

# Systèmes d'information et gestion du couple performance/sécurité : trajectoires comparées de trois situations extrêmes

*Lise ARENA\**, *Nathalie ORIOL\*\** & *Ivan PASTORELLI\**

\* Université Nice Sophia-Antipolis & GREDEG

\*\* CNAM

---

## RÉSUMÉ

---

*Cet article s'intéresse à la manière dont l'évolution des technologies de l'information a façonné la gestion de la tension du couple performance/sécurité dans des situations extrêmes. Pour répondre à cette problématique, les auteurs ont recours à une approche historique, combinée à l'analyse comparative de trois situations extrêmes : le trader qui exécute un ordre dans une salle de marché, le technicien de maintenance aéronautique qui prend des décisions de supervision et l'alpiniste qui effectue des choix de progression dans son ascension en haute montagne. La contribution de ce travail peut s'évaluer à deux niveaux. D'une part, cet article fournit au lecteur une construction historique inédite à travers le prisme des SI utilisés dans trois situations a priori différentes. D'autre part, cette réflexion apporte un éclairage sur le lien entre la gestion de l'imprévu et le recours aux nouvelles technologies dans le contexte de situations extrêmes. En particulier, la nature vitale et/ou directe du risque détermine largement l'utilisation des SI et son impact sur le couple performance/sécurité.*

**Mots-clés :** Système d'information, Performance, Sécurité, Approche historique, Situations extrêmes.



---

**ABSTRACT**

---

*This article raises the following question: to what extent has the evolution of technological artifacts over time shaped the performance/security context in extreme situations? To address this problem, the authors use a historical approach, combined with a comparative analysis of three extreme situations: the trader who executes orders in a trading room, the technician who makes supervision decisions in aeronautics and the high-mountaineer who makes choices in his progression to the summit. The contribution of this work can be evaluated at two levels. First, this article provides the reader with a unique historical analysis from an IS view in three different extreme situations. On the other hand, this reflection sheds light on the relationship between the management of the unexpected and the use of new technologies in the context of extreme situations. In particular, the vital and / or direct nature of risk largely determines the use of IS and its impact on the performance / security couple.*

**Keywords:** Information systems, Performance, Security, Historical approach, Extreme Situations.



## INTRODUCTION

Quel est le point commun entre le *flash krach* de la bourse de New-York en 2010, la tragédie de l'Everest de 1996, ou encore le crash du B747 de la China Airlines en 2002 ? *A priori* aucun, exceptée leur médiatisation. Il s'agit pourtant de trois situations extrêmes dans lesquelles les arbitrages délicats entre sécurité et performance ont débouché sur une situation de crise. Les situations extrêmes ne se confondent pas avec les crises, mais en augmentent la probabilité d'apparition. Dans ces situations, la gestion de l'imprévu est également fortement reliée aux technologies de l'information.

La montée en puissance de nouveaux outils de partage de l'information conduit autant les chercheurs que les praticiens à s'interroger sur les modes d'action et les nouveaux agencements organisationnels qu'ils induisent, notamment au sein de situations qualifiées d'extrêmes (Bouty *et al.*, 2011). Quelle a été l'influence de l'évolution des artefacts digitaux sur la gestion de la tension du couple performance/sécurité dans le cas de ces situations ? Pour répondre à cette question, nous avons conduit une analyse historique de l'évolution de trois métiers exposés à ces situations : les traders en bourse, les chefs d'expéditions de haute montagne et les techniciens de maintenance aéronautique. *A priori* différentes, ces activités présentent pourtant des similarités fortes. Dans les trois cas, des hommes, faillibles sur le plan cognitif, font face à un ensemble de risques qualifiés d'extrêmes dans un cadre d'incertitude radicale et prennent en conséquence

des décisions adossées à des SI. Dans les situations analysées, la gestion du couple performance/sécurité ne consiste pas à chercher un optimum, parce que les paramètres d'ajustement entretiennent des boucles de rétroaction et parce qu'ils ne se situent pas sur une fonction continue. Performance et sécurité sont co-construites par une anticipation permanente des effets de l'une sur l'autre. Nous évoquerons alors la notion de tension performance/sécurité, qui fera état d'une contrainte plus (arbitrage strict) ou moins (évolution au diapason) distendue au sein des objectifs fixés.

L'article est composé de trois sections. La première présente la méthodologie de notre étude et définit les concepts de performance, de risque et de situations extrêmes. Les caractéristiques du processus décisionnel de chaque activité permettent de mettre en lumière les points de convergence. La seconde section retrace l'évolution historique des technologies numériques propres à chaque situation et met en évidence les effets de cette évolution sur la tension performance/sécurité. Enfin, sur cette base, la troisième section consiste en une réflexion fondée sur l'utilisation des systèmes d'information en situation extrême et l'impact des SI sur leur occurrence. En définitive, la comparaison de ces trois situations nous permet de mettre en évidence certains invariants observés dans la gestion du couple performance/sécurité. Si les SI diminuent sensiblement certaines tensions organisationnelles, ils peuvent néanmoins être à l'origine de situations extrêmes en limitant le libre arbitre et l'adaptabilité de leurs utilisateurs.

## **I. MÉTHODE, CONCEPTS ET PRÉSENTATION DE TROIS SITUATIONS EXTRÊMES**

Cette première section introduit la méthode choisie et précise les définitions des concepts utilisés. De surcroît, celle-ci nous permet d'exposer les enjeux des trois situations extrêmes de gestion qui font l'objet de l'analyse historique et comparative.

### **I.1. Méthode**

Le choix méthodologique de l'article propose d'utiliser une approche historique pour mieux comprendre les évolutions des artefacts en lien avec la tension performance/sécurité. Le recours à l'histoire comme méthode de recherche en sciences de gestion s'est significativement intensifié depuis une dizaine d'années et se développe au sein des communautés scientifiques d'études sur l'organisation (Clark, Rowlinson, 2004 ; Üsdiken, Kieser, 2004 ; Godelier, 2009 ; Mitev, de Vaujany, 2012)<sup>1</sup>. Cette méthode nous semble particulièrement adaptée ici dans la mesure où l'objet de la recherche porte sur une analyse longitudinale et sur des analyses de cas de situations de gestion. L'originalité de cette méthode permet d'examiner des événements passés en insistant sur des contextes particuliers, afin de permettre une meilleure compréhension

d'éléments présents (Rowlinson, 2009). Le recours à l'histoire apparaît donc pertinent en raison de la nature processuelle de l'objet étudié (Pettigrew, 1997) et de l'utilisation d'une démarche comparative de situations de gestion (Girin, 1990).

L'article propose donc une reconstitution historique fondée sur l'évolution technologique dans le cas de ces trois situations extrêmes. Cette reconstruction résulte essentiellement de l'exploitation de sources secondaires et notamment d'ouvrages spécialisés dans les trois domaines qui nous intéressent. La familiarité de l'un des auteurs, à travers sa propre expérience professionnelle avec le terrain de l'aéronautique apporte également un éclairage supplémentaire à la réflexion. Au-delà de cette approche historique, le recours à la comparaison entre trois situations différentes présente l'avantage de faire émerger des usages communs de SI à des professions souvent qualifiées de « risquées ». Réciproquement, par l'observation des divergences, ce recours permet d'enrichir une réflexion plus globale sur la gestion de l'incertitude et de formuler des recommandations. En d'autres termes, nous partons du postulat que les exigences de ces situations obligent les acteurs qui les gèrent à avoir des stratégies d'adaptation et que ces stratégies sont révélatrices d'invariants des situations extrêmes.

<sup>1</sup> Le lecteur intéressé pourra également se référer à Bessin, Bidart et Grossetti (2010), et notamment à la partie discutant des travaux de Andrew Abbott, sociologue de l'Université de Chicago, qui utilise l'histoire et la narration comme méthode en sciences sociales et notamment en sociologie du travail.

## I.2. Définitions et concepts

Notre définition d'une situation extrême repose sur celle récemment proposée par Bouty *et al.* (2011). Les auteurs estiment qu'une situation extrême combine « évolutivité, incertitude et risque. Une situation est évolutive lorsqu'elle présente des décalages par rapport à un mode de fonctionnement antérieur. (...) Le critère d'incertitude suggère qu'une situation peut être plus ou moins attendue et/ou plus ou moins anticipable. Le risque se réfère à la possibilité qu'un évènement non souhaité survienne et cause des dommages plus ou moins importants à l'organisation et/ou à ses acteurs. »

La notion de risque est un objet frontière (Pesqueux, 2011) dans le sens où le terme peut recouvrir un ensemble de réalités différentes en étant fonction du prisme de lecture de celui qui la définit. Ce subjectivisme conditionne non seulement la circonscription de ce qui caractérise une situation extrême, mais également la manière dont les organisations et personnes concernées vont se comporter face à elle. L'incertitude fait référence à une situation plus ou moins probabilisable en fonction du degré de prévisibilité et des caractéristiques de la situation. Souvent, les situations extrêmes s'inscrivent dans un contexte d'incertitude radicale qui s'oppose au monde de l'incertitude calculable. Cette incertitude ne peut être levée ni par le savoir, ni par le calcul, et caractérise une situation dans laquelle l'ensemble des possibles n'est pas défini. Si le risque est une fonction de l'incertitude, celui-ci peut donc difficilement correspondre à une appréciation objective des dangers, sauf,

comme évoqué par Le Breton (2007) « dans l'abstraction des statistiques », qui se traduit davantage par « une projection de sens et de valeur sur certains événements, certaines pratiques, certains objets voués à l'expertise diffuse de la communauté ou des spécialistes ». Les outils de mesure intégreront alors invariablement des hypothèses d'appréciation dénotant la subjectivité de leur concepteur.

La gestion d'une situation extrême pose également le problème de sa performance. La performance sera ici comprise dans la perspective des travaux de l'ergonomie cognitive francophone, qui la définit comme l'atteinte des résultats implicites et explicites liés au poste de travail. Les premiers sont, par exemple, la réalisation d'un résultat final associé à des délais et des tolérances de qualité. Ils sont peu ambigus, mesurables et aisément visibles. Les seconds concernent des objectifs plus internalisés par les acteurs comme la fatigue, la sécurité personnelle et surtout la volonté de développer un sentiment de satisfaction entretenu par la reconnaissance (Amalberti, 2001). La performance est donc comprise ici comme un résultat de l'action établi à partir de compromis entre des objectifs explicites et des objectifs implicites.

En cohérence avec ces définitions du risque et de la performance, les organisations étudiées ici peuvent être appréhendées comme des arrangements à haute fiabilité organisationnelle (*High Reliability Organizations*), qui présentent un besoin de performance élevé tout en faisant face à une potentialité importante d'erreurs, de crises, et de désastres (Weick, Sutcliffe, 2007). Ce type d'organisations se comprend

par une caractéristique essentielle : la gestion d'une tension potentielle entre performance et sécurité. En effet, loin des poncifs qu'elles tendent à diffuser (« la sécurité comme priorité »), ces organisations doivent arbitrer, tout au long de la chaîne hiérarchique, entre les contraintes liées à la sécurité et celles liées à la continuité de l'activité. Il ne s'agit pas ici d'une fonction à deux dimensions au sein de laquelle l'organisation exercerait un choix de positionnement, mais davantage de la gestion d'une tension organisationnelle qui, sur le long terme, conduit l'organisation à déployer des efforts pour satisfaire ces demandes multiples. Les tensions entre performance et sécurité sont matérielles, dans la mesure où elles font parties intégrantes des situations extrêmes étudiées ici, mais reflètent également, dans une moindre mesure, des constructions sociales créées par la situation et établies par les décideurs, tout en étant largement dépendantes de la nature de leur cognition (Smith, Lewis, 2011). Dans la littérature traditionnelle, les stratégies existantes face à ces tensions sont l'acceptation (*i.e.* « vivre avec » le dilemme) ou la résolution d'objectifs en contradiction (*i.e.* répondre aux éléments de sécurité et de performance de manière simultanée). Les travaux récents proposent un modèle intégré des enjeux de cette tension en envisageant la possibilité de réponses par cycles qui permettraient de jongler avec les deux éléments, en sortant d'une perspective d'équilibre statique, dans un souci de soutenabilité de long-terme (*Ibid.*). Pour toutes ces raisons, le terme de « couple » sécurité/performance nous semble plus approprié ici que celui de « tension ».

### **I.3. Trois exemples de situations extrêmes : le desk, la haute-montagne et l'aéronautique**

Trois situations de gestion *a priori* différentes mais qui présentent des similarités sont présentées ici. Cette réflexion permet de décrire en détail le contenu ainsi que les enjeux de ces situations de gestion et de montrer dans quelle mesure celles-ci peuvent être qualifiées d'extrêmes.

#### ***1.3.1. Le trader – exécuteur d'ordre dans une salle de marché***

La pratique quotidienne du trader repose sur l'articulation séquentielle des phases de traitement d'un ordre en bourse. Ces phases façonnent directement la caractérisation ainsi que l'appréhension individuelle d'une situation extrême. L'activité du trader au sein d'un prestataire de services d'investissement consiste à prendre des positions d'achat ou de vente sur le marché. Le trader doit réaliser des transactions en optimisant un portefeuille de titres financiers – celui de son employeur ou celui de son client. Il détermine en continu – sous contrainte de mandat – le couple rendement/risque lié aux titres détenus. Plus sa position induit une exposition au risque de perte en capital importante, plus les possibilités de performance en cas de réussite sont élevées afin de rémunérer le risque pris.

