

L'influence des modèles de causalité sur l'analyse d'incidents de contrôle aérien¹?

CYRIL BARRIQUAULT & RENE AMALBERTI

IMASSA, Département Sciences Cognitives,

BP 73, 91 223 Brétigny-sur-Orge Cedex

E-mails : cbarriquault@imassa.fr

rene-a@imaginet.fr

Résumé

Cette étude concerne les biais constatés dans des analyses d'incidents de contrôle aérien. Afin de mettre en évidence l'influence de l'analyste sur le contenu d'une base de donnée de sécurité, nous avons observé des situations d'enquêtes après incident. Ce texte rapporte l'analyse des verbalisations des enquêteurs au sujet d'enregistrements automatiques d'incidents. Il contient également une étude sur les fiches d'incidents. Les principaux résultats nous permettent de supposer l'existence de biais intuitifs affectant la recherche des informations et le diagnostic causal. Le modèle de sécurité implicite de l'enquêteur orienterait son analyse et par conséquent l'ensemble du système de retour d'expérience contenant la prévention.

Mots-clés : Analyse d'incident, Biais intuitif, Modèle de sécurité, Contrôle aérien.

1. INTRODUCTION

L'apparente fiabilité de la partie technique des systèmes à risque contraste avec le nombre croissant de rapports d'accident portant l'étiquette "cause humaine" ou "facteur humain". Ce constat a initié un grand nombre d'études sur les formes, les conditions mais aussi les récupérations des erreurs. Les responsables de la sécurité de ces entreprises ont mis en place un processus de retour d'expérience (REX) dans ce but. Le REX consiste en :

- un recueil de faits concernant un incident,
- une analyse causale pour expliquer les conditions de sa genèse,
- la proposition de mesures de prévention afin d'éviter son renouvellement.

Néanmoins, après une dizaine d'années de compilation de données (notamment les ASRS²), des questions se posent pour améliorer son efficacité dans la prévention des catastrophes :

- Comment à partir d'une base de données d'incidents choisir les indicateurs d'une catastrophe possible (Amalberti, 1995) ? Les processus incidentels sont-ils isomorphes aux processus accidentels ? La fréquence d'un problème est-elle une aide à la prévision ? Ces premières interrogations évoquent une hypothèse : la procédure d'analyse d'une enquête va influencer les informations disponibles et leurs utilisations ultérieures en terme de prévention.
- Comment l'enquêteur influence-t-il les informations contenues dans la base de données et les mesures de prévention envisagées ? Quelle définition de l'erreur utilise-t-il ? Quelles sont les informations recueillies ? Comment les structure-t-il après analyse ? Quelles sont les moyens de prévention qu'il propose ?

¹ Ce travail est effectué en collaboration avec le Centre d'Etude de la Navigation Aérienne et l'Institut Français de la Sécurité Aérienne. Nous tenons à remercier particulièrement S. Figarol et J.C. Boitier.

² Aviation Safety Report System

Notre étude (Barriquault, 1998) a pour objectif de mettre en évidence les modèles de causalité qui guident les enquêteurs dans leur analyse d'incidents et leurs mesures de prévention.

Nos hypothèses sont les suivantes :

- L'analyse d'incidents contient certains biais de l'analyse causale intuitive.
- Ces biais sont les révélateurs du modèle de causalité implicite utilisé dans l'enquête.
- Les conclusions des analyses vont orienter le choix des mesures de prévention.

2. PROCEDURE

Les enquêteurs sont chargés d'analyser les incidents (incidents de contrôle et airprox³). Ils disposent d'enregistrements radio et radar automatiques, de retranscriptions des conversations avec les pilotes, de témoignages de contrôleurs et d'explications obtenues lors des entretiens. A partir de ce matériel, ils infèrent un certain nombre de causes des dysfonctionnements constatés et les notent sur des fiches d'incidents. Ces fiches seront la source de la base de données nationale de sécurité. Les conditions isolées par l'enquêteur afin d'expliquer un incident sont alors disponibles ainsi que leurs mesures de prévention associées.

