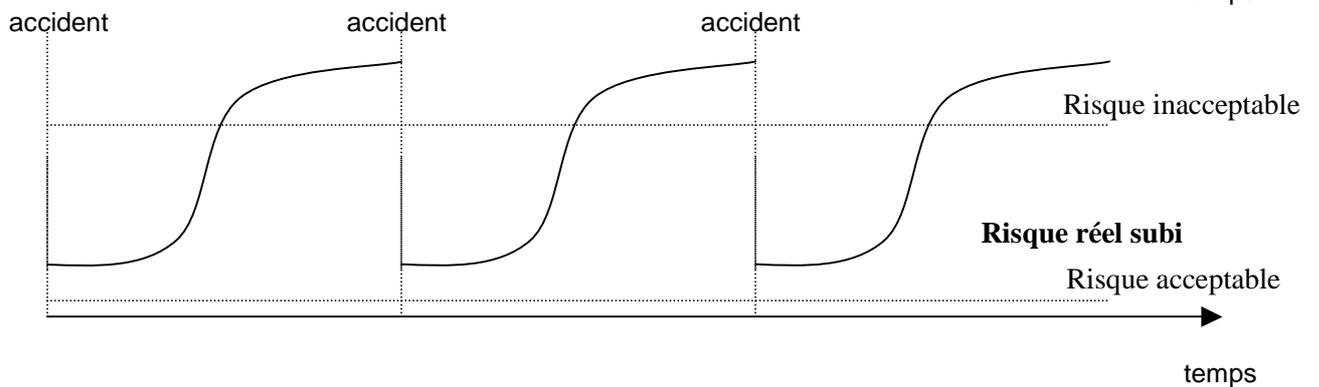
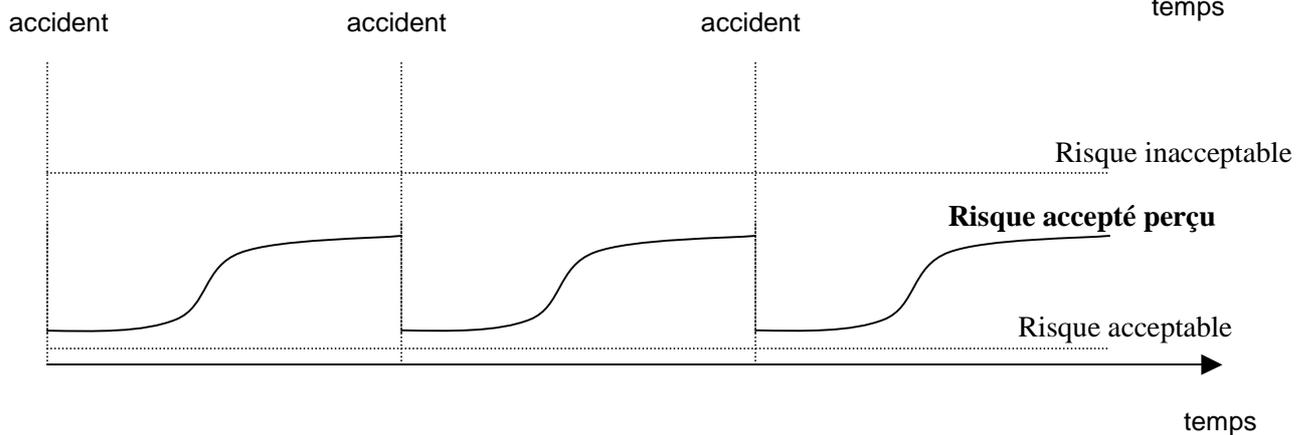
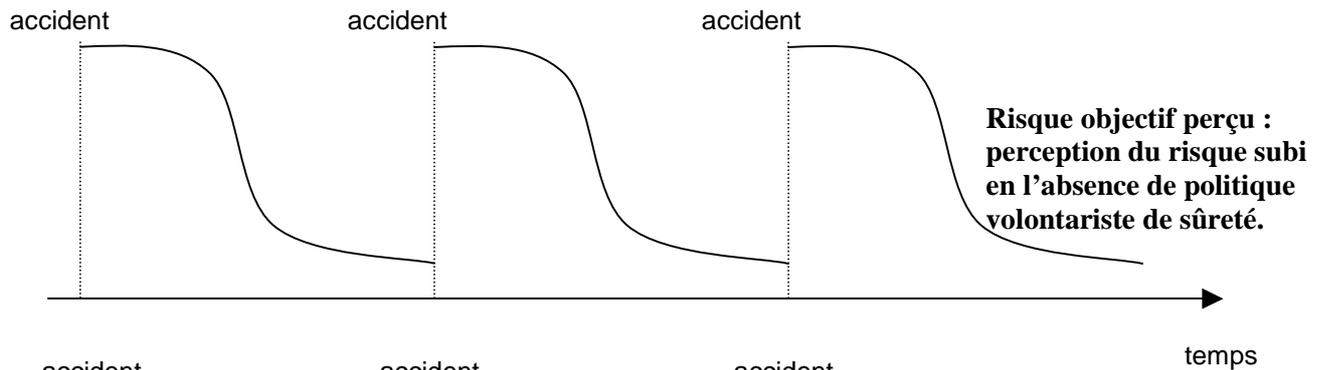
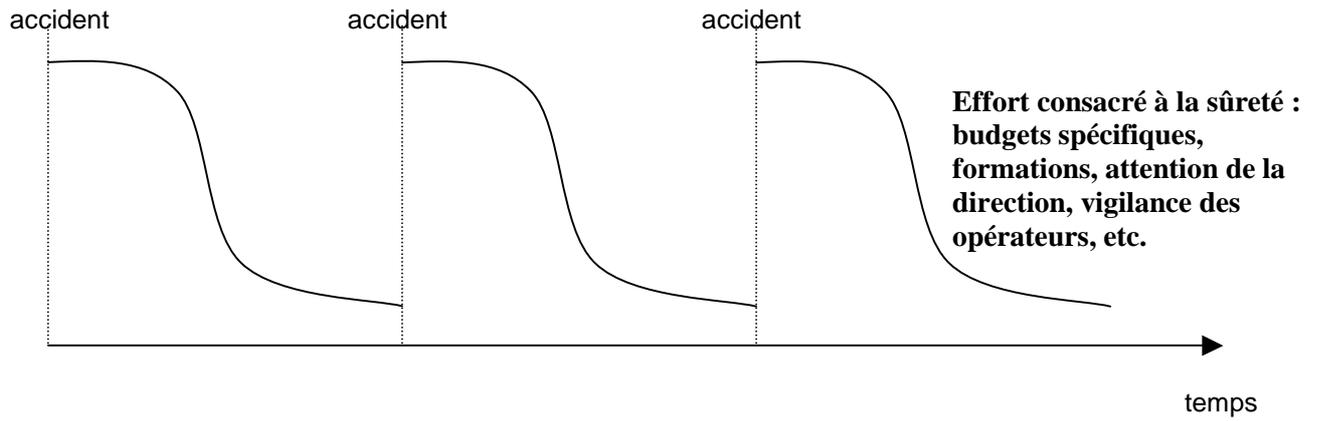
«Informer sur un bien public est souvent, en soi, un bien public » Mancur Olson, *The Rise and Decline of Nations*, 1982, p. 111

Une telle politique a l'avantage de rester extrêmement peu coûteuse...

---

<sup>3</sup> Il est vrai que tous les risques ne peuvent pas être affichés. Certains sont trop sensibles et doivent demeurer confidentiels. D'autres sont très difficiles à quantifier (terrorisme, séismes, ...). Toutefois, l'estimation et l'affichage des niveaux de risque est hautement recommandable.

# Le cycle de la prévention



## L'ACCIDENT 'NORMAL', LA HAUTE FIABILITÉ ET L'ARBITRAGE ENTRE ERREURS

*Trop d'économies de fonctionnement peut nuire à la sûreté ; un service peu fiable n'a souvent qu'une très faible valeur, même s'il est peu cher. Ce genre d'arbitrage entre production et sûreté gagne à être vu de façon plus générale comme arbitrant entre fiabilité de type I et de type II. Ainsi, quand la NASA lance une navette spatiale, l'erreur de type I consiste à lancer la navette alors qu'elle n'est pas sûre, l'erreur de type II étant de retenir la navette au sol alors qu'elle aurait été apte à remplir sa mission. Pour la FDA, dans le cas du médicament, l'erreur de type I est d'autoriser un médicament dangereux, alors que l'erreur de type II est de refuser l'autorisation d'un médicament non dangereux.*

*Là s'arrête la similitude. Dans le cas de la NASA, l'erreur de type I est plus de 1000 fois plus coûteuse que l'erreur de type II, alors que l'inverse peut être vrai pour la FDA : le risque de faire des victimes peut être rapidement contrôlé et se limiter à une dizaine de cas, le nombre de patients sauvés par un médicament peut s'élever à des centaines de milliers...*

*Le cycle de la prévention peut s'interpréter en terme de fluctuation de l'arbitrage entre fiabilité I et II. Au cours du cycle, la pertinence des théories de l'accident s'inverse : en période de priorité de la sûreté, la théorie de la haute fiabilité semble adéquate, alors que la théorie de l'accident normal explique bien le bas du cycle de la prévention. Le cycle de la prévention synthétise donc ces deux théories. Il peut se lire comme suit. Notre système technique et économique possède une tendance de fond, une tendance 'entropique' et durable, à secréter des dangers, d'une part, mais génère aussi une volonté publique de maîtriser ces risques, d'autre part. Contrairement à la tendance de fond, cette volonté est sujette à des fluctuations cycliques qui traduisent une modification de l'arbitrage entre erreurs de type I et erreurs de type II.*

L'amélioration des performances de gestion est généralement entendue comme la recherche d'économies de fonctionnement. Comment rendre le même service à moindre coût ? Avec cette approche traditionnelle, une des réponses évidentes est de réduire les doubles-emplois.

Néanmoins, les travaux de Landau [1969] ont souligné que la performance ne peut se limiter au coût, mais doit se mesurer aussi, et parfois de façon prioritaire, à l'aune de la fiabilité du service rendu. Un service peu fiable n'a souvent qu'une très faible valeur, même s'il est peu cher, une problématique classique dans le domaine de la qualité. Dans cette optique, les redondances, les organisations parallèles (et leurs coûts) retrouvent toute leur légitimité.

L'arbitrage est plus complexe qu'une simple opposition entre coûts et fiabilité. Les deux pôles se formalisent de façon plus satisfaisante en erreurs de type I et de type II.

## 1. Erreurs de type I et de type II

Prenons l'exemple de deux agences américaines : la NASA, l'agence spatiale américaine bien connue, et la FDA, la *Food and Drug Administration*, l'agence en charge des autorisations de mise sur le marché des médicaments qui nous occupera ici (elle est en cela le pendant de l'AFSSAPS, mais ses attributions sont nettement plus vastes puisqu'elle est aussi en charge de la sécurité sanitaire des aliments ; elle est donc aussi la jumelle de l'AFSSA).

Du point de vue de la sûreté, la NASA doit aborder chaque lancement de navette spatiale en mettant en doute la sûreté de la navette<sup>4,5</sup>. L'erreur de type I consiste à lancer la navette alors qu'elle n'est pas sûre. L'erreur de type II survient quand la navette est retenue au sol alors qu'elle aurait été apte à remplir sa mission.

NASA	Retenir la navette au sol	Lancer la navette
La navette n'est pas sûre	La navette est retenue à bon escient	Erreur de type I : accident probable de la navette (coût matériel supérieur à 2000 M\$)
La navette est sûre	Erreur de type II : perte de temps et d'opportunités (coût de l'ordre de 1 M\$)	La navette est lancée à bon escient



Erreur à coût élevé



Erreur à coût relativement faible

---

<sup>4</sup> C'est l'hypothèse nulle, en jargon de spécialiste. L'erreur de type I est de rejeter cette hypothèse à tort ; l'erreur de type II est d'accepter cette hypothèse à tort.

<sup>5</sup> Les programmes de la NASA vont bien au-delà de la gestion des navettes spatiales. En 2000, ce poste représentait environ 3000 M\$ pour un budget total de quelques 13500 M\$. Les navettes jouent néanmoins un rôle crucial dans l'activité de la NASA.

De même, la FDA doit partir de l'hypothèse qu'un médicament est *a priori* dangereux. L'erreur de type I est d'autoriser un médicament dangereux, l'erreur de type II est de refuser l'autorisation alors que le médicament n'est pas dangereux.

FDA	Retenir le médicament	Autoriser le médicament
Le médicament est dangereux	<b>Le médicament est retenu à bon escient</b>	Erreur de type I : souffrance voire décès de patients 'empoisonnés'
Le médicament n'est pas dangereux	Erreur de type II : souffrance voire décès des patients qui auraient pu être soignés	Le médicament est autorisé à bon escient

 Erreur à coût élevé
  Erreur à coût relativement faible

Ces deux cas diffèrent fortement. Dans le premier, les coûts de l'erreur de type I sont très nettement supérieurs à ceux de l'erreur de type II. En effet, retenir à tort la navette au sol implique des retards, des occasions manquées et des coûts matériels tels que la perte de l'oxygène et de l'hydrogène des propulseurs (\$ 500 000). Mais ces retards et ces coûts demeurent faibles par rapport à ceux de l'accident : sans compter les pertes humaines, le seul coût de remplacement de navette Challenger s'est élevé à 2 milliards de \$. Mais le CAIB estime l'ensemble des coûts liés à l'accident de Challenger à quelques 20 milliards de \$...