#### *Les décisions de trading*

Elles sont prises au cours des quatre étapes du processus :

(1) la collecte d'information financière : elle consiste pour le trader à collecter une série de données pertinentes sur le marché afin d'identifier les titres sur ou sous-évalués. Le trader devra notamment disposer de fondamentaux économiques (informations macroéconomiques, comptabilité et environnement concurrentiel des entreprises,...), mais également d'indicateurs financiers et tendanciers (historique des prix, sentiments des investisseurs, indices boursiers,...) sur lesquels il fondera son analyse. Le trader dispose pour cela d'une interface directement reliée à des diffuseurs de données (telles que Reuters ou Bloomberg) qui se présente sous la forme de plusieurs écrans de cotation.

(2) le traitement de l'information financière : le trader va déterminer si les actifs financiers cibles sont, selon lui, sur ou sous-évalués et va tenter de détecter les opportunités d'arbitrages en fonction de son domaine de compétence. Avec la multiplication des lieux d'exécution dématérialisés, l'intervention humaine ne permet plus d'analyser instantanément toutes les données et de procéder à la meilleure exécution et toute forme d'analyse doit inévitablement inclure des éléments statistiques et mathématiques permettant l'évaluation des actifs. C'est pourquoi, la mise en place d'algorithmes<sup>2</sup> et de systèmes d'alerte permet aujourd'hui aux gestionnaires de traiter les données financières initiales en fonction de la stratégie souhaitée.

(3) l'exécution de l'ordre : une fois la stratégie d'allocation de son portefeuille déterminée, il s'agit de la concrétiser et de procéder à l'acquisition des titres sélectionnés. Les solutions de connexion et de routages sont aujourd'hui totalement dématérialisées. Afin d'obtenir l'action d'une société X, il est par exemple nécessaire de déterminer une connexion à une plateforme d'exécution (comme Nyse-Euronext) ou à un membre disposant de cette connexion directe.

(4) les retours d'information consécutifs à cette exécution : la quatrième étape de la chaîne de traitement des ordres s'effectue après l'exécution. En particulier, ce stade du processus exprime la nécessité de mettre en place un *feedback* pour assurer la fonction de *reporting*, ainsi que le traitement comptable et administratif de l'opération (retranscription de toutes les caractéristiques de la transaction réalisée comme le prix, le volume ou la contrepartie). Cette étape, négligée voire inexistante par le passé – mise à part le *reporting* des prix obtenus – est devenue aujourd'hui une véritable affaire de réglementation et de conformité.

### *Les situations extrêmes du trader*

Les situations extrêmes des traders dépendent étroitement des risques liés à leurs activités, ainsi que de leur comportement face aux incertitudes. Les krachs boursiers concrétisent le

<sup>2</sup> Le *trading* algorithmique se compose de deux activités : les opérations de bourse assistées par des algorithmes qui anticipent et favorisent les opportunités de bénéfices (en informant le *trader* par des graphiques, des alertes et des traitements automatiques), et le *trading* automatisé qui utilise des automates comme agents autonomes effectuant des transactions selon des algorithmes et des stratégies paramétrées.

concept de situation extrême en finance, mais la littérature peine à en circonscrire les caractéristiques quantitatives ne serait-ce que parce qu'elles sont relatives et contextuelles. Les krachs se distinguent des crises par leur brutalité. Ils sont décisifs pour la performance finale d'un marché et de ses opérateurs sur une période (Le Bris, 2010). Le risque associé à ces situations extrêmes est donc celui de perte en capital des positions prises par les investisseurs et les traders. Du point de vue du trader, les pertes systématiques ne sont pas la préoccupation première, car il va hiérarchiser les risques en fonction de leur horizon temporel, leur probabilité d'occurrence, mais surtout de l'implication de sa responsabilité. Le risque immédiat pour lui, et donc la qualification d'une situation extrême, reposera avant tout sur sa condition individuelle, autrement dit le risque de prises de positions peu heureuses qui, au terme de l'année civile, le conduiront à afficher une performance négative ou qualifiée de mauvaise comparativement aux autres. En fonction de la probabilité de perte associée à son portefeuille et aux performances des autres traders de même mandat et de même fonction au sein d'un *desk*, la situation extrême du trader pourra déboucher sur des conséquences objectives directes (bonus) et indirectes (évolution de carrière et de son mandat de gestion) sur sa rémunération, mais également subjectives sur sa réputation et son estime personnelle. L'évolutivité de la situation extrême va donc reposer sur plusieurs critères : les probabilités de variation des gains/pertes des positions prises, le niveau des pertes latentes observées au fil du temps (comparative-

ment au niveau des pertes de ses pairs) et le niveau des pertes lorsque les positions sont débouclées. La perception de cette évolutivité sera, quant à elle, tributaire de la psychologie même du trader (optimisme/pessimiste quant à l'évaluation future de son portefeuille). Ces éléments seront alors décisifs quant à la décision du débouclage des positions et donc de la transformation des pertes latentes en pertes réelles.

Bien qu'objectivement de moindre ampleur, le risque défini par le trader est donc essentiellement relié à sa construction mentale. Et c'est cette construction qui façonnera ses réactions face aux incertitudes radicales auxquelles il est confronté (évolution des agrégats macroéconomiques et changements d'opinions des autres investisseurs – Orléan, 1999). En ce sens, son appréhension s'éloigne fortement des hypothèses d'anticipations rationnelles retenues dans l'élaboration des modèles de théories financières (et donc des outils en découlant). Prenant le contrepied des enseignements des recherches en finance qualifiées d'orthodoxes, Kahneman et Tversky (1979) ont été les premiers à proposer une alternative aux axiomes de Von Neumann ou Morgenstern (1947), ouvrant la voie à l'analyse de la psychologie ou du sentiment des investisseurs. Ce nouveau champ d'investigation, qualifié de finance comportementale et qui se développe depuis une quinzaine d'années, a pour objet de déterminer les éléments psychologiques intervenants dans la fonction de choix de celui qui prend des positions sur le marché. Différents biais ont ainsi été identifiés par la litté-

rature. L'investisseur peut être, en effet, soumis à des excès de confiance dans ses compétences ou sa probabilité de gain, ce qui va le conduire à participer à l'éloignement à la hausse des cours vis-à-vis de leur valeur fondamentale (Daniel, *et al.*, 1998). L'exact inverse peut être observé lors des périodes de défiance induisant une réticence à investir. Il peut être influencé également par des biais de conservatisme, de représentativité ou encore des ancrages mentaux (Shleifer, 1999). Par ailleurs, les investisseurs auraient recours à des heuristiques, du fait de leur capacité calculatoire et à traiter l'information limitée, dès lors que ces dernières ont démontré des bons résultats par le passé (comme c'est le cas des techniques chartistes, par exemple). Les réactions ne sont donc pas homogènes face aux incertitudes et la perception de la probabilité d'occurrence d'un risque de perte est très dépendante de la fonction, du contexte et de la psychologie du trader. Cette dernière repose sur deux caractéristiques : le fait qu'il dispose de compétences financières (ce qui devrait avoir pour effet de diminuer les biais décrits précédemment) et le fait qu'il soit directement jugé par ses pairs et que ce jugement ait de la valeur (ce qui devrait au contraire augmenter les réactions excessives). Enfin, contrairement aux investisseurs standards, le trader ne joue pas pour son propre compte.

Ainsi, le risque financier estimé par le sujet n'est pas tributaire des gains ou pertes effectives, mais du désagrément ou de la satisfaction engendrés par ces derniers (Schmidt, 2010). Plus les pertes seront directement attribuées à l'individu, plus ce dernier les hiérarchi-

sera comme étant le risque le plus important à appréhender. Pour le trader, la situation la plus extrême sera donc une situation où le débouclage de positions très largement déficitaire par rapport à ses pairs s'avérera imminent et incontournable (par exemple, lorsque l'exposition au risque d'une position dépasse le seuil autorisé par son mandat).

### ***1.3.2. L'alpiniste en charge d'une expédition de haute montagne***

La pratique d'un chef d'expédition en haute montagne repose sur la combinaison de différentes étapes et processus nécessaires à l'atteinte de l'objectif posé initialement et partagé par tous les membres de l'équipe. A partir de la même grille d'analyse que celle utilisée dans le cas du trader, la réflexion qui suit propose de mieux comprendre la nature de ces situations extrêmes dans le monde de la haute montagne et les enjeux qui leurs sont associés.

#### *Les décisions du chef d'expédition*

Les activités des chefs d'expédition regroupent l'ensemble des tâches et des processus combinés pour atteindre un sommet ou découvrir un territoire inconnu dans le cadre d'une expédition commerciale ou entre alpinistes confirmés. L'atteinte de cet objectif final comme critère de performance est nécessairement associé à un critère de sécurité qui consiste à rapatrier l'intégralité des membres de l'expédition en vie et en bonne santé. Le chef d'expédition est donc le décideur en char-

ge de la progression de l'expédition, devant arbitrer entre sécurité et objectif, notamment à l'approche du sommet. Le chef d'expédition est également en charge de la préparation physique et matérielle du groupe, de la réception des informations météorologiques et souvent de la distribution des tâches et des rôles pendant la progression. Les décisions d'un chef d'expédition sont nombreuses et sont prises tout au long de l'expédition, mais également avant le départ et au retour de l'aventure. Si ces décisions pré-expédition vont conditionner le bon déroulement de l'aventure, les décisions en situation extrême *per se* se déroulent exclusivement pendant la durée de l'expédition et ne concernent donc que les stratégies de progression, d'attente ou d'abandon vers l'approche du sommet. Il s'agit de *décisions d'évolution* qui ne sont pas de nature séquentielle comme dans le cas du trader qui exécute un ordre en bourse, même si la littérature souligne, comme pour ce dernier, l'existence de biais cognitifs attribués à ces décisions (Kahneman, Tversky, 1979). Deux catégories de facteurs déterminant les décisions d'évolution peuvent être présentées ici.

(1) les décisions liées au contexte météorologique : bien souvent, les conditions météorologiques et la (dés)orientation géographique sont tout autant de facteurs à prendre en compte dans les décisions d'évolution prises par le chef d'expédition. Deux catégories de décisions liées au contexte météorologique peuvent être envisagées. La première et la moins ambiguë reflète le cas de décisions tranchées où les informations météoro-

logiques sont claires, stables dans le temps et ne nécessitent pas d'interprétation particulière de la part du chef d'expédition (situations de grand beau qui confortent la poursuite de la progression ou, au contraire, conditions météorologiques désastreuses – chutes de neige importantes, vent extrêmement fort à l'approche du sommet, anticyclones – qui contraindraient indiscutablement l'ascension et mettraient en péril la sécurité des alpinistes concernés). La deuxième catégorie regroupe les situations intermédiaires sur le *continuum* des scénarios météorologiques possibles et de leur interprétation. Ces cas intermédiaires incluent des informations décrivant un contexte météorologique potentiellement paradoxal (beau temps mais vent très fort, par exemple), changeant (bonnes conditions météorologiques le jour même avec de l'instabilité dans les jours suivants), voire des données météorologiques qui font l'objet d'une incertitude quant à leur fiabilité et jugées comme telles par l'expert-météorologue (cas de la contradiction entre deux modèles météorologiques, par exemple). C'est cette deuxième catégorie de décisions qui mobilise le plus, la connaissance, l'expertise et l'interprétation du chef d'expédition. Au sein de cette catégorie, les décisions prises dans une situation extrême ne peuvent pas se réduire à une évaluation objective du risque qui pourrait être quantifiée à l'aide d'outils, tels que des règles de probabilité. Les différentes explications de la tragédie de l'Everest (1996) illustrent cette catégorie de décisions. En l'occurrence, la critique de Ratcliffe (2011) à l'ouvrage de Krakauer (2011) fait apparaître l'existence de biais cognitifs associés à la décision de pour-

suite de l'ascension mutuellement prise par deux chefs d'expédition qualifiés d'experts de la haute montagne et de l'Himalayisme. Malgré des informations météorologiques inquiétantes, certes non partagées avec le reste des expéditions, les deux décideurs ont exposé leurs équipes à un risque indiscutablement objectif.

(2) les décisions liées aux conditions physiques des membres de l'équipe : les rapatriements éventuels en cas de problème médical posé par l'un des membres de l'expédition (hypoxie, mal des montagnes, œdèmes cérébraux ou pulmonaires, *etc.*) peuvent freiner la progression, voire la stopper. La présence d'un médecin sur place, voire l'abonnement à un service de télé-médecine (Gherardi, 2010), peuvent faciliter le diagnostic et donc la prise de décision de progression liée à cet état de santé. La résistance physique aux conditions de haute montagne n'étant pas systématiquement corrélée à l'expérience de chacun, il demeure difficile d'anticiper ces problèmes de santé. La gestion de la phase d'acclimatation par le chef d'expédition représente donc un élément clé pour faciliter ce type de décisions.

### *Les situations extrêmes de l'alpiniste*

Les situations extrêmes auxquelles sont confrontés les alpinistes-chefs d'expédition dépendent étroitement des risques liés à leurs activités, ainsi que de leur comportement face aux incertitudes posées par le contexte de la haute montagne. Les pratiques de l'alpinisme en haute montagne se développent particulièrement depuis les années 1980 et sont souvent appréhen-

dées comme extrêmes du fait de l'éventualité élevée d'un accident. Selon une approche socio-anthropologique récente de la haute montagne (Seigneur, 2011), ce type de pratiques peut être conditionné par cinq caractéristiques essentielles, qui retiendront ici notre attention : « la pente, la météorologie (...), la stérilité relative du terrain, l'instabilité du milieu, (...) et enfin une présence humaine faible ou nulle (...) ». *In fine*, la nature incertaine de la situation de l'alpiniste-chef d'expédition dans la progression de son expédition se traduit à deux niveaux : celui de la stérilité du terrain ainsi que celui des conditions météorologiques. Cette activité est également évolutive (ce qui est notamment renforcée par sa médiatisation) et risquée : le chef d'expédition est exposé à un risque (objectif et subjectif) vital direct qui concerne également le reste de son équipe.