Notre étude consiste à présenter aux enquêteurs des enregistrements automatiques de 16 incidents réels. Ces enregistrements permettent un contact avec la situation radar et radio, avant et au moment du problème. Nous leur demandons de verbaliser à haute voix, durant la présentation d'un incident, l'analyse causale qu'ils font de cet incident.

Par ailleurs, nous traitons les fiches écrites des mêmes incidents.

3. METHODE D'ANALYSE DES DONNEES

3.1 CODAGE DES VERBALISATIONS ET DES FICHES D'INCIDENTS

Une condition est un fait ou une inférence à partir de faits intervenant dans la chaîne causale menant à l'incident. Nous isolons les propositions ou les groupes de propositions constituant les conditions nécessaires à la réalisation de l'incident verbalisées par un analyste.

Nous notons trois types de conditions : (1) les prises d'informations pertinentes, (2) les diagnostics de la situation, (3) les inférences sur le comportement et les traitements cognitifs des contrôleurs, ou les inférences sur le contexte.

La même procédure est utilisée pour les conditions reportées dans les fiches d'incidents.

3.2 CLASSIFICATION DES CONDITIONS ET DES MESURES DE PREVENTION

Nous classons les différentes conditions verbalisées selon leur place dans le processus incidentel. Deux dimensions sont retenues :

- leur position dans le temps : (1) durant l'incident, (2) une courte période précédant l'incident (au plus 24 heures avant), (3) une période très en amont (au delà de 24 h avant l'incident).
- le niveau dans l'organisation : (1) individu, (2) équipe, (3) organisation, (4) politique.

Ensuite, un codage identique est utilisé pour les rapports écrits d'analyse.

Enfin, nous distinguons 4 classes de mesures de prévention envisagées dans les fiches d'incidents selon leur niveau d'application à propos : (1) du contrôleur, (2) de l'équipe, (3) de l'organisation ou (4) des décisions politiques.

Ces codages basés sur des inférences sont effectués indépendamment par deux individus experts dans le domaine.

³ Un airprox est une procédure d'enquête demandée par un commandant de bord estimant qu'un croisement avec un autre aéronef a été contraire à la sécurité.