Dans le cas de la FDA, l'erreur de type I entraîne des souffrances voire la mort de patients empoisonnés par un médicament dangereux. Leur nombre reste faible en raison des procédures de surveillance et d'alerte. Les coûts de l'erreur de type II sont généralement très supérieurs : les souffrances voire la mort de l'ensemble des patients qui auraient pu être sauvés ou soulagés par le médicament (des milliers dans le cas des médicaments contre le SIDA)...

S'il est crucial pour la NASA d'éviter les erreurs de type I, la FDA doit se soucier au moins autant des erreurs de type II, ce qui peut modifier considérablement les solutions optimales au niveau de la gestion de la sûreté.

Plus généralement, les fiabilités de type I et de type II constituent des objectifs distincts dont chacun est légitime. Comme les ressources sont limitées, la fiabilité de type I peut être privilégiée aux dépens de la fiabilité de type II ou la fiabilité de type II aux dépens de la fiabilité de type I. L'arbitrage est inévitable.

## 2. La théorie de l'accident normal

Avant d'arbitrer entre les types de fiabilité, il faudrait s'assurer que toute fiabilité n'est pas illusoire. Charles Perrow a fondé en théorie l'idée que les accidents sont inévitables. Dans *Normal Accidents* [1984], après avoir participé à la commission d'enquête sur l'accident nucléaire de Three Mile Island (fusion du cœur correctement contenue par l'enceinte de protection, évacuation de la population environnante...), il dégage deux conditions qui rendent l'accident inévitable :

1. le système considéré est le siège d'interactions complexes entre ses parties ;
2. il est caractérisé par la rigidité des relations entre ces parties.

*« Les systèmes complexes interactifs peuvent connaître des défaillances indépendantes, individuellement insignifiantes, mais qui se combinent de façon inattendue voire incompréhensible, de telle sorte qu'elles échappent aux dispositifs de sûreté conçus pour traiter les défaillances individuelles. Si le système est, en outre, rigide ('tightly coupled', les parties du système dépendent les unes des autres de façon étroite, cruciale et forte, une caractéristique fréquente des systèmes mécaniques), les défaillances initiales ne peuvent être contenues ou isolées ni le système stoppé ; les défaillances vont se combiner en cascade jusqu'à ce qu'une partie importante ou l'ensemble du système soit mis en échec. » (Perrow [1994], la parenthèse ne fait pas partie de la citation)*

Dans les systèmes souples ('loosely coupled'), les parties du système sont relativement indépendantes et autonomes (une caractéristique fréquente des systèmes vivants). Les systèmes souples peuvent absorber les perturbations à la façon d'un amortisseur. Quant aux systèmes simples, ils ne posent pas, en principe, de grands problèmes de repérage des anomalies ce qui réduit fortement la probabilité de l'accident normal. Les deux conditions sont nécessaires ensemble : l'accident normal provient de la complexité et de la rigidité.

D'après Perrow et ses émules, ces deux conditions sont suffisantes pour générer des accidents 'normaux'. Autrement dit, les divers remèdes proposés demeureraient inefficaces tant que ces deux conditions de base ne sont pas relâchées.

La redondance des équipements de sûreté, par exemple, ce qu'on appelle la défense en profondeur, serait non seulement incapable de contenir tous les incidents candidats à l'accident normal, mais ne limiterait que fort peu la probabilité d'accident. En effet, la redondance des équipements rajoute à la complexité. Le système devient moins transparent. La détection des anomalies et l'identification des sources d'erreur deviennent plus difficiles. Des erreurs latentes demeurent cachées, attendant une circonstance fortuite pour déclencher un accident.

En outre, la sûreté perçue devient plus grande qu'elle ne l'est en réalité ; les barrières de sécurité jugées indépendantes, ne le sont pas. Les inspections, par exemple, sont censées fournir une barrière de sécurité supplémentaire, indépendante. Mais il est douteux qu'elles remplissent effectivement ce rôle (voir, par exemple, *La Culture du Risque et de la Sûreté*, p.154, 'Les inspections sont-elles efficaces ?').

### 3. La haute fiabilité

La théorie de la haute fiabilité est, comme son nom le suggère, assez radicalement opposée à celle de l'accident normal. Pour ses tenants, on n'observe pas, dans les faits, autant d'accidents que le suggérerait la théorie de Perrow et, de plus, l'analyse de terrain révèle la remarquable fiabilité de certaines organisations malgré la complexité de leurs installations techniques (centrales nucléaires, porte avions...). Cette approche dégage quatre orientations de base communes à ces organisations hautement fiables :

1. l'engagement des dirigeants, car la fiabilité doit être reconnue et gérée comme un objectif à part entière : elle a un coût élevé et constitue une exigence de chaque instant ; de plus, la motivation des personnels à tous les niveaux dépend fortement de l'engagement et de l'exemple donné par la direction ;
2. la redondance qui permet de suppléer aux défaillances des personnels ou des équipements : 'la duplication se substitue à la perfection des parties' (Bendor [1985]) ;
3. une culture de la fiabilité qui encourage des réponses adéquates et homogènes des opérateurs et permet, en outre, une décentralisation confiante de l'autorité ; cette décentralisation confère une précieuse souplesse à l'organisation ;
4. l'apprentissage perpétuel qui, en particulier, tire toutes les leçons des défaillances observées, organise des exercices fréquents non ritualisés et augmente constamment sa base de connaissances (par exemple, la FDA).

Perrow conteste l'efficacité réelle de ces remèdes :

1. Est-il réaliste de faire de la sûreté un objectif prioritaire ? N'entre-t-elle pas fatalement en compétition avec d'autres objectifs ? N'a-t-elle pas un coût ? Les dirigeants ne sont-ils pas souvent submergés par d'autres urgences stratégiques alors précisément qu'il n'y a pas eu d'accident depuis longtemps ? Il faut distinguer le discours, toujours impeccable à cet égard, et la réalité des actions et des budgets.
2. Voir ci-dessus : la redondance rajoute à la complexité et à l'opacité du système.
3. Une culture de fiabilité requiert une organisation et une discipline de type militaire peu compatibles avec les valeurs démocratiques du civil... Certes, la décentralisation va dans le bon sens, car elle réduit la complexité ; hélas, les systèmes rigides requièrent une forte centralisation pour assurer la coordination indispensable entre éléments qui dépendent rigidement les uns des autres (centrale nucléaire, navette spatiale...).
4. L'apprentissage perpétuel (officiel et observable, pas seulement au niveau du discours) peut être fortement réduit par le désir de dissimuler ses faiblesses comme dans le cas d'Enron.

Sagan [1993] identifie clairement les différences d'approche ; il estime que Perrow est pessimiste et que les fiabilistes sont optimistes...

## 4. Synthèse

Le cycle de la prévention permet une vue synthétique de l'arbitrage entre fiabilités de type I et de type II, accident normal et haute fiabilité.

Mais éclairons déjà le débat, avant toute référence à ce cycle :

- Si une organisation est franchement déficiente au regard des quatre critères de la haute fiabilité (engagement des dirigeants, redondance, culture de sûreté et apprentissage continu), il est fortement probable qu'elle n'est pas fiable. Une amélioration significative sur ces quatre axes doit se traduire par une meilleure fiabilité. Ces quatre critères de fiabilité identifient des aspects de la direction et de la gestion des organisations qui sont positifs en termes de fiabilité.
- Inversement, les conditions dégagées par Perrow (complexité et rigidité) sont incontestablement des conditions qui jouent négativement sur la sûreté.

Le cycle de la prévention éclaire plus avant la place des deux théories. Le haut de ce cycle est caractérisé par un haut niveau de sensibilisation à la sûreté, par exemple après un accident : l'implication des dirigeants et la légitimité des préoccupations de sûreté sont grandes, la priorité de la sûreté n'est pas seulement affichée dans les discours, elle se traduit en actes, tout particulièrement en allocations budgétaires. Le premier critère de haute fiabilité est donc satisfait. Ceci traduit une forte priorité de la fiabilité de type I.

Sous l'impulsion de leur direction — que ce soit la direction classique des entreprises privées ou, dans le cas des agences, la haute administration, les élus et le gouvernement —, la réaction normale des organisations à la mise en avant de la fiabilité de type I est de renforcer la défense en profondeur et la redondance. Ainsi le deuxième critère de haute fiabilité est pris en compte.

À elles deux, ces circonstances suffisent à expliquer une nette amélioration de la sûreté, toutes choses égales par ailleurs (les caractéristiques négatives de complexité et de rigidité des systèmes socio-techniques ne varient généralement que lentement).

Quand la légitimité de la sûreté diminue au profit d'une attention plus grande portée à la parcimonie de la gestion et au contrôle des dépenses, la priorité se déplace de la fiabilité de type I à celle de type II. Le discours sur la sûreté demeure peut-être impeccable, mais les budgets ne suivent plus. L'arbitrage est modifié. Le volontarisme que nécessite la poursuite d'une politique de sûreté s'effrite. Dans ces conditions, les erreurs latentes ne sont plus traquées avec autant de persévérance et peuvent à nouveau incuber des incidents voire des catastrophes.

Ainsi, le cycle de la prévention permet-il d'expliquer la pertinence partielle des deux théories opposées de la fiabilité. Il suggère que la sûreté résulte d'un équilibre jamais définitif entre un 'générateur de risque' qui demeure actif tant que la complexité et la rigidité sont présentes et une volonté d'identifier et de traiter ses risques, volonté qui doit toujours être alimentée pour ne pas se tarir. On pourrait encore dire que notre système technique et économique possède une tendance de fond, une tendance 'entropique' et durable, à secréter des dangers, d'une part, mais génère aussi une volonté publique de maîtriser ces risques, d'autre part. Mais, contrairement à la tendance de fond, cette volonté est sujette à des fluctuations cycliques qui traduisent une modification de l'arbitrage entre erreurs de type I et erreurs de type II.

## ÉVOLUTIONS DES PRIORITÉS À LA NASA ET À LA FDA AU COURS DU CYCLE DE LA PRÉVENTION

*La direction et le personnel des agences tendent à penser que leur action est essentiellement experte, peu sujette aux aléas de la conjoncture politique. Ils ne s'estiment pas soumis au cycle de la prévention. Les exemples américains de la NASA et de la FDA prouvent qu'il n'en est rien. En l'espèce, il apparaît que la fiabilité de type II a gagné énormément de terrain entre le milieu des années 70 et le milieu des années 90 aux États Unis. Dans cet ordre d'idées, on remarquera la publication d'un rapport du Sénat très critique sur la gestion de l'AFSSAPS (AFSSAPS : sortir de la crise de croissance, 21/07/2003, rapport d'information de M. Adrien GOUTEYRON, fait au nom de la commission des Finances, du Contrôle Budgétaire et des Comptes Economiques de la Nation).*

### 1. L'évolution des priorités à la NASA

#### *<sup>6</sup>La création de la NASA.*

La NASA est née de considérations politiques et a toujours été largement sujette à de fortes pressions politiques. Au départ, la NASA est créée en réponse aux succès des soviétiques dans la conquête de l'espace. En octobre 1957, l'URSS lance avec succès le sputnik, le premier satellite artificiel, s'assurant ainsi l'admiration du monde. La fierté américaine est atteinte et, la marine américaine accélère son projet 'Vanguard'. Elle effectue un lancement précipité dès le mois de décembre : la fusée s'élève d'un bon mètre pour retomber et exploser lamentablement. C'est une immense humiliation nationale qui résulte de cette erreur de type I qui aurait vraisemblablement été évitée en l'absence de pression politique. Le public réclame des autorités un ambitieux projet spatial qui permettrait de laver cette humiliation.

La NASA est créée en 1958 ; elle reçoit en héritage le projet Vanguard et sa cuisante expérience de l'échec. La culture originelle de la NASA est donc fortement marquée par la nécessité d'éviter l'échec, l'erreur de type I.

#### *Le projet Apollo.*

Mais les soviétiques réalisent un nouvel exploit avec le vol de Gagarine en avril 1961. En réponse, Kennedy lance la course à la Lune. Chacun est alors conscient qu'il est interdit de commettre une erreur du type Vanguard, d'autant plus que les américains viennent de subir le ridicule de l'opération de la Baie des Cochons. Des budgets généreux sont alloués à la NASA et les objectifs sont parfaitement clairs. Le programme Apollo est couronné de succès en juillet 1969. Il avait été fortement soutenu par les présidents Kennedy et Johnson qui avaient tous deux clairement indiqué leur souci de fiabilité de type I. Et de plus, l'agence bénéficiait

---

<sup>6</sup> Cette section est basée sur Heimann [1997] (pp. 37-70).

d'une asymétrie d'information, car bien peu d'observateurs auraient été capables de repérer et de démontrer d'éventuelles insuffisances techniques de l'agence, en particulier des erreurs de type II.

### ***L'ère de la navette.***

La période de relatif confort budgétaire pour la NASA que constitue le programme Apollo prend fin avec ce succès. L'objectif est atteint. Les déficits budgétaires nationaux augmentent. Ni le président Nixon ni ses conseillers ne sont d'ardent partisans de l'agence. Celle-ci ne parvient à éviter de fortes coupes budgétaires qu'en engageant le projet de navette spatiale et en promettant de nombreuses créations d'emplois, particulièrement en Californie, l'État du président. Les considérations politico-économiques prennent le pas sur le prestige et les objectifs grandioses. Il faut maintenant démontrer l'efficacité coût/avantage des projets. Il faut aussi mettre la Défense de son côté en lui promettant les services de la navette.