En particulier, ces situations extrêmes sont considérées comme évolutives car celles-ci présentent des décalages par rapport à un mode de fonctionnement passé. Ces décalages se font ressentir de manière dynamique et rapide dans la mesure où ils sont inattendus. Par conséquent, le recours à l'expérience reste relativement limité d'une expédition à une autre dans la mesure où les situations extrêmes rencontrées sont souvent fortement contextualisées et largement méconnues aux yeux du chef d'expédition. L'expérience est donc une condition nécessaire mais parfois non suffisante pour faire face à cette évolutivité. C'est ainsi le comportement et l'attitude psychologique du chef d'expédition face au risque qui vont en conditionner la gestion.

Plus le milieu exploré est méconnu, plus la nature de l'incertitude liée à la montagne *per se* sera radicale. Le deuxième type d'incertitude est fortement corrélé au premier et a trait aux conditions météorologiques (évoquées *supra*.) qui déterminent significativement la progression d'une expédition. Les zones montagneuses font souvent l'objet de conditions météorologiques très instables qui sont difficilement prévisibles, malgré les progrès indiscutables des modèles météorologiques, et qui peuvent mettre en danger une expédition toute entière. *In fine*, dans ce contexte de double incertitude, le chef d'expédition doit faire face à deux formes de risque : un risque objectif relatif à la montagne et aux conditions météorologiques et un risque subjectif lié, d'une part, aux conditions physiques et mentales, et, d'autre part, à l'organisation et à la communication au sein de l'expédition. La gestion de ces deux risques se heurte à une tension évoquée plus tôt : la quête de la performance qui s'exprime à travers l'atteinte d'un sommet ou la découverte d'un territoire inconnu et l'occurrence d'un risque vital direct pour le décideur et les membres de son expédition. Les risques individuel et collectif sont donc quasiment indissociables dans la rationalité du chef d'expédition dont la forme la plus proche est certainement la rationalité par engagement (*'rationality by commitment'* selon Searle, 2001). Pendant l'expédition, les actions du chef d'expédition sont en effet dictées par une rationalité, non pas strictement individuelle – qui ferait passer la gestion du risque individuel avant celle du risque collectif – mais par engagement, qui, *de facto*, inscrit les actions du décideur dans une cer-

taine forme de devoir de ramener tous les membres de son expédition en vie. La tension émerge lorsque le risque subjectif est perçu comme très élevé et que, malgré tout, l'atteinte de la performance devient prédominante sur le risque vital.

### ***1.3.3. Le technicien de maintenance aéronautique***

La maintenance aéronautique (en anglais MRO – *Maintenance, Repair and Overhaul*) est l'activité qui consiste à réparer, entretenir, reconstruire, modifier et vérifier les équipements des aéronefs. Un avion de transport comporte des centaines de systèmes (pilote automatique, pressurisation,...), plusieurs centaines de milliers de pièces de références différentes et des milliards de lignes de code dans ses calculateurs. L'activité s'exerce souvent dans des conditions physiques inconfortables et dangereuses : bruit, espaces confinés, chaleur, vibrations, émanations gazeuses... Elle requiert des compétences sensorimotrices, des capacités à porter attention aux détails et à interpréter des schémas techniques ainsi que des capacités de communication. Une grande partie de l'activité consiste à préparer le travail et à rechercher, dans la documentation, des indices permettant au technicien de maintenance de gagner du temps dans les activités physiques.

#### *Les décisions du technicien de maintenance*

La MRO joue un rôle fondamental sur la sécurité du transport aérien et se scinde en trois types d'activités ma-

jeures : l'inspection, la réparation et le changement d'un équipement. Toutes les décisions des techniciens subissent trois contraintes majeures : la pression temporelle, l'interprétation de la documentation et l'incertitude des interactions entre systèmes. Ces décisions constituent des constantes de l'activité de maintenance mais qui interviennent à des degrés différents dans les trois types d'activités que nous allons décrire.

(1) les décisions d'inspection : une inspection peut être programmée et effectuée sur demande de l'équipage, suite à un événement particulier (atterrissage « dur », panne aléatoire,...). Elle consiste à vérifier que les équipements sont dans les tolérances techniques requises pour leur utilisation. Par exemple, un altimètre a un écart maximum toléré d'un mètre et si la précision de l'instrument dépasse cette tolérance, l'équipement devra être réparé. Dans les décisions d'inspection, les aspects liés aux obligations de délais et à l'interaction de la documentation sont présents, mais ils ne sont pas prépondérants. L'aspect le plus critique des inspections consiste à comprendre et à anticiper les interactions possibles entre les systèmes de l'avion. Ces interactions sont en partie indéterminées à la fois en raison de la combinatoire des événements possibles, mais également parce que les effets des actions entreprises ne sont pas immédiatement visibles. Il peut se passer plusieurs mois avant qu'une action sur un équipement produise des effets perceptibles, ce qui interdit la plupart du temps au technicien d'avoir une stratégie d'ajustements successifs. Au-delà des contraintes réglementaires, qui ne sont pas négo-

ciables, le technicien doit faire un effort de représentation pour comprendre et anticiper les interactions entre les systèmes, car elles ne sont pas toutes répertoriées. Le technicien doit choisir, parmi les indices susceptibles d'avoir des conséquences sur la sécurité, ceux qui donneront lieu à des actions particulières.

Dans un domaine hyper-sécurisé comme le transport aéronautique, l'accident est souvent dû à une recombinaison d'événements mineurs qui n'ont pas de signification pris individuellement. La matrice de décision (documentation, état de l'art,...) ne peut donc pas identifier cet événement. Par exemple, à l'occasion d'une visite d'inspection, un technicien peut détecter un câble de gouverne détendu, mais restant dans les tolérances admises. Puis quelques heures plus tard, la température sur le terrain fait que le câble se détend, sort des tolérances et crée un quasi-accident. Pour autant, la décision de ne pas retendre systématiquement le câble était *a priori* une solution adaptée. S'il l'avait fait, il aurait alors peut-être créé un autre risque, celui d'une rupture en vol, due à une rétractation consécutive au refroidissement de la température en altitude.

Dans les décisions d'inspection, la tension entre la performance et la sécurité s'opère par des compromis entre des risques différents. Il ne s'agit pas de faire des choix entre des solutions risquées et non risquées, mais plutôt d'échanger des risques différents entre eux. Les inspections sont donc en définitive la phase qui aboutira au choix d'une intervention de réparation.

(2) les décisions de réparation : une réparation consiste à entreprendre une modification afin de remettre l'avion dans ses normes de fonctionnement. Une fuite hydraulique, une tension électrique anormale ou une usure prématurée donnent lieu à des réparations. Dans ce dernier cas, il faut accéder à l'équipement, le démonter, le nettoyer puis le remonter et le tester sur l'avion. Dans le cas des réparations, c'est la pression temporelle qui est le paramètre déterminant sur les décisions des techniciens. En effet, dans la mesure où toute immobilisation d'un avion se traduit par une perte d'exploitation, une attention extrême doit être consacrée à ce paramètre. Cette contrainte temporelle oblige les techniciens à faire des arbitrages permanents entre les conséquences sur les délais d'immobilisation d'une réparation et les résultats attendus de cette réparation. Il s'agit au final d'arbitrer entre un manque à gagner lié à l'immobilisation et un risque de dysfonctionnement majeur menaçant la sécurité. En outre, les conséquences des actions peuvent apparaître très longtemps après leur mise en œuvre, ce qui introduit un doute permanent quant à la pertinence de la stratégie de réparation entreprise. Une action pertinente à court terme pourrait avoir des conséquences inattendues à plus long terme. De plus, les conséquences des décisions de réparation ne sont pas immédiatement visibles, ce qui interdit un ajustement immédiat des actions. Il peut arriver également qu'une réparation légère dégrade d'autres équipements, ce qui la transforme alors en une intervention longue et complexe. L'activité de maintenance est donc incertaine et cette incertitude se gère pa-

radoxalement en acceptant un certain seuil de risque : en effet, les opérateurs sont en permanence en train de choisir la règle à appliquer et la façon de l'interpréter, dans un contexte de « rationalité limitée » au sens de Simon (1983).

(3) les décisions de changement d'équipement : les changements consistent à intervenir sur un avion pour démonter et remonter un équipement. Dans ces types de décision, ce sont les difficultés d'interprétation des documents techniques qui constituent la difficulté majeure. En effet, la documentation de maintenance d'un avion comporte des dizaines de milliers de pages pour les parties techniques et réglementaires, avec des actualisations fréquentes. Malgré cette abondance, les techniciens se plaignent souvent d'un manque d'informations et interrogent régulièrement les équipages pour affiner leur diagnostic et préparer leurs interventions. En effet, de par la très grande diversité des technologies intégrées dans un avion, c'est souvent au niveau des interfaces entre ces technologies que se posent les incomplétudes de la documentation. Par exemple, au sein d'un réacteur cohabitent des technologies liées à l'électronique, la mécanique et l'informatique. Pour ces domaines respectifs, la documentation liée aux gammes de démontage et remontage a été rédigée par des services différents. Les nombreuses mises à jour introduisent des styles de rédaction différents, des niveaux de détail quelquefois inutiles pour l'action en cours et des données erronées, ambiguës, ou même non pertinentes. Les acronymes, très nombreux, sont souvent sources de confusion car ils peuvent être diffé-

rents d'un avion à un autre ou bien d'un type d'équipement à un autre. Bien que la documentation soit indispensable, elle n'est pas parfaite et demande toujours à être interprétée. Mais surtout, la documentation ne comporte rien sur les conditions opérationnelles dans lesquelles les avions sont utilisés. En définitive, non seulement les décisions liées à la sécurité ne se résument pas à un suivi des procédures puisque le technicien choisit ses indices, mais en outre, la sécurité n'est qu'une contrainte parmi d'autres, liées aux coûts et aux conditions de travail qu'elle génère (Hollnagel et al, 2006 ; Hollnagel, 2012).

### *Le caractère extrême de la MRO*

Il y a dans la MRO deux types de risques : le premier est lié à un accident de travail ; le second à une catastrophe aérienne qui nous intéressera particulièrement ici. La situation est extrême en raison du risque de catastrophe aérienne qu'impliquerait une défaillance de la maintenance, mais également parce que le risque d'accident sur le lieu de l'activité est très important (gaz toxiques, pièces en mouvement, haut voltages, faibles conditions d'éclairage...). Les conséquences des actions ont inévitablement des répercussions sur la sécurité des vols, mais également sur la sécurité du poste de travail en raison de la fatigue. Bien qu'elle soit dans le transport public à un niveau tout à fait satisfaisant, la sécurité n'est pas, au sens strict, une priorité absolue, mais une contrainte parmi d'autres. Par exemple il existe, pour chaque avion, une liste minimum d'équipements avec lesquels

il peut voler. Un avion peut donc, réglementairement, avoir des systèmes en panne et effectuer malgré tout des vols dans une enveloppe de sécurité acceptable. Si l'on devait interdire les vols à chaque panne d'un système, le transport public ne serait pas économiquement viable. Par certains aspects, l'activité ressemble à celle des médecins : il s'agit de détecter des dysfonctionnements à partir d'indices diffus et ambigus. De la même façon qu'un chirurgien n'opérerait pas un patient pour vérifier le bon fonctionnement d'un organe, un technicien ne pourrait ouvrir et réparer tous les équipements à tester sans dégrader le niveau de sécurité. Une décision d'intervention peut donc se révéler aussi dangereuse qu'une décision de non intervention, non seulement en raison des erreurs lors des phases de démontages et remontages, mais également parce que les interventions sur des systèmes aussi complexes et inter-reliés constituent en elles-mêmes une source de risque non négligeable et sont toujours entreprises avec précaution.

L'analyse des processus décisionnels de ces trois métiers démontre des éléments de divergences. Alors que les décisions sont séquentielles chez le trader, elles sont simultanées chez l'alpiniste, et ponctuelles et conditionnelles chez le technicien. Les risques sont également différents : financier chez le trader, il est vital chez les deux autres, avec une appréhension cependant bien plus directe chez l'alpiniste. Pour autant, tous trois sont soumis à des biais de comportements similaires et donc une potentielle sensibilité à l'intégration technologique convergente. Les trois situations et métiers pré-

sentés ont substantiellement évolué en raison des technologies de l'information apparues ces dernières années. Ce sont les évolutions respectives des trois domaines que nous allons maintenant détailler.

## **II. ÉVOLUTIONS HISTORIQUES DU RÔLE DES SI DANS TROIS SITUATIONS EXTRÊMES**

Si le risque est omniprésent au sein de nos trois situations, la contrainte de performance (prouesses financières, humaines ou techniques) l'est tout autant. L'intégration historique des SI a donc reposé sur la combinaison délicate entre sécurité et performance. Cette deuxième section propose une reconstruction historique qui consiste à tracer l'évolution dans le temps des différents SI utilisés dans ces trois situations extrêmes, afin de mieux appréhender leur rôle dans le couple sécurité/ performance.