4. RESULTATS

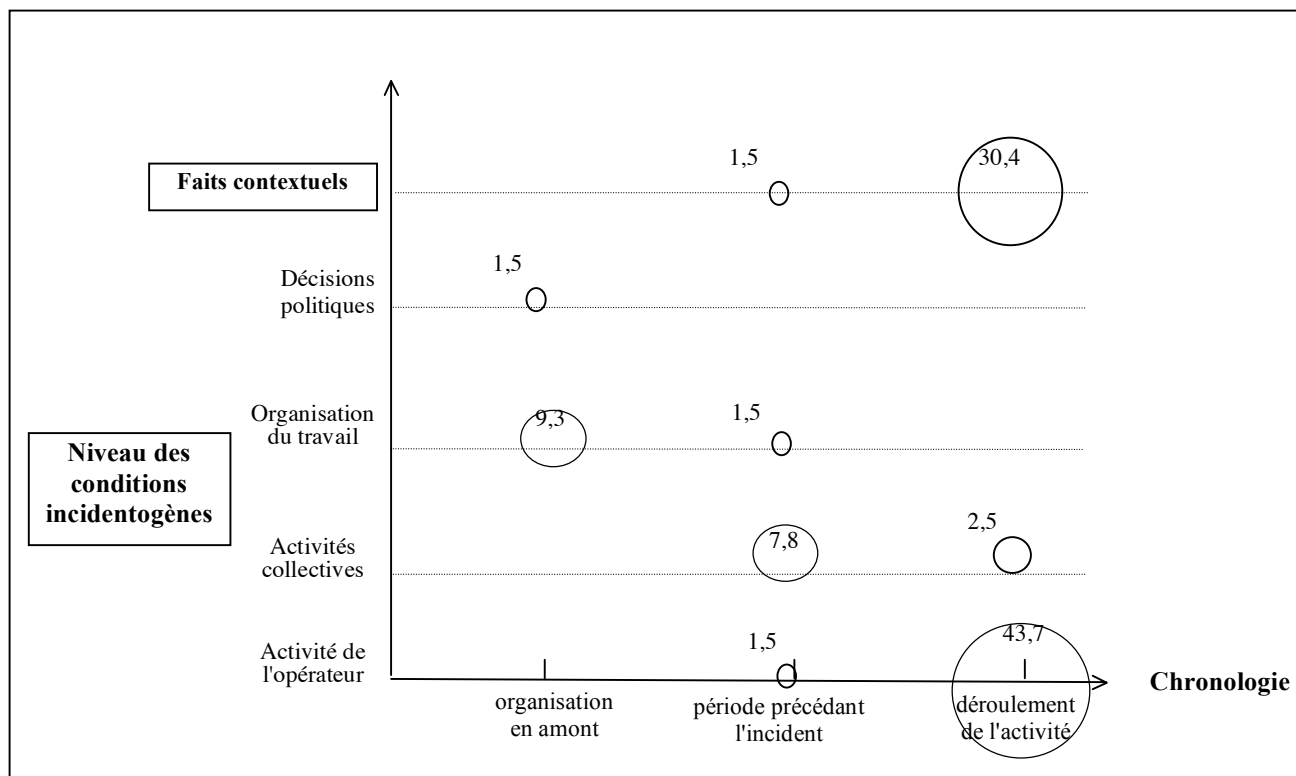


Figure 1: Classification des conditions verbalisées en fonction du niveau dans l'organisation (%)

