



HAL
open science

Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience. Application au domaine de la sécurité des transports ferroviaires

A. Hadj-Mabrouk, Habib Hadj-Mabrouk

► To cite this version:

A. Hadj-Mabrouk, Habib Hadj-Mabrouk. Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience. Application au domaine de la sécurité des transports ferroviaires. https://collections.univ-gustave-eiffel.fr/ouvrages/inrets/Syntheses/Syntheses_INRETS_S43.pdf. https://collections.univ-gustave-eiffel.fr/ouvrages/inrets/Syntheses/Syntheses_INRETS_S43.pdf, 43, pp.102, 2004, ISBN: 2-85782-586-2. hal-04549737

HAL Id: hal-04549737

<https://hal.science/hal-04549737>

Submitted on 17 Apr 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

HADJ MABROUK
Abderraouf - Habib

APPROCHE D'INTÉGRATION DE L'ERREUR HUMAINE DANS LE RETOUR D'EXPÉRIENCE



Application au domaine de la sécurité
des transports ferroviaires

SYNTHÈSE N° 43



LES COLLECTIONS DE L'INRETS

Les collections de l'INRETS

Le libre accès à l'information scientifique est essentiel pour favoriser la circulation du savoir et pour contribuer à l'innovation et au développement socio-économique. Pour que les résultats des recherches soient plus largement diffusés, lus et utilisés, l'Université Gustave Eiffel a fait le choix de numériser et de mettre à disposition en téléchargement gratuit, l'intégralité des ouvrages publiés dans les collections de l'Inrets.

La collection Recherches

La collection Recherches regroupe des ouvrages présentant un travail de recherche particulier en replaçant celui-ci dans son contexte scientifique, en détaillant la méthodologie de recherche suivie, les résultats originaux obtenus et leur exploitation et en ouvrant des perspectives à ce travail.

Cette collection s'adresse principalement aux scientifiques, ingénieurs, décideurs publics et politiques, services techniques des collectivités, industriels, associations et enseignants.

La collection Synthèses

La collection Synthèses regroupe des états de l'art dans un domaine donné, en s'appuyant sur une revue bibliographique rigoureuse avec éventuellement, un bilan de la contribution de l'institut et des autres membres de la communauté scientifique. Susceptible d'être lus par des non-spécialistes, ces ouvrages sont rédigés avec rigueur mais aussi avec un réel souci pédagogique.

La collection Outils et Méthodes

La collection Outils et Méthodes regroupe des présentations de techniques expérimentales, de méthodologies d'investigation ou d'exploitation des données, de logiciels, suffisamment génériques pour être utilisés dans différents domaines applicatifs.

Cette collection s'adresse principalement aux scientifiques, ingénieurs, services techniques des collectivités et industriels.

La collection Actes

La collection Actes regroupe des recueils de papiers ou de communications, présentés lors d'un séminaire, d'une journée spécialisée, d'un groupe de travail, ou d'un colloque. Il s'agit de textes originaux, sélectionnés par les responsables éditoriaux des Actes.

Cette collection s'adresse principalement à un public de scientifiques.

Les ouvrages des collections de l'Inrets sont diffusés sous la licence Creative Commons CC BY-NC-ND. Cette licence ne permet que la redistribution non commerciale de copies identiques à l'original. Dans ce cadre, les documents peuvent être copiés, distribués et communiqués par tous moyens et sous tous formats.



-  Attribution — Vous devez créditer l'œuvre et intégrer un lien vers la licence. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens possibles mais vous ne pouvez pas suggérer que l'Université Gustave Eiffel vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son œuvre.

-  Pas d'utilisation commerciale — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette œuvre, tout ou partie du matériel la composant.

-  Pas de modifications — Dans le cas où vous effectuez une adaptation, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'œuvre originale (par exemple, une traduction, etc.), vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'œuvre modifiée.

Abderraouf HADJ MABROUK

Habib HADJ MABROUK

Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience

Application au domaine de la sécurité
des transports ferroviaires

Synthèse n° 43
Janvier 2003

Les auteurs :

Abderraouf Hadj Mabrouk, Docteur en Médecine
Habib Hadj Mabrouk, Docteur en automatique industrielle et humaine
Habileté à diriger des recherches
Chargé de recherche à l'INRETS-ESTAS
habib.hadj-mabrouk@inrets.fr

L'Unité de recherche :

Evaluation des Systèmes de Transport Automatisés et de leur Sécurité
(ESTAS)
20 rue Elisée Reclus
59650 Villeneuve d'Ascq

Cette synthèse a bénéficié des commentaires et remarques des référés suivants :

Claude Bordas, Chargé de mission « Sécurité Ferroviaire » auprès du Comité de sécurité du Tunnel sous la manche
Mohamed Dogui, Docteur en Médecine et Professeur de physiologie, Chef du service d'Explorations Fonctionnelles du Système Nerveux, CHU de Sousse (Tunisie)
Gilles Malaterre, Directeur de recherche, Laboratoire de Psychologie de la Conduite, LPC-INRETS

Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

Service des publications : 2, avenue du Général Malleret-Joinville
94114 ARCUEIL CEDEX Tél. : 33 (0)1 47 40 70 74 - Fax : 01 45 47 56 06
www.inrets.fr

© Les collections de l'INRETS
N° ISBN 2-85782-586-2 N° ISSN 0769-0274

Fiche bibliographique

UR (1er auteur) Evaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS)	Projet N°	Synthèse INRETS N° 43
Titre Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience		
Sous-titre Application au domaine de la sécurité des transports ferroviaires	Langue F	
Auteur(s) Abderraouf Hadj Mabrouk & Habib Hadj Mabrouk	Rattachement ext.	
Nom adresse financeur, co-éditeur	N° contrat, conv.	
	Date de publication Janvier 2003	
Remarques		
Résumé <p>A ce jour, l'erreur humaine constitue un facteur causal majeur de l'émergence des accidents dans plusieurs domaines dont celui des transports ferroviaires. De ce fait, la prise en compte des facteurs humains est devenue un thème central dans le processus de construction et d'évaluation de la sécurité des transports ferroviaires.</p> <p>D'autre part, la survenue de nouveaux accidents malgré la maîtrise du risque technologique, leurs conséquences dramatiques et leurs coûts terribles, sont à la base de la mise en œuvre d'un système de retour d'expérience (Rex) comme étant l'un des moyens indispensable de nature à prévenir l'occurrence de ces accidents et à améliorer le niveau de sécurité des nouveaux systèmes de transports.</p> <p>Cependant, le Rex actuel se heurte à plusieurs obstacles relatifs notamment à l'absence d'une méthodologie globale standardisée et aux difficultés de prendre en compte les facteurs humains.</p> <p>Cette étude tente d'apporter des éléments de réponses aux problèmes soulevés en proposant une nouvelle approche de Rex centrée sur les facteurs humains.</p> <p>Après une revue de littérature des facteurs humains en termes de fiabilité humaine et d'erreur humaine (principaux modèles de classification) ainsi que des démarches existantes en matière de Rex ferroviaire, cet ouvrage présente notre contribution à l'intégration des facteurs humains dans le processus du Rex à travers une approche d'analyse de l'erreur humaine centrée sur le déroulement d'un accident.</p> <p>Soutenue par quelques exemples d'application issus du domaine de la sécurité ferroviaire, cette approche s'articule autour de trois niveaux complémentaires d'analyse de l'erreur humaine : le niveau contextuel (en amont de l'accident), le niveau conceptuel cognitif (pendant l'accident) et le niveau comportemental (en aval de l'accident).</p>		
Mots clés Fiabilité humaine, Erreur humaine, Facteur humain, Retour d'expérience, Sécurité des transports		
Nb de pages 109	Prix 15,24 €	Bibliographie oui

Publication data form

UR (1st author) Evaluation and Safety of Automated Transport Systems (ESTAS)	Projet N°	INRETS synthesis N° 43
Title The human error in the experience feedback		
Subtitle Application to the rail transport safety	Language F	
Author(s) Abderraouf Hadj Mabrouk and Habib Hadj Mabrouk	Affiliation	
Sponsor, co-editor, name and address	Contract, conv. N°	
	Publication date January 2003	
Notes		
Summary <p>Today, human error is a main factor of accident in several fields and in particular the rail transport field. Taking into account human factors has become a central concern in the process of development and assessment of rail transport safety.</p> <p>In spite of the technological risk control, occurred new accidents with their dramatic consequences, their height costs, this context leads to the implementation of the experience feedback system (REX) aiming at preventing the occurrence of the accidents and improving improve the safety level of the new transport systems.</p> <p>However, Rex encounters several difficulties due to a lack of a standardized comprehensive methodology and to the difficulty to take into account human factors.</p> <p>In this study, a new developed approach based on human factors is developed and described.</p> <p>After a literature review of human reliability and human error (main classification models) and of the existing approaches of rail Rex, this report presents our contribution to integrate human factors in the Rex process through an approach of human error analysis, focused on the accident process.</p> <p>Based on some application examples from the rail safety field, this approach is built on the three complementary levels of human error analysis : the context level (upstream of the accident), the cognitive conceptual level (during the accident) and the behavioural level (downstream of the accident).</p>		
Key words Human reliability, human error, human factor, experience feedback, transport safety		
Nb of pages 109	Price 15.24 €	Bibliography yes