### **II.1. Les technologies de diffusion et de traitement des ordres en bourse**

Dans le secteur financier, trois périodes historiques de développement des SI se dessinent.

#### ***XVII<sup>e</sup> siècle-1960 : De l'apparition des premières bourses au XX<sup>e</sup> siècle***

Les premières formes d'organisation d'échanges d'actifs financiers ont vu le

jour au 17<sup>e</sup> siècle au sein des Provinces Unies (Pays-Bas actuels). L'agencement d'origine, dont le schéma a ensuite été dupliqué en Europe et outre-Atlantique, s'est voulu conduit par la nécessité de centralisation physique des échanges. Les achats et ventes sur titres devenant rapidement une activité quotidienne et continue, il fut nécessaire d'établir un lieu dédié de cotation et de négociation – les Bourses de Valeurs – appelé parquet, où se retrouvaient des agents de change dont le statut s'est rapidement institutionnalisé. Les traders historiques étaient alors caractérisés par leur appartenance à une caste d'exception, et dont le roulement très réglementé sur la base d'un *numerus clausus* strict s'effectuait par cooptation ou héritage familial (Godechot, *et al.*, 2000). La véritable rupture avec cette organisation historique est intervenue à partir des années 60, induisant sur un demi-siècle une transformation radicale de l'activité du trader.

#### ***1960-1980 : L'après-guerre et l'émergence des premiers systèmes d'information***

Les années 60 et 70 ont été marquées par les premières pénétrations de technologies hybrides (information et communication) au sein des activités boursières. Les liens entre bourses et technologies étaient assez distendus jusqu'alors et concernaient quasi-exclusivement la phase d'affichage du prix des titres. Diffusées auprès du public par coursier ou pigeon voyageur sur papier griffonné à la main, puis grâce au *ticket*<sup>3</sup> pendant près de deux

<sup>3</sup> Appareil pour la transmission télégraphique des cours durant les séances de *bourse*.

siècles, les cotations ont bénéficié de la mise en place du Telex à partir de 1930. Mais dès la seconde partie du 20<sup>e</sup> siècle, ce dernier et la récente machine à calculer laissent place aux premiers ordinateurs et aux premiers algorithmes de calcul des transactions et de suivi des cours. Les différentes places se sont progressivement dotées de systèmes de routages des ordres électroniques (DOT sur le NYSE, CATS sur Toronto, CAC<sup>4</sup> sur Paris,...) rendant possibles la dématérialisation et la décentralisation des échanges. Les premières bourses électroniques sont créées (NASDAQ en 1971) et celles traditionnelles migrent en quelques années vers des infrastructures dématérialisées. De manière concomitante, le milieu académique connaît l'expansion d'un nouveau domaine d'investigation : celui de la théorie financière, et plus particulièrement de la formation du prix des actifs financiers. Ces chantiers de recherche connaissent un fort retentissement au niveau des activités de *trading*, érigeant l'outil mathématique comme principal pilier des stratégies d'allocation. A titre d'illustration, Black et Scholes (1973) proposent pour la première fois une formule de tarification des options financières, produit alors récent, en pleine expansion, et dont la complexité nécessitait le développement de nouveaux outils d'évaluation. Les résultats de ces tra-

vaux ont rapidement été intégrés au sein des pratiques professionnelles, permettant alors l'élaboration de techniques prévisionnelles fondées sur des méthodes de calculs stochastiques standardisées et automatisées.

### ***1980-2010 : L'architecture contemporaine***

Enfin, dans les années 80 et 90, la vague de libéralisation des systèmes financiers a fait office de catalyseur pour l'innovation technologique et financière, ainsi que l'évolution des pratiques professionnelles. Structuré autour de la règle des 3D (déréglementation, désintermédiation et décloisonnement), ce paradigme réglementaire, caractérisé notamment par la suppression des barrières à l'entrée des marchés et par l'intégration globale des places financières<sup>5</sup>, a contribué à l'émergence d'une finance directe globale, imbriquée, et dont les volumes d'activité n'ont cessé de croître sur les deux dernières décennies, jusqu'à dépasser de plusieurs multiples les mouvements réels et commerciaux. En outre, l'intégration des TIC au sein des marchés a contribué à considérablement augmenter les vitesses de traitement des ordres en bourse. Cette dernière est devenue un véritable vecteur de performance, initiant l'émergence de stratégies d'allocation de portefeuille essentielle-

<sup>4</sup> DOT : Designated Order Turnaround, CATS : Computer Assisted Trading System, CAC: Cotation assistée en continue.

<sup>5</sup> La suppression des barrières s'est particulièrement concrétisée par la fin du monopole des agents de changes -1986 à Londres avec le Big Bang de la City, 1988 à Paris-, la démutualisation des bourses de valeurs au profit de l'émergence de véritables entreprises de marché et plus récemment, la fin du principe de centralisation des ordres en Europe avec la directive Marchés d'Instruments Financiers en 2007. (cf. Oriol, 2011, 2012, et Lemette, 2009 pour un historique plus approfondi de ces phénomènes).

ment fondées sur cette dimension, comme le *trading* qualifié de haute fréquence<sup>6</sup>.

La dématérialisation des activités financières associée à la déréglementation ont rendu l'univers boursier accessible y compris aux non initiés (en termes de compétences ou en termes d'informations détenues). L'évolution des cours de bourse est donc aujourd'hui fondée sur une multiplicité de paramètres, non plus seulement reliés aux fondamentaux de l'économie réelle, mais présentant également de nombreuses inter-corrélations (De Bondt, 2008). A l'origine perçue comme une nécessité afin de pouvoir traiter un volume de données financières de plus en plus importantes, la technologie est devenue progressivement un enjeu stratégique majeur façonnant le paysage et les pratiques boursières. Les parquets, alors lieux d'interactions sociales intenses, ont laissé la place à des salles de marché décentralisées, conçues en architecture ouverte (*open space*) mais technologiquement compartimentées (chaque trader étant doté d'un bureau à écrans multiples et ne s'adonnant à une activité de socialisation que pour comparer principalement ses performances).

En se penchant plus précisément sur les technologies décrites, les adoptions se sont effectuées au sein des quatre phases de passage d'un ordre en bourse, créant ainsi une chaîne de traitement imbriquée et continue. En pre-

mier lieu, les informations, diffusées en gros volume, sont aujourd'hui délivrées de manière formatée et standardisée pour satisfaire un objectif défini (produire des informations financières pertinentes) et permettent ainsi une sortie « directe » sur écran (Vidal et Petit, 2009). Cette phase peut être influencée, d'une part, par les paramètres fixés par le trader et, d'autre part, par les outils de calculs choisis et qui vont orienter la sélection et la présentation des données. Les algorithmes, en deuxième phase, permettent alors d'effectuer différents paramétrages pour que l'outil exécute automatiquement les ordres et/ou déclenche un système d'alerte. Concernant l'exécution en troisième étape, des outils de management des ordres permettent le regroupement d'ordres similaires en série de lots assimilables par le marché, afin de limiter les flux et les messages ainsi que les coûts de traitement ou commissions prises par les prestataires externes. Aux côtés de ces modules, d'autres instruments comme l'OMP (*Order Management Process*) permettent de simuler l'impact d'un ordre potentiel sur un portefeuille. Ces différentes applications sont intégrées au sein d'un OMS (*Order Management System*), SI spécifiquement dédié à l'allocation optimale des ordres par le trader. La plateforme la plus performante est sélectionnée grâce aux technologies SOR – *Smart Routing System*<sup>7</sup>, lien entre l'OMS (les yeux) et l'EMS (*Execution Manage-*

<sup>6</sup> Les stratégies de *trading* haute fréquence sont des prises de position sur les marchés réalisées par des automates préalablement paramétrés par le trader et dont l'objectif est de damer la priorité aux autres opérateurs sur la base de quelques millièmes de secondes.

<sup>7</sup> La fonction principale du SOR est de balayer le marché et de router des ordres vers la plateforme la plus efficace.

*ment System* – les mains) qui permet de trouver en fonction des paramètres de prix et de priorités fixés, le meilleur lieu d'exécution et la meilleure liquidité à un instant donné. Enfin, la phase de *feedback* est constituée d'un avis d'opéré de la transaction qui renseigne le *trader* de l'exécution. Ces données sont analysées et comparées avec l'état du marché afin d'estimer les conditions d'exécution. Cette étape du processus SI s'apparente aux SI de contrôle de gestion utilisés dans des secteurs plus traditionnels (Rowe, Marciniak, 1997). Le *trader* n'est plus directement acteur de cette partie, mais reçoit les informations sur sa position et peut donc la suivre en temps réel.

L'informatisation a ainsi concerné chaque phase de traitement des ordres, partant de la cotation devenue accessible de manière décentralisée et dématérialisée à la gestion et la concrétisation des transactions elles-mêmes ; les *traders* étant l'élément pivot, réceptacles de l'information en amont, et des *feedbacks* de leurs opérations en aval, influençant la formation du prix des actifs dans un effet de boucle rétroactive infinie. Au cœur de leurs actions, les technologies d'aide à la décision utilisées jouent un rôle déterminant dans les choix effectués par les opérateurs, et l'appréhension subjective de leur environnement.

### ***L'évolution des situations extrêmes face au développement historique des technologies***

L'analyse de la mécanique des krachs boursiers met en lumière l'évolution des origines et caractéristiques des situations extrêmes au fil des trans-

formations et intégrations technologiques. Jusqu'à la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, la technologie était faiblement intégrée au sein des activités boursières. Les différents épisodes historiques de krachs (Tulipomanie, bulle des Mers du Sud, krach de 1847 ou krach de 1929 pour les plus connus) étaient issus exclusivement de défaut d'évaluation des acteurs sur une période d'ajustement assez longue. Les conséquences systémiques, du fait de la faible globalisation, étaient circonscrites à la zone ou au secteur concerné.

La période d'après-guerre est celle de la globalisation et de l'explosion de la finance directe. Les krachs reposent sur des mécanismes de propagation beaucoup plus importants, mais fondent toujours leurs origines sur des éléments géopolitiques ou d'évaluation. Le profil des krachs commence à se modifier à partir des années 80, lorsque la technologie s'implante plus massivement. Le krach d'octobre 1987 (marchés américains d'actions) et celui de 1994 (marchés américains obligataires), bien que portant sur une mécanique et un produit différents, ont tous deux fait émerger de nouveaux responsables aux côtés des problématiques historiques des bulles et de l'évaluation erronée : les programmes de *trading* automatique. Ces derniers n'auraient certes pas provoqué, mais contribué à largement amplifier le phénomène de rupture en réagissant automatiquement à une situation inédite pour leur paramétrage (Jorion, 2010).

La dernière décennie a érigé le rôle de la technologie au cœur de l'apparition de situations extrêmes, pour en faire la principale responsable des

phénomènes que l'on qualifie de « flash krachs ». Avec l'avènement du *trading* haute fréquence, des stratégies de latence et du haut-débit, de nouvelles situations extrêmes sont apparues, certes de courtes durées, mais à la fréquence bien plus élevée. Le plus connu à ce jour est le flash krach du 6 mai 2010 aux Etats-Unis qui s'est concrétisé par une baisse de près de 10% du marché d'actions new-yorkais en l'espace de 10 minutes. Le rapport de la SEC<sup>8</sup> indique que la source du problème viendrait d'un logiciel de *trading* algorithmique au paramétrage non adapté aux tensions observées ce jour là sur le marché et qui aurait initié des ordres de vente sur contrats indiciaires d'un volume anormalement élevé. Cette activité anormale aurait elle-même déclenché une réaction en chaîne de l'ensemble des programmes de la place dans la seconde qui a suivi, avec un effet boule de neige difficilement maîtrisable.

## **II.2. Les systèmes d'information utilisés au cours d'une expédition de haute montagne**

De la même manière que l'évolution des activités de trading, l'histoire des expéditions de haute montagne peut être découpée en trois phases distinctes (Hawley, Salisbury, 2007) et porte sur trois artefacts technolo-

giques : la radio, les téléphones portables satellites et le GPS. Sur la base de ce découpage historique, la réflexion qui suit propose de reconstruire l'évolution technologique des SI et de leurs usages dans ce contexte de situation extrême évolutive (évaluation des risques objectifs vitaux et perception des risques subjectifs).

### ***1900-1970 : Premières explorations historiques***

Au début du vingtième siècle, l'alpinisme était bien souvent une pratique réservée aux scientifiques pour faire avancer leurs études en astronomie, géologie, botanique ou météorologie. La création des premiers clubs alpins entre 1857 et 1877 marque un tournant considérable dans la popularisation de ces expéditions grâce à la construction de refuges, à l'essor de la littérature de voyage extrême et aux progrès scientifiques largement encouragés par ces nouvelles explorations (Raspaud, 2003). Cette période est très documentée notamment à travers la célèbre expédition conduite en Himalaya par les deux alpinistes britanniques Andrew Irvine et George Mallory en 1924, et les divers travaux scientifiques de l'époque qui témoignent de l'absence de technologies (Somervell, 1926)<sup>9</sup>. Il faudra attendre 1953 et la première as-

<sup>8</sup> Securities and Exchange Commission.