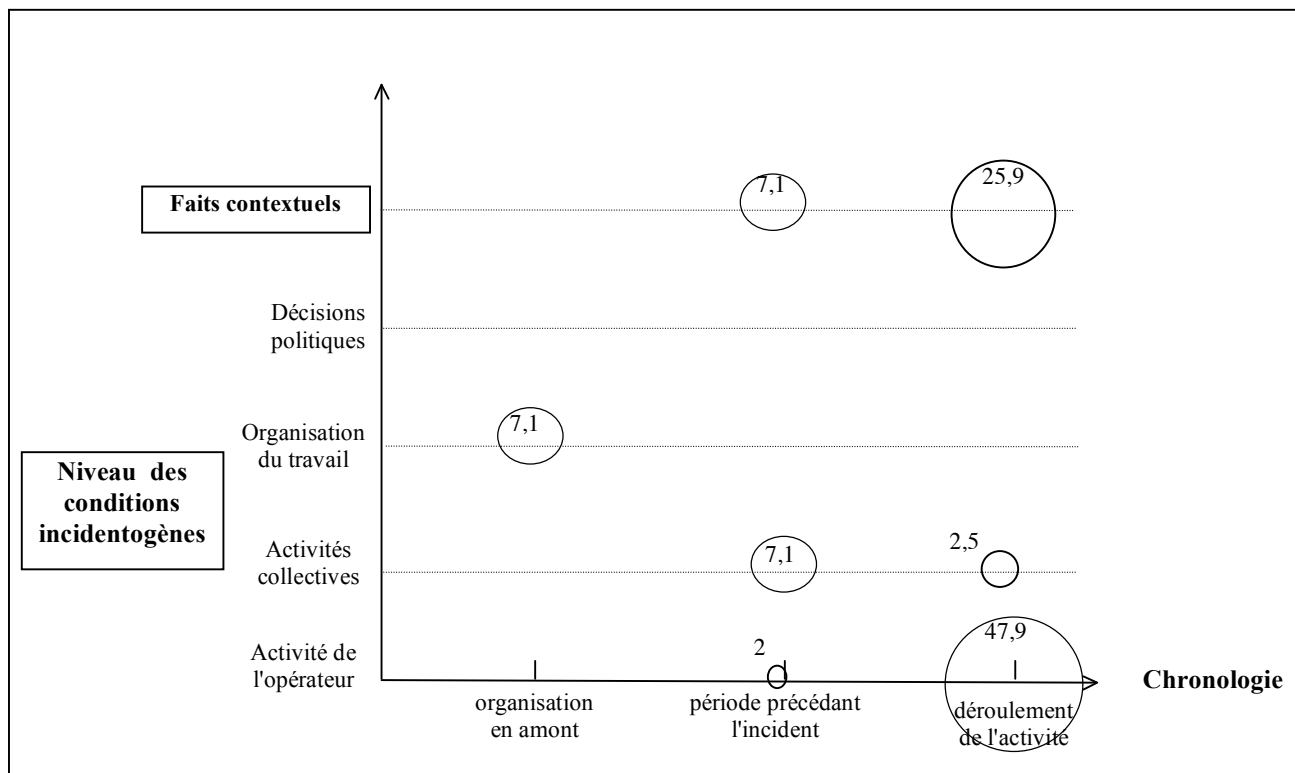


Figure 2: Classification des conditions écrites dans les fiches d'incident en fonction du niveau dans l'organisation (%)

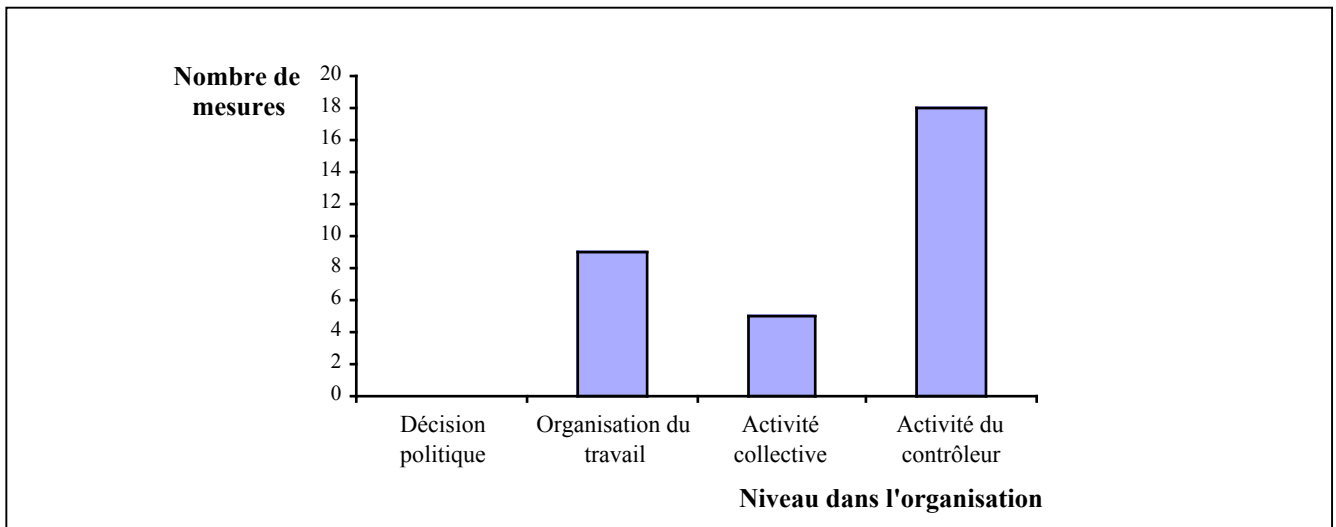


Figure 3: Niveau organisationnel des mesures de prévention écrites dans les fiches d'incidents