Table des matières

Remerciements	9
Synthèse	11
Introduction	15
Chapitre 1 : La Fiabilité Humaine	21
Introduction	21
Historique de la fiabilité humaine	22
Fiabilité traditionnelle et fiabilité contemporaine	24
Les conditions de maîtrise de la fiabilité humaine	25
Définitions de la fiabilité humaine	26
La fiabilité humaine comme discipline scientifique	26
La fiabilité humaine comme propriété/qualité de l'homme	27
Autres définitions de la fiabilité humaine	28
Conclusion	29
Chapitre 2 : L'erreur humaine	31
Introduction	31
Définition de l'erreur humaine	31
Difficultés de définition de l'erreur humaine	34
Distinction entre ratés, lapsus et fautes	35
Erreurs latentes et erreurs patentes ou actives	38
Les erreurs latentes	38
Les erreurs patentes ou actives	38
Principaux modèles de classification des erreurs humaines	39
Le modèle de classification de Rasmussen et Jensen (1974)	41
Le modèle de classification de Reason (1979)	42
Le modèle de classification de Rasmussen (1980)	42
Le modèle de classification de Norman (1981)	43
Le modèle de classification de Rouse et Rouse (1983)	44
Le modèle de classification de Swain et Gutmann (1983)	45
Le modèle de classification de Leplat (1985)	45
Le modèle de classification de Villemeur (1988)	46
Le modèle de classification de Nicolet (1989)	47
Le modèle de classification de Reason (1990)	48
Le modèle de classification de Cellier (1990)	49
Le modèle de classification de OACI (1992)	50
Le modèle de classification de Laprie (1995)	51
Le modèle de classification de Van Elslande (1997)	52
Synthèse, apports et limites des modèles étudiés	53
Conclusion	58

Chapitre 3 : Le retour d'expérience dans les transports ferroviaires	59
Introduction	59
Définition du retour d'expérience	59
Le Rex dans les transports ferroviaires	61
Le retour d'expérience à la SNCF	61
Le retour d'expérience à la RATP	64
Principe des enquêtes techniques selon les nouvelles réglementations Nationale et Européenne	66
Objets et objectif de l'enquête	68
Organisme d'enquêtes	69
Conduite de l'enquête	70
Rapport de l'enquête	70
Lacunes et limites du REX ferroviaire	71
Limites relatives aux enquêtes techniques	71
Limites relatives à l'organisation de l'entreprise	73
Limites relatives au processus global du Rex	74
Limites relatives à la prise en compte des F.H.	76
Conclusion	77
Chapitre 4 : Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience	79
Introduction	79
Approche globale du processus de Rex	80
Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience	83
Facteur humain, erreur humaine et accident	83
Principe général de l'approche proposée	84
Description détaillée de l'approche proposée	84
Conclusion	92
Conclusion	95
Bibliographie	99

Table des illustrations

Figure 1 : Cadre législatif et réglementaire du REX	17
Figure 2 : Les différentes manières d'aborder la fiabilité humaine	21
Figure 3 : Schéma synthétique des différentes étapes de l'évolution de la fiabilité (de la fiabilité technique à la fiabilité globale du système socio-technique)	24
Tableau 1 : Caractéristiques des approches traditionnelle et contemporaine de la fiabilité humaine selon Embrey E.D. (1991)	25
Figure 4 : Distinction entre les différents types d'erreur humaine	37
Figure 5 : Différentes facettes d'une taxonomie de description et d'analyse des événement révélateurs d'un dysfonctionnement humain .	40
Figure 6 : Classification de l'erreur humaine basée sur les niveaux d'activités	41
Figure 7 : Classification de l'erreur humaine basée sur la notion de plan d'action	41
Figure 8 : Classification de l'erreur humaine basée sur le processus de l'activité et le modèle de prise de décision	42
Figure 9 : Classification des Erreurs Humaines basée sur les schémas d'action	43
Figure 10 : Catégorisation des erreurs humaines possibles par étapes de traitement	44
Figure 11 : Typologie des erreurs humaines (Méthode THERP)	45
Figure 12 : Classification de l'erreur humaine basée sur la régulation de l'action	46
Figure 13 : Classification de l'erreur humaine selon Villemeur 1988	47
Figure 14 : Classification des erreurs humaines tout au long de la chaîne « perception-action »	48
Figure 15 : Système générique de modélisation des erreurs humaines de base	49
Figure 16 : Catégorisation des erreurs humaines selon Cellier	50
Figure 17 : Classification de l'erreur humaine basée sur le modèle conceptuel SHELL S = Software : documentation, H = Hardware : matériel, E = Environnement, L = Liveware : homme . .	51

Figure 18 : Classification de l'erreur humaine en fonction de l'activité	52
Figure 19 : Erreur humaine relative au fonctionnement cognitif de l'homme	53
Figure 20 : Analyse cognitive de l'erreur humaine selon les étapes de traitement de l'information	54
Figure 21 : Analyse cognitive de l'erreur humaine selon les niveaux d'activité de l'opérateur	55
Tableau 2 : Récapitulation des différents modèles de classification des erreurs humaines (1/2)	56
Tableau 2 : Récapitulation des différents modèles de classification des erreurs humaines (2/2)	57
Tableau 3 : Caractéristiques des enquêtes technique et judiciaire (Pariès 1999)	72
Figure 22 : Les cinq principes du Rex	80
Figure 23 : Articulation des différentes étapes de déroulement du Rex . . .	82
Figure 24 : Articulation des principaux niveaux impliqués dans l'analyse de l'erreur humaine dans l'accident	85
Figure 25 : Exemple de classification d'erreurs potentielles provoquées par l'agent de conduite	86
Figure 26 : Exemple de classification d'erreurs potentielles provoquées par l'opérateur au PCC	86
Figure 27 : Les principaux facteurs altérant la performance humaine	87
Figure 28 : Exemples d'erreurs humaines relatives aux types d'équipements du système	88
Figure 29 : Les principaux facteurs environnementaux favorisant l'erreur humaine	89
Figure 30 : Principales interactions de l'opérateur humain	90
Figure 31 : Exemples d'erreurs humaines relatives aux étapes de traitement de l'information	91
Figure 32 : Exemples d'erreurs humaines relatives aux niveaux d'activités de l'opérateur humain	92

Remerciements

Les auteurs remercient Mohamed Dogui, Gilles Malaterre, Claude Bordas et Angèle Darly, pour le soin extrême qu'ils ont porté à la correction de cet ouvrage.

Synthèse

La survenue de nouveaux accidents malgré la maîtrise du risque technologique est à la base de l'intérêt renouvelé à l'étude des facteurs humains dans l'analyse de la sécurité. Bien que le Directeur de la sécurité à la SNCF (Etienne M., 2002) confirme que la prise en compte compétente et lucide des questions de facteurs humains est un thème essentiel pour la sécurité et les progrès des performances du service ferroviaire et son développement, la première journée consacrée aux Facteurs Humains dans la sécurité ferroviaire en France s'est déroulée le 19 septembre 2000 à Toulouse. Par ailleurs, malgré que la prise en compte des facteurs humains dans le processus du Retour d'expérience (Rex) ferroviaire tend à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines (Gilbert C., 2001).

Dans ce contexte, la contribution de l'INRETS – ESTAS porte principalement sur le rôle et la place de l'homme dans la sécurité des systèmes de transport ferroviaire guidés à travers le projet de recherche baptisé « *FACTHUS* ». Ce projet, défini en 1995, a fait l'objet de plusieurs collaborations scientifiques et a débouché sur la production de plusieurs travaux de recherche dont un ouvrage intitulé « Sécurité ferroviaire et facteurs humains, apport de la chronobiologie de la vigilance » qui a paru en juillet 2001 dans les collections de l'INRETS (synthèse n° 38) (Hadj-Mabrouk *et al* 2001). Afin de répondre aux exigences exprimées par la nouvelle réglementation nationale en matière de sécurité ferroviaire, et en vue de respecter les mesures d'harmonisation recommandées par le projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer communautaires, l'INRETS s'est proposé, dans le cadre d'un nouveau projet baptisé « *RETOUREX* », de poursuivre, d'élargir et d'approfondir ses recherches sur le thème facteur humain afin de l'intégrer dans le processus du Retour d'expérience (Rex). En effet, les organismes nationaux, les gestionnaires d'infrastructure, les professionnels du secteur ferroviaire et tous les acteurs qui prennent part à l'élaboration du dossier de sécurité, doivent désormais disposer d'une démarche méthodologique du Rex centrée sur les facteurs humains. L'objectif de l'étude consiste donc à élaborer une nouvelle approche du Rex qui prend en compte les facteurs humains dès la première phase de collecte de données. Ce travail est présenté dans quatre chapitres.

Le premier chapitre traite, dans sa première partie, de l'évolution dans le temps du concept fiabilité en fonction des différents courants (ingénierie, ergonomique, psychologique) qui l'abordent. Ceci explique le passage de la notion de fiabilité technique à la notion de fiabilité globale du système socio-technique intégrant la composante humaine. La seconde partie présente les différentes défini-

tions de la fiabilité humaine comme étant une qualité et propriété de l'homme, ou une discipline scientifique en soulignant l'existence d'une étroite relation entre la fiabilité et l'erreur humaine.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de l'erreur humaine proprement dite. Il présente notamment les principaux modèles de classification de l'erreur humaine en soulignant leur évolution dans le temps en fonction des domaines et disciplines scientifiques. Malgré l'intérêt indéniable de ces modèles, leur mise en œuvre dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires et notamment dans le processus du Rex, demeure difficile. Aucun modèle, à lui seul, ne permet d'assurer l'exhaustivité de l'analyse. En effet, ces modèles théoriques, parfois trop détaillés, ne sont pas destinés à une application industrielle et se heurtent à un problème d'exploitation. D'où l'objectif de ce travail qui s'attache à développer une nouvelle approche méthodologique qui vise l'intégration de l'erreur humaine dans le processus du Rex et notamment dès la phase de collecte des données.

Le troisième chapitre présente dans sa première partie la démarche actuelle du Rex dans les transports ferroviaires notamment à la SNCF et à la RATP. Il précise dans sa deuxième partie les principes et les modalités du déroulement d'une enquête technique après incident ou accident ferroviaire, conformément aux recommandations des nouvelles réglementations Nationale et Européenne (Loi du 3 janvier 2002 et Proposition de directive relative à la sécurité des chemins de fer communautaires du 23 janvier 2002). Ce chapitre propose enfin les principales lacunes et obstacles dont souffre le Rex ferroviaire. Ce sont essentiellement les limites relatives à la réalisation de l'enquête technique, à l'organisation générale de l'entreprise ferroviaire, au déroulement du processus global du Rex et enfin aux difficultés de prise en compte des facteurs humains. La suite de notre étude a été focalisée seulement sur le problème d'intégration des facteurs humains qui constitue à ce jour l'obstacle majeur du Rex.