Les présidents Ford et Carter ne sont pas en mesure de faire une priorité de la NASA. Puis, sous Reagan, les conseillers du président lui sont défavorables. C'est ainsi qu'en 1982, le directeur de la NASA doit déclarer qu'il faut améliorer la performance « particulièrement dans le domaine du contrôle des coûts et des calendriers ». De son côté, le Congrès, confronté à des déficits astronomiques, soutient la NASA, mais ne cesse de demander à quel horizon la navette cessera d'être déficitaire. Quand la navette devient opérationnelle, la question des coûts et des calendriers devient absolument centrale lors des auditions au Congrès (1985).

La Défense joue aussi sa partition dans ce concert de pressions, réclamant son quota de lancements, elle qui est le plus gros client de l'agence. En outre, la Défense dispose, au total, de budgets plus importants que la NASA dans le seul domaine spatial, et possède autant de connaissance qu'elle dans le domaine. La NASA n'a plus l'avantage informationnel.

### ***La catastrophe de Challenger.***

La NASA subissait donc d'intenses pressions pour respecter son programme de lancements. Cette pression fut exacerbée lors du dernier (et fatal) lancement de Challenger, pour une série de raisons contingentes :

- un délai supplémentaire aurait mis en cause la mission d'observation de la comète Halley, ce qui aurait attiré à l'agence les foudres des milieux scientifiques, alors même qu'elle avait décidé d'utiliser la navette dans cette mission pour des raisons de visibilité politico-médiatique ;
- un délai aurait aussi provoqué les foudres des médias, de nombreux journalistes étant présents à Cap Canaveral, car c'était la mission « un prof dans l'espace »<sup>7</sup> ; un récent retard de la navette Columbia en raison de craintes climatiques qui ne s'étaient pas concrétisées avait déjà provoqué une vague de dérision médiatique.

Il y a aussi des raisons de fond pour ne pas réagir à la vulnérabilité connue des joints toriques qui équipent les boosters :

- la passation du marché des joints a été contestée et le président de la NASA a justifié son choix par la fiabilité de l'entreprise choisie. Garder la navette au sol pour revoir la conception des joints ravivrait cette polémique ;

---

<sup>7</sup> C'était la première fois qu'un des astronautes était un prof, un personnage ordinaire.

- le centre spatial Marshall, responsable des moteurs, est la cible de l'office de rationalisation budgétaire qui souhaite le fermer ; celui-ci n'a donc aucune envie d'être responsable d'un délai du programme ;
- sous la pression, la NASA a récemment accepté un sénateur et un député comme passagers de la navette ; il serait très mal venu de reconnaître publiquement que leur vie a été mise en danger.

Ainsi, la NASA et l'entreprise responsable travaillent discrètement à une nouvelle conception des joints toriques, mais ils n'ont aucune envie de le déclarer publiquement.

L'ensemble de cette pression explique que le management de la NASA décide de lancer la navette Challenger. Elle laisse même à penser que si l'accident n'avait pas eu lieu cette fois là, il se serait passé plus tard.

### ***L'après-Challenger.***

La commission d'enquête recommanda, entre autres, la création, au sein de la NASA, d'un bureau de la sûreté indépendant. Pus généralement, la pression à la réduction des coûts de la NASA diminua après l'accident. La sûreté était redevenue la priorité.

Cette clémence ne dura pas bien longtemps. Les inquiétudes concernant les déficits budgétaires reprirent durant les années 1990. Le président de l'agence pouvait ainsi déclarer : « le public souhaite une NASA plus économe et plus efficace et nous relèverons ce défi » (1995).

« Le management reconnaît, par ailleurs, que la technologie est plus difficile à contrôler et plus risquée qu'aux débuts de l'ère spatiale. On s'attendrait donc à plus de priorité donnée à la fiabilité de type I. » Ces lignes de Heimann (1997) résonnent de façon prémonitoire après l'accident de la navette Columbia (février 2003).

## **2. L'évolution des priorités à la FDA**

### ***La mise en place de la FDA moderne.***

Au 19<sup>ème</sup> siècle, il n'y a pas de réglementation du médicament aux États Unis. Les 'remèdes miracle' pullulent en vente libre. Les associations qui tentent de faire introduire une législation contre les charlatans n'ont pas beaucoup de succès.

Puis, le Président Roosevelt s'implique, une première loi (*Pure Food and Drugs Act*, 1906) autorise l'intervention du Département de l'agriculture en cas de médicaments frelatés ou mensongers. En 1912, la loi est amendée, elle ne permet plus la saisie et l'inculpation qu'en cas d'étiquetage mensonger. L'autorité de contrôle est dépouillée de tout pouvoir, le charlatanisme reprend de plus belle.

En 1927, une agence est consacrée au contrôle du médicament, toujours au sein du Département de l'agriculture, toujours avec aussi peu de pouvoir. Elle prend en 1931 le nom de '*Food and Drug Administration*'.

En 1937, c'est le scandale de l'Elixir Sulfanilamide : cette préparation diluée au diéthylène de glycol provoque la mort de 107 patients après les avoir fait considérablement souffrir. Le scandale, largement médiatisé, permet de faire passer, en 1938, le *Federal Food, Drug and Cosmetic Act*. Les fabricants doivent maintenant obtenir l'autorisation de la FDA en lui

prouvant l'innocuité des médicaments proposés. L'agence peut conduire des inspections d'usine et effectuer des saisies et des poursuites judiciaires.

En 1940, la FDA quitte le Département de l'Agriculture, une structure orientée vers la défense des producteurs, pour entrer dans le *Federal Security Agency*, une agence aux préoccupations sanitaires affirmées. Et, pendant 20 ans, la FDA vécut heureuse et soutenue. Elle protégea l'Amérique de la thalidomide. Ce scandale raviva la visibilité des questions de sûreté du médicament et en 1962, des amendements à la loi renforcèrent le rôle de la FDA dans les essais cliniques et exigèrent que les producteurs démontrent, outre leur innocuité, l'efficacité des médicaments soumis à l'autorisation de la FDA. La base de l'autorité de la FDA repose encore, aujourd'hui, sur ce socle législatif.

### ***Les réticences politiques.***

Globalement, la fiabilité de type I était la consigne de la FDA : ne jamais autoriser de médicaments dont on pourrait prouver qu'ils sont nocifs.

Mais avec la dérégulation de la fin des années 1970, la fiabilité de type II gagne du terrain. L'office de rationalisation budgétaire exerce un strict contrôle budgétaire sur la FDA et soumet systématiquement les décisions de cette dernière à une analyse coût/avantage. Entre 1981 et 1991, l'agence propose ainsi 400 réglementations qui n'aboutissent pas : la volonté de l'administration Reagan était clairement de réduire l'action réglementaire de la FDA. Par exemple, après deux années d'études, six colorants utilisés en pharmacie et en cosmétique furent classés cancérigènes. La FDA tenta de façon répétée d'interdire ces colorants, mais l'office de rationalisation budgétaire refusa à chaque fois en arguant que le bilan coûts/avantages n'était pas assez convaincant.

Au Congrès, on entend aussi quelques voix stigmatisant le « retard du médicament », « l'interdiction faite aux patients de se soigner » en raison des pesanteurs de l'administration. Toutefois, intervenir dans le processus d'autorisation de l'autorité n'est pas très rentable en termes électoraux, alors qu'un scandale dans le domaine du médicament est un tremplin rêvé pour la réforme législative.

Les associations jouent également un rôle dans le sens de la fiabilité de type I. Bien que disposant de moins de fonds que l'industrie pharmaceutique, elles réussissent à s'assurer le soutien de nombreux élus. Elles s'opposent souvent à la FDA, la traitant de laxiste et l'accusant d'être captive de l'industrie. L'industrie, quant à elle, établit une relation de coopération avec l'agence pour obtenir des procédures d'autorisation plus transparentes et plus égalitaires. Globalement, elle aussi soutient la rigueur de la FDA parce qu'elle soutient la confiance du consommateur.

Enfin, la visibilité de l'agence est grande en cas d'autorisation erronée, mais faible pour l'erreur de type II. « Personne ne nous congratule pour tous les bons médicaments que nous avons autorisés, mais malheur à nos fesses si nous en approuvons un mauvais... » Cette insistance pour donner la priorité à la fiabilité de type I n'est pas seulement d'origine extérieure : la culture médicale du personnel de la FDA le pousse sans ambiguïté dans ce sens. De plus, l'asymétrie d'information joue dans le sens de la fiabilité de type I, chacun pouvant constater les dommages causés par un médicament clairement nocif, alors qu'il est fort difficile de défier les spécialistes sur le terrain d'une sécurité qui serait excessive ; fort peu de gens s'en préoccupent, encore moins en seraient capables.

Il y eut néanmoins, quelques cas où la FDA prit conscience d'erreurs de type II. Par exemple, dans le cas du TPA (*Tissue Plasminogen Activator*), une substance précieuse pour les victimes d'attaque cardiaque, car elle dissout les caillots de sang proches du cœur, caillots

qui risquent de provoquer l'arrêt cardiaque. Le TPA se révèle efficace dans les essais cliniques, mais peut, pensait-on, provoquer des hémorragies cérébrales. La FDA demande des tests complémentaires. Or, une des victimes sauvées par le TPA lors des essais cliniques est un présentateur vedette de radio qui, enthousiaste du TPA, critique violemment les positions de l'agence. Médecins et patients, chacun est immédiatement au courant. Le directeur de la FDA, sous la pression, fait accélérer la procédure : il met en avant la fiabilité de type II...

### ***La crise du sida et la fiabilité de type II.***

Des cas comme celui du TPA demeuraient l'exception en grande partie parce que le public concerné par une erreur de type II n'est, en général, ni organisé ni informé ni mobilisé. Il en fut autrement avec le sida : c'était une question de vie et de mort pour la communauté homosexuelle déjà très bien organisée en raison de combats antérieurs. Le sida leur étant fatal, les effets secondaires d'une médication importaient peu aux homosexuels. Leur position était donc radicalement opposée à la prudence inhérente à la FDA. Les patients du sida se sont donc organisés en lanceurs d'alertes pour les erreurs de type II sur les médicaments du sida.

Ce cas très médiatisé a incité d'autres patients à se préoccuper de l'erreur de type II, d'autant plus que l'Internet réduit considérablement l'asymétrie d'information entre les patients et les spécialistes. Les élus sont également devenus plus conscients de ce type de défaillance.

Ainsi, les priorités ont quelque peu changé à la FDA.

## CHALLENGER 1986, COLUMBIA 2003, LA NORMALISATION DE LA DÉVIANCE

Les incendies de forêt de l'été 2003 se sont produits dans le massif des Maures, là même où ils avaient ravagé la région en 1989. Les accidents de navette spatiale se sont aussi produits à une quinzaine d'années de distance de façon étonnamment semblable comme le montrent les fortes similitudes résumées dans le tableau ci-dessous.

<b>Challenger (1986)</b>	<b>Columbia (2003)</b>
La NASA est soumise à une série de pressions budgétaires	La NASA est soumise à une série de pressions budgétaires
La NASA est soumise à des pressions politiques qui aboutissent à une culture avant tout productiviste inadaptée à un programme largement expérimental	La NASA est soumise à des pressions politiques qui aboutissent à une culture avant tout productiviste inadaptée à un programme largement expérimental
L'historique des décisions successives a 'normalisé' les faiblesses des joints	L'historique des décisions successives a 'normalisé' les impacts de mousse
La NASA continue à voler malgré les problèmes connus des joints toriques	La NASA continue à voler malgré les problèmes connus d'impacts de débris de mousse
La perception du risque diffère entre managers et ingénieurs	La perception du risque diffère entre managers et ingénieurs
La NASA décide le lancement malgré les doutes des ingénieurs	La NASA décide la poursuite du vol sans examen malgré les doutes des ingénieurs

Ces similitudes ont conduit à s'interroger.

Comment la défaillance a-t-elle pu se reproduire, avec autant de similitudes après les rapports et les études détaillées et de bonne qualité produits après l'explosion de Challenger ?

Comment les impacts de mousse (*Columbia*), nombreux, connus, ayant laissé des traces sur au moins 10 % des missions ont-ils pu subir le même sort que les problèmes relatifs aux joints toriques (explosion de *Challenger* au décollage après défaillance d'un joint) ?

Le CAIB (Columbia Accident Investigation Board) pose explicitement ces questions dans son rapport (chapitre 8). Il y répond en partie sur la base du concept de normalisation de la déviance.

## 1. La normalisation de la déviance : définition

Le CAIB écrit : « *Dans toutes les analyses officielles des ingénieurs et toutes les recommandations de lancement, tout ce qui montrait que les appareils ne fonctionnaient pas comme prévu lors de leur conception a été réinterprété : tout cela est devenu acceptable, non-anormal ('non-deviant' en anglais), ce qui amoindrissait la perception du risque au sein de toute l'organisation.* »

Le processus de normalisation de la déviance explicité par Vaughan [1996] est le suivant, dans le cas de la navette :

- la conception de l'appareil ne prévoit ni déficience d'étanchéité des joints ni impacts de débris de mousse sur la navette ;
- ces anomalies constituent des avertissements qui doivent impérativement poser la question de dangers potentiels non prévus ;
- mais après le premier incident, on conclut que les dommages sont tolérables ; ils n'ont pas provoqué de problème majeur, et l'on a bien d'autres sujets de préoccupation ;
- c'est un tournant, car ensuite, les anomalies deviennent 'normales' ; dans ce processus, la conception initiale de l'appareil est revue au stade de l'exploitation ; les ingénieurs chargés de la conception sont court-circuités par ceux qui assurent l'exécution ;
- le statut d'anomalie change alors radicalement : un incident 'normalisé' n'est plus un incident ; au contraire, dans la mesure où il n'y a pas de dommage notable, c'est que tout fonctionne comme prévu (selon la nouvelle norme) ;
- la *multiplication* des incidents ne peut alors plus être le signal d'un danger ; la normalisation étouffe efficacement les signaux faibles ;
- la multiplication des anomalies ne suscite donc plus la recherche de remèdes ;
- le processus est cumulatif : une anomalie d'ampleur limitée entraîne une modification limitée de la norme de l'appareil et un recul limité des marges de sécurité ; un nouvel incident plus grave, s'il ne conduit pas au désastre, est traité de la même façon ; l'aggravation des incidents ne fait que conduire à plus de modification de la norme, plus de rétraction des marges de sécurité ;
- un tel processus génère des catastrophes de façon presque infaillible : pour qu'il ne conduise pas au désastre, il faut que survienne entre-temps un incident très grave, non normalisable, qui ouvre enfin les yeux des acteurs.