<sup>9</sup> A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle voire au début du XX<sup>e</sup>, les premiers moyens de télécommunication n'étaient pas suffisamment développés pour être utilisés en altitude : le photophone (Bell, 1880) (ancêtre du téléphone créé par l'ingénieur américain Alexander Bell) étant inadapté au milieu de la haute montagne en raison de la courte distance (213 mètres) de communication sans fil et l'usage du radioconducteur, premier dispositif de détection des ondes hertziennes (inventé par le physicien français Edouard Branly en 1890) restant également très limité (au début du XX<sup>e</sup> siècle, l'usage rudimentaire de la radiotélégraphie n'est utilisée que par les services maritimes – comme a pu en témoigner le naufrage du Titanic en 1912).

ension de l'Everest par Hilary et Norgay pour voir apparaître l'utilisation de communications par radio, considérée encore comme un outil lourd et difficilement malléable sur le terrain. Pour les mêmes raisons, l'utilisation de talkies-walkies entre chaque camp d'altitude était quasi-inexistante, d'autant plus que les piles sèches devaient être conservées à la chaleur sous un vêtement, ce qui rendait peu pratique leur utilisation (Regenold, 2012).

La rareté (voire l'absence) de SI dans cette période de l'alpinisme indique que la prise de risque vital se résumait à la responsabilité du chef d'expédition et à son expérience de la haute montagne. Ces premières ascensions et avancées technologiques constituent les prémices du tourisme de haute montagne en annonçant l'engouement pour l'atteinte de nouveaux sommets. La légèreté et la solidité deviennent alors les deux enjeux essentiels des SI.

### ***1970-1990 : Premières innovations technologiques***

Au début des années 1970, tous les sommets de plus de 8000 mètres ayant été conquis, les pratiques de l'alpinisme se transforment ; la phase des premières expéditions historiques laisse sa place à une phase moins exploratoire avec la réalisation de sommets moins élevés, mais techniquement plus difficiles. Les méga-expéditions commencent à se normaliser et un nouveau style de progression se développe sur la base de matériels légers permettant des déplacements plus faciles. La combinaison de ces deux phénomènes atteste du besoin de

nouveaux SI adaptés à la haute altitude en respectant les critères de légèreté. En ce sens, les premières radios à transistor dans les années 1960 ont largement facilité la mobilité et la légèreté des postes émetteurs-récepteurs en montagne, qui deviendront de plus en plus légers avec le temps. Par ailleurs, on assiste au début des prévisions météorologiques, dès 1970, qui constituent un des enjeux essentiels pour diminuer le risque vital (mise en orbite du premier satellite météorologique en 1960 par la NASA). Pour autant, si les modèles et les prévisions météorologiques se développent, le support SI qui leur permet d'être transmis aux alpinistes n'existe pas encore ou reste très limité.

Le début des années 1980 marque le démarrage des expéditions commerciales. La popularisation croissante des pratiques de la haute montagne commence à poser des problèmes de sécurité et la technologie sécuritaire prend le pas sur l'autonomie sportive qui était la règle jusqu'alors (Bourdeau, 2003). Il reste toutefois intéressant de constater que dans les Alpes, les informations météorologiques ne pouvaient pas être directement transmises du météorologue à l'alpiniste pendant son ascension mais qu'elles nécessitaient le relais radio d'un tiers (Giezendanner, Guais, 2007).

### ***1990-2010 : Commercialisation massive des expéditions et tendance à une utilisation systématique des systèmes d'information***

Il faudra donc attendre les années 1990 et l'émergence de l'Internet pour

voir apparaître une série de nouveaux outils dont les alpinistes peuvent se servir pour faire face à l'incertitude. Ces années sont marquées par la diffusion d'une série de satellites afin que le GPS (*Global Positioning System*) devienne opérationnel de manière continue sur l'ensemble de la planète. C'est en 2000 que Bill Clinton, alors président des États-Unis, donne l'autorisation d'une diffusion non restreinte des signaux GPS, ce qui rend l'outil accessible au grand public quelques années plus tard. On observe toutefois que l'utilisation systématique du GPS en haute montagne reste relativement récente. Dans la tragédie de l'Everest de 1996, par exemple, seuls les membres de l'expédition Imax disposaient de récepteurs GPS (Graham, 2011). Dans le même temps, la performance accrue des ordinateurs a permis de développer les modèles de prévisions météorologiques et l'émergence des téléphones satellites a révolutionné la transmission des informations météorologiques. En 1976, l'armée américaine met en place le premier réseau (Marisat) entraînant en 1982 la création par des civils de leur propre réseau de téléphone satellite (Réseau Immarsat). En 1998, le réseau Iridium (basé sur des satellites défilants) accroît la couverture de réception géographique en permettant la liaison même au fond d'une vallée étroite. On note, à ce propos, que le recours aux téléphones satellites existait déjà pour quelques rares expéditions dans la tragédie de l'Everest en 1996 (Graham, 2011). Les stations météorologiques font parvenir des informations au camp de base qui sont ensuite envoyées par radio ou SMS sur les téléphones satellites des chefs d'expédition en altitude.

### ***L'évolution des situations extrêmes face au développement historique des technologies***

Ainsi, en se penchant plus précisément sur les technologies décrites, l'émergence et le développement de ces SI se sont effectués au niveau des trois types de décisions : de progression, liées aux conditions météorologiques et relatives à la condition physique de l'équipe.

C'est donc grâce à la conjonction de l'internet et de la téléphonie que les suivis météorologiques personnalisés et les assistances médicales se sont développés. De manière générale, ces technologies (GPS, téléphones satellites, topoguides électroniques) améliorent la rapidité et la probabilité d'atteindre le sommet. Le moment critique d'une expédition étant les quelques jours précédant l'atteinte du sommet (*summit push*), c'est la recherche d'une « fenêtre météo » adéquate qui incite les chefs d'expédition à s'adjoindre les services d'un prévisionniste. Il reste important de souligner que ces nouvelles technologies qui ont un impact *a priori* positif sur la performance, prétendent donc aussi augmenter la sécurité d'une expédition dans son ensemble. En revanche, comme nous l'a démontré la tragédie de l'Everest de 1996, les problèmes émergent bien souvent, non pas du fait des informations transmises par le SI, mais de l'interprétation qu'en fera l'acteur et ses conséquences en terme de progression. À l'heure actuelle, bien qu'ils soient davantage utilisés dans une optique de performance, une sensibilisation croissante se systématise pour les

mettre au service de la sécurité – notamment de la télémédecine (Gherardi, 2010). À l'heure actuelle, le problème majeur se pose en termes de poids des SI de sécurité puisque la performance d'une expédition se mesure, en partie, par la légèreté du matériel.

### **II.3. Les technologies de maintenance dans le secteur de l'aéronautique**

L'activité de maintenance a connu trois grandes périodes historiques que nous nous attacherons à décrire ici, comme nous l'avons fait dans les deux situations extrêmes précédentes. La première se situe entre la naissance de l'aviation et le début des années 1980, la seconde recouvre la période 1980-2000 et la dernière couvre les années 2000 à nos jours.

#### ***1910-1980 : Premiers diagnostics et inspections physiques***

Pendant cette première période, la base de l'activité de maintenance consistait à détecter des pannes et/ou à établir des actions pour les éviter : diagnostics, changement de pièces, inspections périodiques. Les liaisons transocéaniques et la mise au point des moteurs à réaction ont rendu indispensables les techniques de maintenances préventives. Les systèmes d'information sont alors embryonnaires et se résument à des outils d'analyse statistique des probabilités de défaillances techniques. Tous les diagnostics se faisaient par le biais d'inspections physiques visuelles et

l'application de connaissances souvent tacites sur les conditions d'exploitation des appareils. Le cœur de métier des opérateurs consistait alors à se représenter les interactions au sein des systèmes pour détecter, anticiper ou réparer des pannes.

#### ***1980-2000 : Généralisation de l'électronique et développement des premiers systèmes d'information***

Le début de la seconde période marque la généralisation de l'électronique à bord des avions. De nombreuses innovations (navigation par satellite, commandes de vol électrique, cartographies numériques,...) rendent indispensables les technologies qui se connectent directement aux systèmes embarqués sur l'avion et destinées aux diagnostics de pannes. Les détections des pannes par tests de composants se développent par l'intermédiaire de valises électroniques, ce qui marque une rupture avec les inspections physiques de la première période. Bien que le développement de ces technologies de détection des pannes ait modifié l'activité quotidienne des techniciens en mobilisant des connaissances nouvelles liées à leur exploitation, celles-ci n'ont eu un impact que sur les modalités concrètes d'exercice de la maintenance. À ce stade, le cœur de métier des opérateurs consistait encore à se représenter les interactions au sein des systèmes pour détecter et réparer des pannes, même si les nouvelles techniques tendaient à simplifier ces représentations (Pastorelli, 2000). Il en ira tout autrement dans la troisième période comme nous allons le voir.

## ***2000-2010 : Transformation de l'activité aéronautique et généralisation des systèmes d'information***

La véritable transformation du domaine a eu lieu avec le démarrage d'une troisième phase au début de la décennie 2000. Le développement de compagnies *low cost* a confronté les compagnies traditionnelles à des exigences en termes de disponibilité et de coûts d'exploitation des avions bien plus sévères. Toutes les compagnies ont exigé une centralisation des lieux d'exercice de la MRO et surtout une mutualisation des informations techniques (AVM, 2011, 2012). Les compagnies ont exigé des accords de standardisation entre les constructeurs et les mainteneurs portant sur les informations (date de péremption, potentiels,...) afin de faire des gains de productivités sur les différents appareils de leur flotte.

Cette exigence des compagnies sur la standardisation des informations a coïncidé avec l'arrivée sur le marché d'avions plus complexes et intégrant beaucoup plus de technologies de l'information. En 1980, les avions neufs intégraient moins de 20% de technologies de l'information, alors qu'à partir des années 2000, cette même proportion dépasse les 80% (AVM, 2012). En d'autres termes, sur les avions de transport actuels 80% des équipements nécessitent des technologies de l'information pour fonctionner. C'est cette double contrainte qui a conduit les entreprises de maintenance à se doter de logiciels de GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur) ce qui a profondément modifié les

conditions d'exercice de l'activité de maintenance pour deux raisons : la première raison est liée à la standardisation des informations techniques qu'elle exige. La seconde est due à une modification des modalités de décisions qu'elle induit.

## ***L'évolution des situations extrêmes face au développement des technologies***

L'uniformisation des informations techniques et économiques a eu comme conséquence une standardisation sensible des *process* techniques entre divers ateliers de maintenance. Elle a permis un partage des informations entre des ateliers physiquement très éloignés et s'exerce par le biais de technologies diverses (puces GPS pour localiser les équipements, jauges de contraintes électroniques,...). En connectant un équipement de l'avion à l'outil de GMAO, ces technologies fournissent des paramètres techniques avec fiabilité et précision permettant de savoir s'il nécessite ou non une intervention. Ces technologies de l'information permettent, en outre, d'avoir des informations plus larges comme la disponibilité des pièces du système, leur localisation, les temps d'immobilisation,... Grâce à la GMAO, les compagnies ont ainsi pu séparer les lots de réparations et les attribuer à divers MRO au mieux de leurs propres intérêts (coûts, disponibilités,...) en ayant l'assurance qu'il n'y aurait pas de problèmes majeurs une fois l'ensemble des équipements remontés sur l'avion. Cela a eu pour conséquence une évolution du facteur clé de succès de la MRO. Ce qui est devenu essentiel n'est

pas tant la capacité à assurer une réparation que la capacité à tenir à jour et gérer une base de connaissances qui garantisse l'interopérabilité avec les autres MRO. Les bases de connaissance des mainteneurs sont devenues indispensables pour répondre aux exigences des compagnies aériennes et constituent un levier de différenciation puissant notamment lorsqu'ils sont associés à des outils de PLM (*Product Life-cycle Management*) (Pastorelli, Veira, 2011). Les mainteneurs peuvent ainsi proposer aux compagnies aériennes des packages liés à la *supply chain*, une planification plus fine des maintenances programmées des avions et des informations utiles (fréquences des pannes, coûts anticipés des réparations,...).

L'introduction de la GMAO induit, pour les opérateurs, une évolution profonde sur la nature de leur métier en raison des modifications sur les modalités de décisions. En ce qui concerne les aspects liés à la pression temporelle et aux difficultés d'interprétation de la documentation, il n'y a pas d'aspects de modification notables. La pression temporelle n'est pas liée aux technologies numériques et les données numérisées (gamme de démontages, schémas,...) sont encore issues de la documentation papier et n'ont pas été spécifiquement prévues pour un support numérique. Par contre, il en va autrement de la troisième caractéristique des décisions, qui consiste à se représenter les interactions entre les systèmes et leurs conséquences sur la sécurité. La présence massive de l'électronique pour le fonctionnement des systèmes de l'avion permet de faire du diagnostic avec des « valises tech-

niques » c'est-à-dire des ordinateurs contenant un programme spécialisé qui se connecte aux systèmes de l'avion.