Pour appréhender ces problèmes et tenter de cerner ainsi les principales lacunes du Rex, notamment l'absence d'une méthodologie globale standardisée et les difficultés d'intégrer les facteurs humains, notre contribution, qui fait l'objet du quatrième et dernier chapitre, a porté sur l'élaboration d'une démarche méthodologique du Rex centrée sur les facteurs humains. Cette démarche fait intervenir deux grandes parties. La première partie propose une approche globale du déroulement de Rex qui s'articule autour de cinq grandes phases : collecte des données, analyse des données, stockage des données, exploitation des données et proposition de recommandations. Cette approche a mis l'accent sur la place capitale de la collecte de données relatives à l'opérateur humain dans la mise en œuvre et le bon déroulement du processus de Rex. La seconde partie de ce chapitre est focalisée sur l'étude des données relatives à l'opérateur humain en vue de les intégrer dans le processus de Rex.

Inspirée des travaux de Reason, de Rasmussen et de Van Elslande, l'approche d'analyse de l'erreur humaine proposée fait intervenir trois niveaux complémen-

taires : Le premier niveau d'analyse contextuelle (avant l'accident) permet d'étudier les différents facteurs favorisant la production de l'erreur humaine à l'origine de l'accident. Ces facteurs sont relatifs à l'opérateur humain, à son environnement de travail, au système ainsi qu'aux diverses interactions de l'homme avec le système et l'environnement. Le deuxième niveau d'analyse cognitive (pendant l'accident) vise à identifier les erreurs humaines relatives au processus cognitif humain mis en jeu face à une situation d'insécurité donnée. Le troisième niveau d'analyse comportementale (après l'accident) s'attache à évaluer les conséquences d'une action erronée en termes de dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système. Malgré l'intérêt de cette approche qui permet d'identifier, à chaque niveau d'analyse, une liste d'erreurs humaines potentielles qui contribuent à l'occurrence des accidents ferroviaires et qu'il faut prendre en considération dans le Rex, elle requiert sa mise en œuvre dans des conditions réelles, en vue de valider et d'améliorer ce qui demeure une proposition.

Introduction

Plusieurs événements mondiaux, comme la collision de Ténériffe en 1977, Three Mile Island en 1979, la tragédie de Bhopal en 1984, les catastrophes de Challenger et Tchernobyl en 1986, le naufrage de Herald of Free Enterprise en 1987 et l'explosion de la plate-forme pétrolière Piper alpha en 1988, ont souligné la place de l'opérateur humain dans la genèse de ces accidents.

Avec l'amélioration de la fiabilité technique, la tendance actuelle est d'attribuer les dysfonctionnements des systèmes, générateurs d'accidents, à une erreur de l'opérateur humain. L'opérateur est considéré comme point faible du système et limiteur de performance et de sécurité. Ainsi, l'erreur humaine constitue un facteur causal majeur de l'émergence des accidents dans plusieurs secteurs de sécurité dont celui des transports ferroviaires.

Dans des domaines très divers, les statistiques montrent que le pourcentage des accidents dus à une erreur humaine s'est considérablement accru depuis quelques années, jusqu'à atteindre des taux de l'ordre de 80 % (Hoc, 1996). L'amélioration de la sécurité des transports est ainsi freinée par la constance d'une des causes multiples conduisant à des situations contraires à la sécurité, le facteur humain.

En effet, 65 à 80 % des causes des accidents sont imputées aux opérateurs de première ligne (Amalberti, 1995 et 2001). L'erreur humaine représente dans 70 à 90 % des cas, la cause des accidents dans les transports terrestres, maritimes ou aériens (Roussel, 1991). Elle est à l'origine de 65 % des accidents dans les transports ferroviaires (Malye, 1995 et Silhol et Tomezak, 1998), de 69 % dans la marine, de 77 % dans l'aviation civile, de 74 % dans le nucléaire civil et de 75 % dans la médecine (Amalberti, 1995 et 2001).

Ces accidents ont fait, entre 1985 et 1988, 144 morts et 239 blessés en France.

4,4 milliards de francs ont été investis en moins de dix ans (Malye, 1995). Ils sont responsables de 47 900 morts aux USA en 1986 et 10 550 morts en France en 1988 (Roussel, 1991). Ils représentent deux tiers des accidents mortels en Australie (Salminen et Tallberg, 1996).

Les conséquences néfastes et le coût terrible des accidents dus au facteur humain, la survenue de nouvelles catastrophes malgré le progrès de la technologie, sont à la base de la mise en place d'un système de retour d'expérience (Rex) comme étant l'un des moyens essentiels de nature à promouvoir l'amélioration nécessaire de la sécurité. L'objectif principal de ce système est de tirer des enseignements d'une expérience vécue pour éviter sa reproduction.

En effet, et notamment dans le domaine des transports ferroviaires, plusieurs rapports d'évaluation et d'expertise confirment la nécessité et l'intérêt de disposer d'une démarche rigoureuse de retour d'expérience pour augmenter le niveau de sécurité des systèmes.

Ce sont :

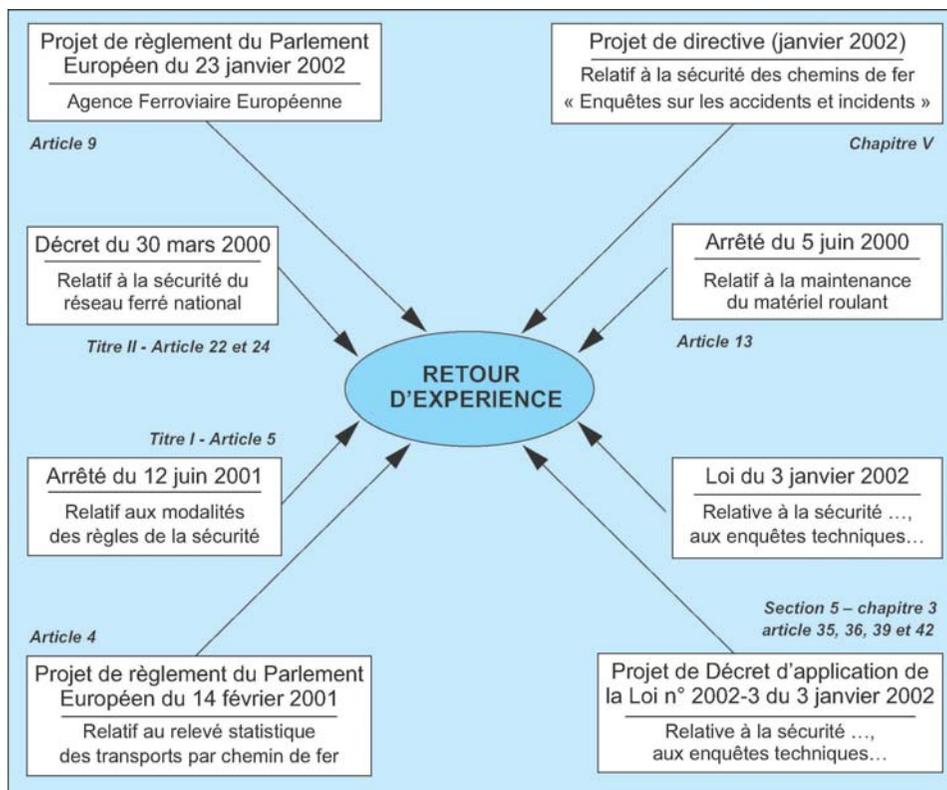
- le rapport de fin d'opération d'Isabelle Boudeaux et Claude Gilbert « Procédures de *retour d'expérience*, d'apprentissage et de vigilance organisationnels ». Programme Risques Collectifs et Situations de Crise, CNRS septembre 1999 ;
- le rapport d'expertise de Jacques Villé destiné au Directeur des Transports Terrestres « Diagnostic de l'exercice, par les directions départementales de l'équipement, de leur mission de contrôle de sécurité des transports guidés », janvier 1999 ;
- le rapport d'évaluation de Pierre Desfray « Diagnostic de sécurité des tunnels ferroviaires », septembre 1999 ;
- les 41 propositions du rapport commun des missions administratives *d'enquête technique* Française et Italienne relative à la catastrophe survenue le 24 mars 1999 dans le tunnel du Mont-Blanc, Pierre Duffé, Michel Marec et Pascale Cialdini, juillet 1999 ;
- le rapport *d'enquête* relatif à l'incendie survenu le 18 novembre 1996 dans le tunnel sous la manche, Lejuez et al., 5 mai 1997 ;
- le rapport complémentaire relatif à l'incendie du 18 novembre 1996 dans le tunnel sous la manche, Desfray, 19 décembre 1997.