## 2. Quelques raisons du processus de normalisation de la déviance

Ce processus est très clairement mis à nu par le CAIB dans le cas des échecs de la NASA. Pouvoir nommer ce processus et en parler ouvertement dans des rapports officiels est une preuve de l'ouverture des américains, une preuve de progrès en gestion de risque.

En effet, le processus de normalisation de la déviance est extrêmement répandu. L'idée selon laquelle les appareils et les installations fonctionnent comme prévu lors de la conception trahit, chez celui qui la chérit, une faible connaissance de la réalité. L'ingénierie de conception s'efforce de prévoir le fonctionnement des produits, mais c'est là une tâche impossible à effectuer *complètement*. Non seulement, dans le cas des techniques de pointe telles que le nucléaire, l'on est très loin de tout savoir, mais il faut encore compter avec tout

ce qui peut séparer la conception de la réalisation concrète. De plus, une installation complexe est sujette à de nombreuses interactions imprévues entre ses divers fonctionnements, notamment les fonctionnements humains (comportements individuels parfois imprévisibles, dialectiques des petits groupes, stratégies des syndicats...).

C'est pourquoi les ingénieurs de terrain ne pratiquent absolument pas un métier 'exact' entièrement réglé par les normes des sciences 'dures'. Au contraire, ils sont plongés dans un monde où les incertitudes jouent un rôle important, où l'imprévu s'invite plus qu'à son tour, où la négociation est incontournable dans toutes sortes de domaines : techniques, économique, syndical, humain... On joue sur de nombreux tableaux : ici, on tire sur les délais, là on assume un risque tolérable, on se constitue des appuis en donnant quelque chose aujourd'hui pour être soutenu demain... La vraie vie n'est pas un produit d'ingénierie.

De plus, la normalisation de la déviance met rarement en cause les seuls ingénieurs. Ils sont plongés dans un système bureaucratique et économique qui contraint fortement leur autonomie.

Voici deux exemples en dehors du domaine spatial.

- Les secteurs les plus avancés en matière de gestion des risques (énergie nucléaire, aviation...) ont mis en place des systèmes efficaces de retour d'expérience. Ce retour d'expérience produit une masse d'informations qui alimentent des programmes de 'maintenance de sûreté', c'est à dire d'actions d'améliorations destinées à combler des failles de sûreté révélées par l'exploitation. On conçoit que ces programmes puissent s'avérer considérables. Ils le sont. Il est alors totalement impossible de faire tout, tout de suite. Des priorités sont donc établies et les programmes en question peuvent être répartis sur plusieurs années, par exemple jusqu'à dix ans pour certains aspects du nucléaire. Dans ce cas, on fonctionne pendant dix ans avec des anomalies jugées tolérables pour un mélange de raisons techniques (les priorités dans le programme de maintenance) et budgétaires (les fonds alloués déterminent la vitesse d'exécution des travaux).
- Les produits chimiques sont assez mal connus. Des centaines de nouvelles molécules sont inventées chaque année dont les risques sont étudiés de manière sommaire. Ces molécules sont employées dans des produits qui affichent des effets puissants : médicaments, biocides, perturbateurs endocriniens... En particulier, la combinaison de ces molécules dans l'environnement n'est pas envisagée — ni envisageable, d'ailleurs. Il est donc prévisible qu'un jour on débouche sur une combinaison dangereuse sinon désastreuse. La société, envisagée comme système global, applique dans certains domaines (comme le médicament) un contrôle très strict. Par rapport à cette approche (justifiée), et malgré les mises en garde, elle normalise de fait la production sans précaution de nouvelles molécules... tant qu'il n'y a pas de catastrophe.

Ainsi, les conditions de développement de la normalisation ne sont pas les conditions idéales du laboratoire. C'est au contraire la vie de tous les jours. Le rapport du CAIB dit : « *technical problems were normal. [...] Many anomalies were expected on each mission* ». Et certaines des anomalies étaient 'graves' et entraînaient des pauses dans le calendrier de lancement. Où l'on voit apparaître un premier défaut de l'organisation : il n'est pas sain de demander à ceux qui triment dans une telle atmosphère de production, de prendre en outre le recul nécessaire pour examiner l'historique des anomalies. Pour eux il s'agissait de « *pièces éparses d'un puzzle mal structuré* ».

Autre circonstance : les différences de perceptions. Après la perte de *Challenger*, le prix Nobel de physique Richard Feynman demanda aux managers quelle était leur estimation de la probabilité de perte d'une navette. Les réponses allaient de  $10^{-4}$  à  $10^{-5}$  ! Les ingénieurs, pour leur part, répondirent  $10^{-2}$ . L'histoire à venir allait montrer que cette probabilité est plus proche de  $2 \cdot 10^{-2}$ ... Un sur cinquante et non pas un sur cent, sûrement pas un pour 10 000 ou un pour 100 000. Il y avait donc une immense disparité de perception du risque ce qui explique bien des choses. Dans le cas de *Columbia*, le rapport met en évidence que le management considérait la navette comme un 'véhicule opérationnel' et non pas comme un engin expérimental (malgré les mises en garde d'un précédent rapport).

Ainsi, on observe au moins deux groupes professionnels, avec des sous-cultures assez différentes, se débattant, pour les uns avec les difficultés de l'administration américaine, des innombrables comités du Congrès ou du Sénat, des investigations du bureau de la rationalisation budgétaire et des pressions politiques les plus diverses, pour les autres avec les anomalies d'un véhicule non maîtrisé et même vieillissant, dans le cas de *Columbia*. Les deux ont 'le nez dans le guidon'. Il importe alors de mettre en place une unité indépendante capable de prendre du recul et de ramener chacun 'les pieds sur terre'.

### **3. La méthodologie de maîtrise des risques à la lumière de la normalisation de la déviance**

Entrons, avec le rapport du CAIB, dans les détails du cas Challenger :

In 1985, engineers realized they needed data on the relationship between cold temperatures and O-ring erosion. However, the task of getting better temperature data stayed on the back burner because of the definition of risk: the primary erosion was within the experience base; the secondary O-ring (thought to be redundant) was not damaged and, significantly, there was a low probability that such cold Florida temperatures would recur. The scorched putty, initially a strong signal, was redefined after analysis as weak. On the eve of the *Challenger* launch, when cold temperature became a concern, engineers had no test data on the effect of cold temperatures on O-ring erosion.

Deux méthodes courantes en gestion des risques sont mises en cause : la priorisation et la probabilisation des risques. Tout d'abord, établir deux catégories — la base d'expérience regroupant les événements connus et les événements hors base — est une façon simplifiée d'attribuer des priorités. L'érosion du joint primaire n'est pas une priorité ni un signal fort. Donc, on ne se donne pas les moyens d'acquérir de meilleures données sur les températures. (On notera l'aspect bien peu technologique de la question : il s'agit de simples températures, le b-a-ba de ce qu'on hésite à qualifier de météorologie...)

On pense (à tort) que le joint secondaire constitue une seconde ligne de défense, une redondance. Cette erreur vient sans doute de la faible probabilité accordée aux basses températures. Une analyse motivée par l'événement température plutôt que basée sur la conception redondante aurait permis de prendre au sérieux l'incident observé en janvier 1985 : la navette avait connu trois nuits froides avant son lancement et l'on avait découvert, à son retour, que des gaz brûlants avaient érodé le joint primaire et atteint le joint secondaire. Le matériau intermédiaire était noirci ce qui indiquait que le joint secondaire avait presque cédé lui aussi.

L'erreur méthodologique ne consiste pas seulement en une erreur d'appréciation des probabilités. C'est :

1. ne pas prendre en compte le fait que la défaillance a un ‘coût’ prohibitif ; il ne s’agit pas de dommages, mais de l’échec du vol ; ce n’est pas une partie basse d’une courbe continue, mais une discontinuité radicale — une catastrophe au sens mathématique ;
2. ne pas envisager l’aspect conditionnel : la nuit du vol, ou bien il fait froid ou non, il n’y a plus aucun aspect probabiliste et rien n’interdit de se donner des procédures simples sur cet aspect.

Il faut donc être d’une grande prudence sur l’application pratique des probabilités et sur la façon dont la méthodologie probabiliste peut influencer négativement sur la culture du risque, sur la façon d’aborder les problèmes. Une faible probabilité ne doit pas entraîner une baisse de vigilance, même si elle peut justifier un investissement financier plus modéré ou plus tardif. Une faible probabilité ne doit pas devenir l’expédient permettant d’exclure du champ de l’attention un cas ‘ennuyeux’. Enfin, la probabilité, somme d’ignorance, ne doit être utilisée que quand l’information complète ne peut pas elle-même être obtenue ; en d’autres termes, il faudrait s’efforcer de remplacer autant que possible le raisonnement probabiliste par un raisonnement ‘conditionnaliste’ soutenu par la mise en place de systèmes d’information performants. Les réseaux bayésiens fournissent là un outil qui permet de poser les bonnes questions et une approche plus satisfaisante du point de vue culture du risque.

Before *Columbia*, engineers concluded that the damage from the STS-112 foam hit in October 2002 was not a threat to flight safety. The logic was that, yes, the foam piece was large and there was damage, but no serious consequences followed. Further, a hit this size, like cold temperature, was a low-probability event. After analysis, the biggest foam hit to date was redefined as a weak signal. Similar self-defeating actions and inactions followed. [...] Furthermore, NASA performed no tests on what would happen if a wing leading edge were struck by bipod foam, even though foam had repeatedly separated from the External Tank.

Comme indiqué dans *Culture du risque et culture de sûreté*, une bonne culture du risque implique l’engagement de connaître ses risques. Ce qui se traduit, entre autres, par l’exploitation des incidents dans l’optique du fameux ‘*What if ?*’ — et si ? Il n’y a là rien de nouveau.

3. l’approche probabiliste doit envisager une famille très large de scénarios (la théorie dirait une ‘famille exhaustive’),
4. elle devrait impulser une recherche continue de scénarios nouveaux, dynamiser un approfondissement continu du schéma bayésien qui soutient la politique de maîtrise des risques.

Une faible probabilité doit permettre d’éviter les investissements des sûreté peu rentables, mais en aucun cas limiter la recherche de connaissance sur les risques de faible probabilité. La vue probabiliste doit encourager l’intelligence du risque, en allant même jusqu’à soutenir l’investissement en connaissance du risque, et ne permettant pas d’occulter certains aspects. Autrement dit, passer d’une approche déterministe à une approche probabiliste nécessite d’avoir les meilleures estimations des probabilités et en prenant une approche pessimiste de ces probabilités.

## 4. Enseignements pour le MEDD

1. On ne peut pas exclure de l'analyse des inondations la crue millénale<sup>8</sup> (ou l'idée que l'on peut s'en faire ou, plus généralement, l'idée que l'on peut se faire d'événements rares et catastrophiques). Certes les probabilités sont faibles, certes on n'investira pas dans la protection totale contre un tel événement. Mais une connaissance des points clés d'un tel cas de figure devrait se révéler très éclairante, même pour des événements de gravité beaucoup plus faible.
2. La normalisation de la déviance fait, en général, intervenir plusieurs niveaux d'administration. S'agissant du MEDD, on peut penser au résultat global de son action d'inspection des installations classées. L'inspecteur constate, fait remonter au DRIRE (qui peut déjà bloquer), qui fait lui-même passer au préfet qui bloque assez souvent, d'après ce que l'on entend. Le résultat final est que la norme édictée et contrôlée par le MEDD est enfreinte, mais que cette déviance est normalisée. Cela peut coûter très cher à ce Ministère (voir l'affaire des nitrates de Bretagne, par exemple). Une étude chiffrée du coût de la normalisation de la déviance serait passionnante. Une action de communication bien pensée auprès du Ministère de l'Intérieur et des préfets serait aussi à envisager, l'exemple de la NASA permettant de présenter les choses de façon diplomatique.
3. L'effet temporel semble important : la normalisation de la déviance s'est traduite par un retour, à la NASA, des procédures et de l'esprit qui avaient permis l'accident de *Challenger*. De même, les personnels sur le terrain rapportent un effritement rapide de la mémoire. Ainsi, lors du retour d'expérience des inondations de l'Aude (1999), un retour des mauvaises pratiques était pressenti à partir de trois ans seulement après cette inondation pourtant excessivement spectaculaire. Le CAIB énonce des réformes structurelles et affirme que sans ces réformes la catastrophe se reproduira. Le MEDD pourrait avantageusement suivre une démarche similaire.
4. Nous sommes entrés dans une ère où les 'dangers' doivent s'élargir aux menaces, au sens militaire du terme. Si nous ne le faisons pas nous-mêmes, d'autres se chargeront de calculer les scénarios du pire (on pense à Al Qaïda, mais aussi aux malfrats qui pratiquent le chantage à la catastrophe, comme par exemple auprès des chemins de fer allemands). Il convient de relativiser les probabilités 'naturelles', ainsi que celles issues de l'ingénierie. Par exemple, toutes les études probabilistes de sûreté du nucléaire ou de l'aviation pourraient être remises en cause.
5. Partout où cela est possible, le MEDD devrait plaider pour la mise en place de retour d'expérience prospectif, c'est à dire qui, non seulement alimente une base de retour d'expérience, mais envisage aussi les scénarios dérivés les plus graves, en explicitant les raisons économiques pour lesquelles on ne peut pas investir dans la protection totale contre de tels événements. Si l'autorité ne s'en charge pas, il se pourrait que la société civile le fasse d'une façon désordonnée, inefficace, et peut-être même contre-productive.