Auparavant, les techniciens mobilisaient leur cinq sens pour diagnostiquer et réparer et avaient avant tout un contact physique avec l'avion et ses systèmes. Les interactions entre les systèmes étaient davantage « ressenties » et intuitives que véritablement analysées. Les techniciens pénétraient dans les avions, voyaient et touchaient les équipements, pouvaient, par l'odorat, détecter une fuite ou un comportement anormal, détecter une chaleur anormale, ou une vibration suspecte. L'arrivée des valises techniques qui alimentent la GMAO change considérablement ces pratiques. Désormais, les inspections physiques sont réduites au minimum et le contact avec l'avion se fait essentiellement par l'intermédiaire de valeurs numériques reportées sur un écran. Avec l'intermédiation des valises, les techniciens doivent fournir un effort d'abstraction plus important pour se représenter les interactions entre les systèmes et les conséquences sur la sécurité. Ils n'ont plus cette proximité physique, ce sentiment de responsabilisation qui fait de l'avion « être » à comprendre. Lorsqu'un « être » technicien prenait une décision d'intervention, il le faisait en anticipant un scénario général (niveau de difficulté, points importants,...) qui était rendu possible grâce à la proximité physique avec l'avion lors de la phase d'inspection. Les décisions prises étaient étroitement couplées avec les savoir-faire et les possibilités d'action. En ce qui

concerne la maintenance aéronautique, les technologies de l'information, ont substantiellement modifié les conditions d'exercice mais pas nécessairement dans le sens de la sécurité. L'activité d'interprétation, médiatisée par les TI, filtre les informations au point de leur faire perdre une partie de leur sens. En effet, les inspections physiques, lorsqu'elles étaient mises en relation avec des informations périphériques (rapports des équipages, consignes d'autres équipes...) construisaient un historique dans l'imaginaire du technicien. Les TI ont introduit une distance qui interdit cette construction de sens et qui au final rompt l'implication du technicien dans la sécurité du vol.

Ainsi, les trajectoires comparées de l'intégration des SI dans nos trois métiers mettent en lumière des invariants intéressants concernant la gestion du couple sécurité/performance. Bien que les tensions présentent des éléments de divergences, l'intégration technologique semble avoir systématiquement censuré l'expérience des acteurs et leur résilience, au profit de compétences plus techniques.

### **III. LE SYSTÈME D'INFORMATION DANS L'HISTOIRE ET SON LIEN AVEC LA TENSION PERFORMANCE/SECURITÉ**

Après l'analyse de l'évolution historique des trois domaines, nous proposons à présent d'analyser le lien entre cette évolution et la gestion du couple performance/sécurité.

#### **III.1. La performance au détriment de la sécurité au sein des salles de marché ?**

L'analyse historique de l'intégration des TIC au sein des activités boursières met en lumière leur rôle de plus en plus prépondérant dans le déroulement des opérations, mais également dans leur responsabilité face aux turbulences et aux situations extrêmes observées. Les marchés sont plus véloces et plus réactifs. Mais ces gains de performance sont allés de pair avec une volatilité et une sensibilité accrue, initiant un climat d'instabilité global. Comme le souligne Le Bris (2010), les krachs sont plus nombreux, et – citant Mandelbrot – leur impact non négligeable : « les variations extrêmes sont si grandes qu'elles représentent une part significative des plus-values ou des moins-values finales à l'issue d'une période donnée ». En définitive, l'intégration des technologies semble avoir favorisé l'occurrence des situations extrêmes – c'est-à-dire des krachs – ainsi que leur violence (Giles, 2012). En quoi cela a-t-il modifié le comportement des traders face au risque et dans leur appréhension des situations extrêmes ? Quel impact sur la gestion du couple performance/sécurité ?

Lorsque l'on identifie les différentes technologies aujourd'hui utilisées par le trader, seule une (la phase de *feedback*) inclut des technologies de sécurisation des activités. Toutes les autres sont des technologies dites de performance. Cette domination repose avant tout sur une explication purement économique. Les technologies de performance sont bien évidemment associées à un profit plus élevé. Proposer

aux clients de l'établissement bancaire un service optimisant la vitesse du traitement de leurs ordres est forcément synonyme de parts de marchés supplémentaires. Ces différentes adoptions technologiques ont-elles conduit à accroître les risques de situations extrêmes ? La littérature actuelle propose des conclusions disparates, notamment autour de l'apparition des programmes de *trading* haute-fréquence. Nombre de travaux académiques en matière de microstructure des marchés financiers se sont accordés sur les bénéfices de l'intégration historique des technologies de performance améliorant la vitesse et les capacités calculatoires des services de *trading*. La réduction des délais de latence et l'automatisation des tâches auraient, dans l'ensemble, contribué à l'amélioration des processus de découverte des prix. La conséquence la plus concrète résiderait dans la réduction des fourchettes de prix (écart entre le prix d'achat et le prix de vente d'un titre), réduction démontrant sans équivoque l'amélioration de la liquidité et de l'efficacité des marchés financiers (Menkveld, 2011 ; Hendershott, Riordan, 2012 ; Riordan, Storkenmaier, 2012 parmi les plus récents). Mais d'autres analyses accusent ces mêmes technologies de générer des aberrations de marché (Jarrow, Protter, 2011) et de faciliter les manipulations de prix (Hasbrouck, 2011) en démultipliant le nombre de messages qualifiés de « bruits » (ordres postés et aussitôt annulés, biaisant ainsi le processus de découverte des prix). Pour les uns, il n'existerait donc pas de tensions sécurité/performance. Mais pour les autres, l'adoption des technologies de performance s'est faite plus rapidement, voire au détriment des technologies de

sécurité. Quelle explication peut-on apporter à ce constat ?

L'historique d'adoption du *ticker* aux premières heures des bourses de valeur au détriment du pantélégraphe constitue un point de départ intéressant et permettant de souligner l'importance de la logique d'appropriation technologique (Preda, 2003). Alors que le pantélégraphe (télégraphe chimique) était utilisé depuis 1865 à la bourse de Paris, donc premier entrant sur le domaine, l'apparition du *ticker* (télégraphe électrique) en 1867 a très rapidement contribué à la disparition de son concurrent direct. Pourtant, le pantélégraphe présentait pour avantage d'être faiblement sujet aux problèmes techniques, et surtout de permettre la reproduction de traces manuscrites permettant une authentification absolue de l'information contenue et de l'expéditeur. À l'inverse, le *ticker* ne permettait la transmission que d'une liste de données chiffrées sans authentification, mais avec un débit plus rapide que son prédécesseur. Selon l'auteur, les facteurs clés de succès d'une technologie ne résident pas dans ses caractéristiques purement techniques, mais dans les hypothèses cognitives retenues par les opérateurs dans le cadre de leur élaboration et leur utilisation. Et selon Moati et Mouhoud (2002), « si les agents ont accès à l'information à des coûts décroissants, en particulier grâce aux TIC, cela ne signifie pas pour autant que cette information sera utile, s'ils ne possèdent pas les compétences permettant de transformer l'information en nouvelles connaissances ».

La technologie générerait alors une certaine myopie face au caractère radi-

cal des incertitudes rencontrées. Pour autant, les logiciels sont modulables par leur paramétrage et par les interactions existant entre programmeurs et traders. Le processus d'adoption devrait donc permettre aux traders d'adapter un outil limité et simplificateur à la complexité du réel. Et donc éviter les réactions en chaîne, par exemple lors des *flash krachs*. Mais les traders sont soumis eux-mêmes à des ancrages mentaux et des biais de comportements. Au-delà de ce débat relevant de la théorie financière, ils entretiennent également une relation particulière avec la technologie, susceptible de renforcer leur subjectivité vis-à-vis du risque et des situations extrêmes. Mouhoud et Plihon (2006) précisent que la technologie est facteur de complexité accrue stimulant l'éclatement des savoirs, favorisant ainsi la spécialisation des agents économiques et donc la difficulté à percevoir la réalité d'un système dans son ensemble. Selon Knorr Cetina et Bruegger (2003), l'informatisation des stations de travail des traders a contribué à l'émergence d'un monde-écran où ce dernier constitue un filtre entre son utilisateur et le monde extérieur, modifiant en profondeur sa perception de la contextualité et de la temporalité. La technologie est alors « habitée » et renforce une tendance à la circularité des comportements et à une réflexion biaisée de la part de ses utilisateurs qui établissent alors une relation de confiance quasiment aveugle avec l'outil. Cette assertion est d'autant plus vraie que les algorithmes de calcul sont eux-mêmes bâtis selon les hypothèses de la théorie financière orthodoxe, dont les fondements gaussiens sont aujourd'hui mis en cause dans leur aptitude à refléter

la réalité des situations extrêmes (Taleb, 2008).

Le paysage boursier actuel se transforme donc au rythme d'effets de circularité de plus en plus inclusifs entre les méthodes de prévision et d'évaluation, les technologies permettant leur application et les modifications des comportements de leurs utilisateurs (Delorme, 2012). Les modèles issus de la théorie financière ont conduit à l'émergence, grâce aux innovations technologiques, de la gestion quantitative qui a essaimé au sein des pratiques financières, créant de nouveaux comportements stratégiques, ces derniers modifiant eux-mêmes les comportements des cours et la technologie permettant de traiter cette nouvelle masse d'information. Cette tendance à la circularité est également portée par l'évolution du profil type du trader depuis une vingtaine d'années. Les compétences requises d'agents de change, jusqu'à la libéralisation des marchés, étaient essentiellement fondées sur son expérience et sa capacité à « sentir le marché » *via* l'analyse des fondamentaux économiques. Jusque dans les années 70, le trader moyen était alors un autodidacte, formé à même le terrain. Le développement de la théorie financière a conduit à fondamentalement renouveler les profils recherchés. Les autodidactes ont laissé la place aux ingénieurs, mathématiciens et autres programmeurs, capables de comprendre et de faire évoluer les méthodes de calcul stochastique au sein des outils utilisés et généralement issus des mêmes réseaux de promotion (MBA, grandes écoles de commerce, grandes écoles d'ingénieurs) aux for-

mations relativement standardisées et orthodoxes (Godechot, 2005).

Ainsi, qu'il s'agisse de la prédominance des outils de calculs standards au sein des formations, puis de la technologie, ou encore du filtre isolant vis-à-vis du monde extérieur induit par le monde écran, aucun garde-fou n'est mis en place afin de favoriser le libre-arbitre, la réactivité face à l'imprévu et surtout la prise de conscience objective des risques par le trader. En lui offrant une technologie lui permettant de probabiliser des prévisions et de paramétrer les actions en conséquence, le monde-écran érigé autour du trader est susceptible de lui faire oublier qu'une grande partie des incertitudes dans l'univers du *trading* est de nature radicale. Cette mécanique imbriquée induit donc un arbitrage en faveur de la performance et non de la sécurisation des activités de *trading*. Bien que certaines études décrites *supra* fassent état d'une amélioration de l'efficacité des marchés, le système est devenu indubitablement plus instable, démultipliant les situations extrêmes observées. Les transactions s'inscrivent alors dans un univers rythmé à la microseconde et où les hommes deviennent incapables d'intervenir suffisamment rapidement pour éviter les fractures (Johnson *et al.* 2012).

### **III.2. Le risque vital, garant d'une utilisation technologique réfléchie chez les alpinistes**

L'évolution technologique dans le domaine de la haute montagne a, dans une large mesure, réduit (en comparaison avec le cas du trader) la tension sécurité/performance. L'utilisation de

nouveaux outils tels que le GPS, le téléphone satellite ainsi que les nouveaux modes d'assistance (prévisions météorologiques et télémédecine) s'est accrue avec la commercialisation massive des expéditions dans les années 1990. Ces nouveaux SI constituent, indiscutablement, une sécurité supplémentaire. Proportionnellement au nombre d'expéditions, le nombre de morts, de disparitions et d'accidents a largement diminué depuis l'utilisation de prévisions météorologiques et d'outils GPS de plus en plus perfectionnés et fiables (Hawley, Salisbury, 2007). Les causes de décès sont moins liées à des raisons purement hasardeuses et naturelles (comme par exemple, une chute de sérac) et sont davantage le résultat de conditions météorologiques imprévues ou de mauvaise gestion du temps. Les symptômes d'œdème cérébral, la fatigue profonde et l'atteinte tardive du sommet sont trois facteurs clés des causes de décès. Ces facteurs significatifs sont ceux qui ont caractérisé la tragédie de l'Everest. En effet, malgré des informations météorologiques inquiétantes, certes non partagées avec le reste des expéditions mais existantes, les deux décideurs conduisent leurs équipes à un risque indiscutablement objectif en dépassant l'heure prévue pour l'atteinte du sommet.

Ces décisions se déroulent donc en dehors de la logique entreprise par l'*homo economicus* et mobilisent des informations confrontées à une expérience propre. Si les nouveaux SI ont diminué les risques objectifs, ils ont compliqué l'évaluation des risques subjectifs, en dotant parfois les preneurs de décision d'une perte de (bon) sens et d'expertise, empreinte de biais

cognitifs. Cette évolution tend à diminuer les compétences liées à l'expérience détenues par les chefs d'expédition qui sont progressivement remplacées par les connaissances techniques de ces outils et de ces modèles.

Ainsi, si on s'intéresse à la tension performance/sécurité, on assiste au développement de SI qui sont essentiellement utilisés à des fins de performance avec pour objectif l'atteinte du sommet. La diffusion de SI davantage portés sur la sécurité est aussi remarquée mais demeure encore peu utilisée. En particulier, les progrès de la télémédecine en haute montagne qui datent de la fin des années 1990 restent encore très peu exploités. La NASA, en collaboration avec l'Université de Yale aux Etats-Unis organise en 1998 et en 1999 le suivi d'une expédition afin de développer des supports médicaux qui s'appuient sur les compétences de la télémédecine mondiale. Les scientifiques de Yale reconnaissent les spécificités des conditions physiques et des maux potentiels en haute altitude et souhaitent développer des outils permettant de pousser les limites d'échanges distants en termes d'information médicale dans un environnement extrême (Angood *et al.*, 2000). Les technologies de la communication étaient au centre du projet scientifique avec la géo synchronisation de deux téléphones satellites ayant pour but de fournir une communication audio et vidéo entre le camp de base et les différentes positions d'altitude. Les résultats du projet montrent que le transfert de données physiologiques et médicales par le biais de différents SI est viable d'un point de vue commercial. Depuis cette expérience scientifique,

les progrès de la télémédecine se sont fait largement ressentir et ont même intéressé la communauté des chercheurs en sciences sociales (Gherardi, 2010 ; Nicolini, 2007, 2010). En revanche, si quelques centres de télémédecine se sont développés en Europe, ces derniers peinent à se développer davantage. À l'avenir, il semblerait donc qu'un effort sur les SI de sécurité reste à fournir.