En outre, un ensemble de récents textes législatifs et réglementaires nationaux ainsi que des projets de directives européennes viennent appuyer ces rapports en indiquant les principes, les objectifs et les modalités du processus du Rex (figure 1). Ces réglementations concernent surtout les enquêtes techniques après accidents et incidents ferroviaires :

- le décret n° 2000-286 du 30 mars 2000 relatif à la sécurité du réseau ferré national (Titre II – Articles 22 et 24) ;
- l'arrêté du 5 juin 2000 relatif aux règles techniques et de maintenance applicables aux matériels roulants circulant sur le réseau ferré national (Article 13) ;
- l'arrêté du 12 juin 2001 relatif aux modalités des règles de sécurité applicables aux transports internationaux utilisant le réseau ferré national (Titre I – Article 5) ;
- la Loi n° 2002-3 du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux *enquêtes techniques* après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien... (Titre III – Article 14) ;

- le projet de règlement du Parlement européen et du conseil relatif au relevé statistique des transports par chemin de fer, 14 février 2001 ;
- la communication de la commission au conseil et au parlement européen, « vers un espace ferroviaire européen intégré » (COM (2002)18 final) Bruxelles, 2002 ;
- le projet de décret d'application de la Loi du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux *enquêtes techniques* après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien... (Section 5 – Chapitre 3 – Articles 35, 36, 39 et 42) ;
- le projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer, 23 janvier 2002 (Chapitre V : *Enquêtes sur les accidents et les incidents*) ;
- le projet de règlement du Parlement européen et du conseil instituant une « Agence Ferroviaire Européenne », 23 janvier 2002 (Article 9 : *observation des performances en matière de sécurité – Analyse des accidents/incidents*).

Figure 1 : Cadre législatif et réglementaire du REX



La communication et les projets de directives européennes visent la création d'autorités de sécurité des Etats membres (dirigées par une future agence ferro-

viaire européenne) ainsi qu'un organisme d'enquêtes permanent, spécialisé et indépendant, l'équivalent du BEA aérien (Bureau Enquêtes Accidents).

Le but de ces projets est de fonder un espace ferroviaire européen intégré afin d'harmoniser la structure réglementaire des Etats membres, d'élaborer des objectifs et des indicateurs de sécurité communs et de mettre en place un système de gestion de la sécurité, dont le processus du Rex, qui satisfait aux exigences communautaires et comporte des éléments communs.

Néanmoins, l'évocation du rôle de ces acteurs (Agence ferroviaire européenne, Autorité de sécurité et notamment l'organisme indépendant chargé des enquêtes) soulève plusieurs questions :

- Quelles sont les règles relatives aux enquêtes sur les accidents et les incidents ?
- Comment définir des objectifs de sécurité communs, des indicateurs de sécurité communs et des méthodes de sécurité communes ?
- Comment harmoniser les enquêtes sur les accidents ?
- Quel est le contenu d'un rapport d'enquête ?
- Quelle est la démarche mise en œuvre pour effectuer une enquête ?
- Quels sont les principaux acteurs qui doivent participer à l'enquête technique et éventuellement judiciaire ?
- Comment collecter, analyser, archiver et exploiter les données relatives à des accidents et incidents ?
- Quelles sont les techniques et méthodes de recueil de données qui doivent être mises en œuvre lors d'une enquête pour reconstituer la chronologie des faits, identifier les causes et évaluer les conséquences ?
- Quel support ou outil doit-on utiliser pour faciliter la tâche de collecte de données ?
- Comment interpréter et tirer profit des enseignements du retour d'expérience et élaborer des recommandations permettant de réduire le niveau de risque (gravité/occurrence) ?
- Comment s'assurer que ces recommandations sont bien mises en œuvre ?
- Comment élaborer une méthode d'enquête commune et des principes communs pour le suivi des recommandations en matière de sécurité et s'adapter au progrès scientifique et technique ?
- Comment prendre en compte et intégrer les facteurs humains dans une démarche de retour d'expérience ?

En effet, plusieurs travaux soulignent que les obstacles au Rex sont multiples dont les plus importants sont les problèmes transversaux aux organisations de l'entreprise et les problèmes liés à l'analyse des facteurs humains (Amalberti, 1995), (Wibaux, 1995), (ANAE, 1996), (Lebaye, 1997), (Hennebert, 1998 et 1999), (Bourdeaux et Gilbert, 1999), (proposition de Directive Européenne 2002), (Gilbert, 1999 et 2001) et (Kaiser, 2002).

Le retour d'expérience dans les activités à risques reste encore largement limité à une dimension technique. Le Rex est beaucoup moins performant et beaucoup plus limité lorsqu'il porte sur l'aspect facteur humain et sur les événements opérationnels mettant en cause directement ou indirectement l'intervention humaine.

L'objectif de la recherche vise à rationaliser, harmoniser et homogénéiser le processus d'élaboration et d'exploitation du Retour d'expérience (Rex) et d'améliorer ainsi le niveau de sécurité des futurs systèmes de transports ferroviaires par la prise en compte des facteurs humains, non seulement dès les phases de spécification et de conception du système, mais aussi dans les analyses préliminaires de risques (APR).

Le présent travail consiste à étudier les principaux concepts clés des facteurs humains à prendre en considération dans le processus de retour d'expérience, notamment dans la phase de collecte des données.

Cette étude est répartie en quatre chapitres. Le premier chapitre traite des différentes notions de base de la fiabilité humaine. Les divers concepts relatifs à l'erreur humaine et les principaux modèles de sa classification font l'objet du deuxième chapitre.

Le troisième chapitre analyse le retour d'expérience dans le secteur ferroviaire en mettant l'accent sur ses principaux obstacles et limites relatifs notamment aux difficultés de la prise en compte des facteurs humains.

Le quatrième chapitre propose une approche d'intégration de l'erreur humaine dans le processus du retour d'expérience. Centrée sur le déroulement d'un accident potentiel et appuyée par quelques exemples d'application issus du domaine ferroviaire, cette méthode s'articule autour de trois niveaux complémentaires d'analyse et d'évaluation de l'erreur humaine : le niveau contextuel (en amont de l'accident), le niveau cognitif (pendant l'accident), et le niveau comportemental (en aval de l'accident).

Cette analyse séquentielle de l'erreur humaine présente un guide méthodologique d'examen et d'évaluation des risques humains au même titre que l'analyse des risques technologiques (analyse préliminaire de risques). Elle permet de mieux appréhender le comportement de l'être humain dans son activité et d'extraire les principaux concepts à considérer dans le processus de retour d'expérience notamment dans la phase de collecte de données.

Ce travail s'inscrit pleinement dans :

1. La problématique initiale de l'UR ESTAS de l'INRETS, c'est-à-dire l'analyse et l'évaluation de la sécurité des transports ferroviaires guidés, et dans son indispensable prolongation vers la prise en compte des facteurs humains dans le domaine de la sécurité. Le manque de liens entre ces deux disciplines et leurs complémentarités a été maintes fois déplorés y compris par nos tutelles ;
2. Le programme incitatif « sciences de la cognition appliquées aux transports » ;

3. Le programme « risques collectifs et situations de crises » du CNRS ;
4. Les perspectives des travaux du réseau SAMNET (Safety Management Network) en cours de montage au niveau européen à l'initiative de l'INRETS et plus particulièrement de l'UR ESTAS ;
5. Le réseau RT3 (réseau inter-régional de recherche dans la technologie des transports terrestres), dont l'UR ESTAS (via le GRRT) et l'Université de technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM) sont membres ;
6. Le projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer communautaires. Chapitre V : Enquêtes sur les accidents et les incidents.

Chapitre 1 :

La Fiabilité Humaine

Introduction

Avant d'étudier les différentes approches d'analyse et de classification de l'erreur humaine, il nous semble nécessaire de rappeler quelques concepts relatifs à la fiabilité.

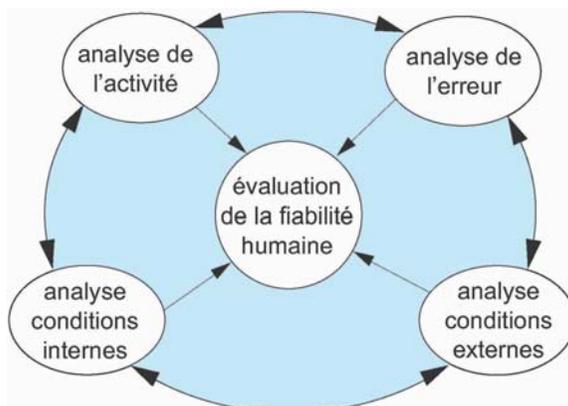
En effet, la notion d'erreur humaine est corrélative de celle de fiabilité (Pour Reason, fiabilité et erreur humaine sont les deux faces d'une même pièce de monnaie). C'est par le moyen des erreurs que l'on apprécie et quantifie le degré de défaillance ou de fiabilité humaine. L'erreur constitue ainsi la mesure de la fiabilité de l'homme.

Leplat (1985) distingue diverses manières d'aborder la fiabilité humaine (figure 1) :

- à partir de l'analyse de l'erreur : cette analyse est étroitement liée à celle de l'activité qui dépend des conditions internes propres à l'opérateur et des conditions externes propres à son environnement (conditions techniques et organisationnelles). L'erreur humaine est une conséquence (éventuelle) ou expression de l'activité ;
- à partir de l'analyse des conditions internes et externes qui influencent la fiabilité et interviennent dans la production de l'erreur.

L'ensemble des approches évoquées par Leplat peut être synthétisé dans la figure 2.

Figure 2 : Les différentes manières d'aborder la fiabilité humaine



Historique de la fiabilité humaine

La fiabilité ou l'approche fiabiliste est une discipline reconnue dès 1962 en tant qu'une des sciences de l'ingénieur. Depuis, plusieurs études ont contribué à son développement surtout dans les systèmes à haut niveau de risque.

L'importance de son développement au cours des années est due à trois principaux facteurs (Neboit et al. 1990) :

- une criticité grandissante des défaillances des systèmes de plus en plus complexes (avec risque accru de pertes humaines ou de perturbation du fonctionnement de la société) ;
- un surcoût croissant de l'exploitation lié aux défaillances et à la maintenance ;
- une complexité des systèmes nécessitant une rationalisation des activités industrielles.

Le développement de la fiabilité s'est déroulé en plusieurs étapes. Les tendances et les orientations successives apparues répondent schématiquement à quatre objectifs (Villemeur, 1988; Neboit, 1990; Keravel, 1996) :

- évaluer la fiabilité du système technique sans prendre en compte les facteurs humains,
- intégrer la composante humaine sans en structurer l'analyse,
- mieux connaître le fonctionnement humain en tenant compte des facteurs d'influence mais sans articulation au contexte technique,
- considérer la performance globale et la fiabilité du système avec l'analyse simultanée des facteurs humains et des facteurs techniques (de la fiabilité technique à la fiabilité humaine à la fiabilité globale du système socio-technique).