---

<sup>8</sup> Ces lignes ont été écrites avant que les débits atteints par le Rhône en décembre 2003 soient considérés millénaires. La presse rapporte que l'on avait écarté un rapport envisageant précisément ce type d'événement (le rapport Hydratec)...

## COMMENT LA CULTURE DU RÉSULTAT PEUT ALLER À L'ENCONTRE DE LA CULTURE DE SÛRETÉ ET SE MINER ELLE-MÊME

Dans le document de travail *Culture du risque et culture de sûreté*, le chapitre 16 compare le 'management basé sur les moyens' aux méthodes de gestion 'comptabilistes' inspirées par les 'obligations financières imposées par les marchés'. La présente note reprend cette opposition avec plus de détails et dans le cas plus large d'une opposition entre culture de sûreté et culture de résultat. Il s'agit des causes culturelles des défaillances de sûreté à la NASA telles que révélées par le CAIB.

Le CAIB retrace, au chapitre 8 de son rapport, les oppositions de culture qui se sont dessinées au fil des années au sein de la NASA entre les 'managers' et les 'ingénieurs'. Il entre dans les détails et l'on voit comment des concepts généraux — la notion de culture et celles qui en découlent — s'incarnent dans une logique, dans l'enchaînement sur le terrain de conséquences qui s'inscrivent, implacablement, dans la vie des personnes et dans la mort des victimes.

### I. Les difficultés des ingénieurs

Historiquement, la culture de la NASA est une culture d'ingénieur. Confrontés au défi de la conquête de la Lune, les ingénieurs du programme Appollo étaient en première ligne. Ils étaient les guerriers de ce combat. Ils en furent les héros après le succès de 1969. Dans cette aventure, ils avaient derrière eux toute l'Amérique : les Présidents, le Congrès, le Sénat, les médias, les personnalités influentes... Leurs budgets n'étaient pas contraignants, leur calendrier n'était pas rigide (même si c'était une *course* à la Lune, un retard ne mettait pas en cause un programme d'observation scientifique ou la réalisation d'une station orbitale...), leur mission était de réussir des vols dont chacun était unique et dont le risque était évident à tous. L'ingéniosité était encouragée, l'intuition était écoutée.

En fort contraste, la culture des ingénieurs du programme Navette Spatiale est marquée par la contrainte budgétaire (1), l'omniprésence des 'obligations de calendrier imposées par le pouvoir politique' (2), l'envahissement de la bureaucratie (3).

## La contrainte budgétaire

Comme nous l'avons expliqué, le programme Navette a fait face à des difficultés financières dès le départ. Durant tout le programme, les autorités politiques ont accepté de financer le programme dans une optique donnant-donnant, exigeant en particulier que le programme atteigne rapidement l'équilibre financier.

Le grand tort des dirigeants de la NASA a été d'accepter ce 'deal'. Ils se mettaient dans une situation contre nature en acceptant de traiter un programme de type essais comme un programme de production ordinaire, en laissant penser que la NASA pouvait fonctionner comme une entreprise de transport, la débonnaire compagnie des autobus de l'espace.

### La NASA entreprise scientifique plutôt qu'aéronautique

The question can be asked, why has NASA continued to survive in its present mode? It is fairly well-funded. It's not enormously well-funded. It's about \$15 billion a year, which sounds like a lot of money, but that's compared to \$385 billion for the Department of Defense. It's about the size of NIH [National Institutes of Health]. And of the NASA budget, about \$4 billion, which is about the size of NSF [National Science Foundation] is for space science -- pure space science. Less than a billion is aeronautics. NASA has not been in the aeronautics business to any great extent for a very long time. They've been in the space science business; they are the dominant force in space science, including academic research.

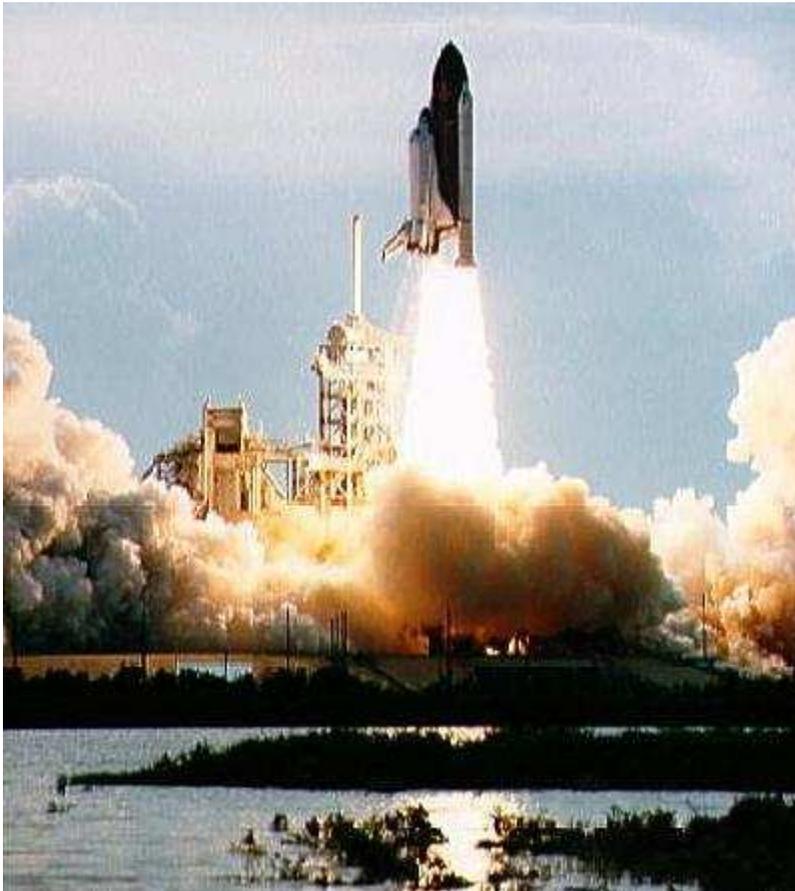
*Edited transcript of a panel discussion Feb. 20 at Duke University's Pratt School of Engineering*

La contrainte budgétaire s'est traduite par des changements nombreux et profonds :

- l'apparition des managers comme force essentielle ;
- la sous-traitance de nombreux aspects d'ingénierie ;
- des contraintes budgétaires globales imposées à l'ingénierie ;
- en particulier, l'affectation des dépenses de sûreté aux seuls problèmes jugés importants, ces deux derniers points définissant l'enveloppe de ce qui est fait en matière de sûreté et, par conséquent, l'étendue de ce qui ne sera pas couvert.

En soi, aucune de ces évolutions ne pose de problème particulier à l'économiste. Encore moins au manager. Mais avec le recul que cette liste confère au regard, il apparaît de manière éclatante que l'ingénieur a été marginalisé par le budget devenu tout puissant.

Soyons clairs : la contrainte budgétaire globale n'est pas en cause. La Nation, par l'intermédiaire de ses représentants, peut juger que la conquête spatiale ne vaut pas plus de 15 milliards de dollars par an. En revanche, imposer des objectifs difficilement réalisables à ce prix est une faute partagée du pouvoir exécutif et des dirigeants de la NASA, particulièrement ceux qui ont lancé l'ère de la navette spatiale (ensuite, la base fautive du marchandage était acquise).



## L'ESPACE A PERDU SON AURA EN AMÉRIQUE

**CALVIN WOODWARD, Associated Press**

2 février, 2003

Tous ceux qui ont assisté au lancement d'une navette spatiale, qui l'ont vue, entendue et sentie alors qu'elle s'élève de son aire de lancement et chevauche vers les cieux son immense colonne de flammes et de fumées, tous ceux-là ont vécu une expérience indescriptible. Les mots ne peuvent lui rendre justice. Ni la télévision.

Pourtant, l'étonnant exploit humain que constitue la conquête de l'espace est devenu pratiquement routine, les décennies ont passé, les rêveurs ont cédé la place aux épiciers.

Les navettes spatiales, chevaux de labour de l'espace, montent bâtir la station spatiale et mener des expériences [...] En bas, [...] on ne suit pas très bien ces boulonnages, ces rivetages, ces manips.

Quelque part, la soute s'est ouverte et la poésie s'est envolée. [...]

## Un calendrier omniprésent

La dictature du rapport coût/avantages ne s'exprime pas seulement par une gestion très serrée des budgets. Elle requiert un niveau de 'production' compétitif, et dans le cas de la NASA, un calendrier ambitieux à même de satisfaire les clients. Il y avait nécessité de 'produire' — selon la devise ô combien naïve et révélatrice — « *faster, better and cheaper* ».

Il existe une nette différence entre l'action par le budget — une forme de limitation des ambitions (une action de freinage, en quelque sorte) — et l'impulsion par le calendrier qui produit, sinon une accélération, du moins une exigence de maintien de la cadence. Celle-ci conduit à l'alignement de toutes les fonctions et de toutes les stratégies sur le calendrier.

### Challenger

At one point, the Marshall Space Center Solid Rocket Booster Project manager, believing in the previous Flight Readiness Review assessments, unconvinced by the engineering analysis, and concerned about the schedule implications of the 53-degree temperature limit on launch the engineers proposed, said, "My God, Thiokol, when do you want me to launch, next April?"

Report of the Presidential Commission, Vol. I, p. 90.

### Columbia

Reflecting the overall goal of keeping to the Node 2 launch schedule, [the Columbia mission manager's] priority was to avoid the delay of the next mission after Columbia. She was slated as Manager of Launch Integration for that next flight — a dual role promoting a conflict of interest and a single-point failure, a situation that should be avoided in all organizational as well as technical systems.

## Une bureaucratie envahissante

Dans le but de 'rationaliser la production' le management de la NASA a mis au point une bureaucratie qui couvre pratiquement tous les aspects du programme Navette. Les ingénieurs se sont finalement retrouvés avec de longues heures de travail administratif à conduire derrière leurs bureaux. Diane Vaughan dit qu'il est devenu fréquent que les ingénieurs passent des week-ends à leur bureau pour boucler leurs tâches administratives.

Un tel système a deux effets sur les temps de travail : celui d'allonger le temps de travail servi par les ingénieurs, mais aussi de faire qu'ils consacrent moins de temps (et probablement différemment) aux tâches d'ingénierie proprement dites. C'est probablement la conscience professionnelle de l'ingénieur qui le pousse à travailler plus longtemps parce qu'il ne peut pas se résoudre à trop diminuer le temps consacré à l'ingénierie.

Par ailleurs, la bureaucratie c'est de la procédure. Son rôle explicite est d'améliorer les fonctionnements. Mais son action se concrétise aussi par l'invalidation des fonctionnements hors procédure. Dans les organisations technologiques complexes, les procédures techniques sont régulièrement 'adaptées' pour que la vraie vie puisse s'accommoder de toutes sortes d'imprévus et de contraintes non intégrées dans les procédures. Mais dans les organisations bureaucratiques, la procédure bureaucratique est peut-être plus facile à imposer. Dans le cas de la NASA, le programme Navette est nettement plus complexe que le programme Appollo : il y a quelques 60 millions de pièces — un bel exemple de complexité à la Perrow — et

plusieurs milliers de comptes à rebours avant le lancement... Il y a donc sûrement place pour de la procédure. Mais le système bureaucratique poussé à l'extrême (ce que rapportent les observateurs américains) crée des rigidités :

*"Management did not listen to what their engineers were telling them. Instead, rules and procedures took priority."*

### **Challenger**

In the Challenger teleconference, a key engineering chart presented a qualitative argument about the relationship between cold temperatures and O-ring erosion that engineers were asked to prove. Thiokol's Roger Boisjoly said, "I had no data to quantify it. But I did say I knew it was away from goodness in the current data base."

### **Columbia**

Program managers turned off the Kennedy engineers' initial request for Department of Defense imagery, with apologies to Defense Department representatives for not having followed "proper channels." In addition, NASA administrators asked for and promised corrective action to prevent such a violation of protocol from recurring. Debris Assessment Team analysts at Johnson were asked by managers to demonstrate a "mandatory need" for their imagery request, but were not told how to do that.

*"Both Challenger and Columbia engineering teams were held to the usual quantitative standard of proof. But it was a reverse of the usual circumstance: instead of having to prove it was safe to fly, they were asked to prove that it was unsafe to fly."*

## **La combinaison de ces facteurs**

On comprend que ces trois éléments sont nécessaires à la défaillance organisationnelle. Une simple contrainte budgétaire n'aurait pas suffi. En effet, si l'on avait pris le temps d'écouter les inquiétudes et les intuitions des ingénieurs, et le temps de vérifier, on aurait toujours trouvé les quelques sous nécessaires pour entreprendre les actions requises. La contrainte budgétaire intervient comme une des circonstances qui augmente l'incertitude : elle fait qu'on ne dispose pas d'un dossier sur les températures (Challenger) ou sur les impacts de mousse (Columbia)...