4.1 LES CONDITIONS DANS LE PROCESSUS TEMPOREL DE L'INCIDENT

- Les enquêteurs sélectionnent les causes les plus proches de l'incident dans le temps. Ils privilégient les faits concomitants à l'événement, autour ou dans la salle de contrôle (figure 1 et 2). Ils verbalisent principalement des conditions situées durant la période incidentelle (76% de l'ensemble des conditions relatives). Il s'agit d'erreurs comportementales (actions réalisées ou omises) et cognitives (règles ou connaissances non appliquées). La hiérarchie et les organisateurs n'intervenant pas directement durant l'activité du contrôleur, aucune action organisationnelle n'est citée à ce moment du processus incidentel.
- Ensuite, le deuxième groupe de facteurs verbalisés se place pendant la période qui précède l'incident (12,3%). Les actions incidentogènes relatives touchent davantage le collectif de travail (7,8%). Les thèmes récurrents sont les procédures de dégroupement, la gestion commune d'un conflit entre le radariste et l'organique, la surveillance d'un élève, la répartition des rôles dans l'équipe.
- Enfin, le dernier groupe de conditions est en amont de la phase effective de contrôle : durant l'organisation du travail (10,8%). L'arbre causal obtenu à l'aide des verbalisations remonte dans quelques cas jusqu'à des décisions prises dans les différentes subdivisions (contrôle, étude, instruction, exploitation). Elles concernent notamment la disposition des horaires de travail, l'organisation collective de la salle de contrôle ou la formation de l'ENAC.
- La tendance des résultats obtenus avec les fiches d'incidents est la même que celle obtenue avec les entretiens : les deux principaux groupes de causes sont des faits concernant la période même de l'incident. Ce sont d'une part, le comportement et les connaissances du contrôleur radariste (47,9%) et d'autre part, le contexte de l'incident (25,9%).

4.2 LA PLACE DES CONDITIONS DANS L'ORGANISATION

- Dans leurs verbalisations et leurs fiches d'incidents, les enquêteurs attribuent les conditions aux opérateurs plutôt qu'au contexte ou à l'organisation. La classe de conditions la plus citée concerne directement l'opérateur de première ligne et son activité (45% durant les verbalisations et 50 % dans les fiches).
- La recherche de faits s'arrête après la découverte d'une cause typique et fréquente. Des causes sont évoquées régulièrement : « dégroupement non-effectué », « pas de réaction au filet de sauvegarde ». Leur verbalisation provoque la fin de l'analyse causale : "la" cause de l'incident est trouvée. La découverte d'une cause typique détermine ainsi la profondeur du niveau d'analyse.
- Durant l'organisation en amont, on retrouve également une majorité de conditions « latentes » touchant les différentes subdivisions et les décisions politiques. On remarque

que les conditions latentes (organisation du travail et décisions politiques) sont davantage exprimées oralement dans les verbalisations (12,3%) que dans les fiches écrites (7,1%).

4.3 LE NIVEAU ORGANISATIONNEL VISE PAR LA PREVENTION

- Les données indiquent que les mesures centrées sur le contrôleur sont bien plus importantes que les mesures organisationnelles (figure 3). Il s'agit de mesures visant des *actions* (à réaliser ou à ne pas omettre) et des *processus cognitifs* (règles ou connaissances à appliquer) et plus généralement, des nouvelles procédures à appliquer.
- Aucune mesure touchant les décisions politiques ne sont citées alors que ce type de décisions est souvent fondamental dans l'évolution du système du contrôle aérien et de l'aviation civile.

5. DISCUSSION

Nous retrouvons certains biais de l'analyse causale naïve dans l'analyse experte d'incidents :

- Le biais d'attribution (Kelley, 1973) : il consiste à surestimer les conditions concernant les hommes alors que les conditions touchant le contexte ou l'organisation sont peu citées.
- Les biais induits par la proximité dans le temps et l'espace des facteurs invoqués (« illusion de corrélation ») : les résultats obtenus confirment l'existence des biais de proximité temporelle et spatiale. L'enquêteur privilégie les faits les plus proches de l'événement à expliquer dans son analyse causale.
- Les biais par omission d'informations. Il complète le biais précédent. En effet, si certaines conditions sont mises en avant, d'autres sont ignorées dans les fiches d'incidents.
- Les biais induits par la typicalité ou la fréquence de certaines conditions.