En effet, après la deuxième guerre mondiale, l'accent a été mis uniquement sur l'analyse des dysfonctionnements techniques en vue d'augmenter la fiabilité des matériels (fonctionnement des missiles, construction des armes nucléaires, industries électronucléaires, etc). Ce n'est qu'en 1957 qu'on a inclus les facteurs humains dans l'étude de la fiabilité du système.

Les années 60 se sont révélées d'importantes sources d'erreur humaine. Cela est dû surtout à la complexité grandissante des systèmes, aux exigences demandées à l'opérateur de moins en moins compatibles avec ses capacités et ses limites et aux mauvaises caractéristiques liées à la conception.

Il s'est développé ainsi la première analyse prévisionnelle de la fiabilité humaine (APFH), tant au niveau des méthodes que des données (première banque des données facteurs humains). La méthode THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) est une technique pour la prédiction de taux d'erreurs humaines qui consiste à recueillir et à quantifier les probabilités d'erreurs humaines.

Au cours des années 70, la catastrophe de Three Mile Island en 1979 a joué un rôle stimulateur dans la prise de conscience du poids des facteurs humains dans l'analyse de la sécurité des systèmes. Il s'est développé par conséquent, la première approche d'évaluation prévisionnelle de fiabilité humaine (EPFH).

Les années 80 ont été marquées par l'accident de Chernobyl en 1986 et par la première conférence internationale de facteurs humains et de sûreté de fonctionnement. L'intégration de la composante humaine est apparue donc nécessaire pour garantir le bon fonctionnement des systèmes.

Parallèlement à ce courant d'ingénierie, se sont développés, dès les années 60, le courant ergonomique, le courant psychologique et le courant dit "combinatoire" dont les objectifs sont complémentaires (Neboit et al. 1990).

Alors que l'approche THERP considère l'homme comme une source d'infiabilité, **l'ergonomie** en Europe (ou *Human Factor* aux USA) souligne le fait que l'homme est aussi un agent de fiabilité car il est le seul élément du système qui adapte son comportement aux variations éventuelles de la situation du travail.

Leplat (1991) souligne que l'ergonomie ne considère pas l'homme en général, mais l'homme affrontant une tâche, un objectif et des conditions de travail qu'il est nécessaire de bien connaître pour concevoir une intervention ergonomique valable. L'étude ergonomique de la fiabilité consiste non seulement à étudier les propriétés d'un produit mais également à étudier ses rapports avec l'ambiance et l'activité effective de l'individu.

En effet, l'ergonomie apporte trois types d'analyse de l'activité utilisés pour l'évaluation de la fiabilité humaine : l'analyse hiérarchique des tâches, l'analyse des tâches séquentielles et l'analyse des scénarios. Cette évaluation permet de mieux estimer les attentes des opérateurs et de préciser les événements de nature cognitive (Keravel 1996).

Le **courant psychologique** analyse les erreurs humaines (recueil, description, classification, mécanisme de genèse, etc) à travers une modélisation du fonctionnement cognitif de l'opérateur humain. Son objectif est de mettre en évidence l'influence des conditions externes sur la performance de l'opérateur humain (Neboit et al. 1990).

Le courant qualifié de "**combinatoire**" essaie d'une part d'estimer les probabilités d'erreur, en se basant sur le modèle du fonctionnement cognitif de l'opérateur et d'autre part, de modéliser la fiabilité globale du système en intégrant la fiabilité humaine. Son objectif est de combiner les objectifs des autres courants par la proposition, voire la validation de modèles prévisionnels de fiabilité humaine prenant en compte les différents niveaux de fonctionnement cognitif de l'opérateur (Neboit et al. 1990).

Ainsi, on parle actuellement de prise en compte simultanée des facteurs humains et des facteurs techniques ou de performance globale du système socio-technique.

L'ensemble de ces données historiques concernant les différentes étapes du développement de la fiabilité est synthétisé par la figure 3.

Fiabilité traditionnelle et fiabilité contemporaine

Embrey E.D. (1991) distingue deux conceptions de la fiabilité humaine : une traditionnelle et une contemporaine. L'approche traditionnelle visait essentiellement à quantifier la probabilité d'erreurs commises par les opérateurs dans le cadre d'actions prédéterminées, habituellement dans le contexte de situations d'urgence. Cette approche n'aborde pas spécifiquement la réduction de l'erreur ou l'analyse des causes fondamentales d'erreur.

Pendant, dans l'approche contemporaine, la réduction de l'erreur est considérée comme un objectif de tout premier ordre. En plus, l'opérateur y est considéré comme participant activement à la solution du problème alors qu'il n'était qu'un composant passif dans l'approche traditionnelle. L'ensemble des caractéristiques des deux approches de la fiabilité humaine est synthétisé dans le tableau suivant (Tableau 1):

Figure 3 : Schéma synthétique des différentes étapes de l'évolution de la fiabilité (de la fiabilité technique à la fiabilité globale du système socio-technique)

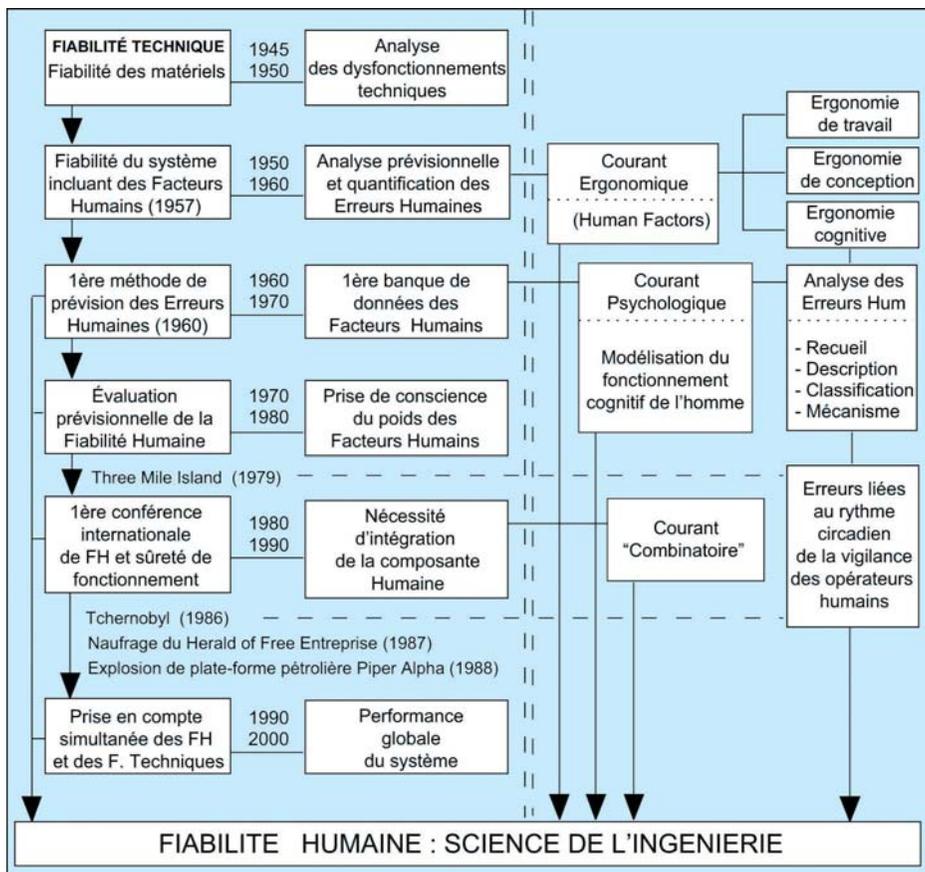


Tableau 1: Caractéristiques des approches traditionnelle et contemporaine de la fiabilité humaine selon Embrey E.D. (1991)

Fiabilité humaine traditionnelle	Fiabilité humaine contemporaine
<ul style="list-style-type: none"> - élément humain assimilé à un composant - techniques analogues aux méthodes appliquées au matériel informatique - données en termes de fréquences numériques d'erreurs - importance majeure accordée à la quantification - accent mis sur les aspects négatifs de la performance humaine - pas de prise en compte des facteurs organisationnels - pas de prise en compte de la prévention des erreurs 	<ul style="list-style-type: none"> - élément humain considéré comme participant actif à la solution du problème - techniques fondées sur les théories expliquant les erreurs - feedback systématique des expériences opérationnelles (retour d'expérience) - moins d'importance à la quantification - considération accordée tant aux apports négatifs que positifs de l'élément humain - considération des facteurs de gestion et d'organisation - accent mis sur la prévention d'erreurs - prise en compte des causes sous-jacentes d'erreurs - prise en compte tant des erreurs cognitives que des erreurs d'action

Les conditions de maîtrise de la fiabilité humaine

Les composantes de la fiabilité humaine sont fondées sur trois grandes idées directrices (Guillevic C. 1991) :

- l'évolution des systèmes techniques a fait passer l'opérateur d'une tâche de conduite et de contrôle à une tâche de supervision et de diagnostic, ce qui implique pour lui un rôle de récupération des dysfonctionnements éventuels,
- abandonner l'idée d'une conception rigide des systèmes techniques et de l'opérateur humain au profit de modèles probabilistes qui tiennent compte de la variabilité des systèmes et des hommes,
- l'apport de la dimension collective du travail réside non seulement dans le niveau relationnel, mais aussi, dans la conception de systèmes tolérants à des règles élaborées par le collectif de travail.