Quoi qu'il en soit, il est bien évident que la nature vitale et directe du risque auquel est confrontée une expédition de haute montagne rend les critères de sécurité centraux à son organisation – et certainement plus visibles que dans les cas des salles de marché et de l'aéronautique. Les SI de performance – qui augmentent les chances d'une expédition d'atteindre le sommet – sont, dans le même temps et sans doute de manière un peu plus secondaire, indéniablement des SI de sécurité. En d'autres termes, si le GPS permet d'atteindre plus facilement un sommet, cet outil est également utile dans des cas de désorientation géographique ; si le téléphone satellite permet de recevoir des informations météorologiques pour déterminer une bonne fenêtre météo pour atteindre le sommet, celui-ci est essentiel dans des cas d'urgence médicale voire de rapatriement. L'ambition de performance du chef d'expédition est toutefois contrainte par les effets de sa réputation, qui dépend à son tour, de manière symétrique, de la performance autant que de la sécurité.

En ce sens, c'est donc l'attitude de chaque alpiniste face à ces nouveaux outils qui déterminera son évaluation du risque. Il reste essentiel d'utiliser ces SI avec parcimonie en continuant à

se fier à l'environnement qui entoure une expédition sur le terrain. Comme discuté dans le cas de la tragédie de l'Everest, les biais de confirmation continuent à exister malgré le succès de ces nouveaux SI, mais diminuent en raison de la fiabilité croissante des modèles de prévision et des supports technologiques. Les progrès historiques des SI utilisés dans le domaine de la haute montagne tendent donc à nuancer la tension performance/ sécurité (notamment grâce aux progrès récents de la télémédecine) mais ne gomment pas les problèmes d'interprétation des chefs d'expédition qui demeurent essentiels dans les choix stratégiques. Cette interprétation est naturellement liée aux effets d'expérience et aux répétitions d'actions qui caractérisent toute *High Reliability Organization*. Même dans les cas d'expéditions d'exception à caractère unique, le chef d'expédition retrouve des invariants qu'il va intégrer à son processus d'apprentissage. Le danger réside donc dans l'équilibre entre l'utilisation des SI disponibles et la connaissance contextualisée de l'alpiniste qui ne peut s'apprécier qu'*in situ* loin des météorologues et des télémédecins.

### **III.3. De la fiabilité à la résilience : les phases de sécurisation dans l'aéronautique**

La construction de la sécurité au sein de l'activité de maintenance aéronautique a sensiblement suivi celle des autres systèmes socio-techniques (production d'énergie, transport aérien,...), marquée par trois grandes périodes (Hollnagel *et al.*, 2006). Dans une certaine mesure, l'exposé de cette sécuri-

sation croissante montre que la tension sécurité/performance est donc d'autant plus nuancée que dans le cas des traders et des alpinistes.

La première étape de sécurisation correspond aux premiers systèmes de production de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, dont la substance est une démarche fiabiliste. On y trouve les cartographies des risques avec les recensements des causes de défaillances et leurs probabilités associées. L'enjeu consiste à modéliser le système dans ses interactions pour prévenir les accidents, les gérer et en atténuer les effets potentiels. Les contraintes de sécurité ne sont pas des priorités. Mais les progrès rapides et constants de la technologie, en donnant le sentiment qu'ils pourront tout résoudre, renforcent le sentiment de sécurité. Dans cette première étape, où il faut construire une filière industrielle, la question de la rentabilité ne se pose qu'à des horizons très lointains. Les investisseurs, souvent institutionnels, cherchent plus à occuper des positions et à influencer les grandes orientations qu'à rentabiliser leurs investissements à court terme.

La seconde étape de sécurisation est une prise en considération des insuffisances de la première : les contraintes réglementaires commencent à entrer en conflit avec la performance économique. La sécurité a un coût parce qu'elle est associée à l'introduction soutenue de nouvelles technologies, mais aussi parce qu'elle bride la performance. L'enjeu de cette deuxième phase consiste alors à comprendre les effets des règlements sur la sécurité et reconnaître qu'il y a un compromis à trouver entre un mode de fonctionnement idéalisé mais utopique. Arrivent

alors les méthodes liées au contingen-tement des « erreurs humaines » implici-tement entendues comme des écarts des opérateurs de première ligne (ICAO, 1993). L'exposition aux médias incite le haut encadrement à édicter des contraintes portant essentiellement sur les éléments les plus visibles, au détriment d'éléments plus profonds mais moins facilement mesurables. Le troisième volet de cette sécurisation dans le domaine consiste à dépasser l'idée très répandue selon laquelle l'erreur humaine est un enjeu direct de la sécurité. Les erreurs sont bien sûr nuisibles, mais elles résultent moins des individus que des contraintes organisationnelles qu'ils subissent : conditions d'exercice des tâches, modalités d'évaluations, de coordination et de décisions. Cette troisième période s'attache à reconnaître que, paradoxalement, une sécurisation excessive constitue en elle-même un facteur de risque en raison des boucles de rétroactions et des recombinaisons d'événements mineurs qui résident dans les organisations. Nous sommes alors dans des systèmes dont la fiabilité s'est considérablement accrue, mais dont la progression ne se fait plus qu'à la marge et/ou ne se constate que sur des échelles de temps qui dépassent de très loin celles des carrières des acteurs. Les gains de sécurité éventuels deviennent alors, de leur point de vue, inexistant. Les méthodes disponibles suggèrent que les problèmes de sécurité surviennent aux interfaces des assemblages d'éléments hétérogènes (Cf. notamment le modèle SHEL, Edwards, 1972). Cette troisième étape de la sécurisation des systèmes complexes, qui consiste à prévoir le maximum d'événements possibles se fait paradoxalement au détriment de la

capacité d'un collectif à faire face à des scénarios non prévisibles, pour lesquels le cortège de règles et de principes usuels ne sont plus valables. Cette capacité à inventer des solutions collectives satisfaisantes est qualifiée de résilience qui est alors négativement atteinte avec la sécurisation.

Dans les domaines de l'aéronautique, la doctrine actuelle consiste à entraîner les opérateurs à gérer des situations dégradées mais toujours dans une perspective où leur rôle consiste à choisir les bonnes règles et à les appliquer. Deux éléments ont une importance capitale ici : d'une part, ces opérateurs, s'ils ont comme souci permanent la sécurité, ne sont pas seulement, la plupart du temps, en charge d'actions visant à établir la sécurité. Ils ont également des arbitrages à faire entre des contraintes économiques, de délais, de continuité et de services. D'autre part, le nombre de règles et leur portée plus ou moins générale, fait qu'elles entrent en résonance et interagissent les unes avec les autres. Elles peuvent se contredire ou du moins s'interpréter de façon à poser des problèmes de mise en œuvre suffisamment importants pour qu'elles soient appliquées dans un cadre si éloigné de leur esprit initial qu'elles conduisent à dégrader la sécurité.

## CONCLUSION

L'analyse historique de trois situations extrêmes *différentes* enrichit leur compréhension générique à l'aune de trois discriminants : la nature du risque, la nature des décisions et l'impact de l'intégration des SI sur la ten-

sion sécurité/performance. Cette approche nous a conduits à faire émerger une série de résultats marquants des points de divergence et de convergence entre les trois métiers étudiés. Deux contributions peuvent notamment être mises en lumière.

**Contribution 1** : ce n'est pas tant la nature et le degré de risques encourus qui guident les décisions face aux situations extrêmes, mais l'appréhension qu'en ont les métiers respectifs. Dans les trois situations, la notion de risque revêt une caractérisation propre à la construction mentale de chacun des acteurs. Pour le trader, il revêt avant tout un caractère individuel. Le risque de perte financière est essentiellement un risque direct sur son propre portefeuille de titres dont l'occurrence est palpable. Le risque systémique collectif est moins considéré, car du point de vue cognitif et des responsabilités, il est plus faible. Pour l'alpiniste, les risques collectif et individuel sont non seulement imbriqués, mais sont directs et vitaux. Il est donc incité à la prise de conscience et à la réactivité, mais, comme le trader, la perspective de dépassement de soi et de reconnaissance peuvent altérer son jugement. Enfin, le technicien de maintenance aéronautique présente un profil intermédiaire. Il est comme l'alpiniste, concerné par le risque vital, mais de façon indirecte, donc moins tributaire des biais liés au risque de réputation. La nature et l'appréhension de ces risques par les acteurs jouent un rôle de stabilisateur ou d'amplificateur de leurs biais cognitifs.

**Contribution 2** : l'analyse met en évidence des caractéristiques invariantes au sein de chaque situation : la nature à la fois radicale et quantifiable

des incertitudes, l'existence de biais cognitifs dans la gestion des tensions performance/sécurité, et l'utilisation de SI comme support de décision face aux situations extrêmes. Dans les trois cas, si les SI diminuent sensiblement certaines tensions organisationnelles, ils peuvent néanmoins générer les situations extrêmes en limitant le libre arbitre et l'adaptabilité de leurs utilisateurs. Leur intégration a uniformément généré une montée en puissance des compétences techniques dans la décision, au détriment de l'intuition et de l'expérience. Les résultats liés de ces deux contributions peuvent être mis en perspectives au sein du tableau 1 ci-après.

Ainsi, il n'y a pas de déterminisme lié à la technologie utilisée quant à son influence sur les modalités de gestion du couple performance/sécurité. Les points de divergence contextuels et cognitifs ont engendré une adoption technologique et une gestion différenciée des tensions sécurité/performance. La tension s'est donc progressivement modulée sur la base d'un arbitrage équilibré, séquentiel et reposant soit sur la lucidité et la rationalité par engagement des uns (cas de la haute montagne), soit sur les caractéristiques intrinsèques de l'activité pour les autres (cas de l'aéronautique). Le renforcement des tensions dans les situations extrêmes vécues par le trader est accentué, par la nature séquentielle des décisions, par la nature non vitale du risque (qui accentue les effets de myopie face à un désastre potentiel) et enfin par la sociabilisation limitée renforcée par le monde écran.

La méthode utilisée s'est construite essentiellement sur l'exploitation de

	Risque encouru	Tension performance/sécurité	Rôle des SI dans la réduction ou l'amplification des tensions
<b>Trader</b>	De réputation De rémunération	Elevée La performance étant fondée sur la vitesse, la sécurité réduit cette dernière donc la performance.	Amplification dominante Bien que fluidifiant les transactions et le processus de découverte des prix, l'outil renforce l'occurrence de situations extrêmes et les effets de circularité cognitifs des traders.
<b>Alpiniste</b>	De réputation Vital direct	Modérée Les technologies de performance étant, à un niveau secondaire, également des technologies de sécurité bien qu'elles soient encore sous-utilisées à cette fin.	Effets mitigés L'outil renforce la subjectivité de la situation extrême, mais le risque vital engagé permet aux alpinistes d'interpréter l'information sur une base suffisamment objective pour permettre une sécurisation par leur utilisation.
<b>Opérateur de maintenance</b>	De réputation Vital indirect	Faible La sécurité est un argument commercial fort vecteur de performance.	Réduction modérée L'outil sécurise et donc réduit l'occurrence des situations extrêmes, mais rend ces dernières plus difficile à gérer pour des acteurs rendus moins résilients.

**Tableau 1 – Eléments fondamentaux de trois situations extrêmes**

données secondaires, tirées d'ouvrages et de travaux spécialisés dans les trois situations étudiées. Etant donnée l'analyse comparative qui enrichit cette approche historique, une étude plus approfondie utilisant des données primaires (documents d'archives et entretiens) pourra constituer une étape supplémentaire dans la conduite de recherches futures.

## BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R., (2001), « The Paradoxes of Almost Totally Safe Transportation Systems », *Safety Science*, (37): 109-126.
- Angood, P. *et al.*, (2000), « Telemedicine at the Top of the World: The 1998 and 1999 Everest Extreme Expeditions », *Telemedicine Journal and e-Health*, 6(3): 315-325.
- AVM, (2011), *Aviation Maintenance Magazine*, Septembre-Octobre, 30(4), [www.avm-mag.com](http://www.avm-mag.com)
- AVM, (2012), *Aviation Maintenance Magazine*, Juin-Juillet, 31(3), [www.avm-mag.com](http://www.avm-mag.com)
- Bachelier, L., (1900), « Théorie de la spéculation », *Annales scientifiques de l'E.N.S.* 3<sup>e</sup> série, (17) : 21-86.
- Bernoulli, D., (1954), « Exposition of a New Theory on the Measurement of Risk »

- Econometrica*, (22): 23–36 (Traduction de Bernoulli, D., (1738), «Specimen theoriae novae de mensura sortis», *Papers Imp. Acad. Sci. St. Petersburg*, (5): 175–192).
- Bessin, M., Bidart, C., Grossetti, M., (2010), *Bifurcations. Les sciences sociales face aux ruptures et à l'événement*, La Découverte.
- Black, F., Scholes, M., (1973), «The Pricing of Options and Corporate Liabilities», *Journal of Political Economy*, (81): 637-659.
- de Bondt, G.J., (2008), « Determinants of Stock Prices New International Evidence », *The Journal of Portfolio Management*, 34(3): 81-92.
- Boukreev, A., DeWalt, G. W., (1997), « *The Climb: Tragic Ambitions on Everest* », St Martins Paperbacks.
- Bourdeau, P., (2003), « *Territoires du hors-quotidien, une géographie culturelle du rapport à l'ailleurs dans les sociétés urbaines contemporaines – Le cas du tourisme sportif et de nature* », Rapport de diplôme d'habilitation à diriger des recherches, Université Joseph Fourier, Grenoble I.
- Bouty, I., Drucker-Godard C., Godé C., Lièvre P., Nizet J., Pichault F., (2011), « Les pratiques de coordination en situation extrême : Introduction », *Management et Avenir*, Cahier Les pratiques de coordination en situation extrême, (41): 388-393.
- Clark, P., Rowlinson, M., (2004), « The Treatment of History in Organisation Studies: Towards an 'Historic Turn'? », *Business History*, 46(3): 331-352.
- Collins, P., (2005), « The birth of weather forecasting », *New Scientist*, N° 2483.
- Crozier, M., Friedberg, E., (1992), *L'acteur et le système : Les contraintes de l'action collective*, Le Seuil.
- Daniel, K., Hirshleifer, D., Subrahmanyam, A., (1998), «Investor Psychology and Security Market Under-and Overreactions», *Journal of Finance*, (53): 1839-1885.
- Delorme, F., (2012), « Influence de la technologie et des SI sur les régulations, une application au SI financiers : retour sur le cas Kerviel », *Management et Avenir*, (51): 57-77.
- Edwards, E., (1972), « Man and machine: Systems for safety », in *Proceedings of British Airline Pilots Associations Technical Symposium*, British Airline Pilots Associations
- Giezendanner, Y., Guais, F., (2007), *Le routeur des cimes*, Chamonix, Guérin.
- Girin, J., (1990), « Analyse empirique des situations de gestion : éléments de théorie et de méthode », in Martinet, A.C., (Coord.), *Epistémologies et Sciences de gestion*, Economica.
- Gherardi, S., (2010), « Telemedicine: A Practice-based Approach to Technology », *Human Relations*, 63(4): 501-524.
- Giles, J., (2012), « Flash crash forecast », *New Scientist*, Vol. 2852.
- Godechot O., (2005 [2001]), *Les traders. Essai de sociologie des marchés financiers*, La découverte.
- Godechot O., Hassoun, J-P., Muniesa, F., (2000), « La volatilité des postes. Professionnels des marchés et informatisation », *Actes de la recherche en Sciences Sociales*, (134): 45-55.
- Godelier, E., (2009), « L'histoire des entreprises à la croisée des chemins », *Entreprises et Histoire*, 35(192): 95-111.
- Gras, A., (1993), *Grandeur et Dépendance*, Presses Universitaires de France.
- Hawley, E., Salisbury, R., (2007), *The Himalaya by the Numbers – A Statistical Analysis of Mountaineering in the Nepal Himalaya*, Moutaineers Books.

- Hendershott, T., Riordan, R., (2012), « Algorithmic Trading and the Market for Liquidity », *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, à paraître.
- Hollnagel E.; Woods D. Leveson N. (ed) (2006) «resilience Engineering concepts et precepts »
- Hollnagel, E., (2012), *Fram: The Functional Resonance Analysis Method: Modelling Complex Socio-technical Systems*, Ashgate Publishing Limited.
- ICAO (1993), *Human Factors Digest n°7: Investigation of Human Factors in Accidents and Incidents*, European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme.
- Johnson, N., Zhao, G., Hunsader, E., Meng, J., Ravindar, A., Carran, S., Tivnan, B., (2012), « Financial black swans driven by ultrafast machine ecology », *Working paper*.
- Jorion, P., (2010), « La queue qui remue le chien », *Techniques & Culture*, (54-55): 671-685.
- Kahneman, D., Tversky, A., (1979), « Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk », *Econometrica*, 47(2): 263-292.
- Kayes, C., (2006), *Destructive Goal Pursuit: The Mt. Everest Disaster*, Palgrave Macmillan.
- Krakauer, J., (1998[2010]), *Tragédie à l'Everest*, Editions 10/18.
- Le Breton, D., (2002[2007]), *Conduites à risque*, Presses Universitaires de France.
- Le Bris, D., (2010), « Les *krachs* boursiers en France depuis 1854 », *Revue Economique*, 61(3): 421-430.
- Lemette, J.-F., (2009), « Quel futur pour l'industrie boursière ? Analyse d'un processus de transformations », *Innovations*, (30): 157-188.
- Lièvre, P, Rix, G., (2005), « Le management des expéditions polaires », *Revue Française de Comptabilité*, (383): 46-52.
- Lièvre, P., Gautier, A., (2009), « Les registres de la logistique de situations extrêmes : des expéditions polaires aux services d'incendie et secours », *Management et Avenir*, (24): 196-216.
- Lintner, J., (1965), « The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets », *Review of Economics and Statistics*, (47): 13-37.
- Markowitz, H., (1952), « Portfolio Selection », *Journal of Finance*, (7): 77-91.
- Menkveld, A.J., (2011), « High Frequency Trading and the New-Market Makers », *EFA 2011 Paper*.
- Mitev, N., de Vaujany, F.X., (2012), « Seizing the Opportunity: Towards a History of Information Systems », *Journal of Information Technology*, 27 (2): 110-124.
- Mouhoud, E.M., Plihon D., (2006) « Finance et connaissances : des relations équivoques », *Innovations*, (25): 9-43.
- Muir, B., (1998), *The Wind in my Hair*, Penguin Books Australia.
- Nicolini D., (2007), « Stretching out and Expanding Work Practices in Time and Space: The Case of Telemedicine », *Human Relations*, 60(6): 889-920.
- Nicolini D., (2010), « Practice as the Site of Knowing: Insights from the Field of Telemedicine », *Organization Science*, (22): 602-620.
- Oriol, N., (2011), « Investissement institutionnel et révision de la directive MIF », *Revue d'Économie Financière*, (104) : 217-236.
- Oriol, N., (2012), « La fragmentation des flux d'ordres et la révision de la directive MIF : apports de l'économie industrielle », *Revue d'Economie Industrielle*, (139): 49-76.

- Orléan, A., (1999), *Le pouvoir de la finance*, Paris, Éditions Odile Jacob.
- Pastorelli, I., (2000) *L'impact d'un outil de contrôle sur l'organisation : le cas de l'Atelier Industriel de l'Aéronautique*, Thèse de doctorat en sciences de gestion, Nice.
- Pastorelli, I., Vieira, D., (2011), « ERP & PLM: « Integração aumenta valor agregado nos projetos » », *Mundo Project Management*, 7(41): 26-33.
- Pesqueux, Y., (2011), « Pour une épistémologie du risque », *Management & Avenir*, (43): 460-475.
- Pettigrew, A. M., (1997), « What is a Processual Analysis? ». *Scandinavian Journal of Management*, 13(4): 337-348.
- Raspaud, M., (2003), *L'Aventure himalayenne – Les enjeux des expéditions sur les plus hautes montagnes du monde 1880-2000*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Ratcliffe, G., (2011), *A Day to Die For, 1996 : Everest's Worst Disaster – One Survivor's Personal Journey to Uncover the Truth*, Mainstream Publishing.
- Regenold, S., (2012), « Everest Climbing Gear – Then and Now », *National Geographic*.
- Riordan, R., Storckenmaier, A., (2012), « Latency, Liquidity and Price Discovery », *Journal of Financial Markets*, 15(4): 416–437.
- Rowe, F., Marciniak, R., (1997), *Système d'information, dynamique et organisation*, Economica.
- Rowlinson, M., (2009), « Bringing History into Organizational Theory Research », *EGOS 2009*.
- Schmidt, C., (2010), « Comportements financiers et jeux de hasard : une approche neuro-économique », *Psychotropes*, (16): 57-72.
- Searle, J., (2001), *Rationality in Action*, The MIT Press.
- Seigneur, V., (2011), *Socio-anthropologie de la haute montagne*, L'Harmattan.
- Sharpe, W.F., (1964), « Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk », *The Journal of Finance*, 19(3): 425-442.
- Shleifer, A., (1999), *Inefficient Markets: An Introduction to Behavioral Finance*, Oxford: Oxford University Press.
- Simon, H.A., (1945[1983]), *Administrative Behavior. A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*, New York, The Free Press.
- Simon, H.A., (1978), « On How to Decide What to Do », in H.A. Simon, *Models of Bounded Rationality*, Vol. 2, Cambridge, The MIT Press.
- Somervell, T., (1926), « The meteorological results of the Mount Everest Expedition. The observations », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, (52): 131–144.
- Üsdiken, B., Kieser, A., (2004), « Introduction: History in Organization Studies », *Business History*, 46(3): 321-330.
- Vidal, P., Petit, V., (2009), *Systèmes d'information organisationnels*, Pearson, 2<sup>e</sup> édition.
- Von Neumann, J., Morgenstern, O., (1947), *Theory of Games and Economic Behaviour*, Princeton University Press.
- Weathers, B., (2001), *Left for Dead: My Journey Home from Everest*, Bantam Doubleday Dell Publishing Group.
- Weick, K., Sutcliffe, K., (2007), *Managing the Unexpected, Resilient Performance in an Age of Uncertainty*, Jossey-Bass. John Wiley and sons.
- Wiener, E., Nagel, D., (1988), *Human Factors in Aviation*, California: Academic Press.

**Anouck ADROT** est maître de conférences à Télécom École de Management, au sein de l'Institut Mines-Telecom. Normalienne agrégée du secondaire en économie et sciences de gestion, elle a effectuée sa thèse en cotutelle entre l'université Paris-Dauphine et Georgia State University (GSU) sur la thématique des technologies de l'information et l'improvisation organisationnelle en situation de crise. Sa thèse a reçu en 2011 le prix AIM-Robert Reix de la meilleure thèse en Systèmes d'Information. Elle poursuit aujourd'hui ses recherches sur la thématique de l'utilisation des technologies de l'information en situations d'urgence et de crise.

*Adresse* : Télécom Ecole de Management, Institut Mines-Télécom - 9 rue Charles Fourier - 91011 Evry

*Mail* : anouck.adrot@telecom-em.eu

**Lise ARENA** est maître de conférences depuis 2010 à l'Université Nice Sophia-Antipolis où elle a soutenu sa thèse à la croisée du management stratégique et de la gestion des SI. Elle a également obtenu une thèse en Histoire à l'Université d'Oxford en 2011. Ses recherches portent sur le rôle des artefacts numériques dans les organisations et au sein des décisions stratégiques. Depuis 2011, elle participe au projet ANR *LEDEPAGOD (Leadership et décision partagés dans des agencements organisationnels dispersés confrontés à des situations risquées)*.

*Adresse* : Université Nice Sophia-Antipolis - Campus de St Jean d'Angély - 24, Avenue des Diables Bleus - 06357 Nice

*Mail* : lise.arena@gredeg.cnrs.fr

**Marie BIA FIGUEIREDO** est enseignant chercheur à Telecom École de Management (Institut Mines Telecom). Ses recherches traitent de l'appropriation des TIC dans les organisations. Sa thèse de doctorat porte plus particulièrement sur le cas de la messagerie électronique. Celle-ci a été publiée sous le titre « *La communication électronique* » (Economica) en collaboration avec Michel Kalika).

*Adresse* : Télécom Ecole de Management, Institut Mines-Télécom - 9 rue Charles Fourier - 91011 Evry

*Mail* : marie.bia\_figueiredo@telecom-em.eu

**Karine EVRARD SAMUEL** est professeur à l'Institut National Polytechnique de Grenoble et chercheur au CERAG. Elle est l'auteur de nombreux travaux et publications scientifiques dans le domaine de la stratégie. Ses recherches se focalisent autour des problématiques de coopération inter-organisationnelle. Elle dirige une équipe de chercheurs au sein de l'axe Systèmes d'Information et Flux du CERAG et coordonne plusieurs projets de recherche d'envergure internationale.

*Adresse* : Grenoble INP - 46 avenue Félix Viallet - 38031 Grenoble

*Mail* : karine.samuel@grenoble-inp.fr

**Nathalie ORIOL** est maître de conférences en sciences de gestion au *Conservatoire National des Arts et Métiers* depuis 2009. Ses recherches portent sur la régulation financière, l'investissement institutionnel et les comportements de trading. Elle a notamment participé à la rédaction de policy papers dans le cadre de l'Autorité des Marchés Financiers, du Labex Réfi et pour le Conseil d'Analyse Economique.

*Adresse* : CNAM - EFAB B140 - 40 Rue des Jeûneurs - 75002 Paris

*Mail* : nathalie.oriol@cnam.fr

**Ivan PASTORELLI**, dont les recherches portent sur l'industrie aéronautique et la sécurisation des systèmes organisationnels, est maître de conférences à l'Université de Nice Sophia-Antipolis. Il est membre du bureau exécutif du Pôle de Compétitivité aéronautique Pégase et co-directeur scientifique du Centre d'Expertise pour les Facteurs Humains.

*Adresse* : Université Nice Sophia-Antipolis - Domaine du Petit Arbois, Bâtiment Henri Poincaré - Avenue Louis Philibert BP 10028 - 13545 Aix-en-Provence

*Mail* : ivan.pastorelli@gredeg.cnrs.fr

Reproduced with permission of the copyright owner. Further reproduction prohibited without permission.