De même, si la contrainte budgétaire est levée, si toutes les ressources voulues sont disponibles, un calendrier draconien est réalisable, les problèmes étant alors traités en amont. Pendant la conquête de la Lune, les budgets de la NASA étaient nettement plus importants, en valeur réelle alors que la mission était beaucoup plus ciblée et nettement moins complexe.

Enfin, une forte bureaucratie n'est plus un obstacle à l'expression si les questions peuvent être traitées en amont grâce à des ressources suffisantes.

Même la conjonction d'un calendrier très serré et d'un budget très strict ne garantit pas la défaillance si l'on écoute vraiment les ingénieurs. Certes on retarde le lancement de Challenger, mais cette décision est *fortement justifiée* du point de vue coût/avantages. Certes, la situation des astronautes de Columbia ne peut être sauvée qu'à grand frais, mais la NASA en sort grandie et les dommages sont nettement moins élevés.

D'où une première analyse. Une culture du résultat mal comprise aboutit à une communication bâclée parce que "no need, no time, no money". Ou, dans une version plus brutale, la poursuite acharnée d'objectifs déraisonnables aboutit à bâillonner l'expression par la procédure et la bureaucratie. Le tout aux dépens de la sûreté.

## II. La domination des managers

L'action des ingénieurs est non seulement entravée par les pratiques décrites ci-dessus ; elle est inscrite dans une relation de domination des ingénieurs par les managers. En effet, ces derniers fixent toutes les règles du jeu :

- les objectifs et les budgets du programme de la NASA sont définis conjointement par les dirigeants et l'exécutif ; dans cette négociation, les ingénieurs interviennent seulement comme ressource, en fournissant des cibles technologiquement réalisables ;
- les conditions de réalisation (répartition des budgets et calendriers) sont largement décidées par le management ; là encore, les ingénieurs interviennent comme ressource en soulignant ce qui est impossible à tenir ;
- l'organisation, au sens de qui fait quoi, en particulier l'ampleur de la sous-traitance est imposée par l'exécutif et se traduit par une dépossession des ingénieurs NASA, non seulement au niveau des missions, mais aussi dans le contrôle ; en effet, les moyens accordés aux ingénieurs ne leur permettent pas de contrôler efficacement les sous-traitants (dans les domaines techniques pointus, le contrôle n'est pas facile, on perd vite la compétence nécessaire et le contrôle technique glisse vers une supervision administrative...) ;
- la sûreté s'est trouvée progressivement et efficacement marginalisée ;
- les règles de fonctionnement bureaucratique ont été généralisées.

En outre, les ingénieurs de la NASA tendent à voir leur statut diminuer indépendamment de toute action des managers. Comme la plupart des fonctionnaires dans le monde, leur salaires sont relativement moins avantageux que ceux de leurs collègues du privé. Le passage de l'ère Apollo à l'ère *Shuttle* s'est d'ailleurs accompagnée de quelques resserrements de grilles salariales. L'industrie ne trouve donc guère de difficultés à débaucher les ingénieurs qu'elle convoite, les meilleurs, en général. Parallèlement, le recrutement n'est plus au niveau antérieur compte tenu de la baisse de prestige du spatial et de la faiblesse relative des émoluments proposés. Heimann mentionne que les efforts de recrutement se sont focalisés sur les thésards motivés par un soutien à leur travail de thèse (dépense non salariale...).

On comprend que les changements structurels du groupe que constituent les ingénieurs, combinés à la 'rationalisation' de la NASA, aient pu considérablement transformer les conditions de travail au quotidien.

À titre d'exemple, nous avons mentionné ci-dessus le résultat peu banal des efforts des ingénieurs pour obtenir des photos militaires de la navette Columbia et de la zone d'impact du débris de mousse, à savoir... la réprimande pour ne pas avoir suivi les voies hiérarchiques ordinaires... Le CAIB ajoute :

*"In stark contrast to the requirement that engineers adhere to protocol and hierarchy was management's failure to apply this criterion to their own activities. The Mission Management*

*Team did not meet on a regular schedule during the mission, proceeded in a loose format that allowed informal influence and status differences to shape their decisions, and allowed unchallenged opinions and assumptions to prevail, all the while holding the engineers who were making risk assessments to higher standards.”*

Quand un groupe est capable d'imposer à un autre des contraintes qu'il ne s'applique pas à lui-même, il faut parler de domination. Ce type de management est déjà inapproprié dans le cas d'une usine de montage de véhicules, ou plus généralement dans le monde industriel et concurrentiel. C'est ce que montre le cas de Toyota comparé aux grandes compagnies américaines de l'automobile (voir *La culture du risque et de la sûreté*, chapitres 15 et 16). Un autre cas apparaît dans Jack Stack, *The Great Game of Business*, Currency 1994, ouvrage qui décrit la reprise d'une usine de réparation de moteurs appartenant à International Harvester et vouée à la disparition. L'implication de tous les salariés par une méthode de management à livre ouvert a permis d'en faire une affaire florissante.

Dans le cas des activités à risque, ce type de management sinon par le mépris, du moins par la domination, est encore plus inapproprié :

*“In highly uncertain circumstances, when lives were immediately at risk, management failed to defer to its engineers and failed to recognize that different data standards – qualitative, subjective, and intuitive – and different processes – democratic rather than protocol and chain of command – were more appropriate.”*

### III. La gestion de l'information et de l'imprévu

La culture du résultat qui prévaut chez les managers a plusieurs conséquences :

- on ne croit pas que la sûreté puisse être menacée ;
- on valorise le fonctionnement en situation tendue, sans marge de manœuvre ;
- on privilégie les informations qui vont dans le sens du résultat recherché ;
- pour éviter les contretemps, on limite les remises en cause, une orientation efficacement soutenue par les procédures ;
- l'action optimale consiste à minimiser les délais que peuvent causer les préoccupations de sûreté.

Le rapport du CAIB n'étudie pas la genèse de la foi des managers en la sûreté des opérations. Il avait été montré, après Challenger, que les perceptions de risque des managers et des ingénieurs étaient largement divergentes ( $10^{-4}$  contre  $10^{-2}$  !). Comment, dix sept ans plus tard, en est-on revenu aux mêmes écarts ? Il s'agit probablement d'un cas de 'groupthink', un groupe génère une opinion partagée qui ne coïncide absolument pas avec le réel. Ce qui au niveau individuel est du 'wishful thinking' — prendre ses désirs pour des réalités — devient au niveau du groupe un phénomène 'culturel' : dans leurs échanges, leurs discours, leurs actions, les membres du groupe accréditent progressivement une croyance qui est erronée, mais qui prévaut largement dans le groupe.

À partir d'une ferme croyance en la sûreté des opérations, il est assez logique de considérer les doutes des ingénieurs comme des enfantillages qui ne font que rendre plus difficile la véritable mission. On entre dans une logique de la vitesse, on prend des raccourcis, on ne se donne pas de marges... et on se glorifie de ces façons de faire. Ces attitudes de témérité ont été observées, chez les couvreurs, par exemple.

Il n'est pas impossible que la culture du résultat, appuyée par le pouvoir de la finance, soutenue par la simplicité de la 'bottom line', le chiffre indiquant le résultat, conduise à ces attitudes de témérité de groupe (on pense à Enron). Le *groupthink* s'incarne alors dans un attitude 'groupreckless' qui n'est autre qu'un aveuglement.

Un fonctionnement basé sur l'aveuglement n'est durable que si l'information peut être durablement mise au silence. Cet aspect se dégage des analyses du CAIB. L'information circulait assez mal :

*"location in the structure empowered some to speak and silenced others"*

*"[the manager] governed what information she would or would not receive"*

En particulier, la bureaucratie entrave la circulation de l'information.

*"Managers at the top were dependent on engineers at the bottom for their engineering analysis and risk assessments. Information was lost as engineering risk analyses moved through the process. At succeeding stages, management awareness of anomalies, and therefore risks, was reduced either because of the need to be increasingly brief and concise as all the parts of the system came together, or because of the need to produce consensus decisions at each level."*

Répetons une citation (déjà donnée dans *Culture du risque et de la sûreté*) issue du monde de la Justice et qui corrobore parfaitement ce qui précède :

Un soir, nous pénétrâmes dans un squat, à travers les gravats et sans prévenir. Panique générale à bord, sauve qui peut ! L'un des squatters, dans sa fuite, laissa tomber un paquet de Marlboro dans lequel je découvris trente grammes de poudre blanche. Le corps du délit dans la poche, j'allai voir le procureur le soir même.

« Monsieur le procureur, lui dis-je, il se passe des choses absolument inadmissibles en plein Paris. L'héroïne circule librement, en toute impunité. Nous ne pouvons pas laisser faire. J'ai le sentiment que nous ne jouons pas notre rôle. D'ailleurs, regardez ... » Et de lui tendre le fameux paquet de cigarettes. Sa réponse fut aussi fulgurante que sidérante, mais tellement judiciaire : « Monsieur, avez-vous saisi cet objet régulièrement ? » Je restai un instant sans voix. Pourtant, j'aurai dû m'y attendre, car derrière ce formalisme tatillon se dissimulait un réflexe bien humain que pourrait fort bien résumer cette phrase lapidaire : « L'action est le commencement des soucis ... »

Et derrière ce réflexe se cachait un problème grave : à cette époque, dans notre

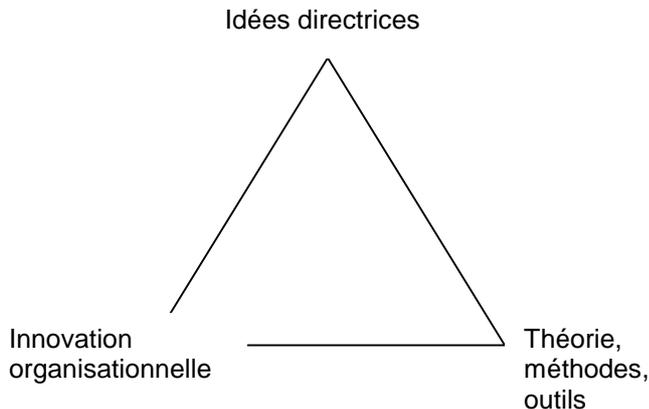
magistrature debout, toute information vivante partait de la base et remontait la hiérarchie échelon par échelon, perdant à chaque fois un peu plus de sa substance pour aboutir totalement aseptisée au niveau ministériel. Il faut savoir que le parquet, par sa nature, son organisation mais surtout ses mauvaises habitudes, ne décidait plus rien pour les affaires importantes ou sensibles, celui qui prenait la décision au plus haut niveau étant, par définition, celui qui était le plus éloigné du terrain. Comment pouvait-il en être autrement puisqu'il était le dernier maillon d'une longue chaîne ? Dans un tel contexte, il est aisé de comprendre l'ambiguïté et la frilosité qui régissaient les rapports entre la magistrature et le pouvoir exécutif. La magistrature ne pouvait pas se permettre de rappeler à l'exécutif les exigences de la justice ou de la sécurité publique.

Alain Marsaud, *Avant de tout oublier*, pp. 51-52

[Dans ces deux citations, c'est nous qui soulignons]

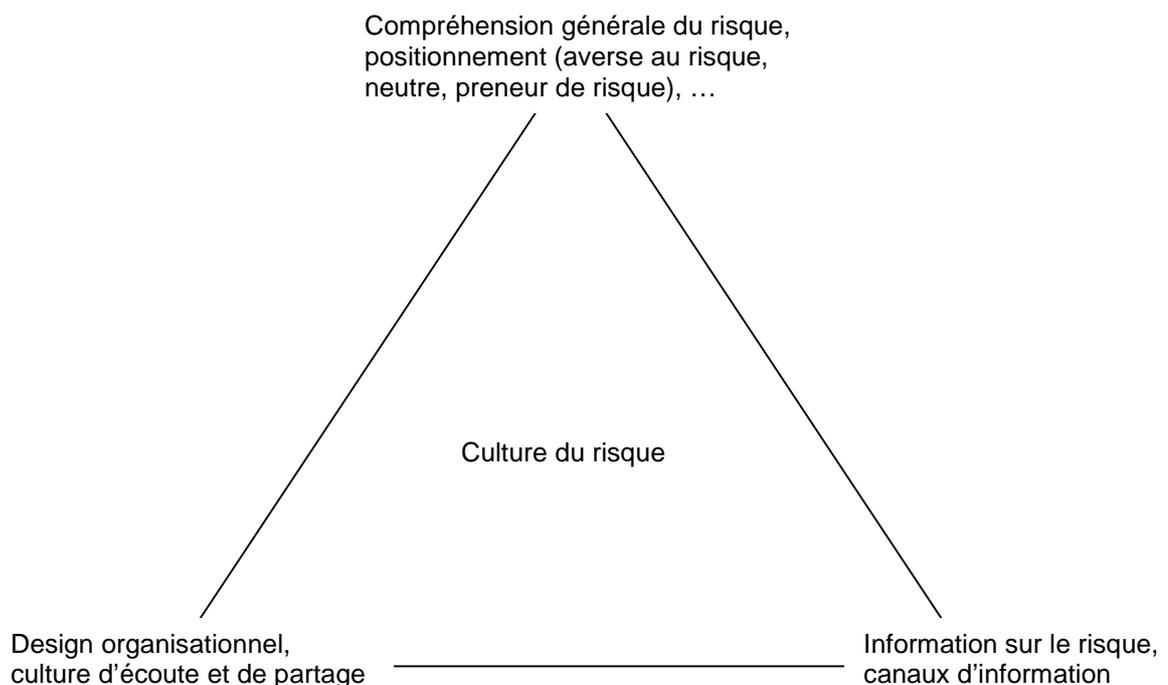
L'information sur les risques n'est donc probablement pas une simple question d'information. Les enjeux sont probablement plus profonds, liés au design organisationnel et aux valeurs de l'organisme en cause. Les solutions ne se limitent donc probablement pas à la 'mise à disposition' de l'information. Il faut sans doute travailler à l'animation d'un intérêt vécu pour la question, par exemple à travers la mise en place de communautés de pratique bien pensées.