Ainsi, cet auteur envisage quatre conditions nécessaires à la maîtrise de la fiabilité :

1. La maîtrise de la dynamique des systèmes : il faut que l'opérateur puisse maîtriser à un niveau cognitif la dynamique temporelle du système à l'aide

de deux filtres de l'information sur l'environnement de travail. Un filtre statistique qui sélectionne les informations en fonction de leur fréquence et un filtre sémantique qui sélectionne les événements en fonction de leur utilité et de leur pertinence ;

2. La coordination des actions individuelles pour l'atteinte d'un but commun : la coopération entre plusieurs individus détermine leur capacité d'intervention dans le système. La perte de fiabilité dans les situations collectives est liée surtout à des insuffisances des règles que comporte le travail prescrit (règles incomplètes, implicites, incohérentes) ;
3. La prise en compte de la variabilité de l'opérateur pour rendre synchrones les niveaux d'efficacité de l'opérateur et les niveaux d'exigences de la tâche. En effet, les variations des capacités fonctionnelles de l'opérateur sont liées non seulement à la rythmicité circadienne de son niveau de vigilance mais également à celui des exigences de la tâche ;
4. L'intégration des nouvelles procédures et l'appropriation de l'outil : pour garantir une compatibilité entre une base de connaissances du concepteur (se traduisant par un codage de l'information, des procédures et des règles) définie pour le nouvel outil et une base de connaissances de l'opérateur (élaborée à partir des schémas d'actions construits sur l'ancienne installation).

Définitions de la fiabilité humaine

La notion de fiabilité humaine est différemment définie selon les disciplines et selon les auteurs. Neboit (1990), Leplat (1991) et Fadier (1994) distinguent généralement deux grandes acceptions de la fiabilité : la fiabilité humaine discipline ou propriété humaine.

La fiabilité humaine comme discipline scientifique

La fiabilité humaine désigne une discipline, un domaine d'études et de connaissances. En considérant l'homme comme agent d'infiabilité, elle a été souvent envisagée en tant que science des défaillances humaines qui met l'accent sur les origines humaines de l'infiabilité des systèmes.

Elle est ainsi définie comme le corps de connaissances concernant la prédiction, l'analyse et la réduction de l'erreur humaine en se focalisant sur le rôle de l'homme dans une opération de conception, de maintenance et de gestion du système socio-technique (Swain et Guttman, 1983) et (Villemeur, 1988).

En considérant que l'homme est aussi un agent de fiabilité, Leplat et de Terssac (1989) introduisent la notion de tâche dans la définition de la fiabilité humaine. Ils la définissent en tant que discipline, comme l'étude des facteurs (des modalités de mise en œuvre et d'élaboration des compétences) propres à l'amélioration de la qualité du couplage homme-tâche.

C'est une technologie (de mise en œuvre de connaissances sur l'homme au travail) dont l'objet est l'aménagement du couplage entre les composantes humaines et techniques d'un système, afin que celui-ci réponde plus efficacement à sa tâche (à sa mission).

Fadier (1994) affirme que la fiabilité humaine est la résultante des capacités de l'individu et des conditions liées à la réalisation de sa tâche, favorable ou non à la mise en valeur de ses compétences. Il parle alors de système homme-tâche, concept qui met en évidence le couplage indispensable entre l'homme et sa tâche.

La fiabilité humaine comme propriété/qualité de l'homme

La fiabilité humaine désigne aussi une propriété, une qualité de l'homme au travail. Dans ce sens, elle signifie la capacité ou l'aptitude de l'homme à remplir sa mission, à accomplir une fonction requise dans des conditions données et pour une période donnée.

Elle repose sur la capacité de gestion de cette fonction et sur l'activité d'exécution considérée dans son résultat et individuellement. Elle représente aussi la mesure de cette capacité en termes de probabilités de succès d'une performance attendue (Swain, 1983 ; Leplat, 1985 ; Villemeur, 1988 ; de Terssac et Chabaud 1990).

En tenant compte du système homme-tâche, Nicolet et Cellier (1985) définissent la fiabilité humaine comme la probabilité pour qu'un individu, une équipe, une organisation humaine, accomplisse une mission dans des conditions données, à l'intérieur de limites acceptables, pendant une certaine durée.

Dans le même sens, Leplat et de Terssac (1989) soulignent que la fiabilité humaine n'est pas uniquement l'expression de la fiabilité intrinsèque de l'homme. En tant que résultat de l'interaction opérateur-tâche, la fiabilité humaine, selon ces auteurs, dépend de la qualité du couplage entre les compétences de l'opérateur et le travail demandé dans des conditions données.

La définition de la fiabilité humaine évoquée par Neboit (1990) et Fadier (1994) tient compte de la notion de récupération qui consiste à ramener un résultat non acceptable à un résultat acceptable avant que l'effet du dit résultat soit irréversible.

Un système socio-technique fiable, selon ces auteurs, serait un système dont on sait prévoir et récupérer (gérer) les dysfonctionnements (dès la conception), y compris ceux du système homme(s)-tâche(s).

La fiabilité humaine, dans ce sens, est une des composantes de la fiabilité globale d'un système socio-technique. Elle traduit le résultat de l'activité mise en jeu par l'opérateur pour réaliser une tâche donnée définie comme l'ensemble des objectifs assignés, des moyens mis à disposition et des conditions d'exécution. L'erreur humaine, dans ce cas, est le symptôme d'un mauvais couplage opérateur-tâche.

En résumé, la fiabilité humaine peut être définie sous plusieurs angles. En tant que discipline scientifique, elle signifie l'étude des défaillances humaines qui considère l'homme comme un agent faillible. Elle peut être alors utilisée pour évaluer les influences des erreurs humaines sur la sécurité et la productivité.

En termes de qualité propre de l'homme, elle est définie, par analogie à la fiabilité technique, pour désigner la capacité d'un individu à réaliser, avec succès ou sans erreur, un ensemble de fonctions requises dans des conditions données et pour un temps donné.

Néanmoins, cette définition reste non exhaustive et incomplète. En effet, l'analyse de ces fonctions et des conditions dans lesquelles elles sont exécutées, révèle des notions clés en termes de tâche et de récupération.

On parle ainsi de fiabilité du système homme-tâche pour souligner le couplage indissociable entre l'opérateur et la tâche à effectuer. On parle également de fiabilité globale du système socio-technique pour dégager le couplage entre les composantes humaines et techniques du système.

Autres définitions de la fiabilité humaine

Du point de vue comportementale, Mazeau (1993) trouve que la fiabilité de l'homme dépend de sa capacité à adopter un comportement adapté au but à atteindre dans une situation donnée. Elle dépend également de sa capacité à réaliser les actions attendues en accord avec les exigences de la mission qui lui est confiée et à ne pas réaliser d'actions susceptibles de détériorer ou détruire le système ou sa production.

Du point de vue de la psychodynamique du travail, Jayet (1993) signale que lorsqu'on parle de fiabilité humaine, on attend d'un opérateur qu'il ait la réaction adéquate face à une situation incidentelle et qu'il choisisse la solution la plus adaptée entre deux ou plusieurs alternatives.

Pour atteindre ces buts, l'opérateur doit prendre des informations, les comparer à des référentiels théoriques ou vécus, émettre des hypothèses, faire un diagnostic et agir. Il est ensuite soumis, en retour, à un jugement qui évalue la pertinence de son action. Tout ceci dans un cadre de référence qui est celui de l'entreprise ou de l'équipe de travail.

Dans le même cadre, de Terssac et Chabaud (1990) mettent l'accent sur la notion de possibilité et définissent la fiabilité humaine comme étant la capacité ou la possibilité pour un individu, appartenant généralement à un groupe d'exécution, de réaliser les missions explicites ou implicites qui lui sont attribuées par ceux qui en commandent l'exécution, dans le cadre de limites acceptables.

Quelle que soit la définition adoptée, Fadier (1994) suggère que les définitions les plus intéressantes de la fiabilité humaine seraient celles qui mettraient l'accent :

- sur la globalité des problèmes de fiabilité : de l'opérateur isolé vers l'organisation, de la tâche vers le système hommes-tâches ;
- sur le fait que l'homme est tantôt source d'erreurs, et tantôt agent de fiabilité dans les systèmes complexes et instables ;
- sur l'intérêt d'avoir deux démarches complémentaires dans le cadre des définitions de la discipline : comprendre et quantifier les problèmes de fiabilité, quantifier et prédire l'occurrence des dysfonctionnements pour les prévenir. Pour ce faire, il faut comprendre les mécanismes de ces derniers et faire introduire dans le système des possibilités de gestion des défaillances : tolérance, récupération, retour d'expérience, compensation, ...;
- sur les méthodes d'analyse : celles-ci doivent porter à la fois sur les conditions internes de la fiabilité humaine (formation, expérience, état psycho-physiologique) et les conditions externes (la tâche et ses contraintes associées).

Capacité de l'homme à effectuer sa tâche sans erreur, le domaine de la fiabilité humaine étudie les aspects quantitatifs des erreurs dans un objectif d'optimisation des systèmes hommes-tâches (Fadier 1994).

Conclusion

Ce chapitre a traité, dans sa première partie, de l'évolution dans le temps du concept fiabilité en fonction des différents courants (d'ingénierie, ergonomique, psychologique ou combinatoire) qui l'abordent. Ceci explique le passage de la notion de fiabilité technique à la notion fiabilité globale du système socio-technique intégrant la composante humaine.

La seconde partie a présenté les différentes définitions de la fiabilité humaine comme étant une qualité et propriété de l'homme ou une discipline scientifique en soulignant l'existence d'une étroite relation entre la fiabilité et l'erreur humaine.

Chapitre 2

L'erreur humaine

Introduction

Les recherches sur l'erreur n'ont pas cessé d'évoluer, mais les concepts ont été largement revus depuis les dernières décennies. Selon Amalberti (1999), dans la psychophysique et dans la psychologie de comportement, l'erreur est surtout apparue aux scientifiques comme un instrument de mesure de la performance (bonne réponse) des sujets d'expérience.