Au delà des biais naturels issus de l'intuition quotidienne, nous pouvons supposer l'existence de certaines difficultés administratives pour collecter, analyser des informations organisationnelles ou politiques. Une auto-modulation provenant du rédacteur lui-même est possible. Une modulation supplémentaire provenant des supérieurs hiérarchiques ou des organismes liés à cette subdivision peut également être supposée. Ces hypothèses demanderaient une étude plus approfondie.

Par conséquent, les enquêteurs privilégient dans leur compte-rendu les éléments pour lesquels ils pensent à une solution associée, et inversement, ils suppriment de leur compte-rendu les éléments pour lesquels ils imaginent moins facilement une solution (un changement profond d'organisation du travail, de hiérarchie ou de matériel). Les mesures de prévention sont donc en rapport avec leur place dans l'organisation et avec leur pouvoir d'action. Elles se limitent à la salle de contrôle mais n'atteignent pas les zones de décision importantes.

A partir de ce constat, il est possible de déduire le modèle qui dirige l'enquête :

- Le modèle de causalité qui dirige la recherche des informations et leur analyse semble être une association entre le modèle comportemental de proximité et le modèle systémique. Cependant, si l'existence de facteurs contextuels et organisationnels est prise en compte, les éléments de l'enquête démontrant des erreurs humaines sont privilégiés. Il semblerait donc que les enquêtes soient construites à partir du modèle implicite de la *cause unique* (un problème technique ou la « responsabilité » du contrôleur).
- Le modèle de prévention vise la suppression des erreurs et non leur gestion par l'opérateur ou le système. Le système du contrôle aérien n'améliorera sa fiabilité qu'après disparition des erreurs des contrôleurs.
- Plus généralement, le modèle de sécurité est centré sur l'opérateur. Le maillon faible du système est le contrôleur radariste.

6. CONCLUSION

Nos résultats nous orientent vers l'hypothèse d'une construction historique et sociale (Gras & al., 1994; Kouabenan, 1984, 1999) mais aussi cognitive du concept d'erreur humaine. Il semble que le chiffre mythique de 75 % d'erreurs humaines dans les causes d'accidents soit en grande partie issu de biais intuitifs des enquêteurs facteurs humains⁴ dans leurs analyses.

Une analyse causale est toujours une sélection de faits parmi les possibles en fonction d'objectifs particuliers. Ces dernières années, les bases de données d'incidents-accidents ont accumulé des faits permettant d'argumenter des mesures aussi différentes que celles visant l'élimination des erreurs, l'amélioration de la conscience de situation ou la gestion organisationnelle.

La sur-optimisation de la performance et surtout l'entreprise d'éradication des erreurs humaines semblent des obstacles à un contrôle écologique du risque (Wioland, 1997). Le retour d'expérience ne servirait plus la sécurité s'il était utilisé pour justifier de telles mesures. Des études récentes démontrent que des approches associant plusieurs champs disciplinaires comme la sociologie, la psychologie cognitive, l'ergonomie ou l'ingénierie dans une analyse d'incident permettent un meilleur contrôle des biais naïfs possibles (Reason, 1997; Lee, 1998). De plus, des précautions méthodologiques sont indispensables à la construction d'une base de donnée fiable. (Fischhoff, 1983).

Au delà de ces considérations pratiques, les modèles théoriques qui guident les enquêtes évoluent. Dans les décennies précédentes, l'enquête sécurité s'est affinée. L'expert « facteur humain » a recherché successivement une, puis plusieurs « causes » *humaines* et aujourd'hui, *organisationnelles* (Pariès & Amalberti, 1999). Mais, le modèle de causalité qui dirige les enquêtes systémiques actuelles reste inchangé : c'est un modèle déterministe de l'accident. En pratiquant l'attribution-suppression des « causes », l'expert espère éliminer l'accident futur. Or, il a toujours un temps de retard sur la catastrophe car le nombre des chemins qui conduisent à un type d'accident augmente exponentiellement avec la profondeur d'analyse. Lister les micro-conditions d'incidents afin de prévoir une catastrophe semble aussi illusoire que de mesurer les battements d'ailes de papillon pour prévoir un ouragan. L'application du REX aux dysfonctionnements mineurs qui caractérisent le fonctionnement normal du système, démontre donc ses limites (Amalberti & Barriquault, 1999).