Il est éclairant de se référer à un graphique de Peter Senge :



Ce diagramme issu de *The Fifth Discipline Fieldbook* (Senge et al., 1994) décrit l'architecture nécessaire à la mise en place d'une organisation apprenante. On ne peut se contenter d'un des sommets, il faut les trois composantes pour que l'organisme concerné puisse se transformer en profondeur.

Dans l'optique de l'amélioration de la perception des risques, en fait de la place du risque dans le management de l'organisme et de la façon dont le risque est traité, le diagramme pourrait devenir :



L'information sur le risque ne peut être perçue que si les personnes qui doivent en tenir compte vont la lire régulièrement (écoute) et la comprennent. On ne peut se contenter d'afficher des chiffres sur un tableau, sur un site ou autrement. La mise à disposition de l'information doit être accompagnée d'une *animation* qui la rende vivante, qui évite qu'elle ne soit lettre morte.

La NASA a donc suivi une voie inverse où la compréhension du risque est recouverte par l'impérieuse nécessité de résultats, où les opérationnels sont dominés et où l'information sur le risque est étouffée par les procédures.

En particulier, le CAIB démonte les processus qui ont aboutit à la neutralisation du système de sûreté : "*safety systems remained silent*". Nous avons repris ces arguments sous la forme d'une présentation à l'humour désabusé :



*Comment neutraliser  
votre système de sûreté ?*

- Comment l'affaiblir ?
- Comment le déresponsabiliser ?
- Comment l'entraver ?
- Votre résultat !

### *Comment affaiblir votre système de sûreté ?*

- Diminuez le personnel affecté
- Déguisez votre action en nommant une même personne à plusieurs postes
- Limitez les primes et avantages des personnels concernés
- Laissez filtrer que ces postes sont peu porteurs pour la suite de la carrière

### *Comment déresponsabiliser votre système de sûreté (1) ?*

- Sous-traitez une large part des responsabilités de sûreté
- Sous-traitez de préférence les aspects les plus proches du risque et chargez la sûreté de superviser

### *Comment déresponsabiliser votre système de sûreté (2) ?*

- Créez des conflits d'intérêts entre les diverses missions de sûreté des personnels concernés (voir affaiblir, action 2)
- Faites dépendre les personnels de sûreté du programme de production qu'ils contrôlent

## *Comment entraver votre système de sûreté ?*

- Laissez du flou dans la définition des responsabilités
- Laissez des trous noirs, des sujets non traités
- Découragez le suivi des tendances
- Rendez inefficace l'identification des problèmes et la transmission des alertes

## *Votre résultat !*

- Si vous menez à bien le programme ci-dessus, vous aurez efficacement miné votre propre système de défense
- Vos réactions 'immunitaires' seront très affaiblies
- Ce SIDA organisationnel sera complet quand...

## *Votre résultat !*

- ... votre système de sûreté sera ...

*silencieux*

## UNE BONNE CULTURE DU RISQUE EST-ELLE IMPOSSIBLE ? LA NASA ET LES SOUS-MARINIERS AMÉRICAINS

Les sections précédentes dressent un tableau raisonné des erreurs organisationnelles de la NASA. En soulignant les raisons qui ont ainsi poussé à deux échecs à 17 ans de distance, on pourrait laisser penser qu'il existe une 'fatalité organisationnelle' amenant les organisations à générer des défaillances. En ce sens, mais avec une approche différente, une approche culturelle et organisationnelle, on rejoindrait la position de Perrow : l'accident est normal.

Le rapport du CAIB n'est pas de cet avis. Il offre une comparaison entre la NASA et deux organismes de la marine américaine : le programme des réacteurs nucléaires et le programme de sûreté des sous-marins. Ce sont deux organisations 'hautement fiables' qui pourraient servir de modèle à la NASA.

Par exemple, d'après le CAIB, la marine américaine compte, à mi-2003, plus de 5500 années-réacteur sans accident. Ce succès repose sur plusieurs points-clé :

- un haut degré de discipline au niveau de l'ingénierie ;
- la responsabilisation des individus et des unités ;
- la remontée des informations et des difficultés vers les décideurs de façon concise, rapide et redondante.
- l'expression systématique des opinions minoritaires ;
- des rapports formalisés, écrits, basés sur les recommandations des sous-traitants de premier rang revues par des experts indépendants ;
- un examen des faits, dans le détail, de façon objective ;
- une capacité à gérer le changement, en particulier l'obsolescence de certaines classes de navires.

Le programme des réacteurs nucléaires est né avec le premier sous-marin nucléaire. Le programme de sûreté des sous-marins (SUBSAFE), qui traite de questions non liées aux réacteurs, a été lancé suite au naufrage du *Thresher* en 1963 pour évaluer les changements nécessaires dans la procédure de certification des sous-marins. Il fut renforcé après le naufrage du *Scorpio* en 1968. Il s'inspirait de l'esprit du programme des réacteurs nucléaires. Tant qu'un bâtiment n'était pas recertifié, son action restait limitée en distance et en profondeur.

Les comparaisons du CAIB ne sont pas exhaustives. Nous les avons résumées dans le tableau suivant.

### Eléments de culture de sûreté à la Nasa et dans deux programmes phares de la US Navy

	RÉACTEURS DE LA MARINE	SUBSAFE	NASA
Contrainte budgétaire		Le programme est protégé des pressions budgétaires.	Sous contrainte budgétaire, les <i>Program Managers</i> jonglent avec les coûts, les calendriers et les considérations de sûreté.  Les avis indépendants sont donc confrontés aux pressions de la sphère politique et de l'administration.
Indépendance de la sphère technique	Les sous-traitants font des recommandations techniques indépendantes. Les responsabilités sont claires, les contrôles se font donc naturellement.	La conformité est évaluée par une unité indépendante. Celle-ci évalue les points-clé (conformité ponctuelle), mais aussi l'ensemble du programme (culture de conformité).	Le processus de Préparation de Vol est censé être indépendant, mais le programme Navette contrôle à la fois l'ingénierie et la sûreté ce qui compromet l'indépendance du processus.
Analyses de sûreté	Évaluation systématique des dommages possibles au réacteur, aux personnes, à l'environnement.  Scénarios du pire.	Les évaluations quantitatives de sûreté sont déterministes et non probabilistes.	Il n'y a pas de base de données quantitatives sur les risques et la sûreté, base qui pourrait appuyer la conception future et soutenir l'évaluation des risques.  Pas de scénarios du pire
Exigences techniques	Les recommandations techniques des sous-traitants (ainsi que les décisions des gestionnaires du programme) sont documentées de façon formalisée et sont revues par des pairs.  Les présentations PowerPoint ne sont pas substituables aux rapports formels.	Les exigences (techniques) sont clairement documentées, réalisables, non négociables.	Bien que clairement documentées, les exigences techniques sont négociables, vulnérables à la normalisation de la déviance.
Intelligence		Une forte culture de sûreté incite à comprendre les phénomènes et à tirer toutes les leçons des échecs.	La NASA incite également à la sûreté, mais il n'existe pas d'exigence formelle, par exemple à étudier les erreurs, cela demeure informel et non systématique.

Formation	Programme énergique de formation basé sur un retour d'expérience interne et externe. Par exemple, en 7 années, plus de 5000 personnes formées sur l'accident de Challenger. Les dirigeants ont assisté à la 143 <sup>ème</sup> version de cette formation.	Formations approfondies basées sur les accidents des sous-marins <i>Thresher</i> et <i>Scorpio</i> .	La formation n'est pas solide. Pas d'utilisation des accidents passés pour former, par exemple les ingénieurs nouveaux ou ceux destinés à des postes de management.
Information	Les pratiques formelles et informelles assurent que les personnes concernées, à tous les niveaux, sont informées des décisions techniques.  Dans le cadre d'un 'programme de développement professionnel', toutes les questions techniques présentes et passées peuvent être discutées dans des réunions ouvertes, démocratiques, en présence du directeur.		Gestion hiérarchique de l'information : le message est raboté et édulcoré au cours de son ascension de l'échelle hiérarchique.  Gestion cloisonnée ('par silos') : les unités échangent avec une certaine méfiance et des a priori. La valeur de l'information dépend de qui la donne...  Pas de programme de discussions ouvertes.
Opinions minoritaires	Encourage l'expression des opinions minoritaires et des 'mauvaises nouvelles'.  En l'absence d'opposition minoritaire, la direction est chargée de faire l'avocat du diable. Les questions sont toujours encouragées, ainsi que les optiques décalées.		Il est difficile aux opinions divergentes ou minoritaires de 'percoler' à travers la hiérarchie jusqu'aux dirigeants.  Le système de rapports de sûreté anonyme ne permet pas, dans les faits, l'expression des divergences.
Gestion des connaissances	La capitalisation de la connaissance est assurée. Toute norme technique est soigneusement documentée, y compris l'historique de son émergence et de sa discussion.  Le directeur est nommé pour huit ans.  Les cadres dirigeants sont régulièrement nommés à des postes de terrain pour garder le contact avec les opérations techniques et humaines.		

Le CAIB résume les aspects ci-dessus en quelques points-clé pour la culture de sûreté :

1. indépendance entre le management de programme et la responsabilité de la sûreté ; le management est sensible aux coûts et aux calendriers de production, les responsables sûreté doivent être surtout sensibles à la rigueur technique et sécuritaire ; c'est ce que nous avons opposé comme culture du résultat et culture de sûreté ;
2. tirer les leçons du passé : les programmes de la Marine américaine ont institutionnalisé un retour d'expérience positif et lié aux actions de formation ; ils ont couplé ce retour d'expérience avec une capitalisation formalisée des connaissances.

Le rapport souligne que la Nasa possède un remarquable palmarès de découvertes scientifiques, mais reste peu efficace dans l'utilisation du passé pour alimenter la connaissance qui lui est propre. Cela constituerait pourtant un investissement rentable en vue des développements techniques futurs.

Certes, la Nasa possède un '*Lessons Learned Information System*', mais celui-ci reste optionnel, basé sur le volontariat. N'étant pas systématiquement intégré dans les pratiques, il ne possède pas la profondeur historique que donne une accumulation systématique de l'expérience.

Le rapport souligne donc des déficiences nettes en matière de gestion des connaissances (knowledge management).

Le rapport compare aussi la Nasa avec *Aerospace Corporation*, l'unité qui certifie les lanceurs de l'US Air Force. Ce que produit cette dernière est une lettre certifiant que le lanceur a été indépendamment inspecté et qu'il est 'bon pour le service'. Cette inspection très exhaustive, 'du concept au vol en orbite', commence à la phase de conception, se poursuit jusqu'au compte à rebours et s'achève avec l'évaluation de la mission et les recommandations pour les missions futures.

Le personnel de *Aerospace Corporation* couvre tous les aspects du spatial y compris des tests en laboratoire. Cet organisme de 3200 personnes équivaut à une entreprise de 500 millions de \$. Il est financièrement indépendant et connaît pas de contrainte de calendrier.

L'armée de l'air américaine a trouvé ce système d'inspections indépendantes extrêmement profitable. Il a réduit considérablement les erreurs d'ingénierie. Aujourd'hui « ce secteur connaît un taux d'échec de 2,9% comparé à 14,6% pour les lanceurs civils »

Tous ces éléments amènent le CAIB aux recommandations suivantes, accompagnées d'une sérieuse mise en garde : si ces recommandations n'étaient pas suivies, la NASA connaîtrait de nouveaux accidents comparables à ceux de Challenger et Columbia.

## Quelques recommandations du CAIB

Le CAIB estime qu'un leadership efficace peut piloter une culture afin qu'elle s'adapte à des réalités nouvelles. La culture de la NASA doit changer, et le CAIB considère les recommandations suivantes comme des étapes vers ce changement.

[...]

### Établissement du programme

R6.2-1 Adopter et maintenir un programme de vol qui tienne compte des ressources disponibles. Les dates-butoir sont un outil de gestion important, mais elles doivent être régulièrement réévaluées. Tout risque additionnel que ferait courir l'exigence de tenir les échéances doit être reconnu, compris, et doit s'avérer acceptable.

### Formation

R6.3-1 Établir un programme de formation élargi dans lequel le *Mission Management Team* est confronté aux imprévus qui peuvent affecter la sécurité de l'équipage et du véhicule au delà du décollage et de l'ascension. Devraient être envisagées la perte potentielle de la navette ou de l'équipage, ainsi que de nombreuses incertitudes et inconnues. Le programme de formation devrait préparer l'équipe de gestion à se réunir et travailler en partenariat avec des organismes variés, géographiquement dispersés, appartenant à la fois à la NASA et à ses sous-traitants.