Elle a été, ensuite, considérée par le courant psychologique pour son rôle organisateur et bénéfique pour la cognition (les erreurs participaient à la réorganisation des données qui conduit à l'accès à la solution).

Les études sur l'erreur n'ont occupé une place prédominante dans la psychologie qu'à partir des années 80 suite aux premières grandes catastrophes de cause humaine de l'ère industrielle moderne.

L'objectif des études sur l'erreur a été orienté d'abord, vers la compréhension de leur mécanisme de survenue. Ensuite, avec le progrès de la technologie et le besoin de sécurité, le but des études a été déplacé vers les effets d'une suppression totale ou quasi-totale des erreurs, par remplacement de l'opérateur (automatisation) ou par encadrement strict et procédural de sa performance (Amalberti R. 1995 et 1999).

Définition de l'erreur humaine

La notion d'erreur humaine est un concept très large car elle a des dimensions multiples. Actuellement, il n'existe pas "un référentiel commun" pour définir l'erreur humaine.

En effet, le terme "erreur humaine" couvre plusieurs significations selon l'angle sous lequel elle est vue. La diversité des points de vue est liée à la multiplicité des disciplines qui l'analysent (psychologie, ergonomie, ingénierie, sociologie, philosophie, juridique).

Leplat (1996) souligne la multi-dimensionnalité de l'erreur humaine. En effet, le **psychologue** examine l'erreur humaine dans la perspective de l'activité qui dépend, en partie, des caractéristiques de la tâche (physiques, techniques, organisationnelles, sociologiques, etc).

L'analyse **sociologique** de l'erreur tient compte non seulement de son coût économique sur le système technique où elle s'insère, mais également, de ses aspects psychologiques.

De même, dans le domaine **juridique**, l'analyse de la responsabilité n'envisage pas l'erreur sous le seul angle de l'infraction, mais se base souvent sur les résultats de l'étude psychologique (rapports entre l'intention et l'erreur).

Du point de vue de la **philosophie analytique**, l'erreur est définie comme étant une action intentionnelle d'un certain type qui a manqué son but (de Beaurepaire 1996).

Dans le même sens, Reason (1990) et Leplat (1993) signalent que la notion d'erreur est inséparable de la notion d'intention car elle permet d'expliquer les mécanismes de production de l'erreur. La notion d'intention étant en relation étroite avec l'action, la définition de l'erreur nécessite donc une analyse des divers types de comportements intentionnels et actionnels.

L'analyse de l'action met l'accent sur l'intention qui l'incite et la guide, sur la décision qui implique des processus d'évaluation, de raisonnement, de jugement et de choix, ou sur les procédures qui concourent à sa réalisation (de Beaurepaire 1996).

L'intention comporte deux éléments, une expression de l'état final à atteindre et une indication des moyens par lesquels il doit être atteint (Reason 1990). L'élément intentionnel est celui qui caractérise proprement l'action et la distingue, non pas de l'erreur, mais des cas où elle résulte d'une contrainte ou d'une intervention extérieure (De Beaurepaire 1996).

L'erreur ne peut être ainsi définie sans se référer à l'intention humaine, car elle dépend du jugement de l'homme face à une situation spécifique (Rasmussen 1987).

Le diagnostic d'erreur humaine est celui d'une action. Il repose en premier lieu sur l'analyse de cette action et plus globalement, d'un comportement. Une théorie de l'erreur humaine révèle donc une théorie de l'action (de Beaurepaire 1996).

Pour l'**ergonome**, l'erreur humaine est le signe d'une inadéquation, d'un manque de compatibilité entre les caractéristiques techniques, organisationnelles, fonctionnelles... de la situation de travail, et les caractéristiques physiques, mentales, psychosociales... de l'opérateur humain (c'est l'opérateur en première ligne " en bout de chaîne " - conducteur, pilote, ... puisque les erreurs à la conception sont classées dans les défaillances techniques).

Leplat (1989) signale que l'erreur humaine est liée à la notion de la **tâche** ainsi qu'à la valeur accordée à cette tâche c'est-à-dire aux buts et aux conditions de l'action.

L'erreur humaine, en tant que dysfonctionnement du système homme x tâche, est un événement non souhaité, dont la récupération est possible à condition d'avoir été détectée, ou dont les conséquences néfastes (pour l'homme ou le système) doivent être minimisées (Neboit 1996). L'occurrence de l'erreur humaine est ainsi définie par le comportement globale du système homme-tâche (Rasmussen 1987).

L'erreur dans l'exécution de la tâche est un dysfonctionnement dans la définition de l'interface hommes-tâches c'est-à-dire dans la qualité du couplage

tel qu'il est organisé par ceux qui définissent le travail à faire et / ou en commandent l'exécution : l'erreur d'exécution d'un travail peut très bien être considérée comme le résultat d'une erreur de conception (de Terssac et Chabaud 1990).

Dans le domaine du **travail**, Rasmussen (1983) définit l'erreur humaine comme étant la contrepartie négative de l'activité humaine, susceptible de conduire à une défaillance de l'opérateur (cité par Laprie 1995).

La définition adoptée par Leplat (1985) est fondée sur l'analyse de l'activité au sein du travail ; l'erreur apparaît donc comme une caractéristique de l'activité ou comme conséquence de celle-ci.

L'erreur constitue donc un révélateur, un indicateur ou un symptôme de l'activité. Elle se traduit par une action inadaptée sur le système, action qui ne réussira pas à rendre les résultats conformes au but.

Une erreur humaine n'est pas réductible à l'incapacité ou l'incompétence à réaliser une tâche, mais peut provenir de l'impossibilité dans laquelle se trouve un opérateur d'exécuter correctement une tâche alors qu'il possède la capacité de le faire, cette impossibilité peut tout à fait provenir d'une définition incorrecte du travail à faire (de Terssac et Chabaud 1990).

Inhérente à toute intervention humaine, l'erreur humaine est un symptôme révélateur d'une mauvaise organisation du travail, une formation insuffisante ou inadéquate. La prise en compte du comportement humain dans la conception même de la machine peut garantir une plus grande sécurité des systèmes pilotés (Wanner 1989).

Hagen et Mays (1981) la définissent comme un manquement de l'être humain qui ne réussit pas à effectuer une action prescrite dans les conditions spécifiées de précision, de succession ou de temps (ou qui effectue une action interdite), ce qui peut entraîner des dommages matériels ou la perturbation d'opérations prévues. Le terme erreur humaine indique un écart par rapport à un comportement correcte ou approprié, qui est définissable (cité in OACI 1992).

Villemeur (1988) la définit comme une déviation par rapport à une action, à une séquence d'actions ou à une stratégie supposée optimale et servant de référence. Elle résulte de dysfonctionnements au niveau des activités sensorielles, mentales ou physiques de l'opérateur humain. Il s'agit d'un écart entre le comportement de l'opérateur et ce qu'il aurait dû être.

Selon Reason (1990), ce terme a un sens générique, qui couvre tous les cas où une séquence planifiée d'activités mentales ou physiques ne parvient pas à ses fins désirées, et quand ces échecs ne peuvent pas être attribués à l'intervention du hasard.

Selon Amalberti (1997, 1999 et 2001), l'erreur est l'écart par rapport à une action, une séquence d'actions ou une stratégie servant de référence. Il s'agit d'un écart aux procédures recommandées ou aux pratiques habituelles de la profession. Une erreur est susceptible de conduire à une défaillance.

Une défaillance est un événement survenant lorsque le comportement du système s'écarte de la fonction attendue. C'est une conséquence inadmissible, sortie du domaine de conduite sûr défini par les procédures, les instructions et l'analyse de sécurité.

Selon De Keyser, l'erreur humaine peut s'interpréter comme une inadéquation entre les caractéristiques d'une situation et les limites du fonctionnement cognitif de l'homme. Elle n'est qu'un facteur parmi d'autres causes de catastrophes.

Elle n'est souvent que l'impossibilité dans laquelle s'est trouvé un opérateur à faire face à une situation anormale - qu'il s'agisse de la défaillance d'un appareil ou d'un jeu de circonstances inattendues : changement organisationnel, de procédure, d'environnement ou même altération de rapports interindividuels ou inter-services.

A condition de la comprendre et de la gérer, elle peut devenir, paradoxalement, un élément de sécurité. Analyser ses ressorts psychologiques, c'est reconnaître que l'homme est le meilleur élément de fiabilité qui soit (De Keyser 1982 et 1989).

En résumé, les diverses définitions de l'erreur humaine adoptées se répartissent généralement en trois catégories : celle qui met l'accent sur les manifestations des erreurs (approche industrielle), celle qui se base sur leurs modes de production (approche psycho-cognitive) et celle qui insiste sur les deux principes à la fois (approche psycho-dynamique du travail).

L'erreur humaine est ainsi analysée selon son aspect négatif en termes de conséquences sur l'homme et/ou sur le système, ou selon son aspect positif en examinant les mécanismes qui en expliquent la production.

Difficultés de définition de l'erreur humaine

Quelle que soit la définition choisie, le terme erreur humaine (ou action erronée manifeste), signifie un dysfonctionnement de l'opérateur humain (au niveau des activités mentales, psychomotrices, sensorielles, ou physiques) qui se traduit par un **écart** ou une déviation par rapport à une action ou à une stratégie supposée optimale et servant de référence ou de **norme**.

La partie commune à la plupart des définitions de cette notion comporte l'idée d'écart par rapport à une norme. Néanmoins, plusieurs auteurs (Leplat, 1985 et 1996 ; De Keyser, 1989 ; Cellier, 1990 ; Hoc, 1996 et Amalberti 1999) prouvent une ambiguïté dans la définition de l'erreur humaine, qui réside dans deux concepts clés (l'écart et la norme de référence).

En effet, le choix de la norme n'est pas évident car il y a souvent plusieurs façons de réaliser une tâche et la norme dépend de la référence que l'on prend. La manifestation de l'erreur ou l'écart par rapport à la norme est insuffisante car une même manifestation peut être produite par procédures différentes (Hoc, 1996).