En revanche, les types de formes que peut prendre l'issue d'un accident sont prédictibles⁵. Certains travaux (Pariès, 1999) consistent à distinguer des grandes classes d'accidents « normaux » (Perrow, 1984) et d'en élaborer des protections.

Un système fiable est un système qui, à la fois réagit aux événements, mais également les anticipe. Le modèle réactif a été et, est toujours efficace pour apprendre les facteurs majeurs de risque. Il gagnerait à être relayé par un modèle anticipatif. Une combinaison des deux approches serait alors une nouvelle voie à explorer pour le management de la sécurité.

7. REFERENCES

- Amalberti, R., (1995). Paradoxe des grands systèmes à risques, *Performances Humaines et Techniques*, 78, 45-55.
- Amalberti, R., & Barriquault, C., (1999); Fondements et limites du retour d'expérience, *Annales des Ponts*.
- Barriquault, C., (1998). *Analyse du travail des enquêteurs sécurité dans un centre de contrôle aérien*, DESS Ergonomie, Université Paris V.
- Bunge, M., (1959). *Causality*, Cambridge, Mass, Harvard University Press.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S., Keeney, R. (1983). *Acceptable risk*, Cambridge University Press, 2nd edition, Cambridge University Press, p.141-171.

⁴ Ce chiffre justifie d'ailleurs la position voire l'existence dans l'organisation du responsable « Facteur Humain ».

⁵ Le mécanisme conduisant à une catastrophe dans un système ultra-sûr comme l'aviation civile n'est pas totalement prédictible. Il est explicable une fois réalisé, de la même façon qu'un physicien explique après coup la détermination d'un événement « pile » ou « face » à l'aide de la vitesse de rotation par seconde de la pièce et de sa vitesse verticale. Comme ces conditions initiales ne sont pas disponibles a priori, l'issue est indéterminée même si les formes finales (« pile » et « face ») sont connues par avance (Bunge, 1959).

- Gras, A., Moricot, C., Poirot-Delpech, S.L., Scardigli, V., (1994). *Le pilote, le contrôleur et l'automate*, Editions de l'IRIS.
- Kelley, H.H., (1973). The process of causal attribution, *American Psychologist*, 28, 107-128.
- Kouabenan, D.R., (1984). L'analyse des attributions causales, *Le Travail Humain*, 48, 1-17.
- Kouabenan, D.R., (1999). *Explication naïve de l'accident et prévention*, PUF, Paris.
- Lee, R., (1998). *The Australian bureau of air safety investigation*, in Goeters, K.M., (Ed.), *Aviation Psychology : a science and a profession*, Aldershot, Ashgate.
- Pariès, J., & Amalberti, R., (1999). *Safety models and their consequences for training ; Evolution and Breakdown of Aviation Safety Paradigms*, In N. Sarter & R. Amalberti (Eds) *Cognitive Engineering in the Aviation Domain*, Hillsdale- New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pariès, J., Merritt, A. & Schmidlin, M. (1999). *Developpment of a Methodology for Operational Incident Reporting and Analysis Systems*, Final Report – Convention DGAC 96/01, Paris : DEDALE.
- Perrow, C., (1984). *Normal Accidents : living with high-risk technologies*, New York, Basic Books.
- Reason, J., (1997). *Managing the risks of organizational accidents*, Aldershot, Ashgate.
- Wioland, L., (1997). *Etude des mécanismes de protection et de détection des erreurs, contribution à un modèle de sécurité écologique*, Thèse de doctorat de Psychologie cognitive, Université Paris V.