### Organisation

R7.5-1 Établir une autorité technique indépendante responsable des exigences techniques et de toute acceptation de non-conformité. Cette autorité devra construire une approche rigoureuse et systématique des risques. Celle-ci devra couvrir l'identification,

l'analyse, et le contrôle des risques durant tout le cycle de vie de la navette. Les missions de l'autorité technique indépendante incluront, au minimum :

- développer et maintenir les normes techniques pour l'ensemble du programme navette spatiale ;
- être seule responsable d'autoriser des écarts aux exigences techniques ;
- conduire l'analyse des risques et de leur évolution au niveau des sous-systèmes, des systèmes, et de l'ensemble de l'entreprise ;
- prendre en charge les systèmes d'analyse des modes de défaillance et des effets critiques (AMDEC) et d'analyse de dangers ;
- conduire des analyses de risque intégrées ;
- décider ce qui est ou n'est pas une anomalie ;
- vérifier indépendamment l'aptitude au vol ;
- approuver les dispositions du programme de re-certification préconisé dans la recommandation R9.1-1.

L'autorité technique devrait être financée directement par la direction de la NASA, ne pas être liée aux calendriers et aux coûts de programme, et n'avoir aucune responsabilité dans ces domaines.

R7.5-2 La direction de la Sûreté, au niveau de la direction de la NASA, devrait avoir autorité directe sur toute l'organisation de sûreté de programme navette spatiale (dans chaque centre et chaque unité) et devrait être financée de façon indépendante.

Ces remarques sont plutôt inspirées par une vision fiabiliste de l'accident. Elles suscitent un certain scepticisme de la part d'observateurs comme Larry Heimann. Or, l'actualité semble donner raison aux pessimistes : les demandes budgétaires de la NASA pour assurer son programme 'return to flight' se heurtent au manque d'enthousiasme du politique comme en témoigne l'article suivant intitulé « La chaîne manquante à la NASA pour son nouveau plan de vol : l'argent ».

## SPACE SHUTTLE

# The Missing Item in NASA's New Flight Plan: Money

While lawmakers were debating NASA's future last week, a Senate funding panel quietly issued a sobering message. It rejected President George W. Bush's request to boost the space agency's budget in 2004 and warned that significant increases "will likely be very difficult to sustain." A few days later, NASA released a plan to revamp the space shuttle program and fly again by next spring—a plan whose cost, agency managers say privately, will top \$200 million through next year.

The plans release on 8 September capped a frenetic week in which the Senate Commerce Committee and House Science Committee took a close look at the results of the accident investigation panel led by retired Admiral Harold Gehman (*Science*, 5 September, p. 1300). Lawmakers expressed concern about finding dollars for human space flight. "We'll have to figure out how to do all of this in an era of dwindling resources," Senator Ernest Hollings (D-SC) warned at the 3 September hearing. And Science Committee chair Representative Sherwood Boehlert (R-NY) laid the next day that the agency might have to adjust its ambitions: "I, for one, am not willing to write NASA a blank check for the shuttle."

The purse strings are already tightening. The Senate Appropriations Committee agreed to a flat budget for NASA next year. \$15.3 billion, or \$130 million below the president's request, chopping \$200 million from the requested space station budget. "There are other pressing needs," said a terse committee statement, noting that with a reduced crew and construction schedule, less

money is needed. That doesn't fly with agency managers. "There are no big bucks" to be saved, scoffs one. The Senate bill now goes to the floor; when it passes, it must be reconciled with the House version, which approved a \$15.54 billion NASA budget, doubling the president's requested increase.

The Administration has yet to give formal notice, but NASA last week told Congress it would need \$40 million in 2003 to cover initial return-to-tight costs. For 2004, early estimates are \$170 million, according to one NASA official. In the meantime, not flying saves a mere \$16 million per mission out of a \$4 billion annual shuttle budget, the official added.

The Senate panel wasn't encouraging about the long-term implications of the Gehman report. Although the report said a shuttle replacement "must be considered a priority," it also complained about the agency's "inefficient use of funds." The Senate panel called for NASA to provide a 10-year budget plan by early next year and warned that major

hikes would be tough—but it did approve millions of dollars in earmarks NASA didn't request. For example, the University of Texas, Austin, would get \$1 million for nanomedical research; the University of Maryland, \$2 million for photonics research; and the University of Alaska, \$8 million for weather and ocean research.

Meanwhile, NASA released its first detailed response to the Gehman reports 29 recommendations. The NASA document de-

tails plans to improve shuttle performance as well as management training. Agency officials say that they hope to fly again as early as 11 March that first mission will test out the various repair kits and inspection procedures called for in the Gehman report. Given the work required, it is an ambitious schedule. "The way ahead is very daunting," admits NASA space flight chief William Readdy. But lawmakers suspect that the agency is more eager to launch than remake itself. "I'm concerned that NASA may already be rushing to meet unrealistic launch dates instead of examining this report closely and moving deliberately," said Boehlert. NASA will have to prove to a skeptical Congress that it can launch a safer shuttle—but not too quickly or too expensively.



**Mission impossible?** NASA's Sean O'Keefe (right) and retired Admiral Harold Gehman await tough Senate questioning on human space exploration.

## En guise de conclusion...

Des oppositions demeurent donc entre les deux visions polaires de l'accident.

À titre de synthèse, on pourrait considérer que les fiabilistes estiment possible d'allonger presque infiniment le cycle de la prévention de façon que la courbe de dégradation soit pratiquement une droite horizontale, de façon que le temps de retour de l'accident tende vers l'infini.

À l'opposé, les normalistes, version Perrow (complexité et rigidité essentiellement techniques) ou version plus organisationnelle (fluctuations de la volonté politique de dépenser pour la sûreté), considèrent que les efforts des fiabilistes seront noyés sous le poids des forces génératrices de risque (techniques et/ou sociétales), que la pente de la courbe de dégradation de la sûreté restera nettement positive, que le temps de retour de l'accident restera de l'ordre de ceux que nous avons connus, entre dix et cent ans, pour fixer les idées.

Face à cette opposition, nous suggérons de considérer la possibilité d'initier régulièrement de nouveaux départs de cycles de sûreté. Car la pente de dégradation reste minimale, au début du cycle, les observateurs en sont assez d'accord. Le meilleur moment pour adopter telle compagnie d'aviation plutôt que telle autre est précisément après qu'elle ait subi un accident...

D'une façon comparable, les entreprises utilisent les nouveaux produits : face à la dégradation inévitable de la profitabilité d'une activité, ils lancent un nouveau produit qui sera profitable au départ. C'est, par exemple, le cas dans l'industrie pharmaceutique ou dans celle des micro-ordinateurs. En fait, on observe deux types d'entreprises :

- celles qui innovent et maintiennent une forte profitabilité par un investissement conséquent en innovation,
- celles qui n'innovent pas, produisent des produits non innovants et connaissent une faible profitabilité.

De même, en matière de risque, on distingue des entreprises fiables, par exemple dans le domaine de l'aviation, et d'autres moins fiables et moins chères, par exemple certaines compagnies d'aviation du tiers monde.

Une bonne gouvernance des risques pourrait se donner pour objectif de relancer le cycle de la prévention *avant* qu'un accident ne vienne le relancer de façon naturelle, mais éminemment coûteuse.

## ► DOCUMENTS DE TRAVAIL PUBLIÉS

### I – Méthodes :

- 03- M04      Le cycle de la prévention et de l'information sur les risques  
Patrick MOMAL
- 03 - M03      La culture du risque et de la sûreté  
Patrick MOMAL
- 03 - M02      Rapport du groupe de réflexion environnement et applications de l'espace  
Bertrand GALTIER, Michel LEBLANC
- 03 - M01      Le système d'information environnementale français  
Armelle GIRY
- 02 - M02      Santé environnement : problèmes et méthodes  
Benoît VERGRIETTE
- 02 - M01      Intérêts et limites des variables biologiques en écotoxicologie aquatique  
Patrick FLAMMARION
- 01 - M02      Indicateurs environnementaux : méthodes et utilisation pour l'évaluation des  
politiques publiques  
Xavier DELACHE
- 01 - M01      Méthodologie de valorisation des biens environnementaux  
Sylvie SCHERRER

## II- Etudes :

- 03 – E09      Evaluation économique des aménités récréatives d'un parc urbain : la cas du parc de Sceaux  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E08      Analyse économique de la rentabilité des filtres à particules sur les véhicules diesels neufs  
Emmanuel MASSE
- 03 - E07      Note sur l'évaluation des infrastructures de transport et l'étalement urbain  
Dominique BUREAU, Nicolas THOUVEREZ
- 03 - E06      Evaluation des bénéfices pour le public de la protection des espaces littoraux remarquables  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E05      Evaluation économique des aménités récréatives d'une zone humide intérieure : le cas du lac de Der  
Sylvie SCHERRER
- 03 - E04      Exploration des engagements futurs en matière de changement climatique  
Vincent VAN STEENBERGHE
- 03 - E03      Quels instruments pour une politique environnementale ?  
Gilles SAINT-PAUL
- 03 - E02      Couverture des charges d'infrastructure et tarification de l'usage de la route  
Isabelle ROVIRA, Martine PERBET
- 03 - E01      Les dommages visuels et sonores causés par les éoliennes : une évaluation par le consentement à payer des ménages dans le cas des éoliennes de Sigean  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E07      Pollutions atmosphériques transfrontières : mise en œuvre du protocole de Goteborg et de la directive plafonds  
Daniel DELALANDE

- 02 - E06 Régulation du bruit à Roissy : efficacité et instruments économiques  
Dominique BUREAU
- 02 - E05 Gisement d'énergie éolienne par région : quelques éléments d'éclairage  
économique  
Sabine GUILLAUME
- 02 - E04 Les accords de Bonn et Marrakech : analyse quantitative et mise en perspective  
Sandrine ROCARD, Eve ROUMIGUIERES
- 02 - E03 Typologie des modes de gestion des déchets ménagers par les collectivités locales  
Anne-Claire BOITEL, Christine LAGARENNE
- 02 - E02 Evaluation économique des pertes d'usage dues aux tempêtes Lothar et Martin de  
décembre 1999 : le cas de la forêt de Fontainebleau  
Sylvie SCHERRER
- 02 - E01 Régulation de la durée des contrats dans le secteur de l'eau  
Patrick DERONZIER
- 01 - E07 Effet de serre document de base de la maquette SAGESSE  
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E06 Déterminants de la consommation en produits de l'agriculture biologique  
Sylvie SCHERRER
- 01 - E05 Effet de serre : quantification de l'effort économique par les parties du protocole de  
Kyoto  
Eve ROUMIGUIERES
- 01 - E04 Déterminants des comportements de tri des ménages  
Christine LAGARENNE, Séverine WILTGEN
- 01 - E03 Combinaison des instruments prix et quantités dans le cas de l'effet de serre  
Boris COURNEDE, Sylviane GASTALDO
- 01 - E02 Politiques nationales de lutte contre le changement climatique et réglementation de la  
concurrence : le cas de la fiscalité

Jérôme RIEU

- 01 - E01 Effets économiques du Protocole de Kyoto : une maquette internationale  
Jean-Pierre BERTHIER, Martin GUESPEREAU, Eve ROUMIGUIERES

### **III- Synthèses :**

- 03 - S06 L'évaluation des aménités et des dommages environnementaux  
Sylvie SCHERRER
- 03 - S05 Les enseignements pour la France des régimes de responsabilité environnementale en vigueur à l'étranger : l'exemple des Etats-Unis et du Brésil  
Catherine SCHLEGEL, Laurent VERDIER
- 03 - S04 Les engagements futurs dans les négociations sur le changement climatique  
Séminaire D4E
- 03 - S03 Economie de l'environnement et décision publique  
Dominique BUREAU
- 03 - S02 Biens publics mondiaux et négociations internationales  
Hélène FRANCES, François NASS
- 03 - S01 Axes pour la recherche en environnement et en développement durable dans le sixième programme cadre de recherche et développement de l'union européenne  
Groupe thématique national français « recherche européenne, environnement et développement durable »
- 02 - S02 Marchés de droits : expériences passées et débuts pour l'effet de serre  
Christine CROS, Sylviane GASTALDO
- 02 - S01 Microéconomie du développement durable : une introduction  
Dominique BUREAU
- 01 - S05 L'impact économique des tempêtes de décembre 1999  
Annie ERHARD-CASSEGRAIN

- 01 - S04 Ouverture des marchés de l'électricité et environnement  
Dominique BUREAU, Sylvie SCHERRER
- 01 - S03 La responsabilité environnementale  
Patrick MOMAL
- 01 - S02 Gouvernance mondiale et environnement  
Dominique BUREAU, Marie-Claire DAVEU, Sylviane GASTALDO
- 01 - S01 Les rapports environnementaux des entreprises  
Christine LAGARENNE, Marc AVIAM

## **Abbreviations**

CAIB	Columbia Accident Investigation Board
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
AFSSAPS	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

## Bibliographie

Heimann Larry, *Acceptable Risks*, Ann Arbor, The University of Michigan, 1997

Landau, Martin. *Redundancy, Rationality and the problem of Duplication and Overlap*, *Public Administration Review*, pp 346-358, 1969

Perrow, Charles, *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, Basic Books, 1984

Sagan, Scott. *The Limits of Safety: Organizations, Accidents and Nuclear Weapons*, Princeton University Press, 1993

Stack, Jack. *The Great Game of Business*, Currency 1994

Senge, Peter et al., *The Fifth Discipline Fieldbook*, Currency, 1994

Vaughan, Diane. *The Challenger Launch Decision : Risky technology, Culture, and Deviance at NASA*, University of Chicago Press, 1996)