Cette difficulté de définition est liée notamment aux faits suivants :

- l'existence ou l'explication même de la norme : compte tenu de la formation de l'opérateur, des cahiers de procédures et de la complexité de certaines situations (Cellier 1990).

La référence n'étant pas explicitée à l'avance, elle pourra être ce qu'un expert déclare qu'un opérateur compétent aurait dû faire, une sorte de scénario de référence (Leplat 1996) ;

- la redéfinition par l'opérateur de sa tâche pour mieux s'adapter aux variations de la situation de travail (Cellier 1990). Les tâches prescrites n'existent guère ou ne sont pas suivies, car elles sont inadaptées à la situation (De Keyser 1989).

En plus, la norme n'est pas forcément la même pour l'exécuteur et pour celui qui a planifié le travail. Ainsi, l'écart de la tâche prescrite signifie une erreur pour l'expert, alors que celui de la tâche effective est une erreur pour l'opérateur (Leplat 1985) ;

- la norme peut porter soit sur le résultat de l'activité, soit sur l'activité elle-même (Cellier 1990);
- le problème d'évaluation de l'écart : erreur au sens large ou erreur au sens strict. L'importance accordée à la valeur de l'écart par l'expert, par l'opérateur de conduite d'un processus ou par l'opérateur de maintenance est très variable (Cellier 1990).

Distinction entre ratés, lapsus et fautes

Avant d'aborder les différentes approches de classification de l'erreur humaine, il nous semble préliminaire et indispensable de faire la distinction entre ratés, lapsus et fautes ainsi qu'entre type et forme d'erreur.

Les types d'erreurs sont conceptuellement liés aux étapes ou aux mécanismes cognitifs sous-jacents. Ils sont en relation étroite avec l'origine présumée de l'erreur située à l'étape cognitive de planification (fautes), de stockage (lapsus) ou d'exécution (ratés) (Reason 1990).

Outre les types d'erreurs qui sont spécifiques au niveau du contrôle adopté pour l'activité, Reason (1990) et Hoc (1996) distinguent les formes d'erreurs qui sont communes à une grande part des erreurs.

Ce sont des formes récurrentes de défaillances qui apparaissent quel que soit le type d'activité cognitive ou d'erreur. Elles se rencontrent, en effet, dans les fautes, les lapsus ou les ratés. Leur omniprésence laisse penser qu'elles prennent leurs racines dans des processus cognitifs universels, en particulier dans les mécanismes de récupération en mémoire.

En se référant aux trois niveaux hiérarchiques du fonctionnement cognitif de l'homme (Rasmussen 1974, Norman 1983, Leplat 1989 et Reason 1990) on distingue trois types d'erreurs :

1. **Les ratés** : ce sont des erreurs de savoir-faire, très liées aux automatismes, qui résultent d'un défaut dans l'exécution des actions. Ils s'expliquent par la

mise en jeu d'un automatisme sensori-moteur inadapté au contexte de l'activité.

Les ratés se présentent sous forme d'une routine dominante et inadaptée qui prend le contrôle de l'activité. Leur déclenchement est favorisé par des facteurs de similarité et de fréquence présents dans l'environnement ou produits par le système cognitif ;

2. **Les lapsus** : ce sont des erreurs basées sur les règles qui résultent d'un défaut dans le stockage de l'information. Ils traduisent une activation ou un choix d'un schéma d'action (procédure mentale) inadéquat, compte tenu de la situation et des contraintes de la tâche.

L'activation des lapsus est favorisée par la disponibilité des schémas les plus fréquemment et les plus récemment employés ainsi que par la ressemblance entre la situation rencontrée et les conditions d'application des schémas ;

Sellen A. J. (1994) propose une taxonomie théorique des modes de détection des lapsus. Il classe ces erreurs depuis les échecs au niveau sensori-moteur, jusqu'aux trous de mémoire et erreurs de jugement. Il conclut à un cadre général descriptif qui distingue trois grandes catégories des mécanismes de détection des erreurs : détection fondée sur l'action, détection fondée sur les résultats et détection à travers les fonctions limitatives.

Les ratés (de l'action) et les lapsus (de la mémoire) sont donc des erreurs dans l'exécution d'activités planifiées. Ils résultent d'un défaut dans l'exécution et / ou dans le stockage d'une séquence d'actions non voulues (l'intention d'agir correctement était présente). Ils traduisent l'échec des actions à se dérouler comme prévu ou échec d'exécution (indépendamment de l'adéquation du plan qui les guide à son objectif) (Reason 1990).

3. **Les fautes** : ce sont des erreurs basées sur les connaissances qui résultent d'une déficience du jugement et de planification. Elles reflètent un plan d'action ou une intention inappropriée aux caractéristiques de la tâche et de la situation.

Elles représentent des activités de "haut niveau" de résolution de problèmes qui mettent en jeu la mémoire de travail et mobilisent des sources attentionnelles. Elles sont caractérisées par leur variabilité et la difficulté d'en prédire la forme.

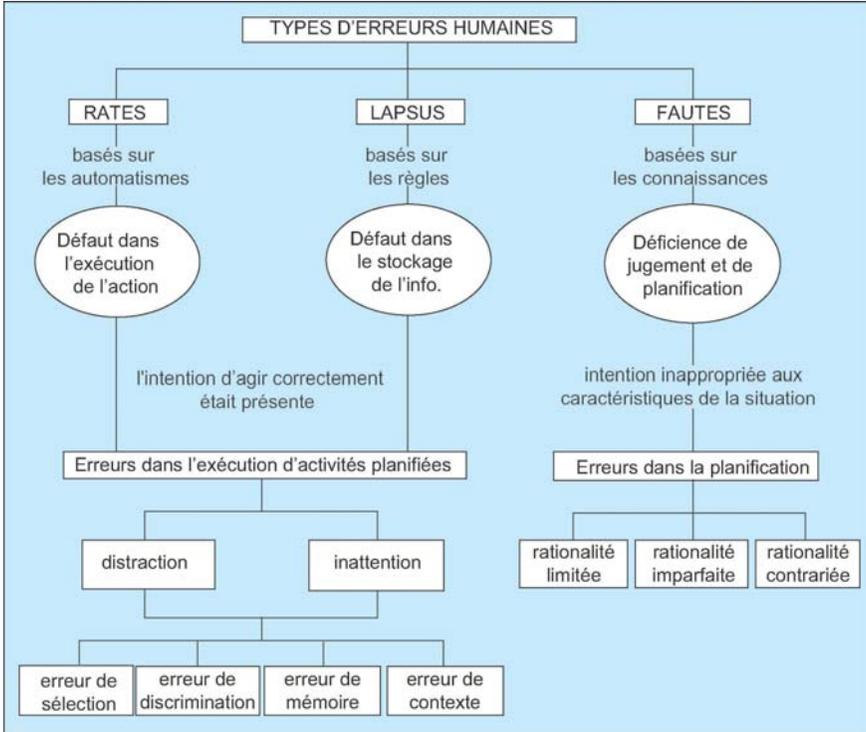
Les fautes sont des erreurs dans la planification elle-même. Elles peuvent se définir comme des défauts dans les processus de jugement et d'inférence, qui sont impliqués dans la sélection d'un objectif ou dans la spécification des moyens pour l'atteindre.

Les fautes signifient l'échec des actions décidées à atteindre les fins qu'elles poursuivaient ou échec de planification (indépendamment du fait que les actions basées sur ce schéma de décision se déroulent ou non conformément au plan).

En se basant sur le concept de la rationalité, Reason (1990) distingue trois classes de fautes : imputables à une rationalité limitée, à une rationalité imparfaite ou à une rationalité contrariée.

Les différentes caractéristiques des ratés, lapsus et fautes sont synthétisées dans la figure 4.

Figure 4 : Distinction entre les différents types d'erreurs humaines



Reason (1977) classe ces types d'erreur de distraction ou d'inattention en quatre catégories :

- les erreurs de sélection : elles consistent à substituer à l'action adaptée que le sujet connaît, une action ou une séquence d'actions inappropriée ;
- les erreurs de discrimination : la situation qui déclenche l'action est très semblable à celle qui correspond à une action habituelle appropriée ;
- les erreurs de mémoire ou de stockage : elles sont caractérisées par l'oubli de l'intention de l'action ou l'oubli des actions déjà réalisées ;
- les erreurs de contrôle ou de contexte : elles correspondent au cas où le contrôle de l'action n'est pas fait, où la conformité au but visé n'est pas évaluée (cité par Leplat 1985 et Neboit 1996).

Erreurs latentes et erreurs patentes ou actives

L'analyse approfondie et détaillée des accidents révèle l'existence de deux catégories d'erreurs, les erreurs latentes et les erreurs patentes ou actives (Reason 1990), (OACI 1995), (Hoc 1996) et (Amalberti 1995 et 2001).

Les erreurs latentes

Les erreurs latentes représentent un ensemble de défaillances, conditions ou agents potentiellement dangereux, qui peuvent favoriser ou se combiner à des actions dangereuses.

Elles résultent d'une action ou d'une décision prise bien avant un accident et dont les conséquences resteront longtemps en dormance. Par analogie aux concepts médicaux, elles sont définies comme étant des " agents pathogènes - germes ou virus " non détectés qui peuvent dégénérer en une histoire d'accident.

Ces erreurs que possède le système en lui, traduisent des défauts de conception (erreur de concepteur), de réglementation (erreur de législateur) ou de commandement (erreur de l'aménageur).

D'où l'intérêt de détecter et de récupérer les erreurs, dans l'amélioration de la sécurité globale du système (un système sûr n'est pas un système qui ne commet pas d'erreur, mais un système qui peut se protéger contre le développement d'histoires d'accidents).

Les erreurs patentes ou actives

Ce sont des infractions qui entraînent un effet négatif immédiat. Celles-ci sont des erreurs commises par l'opérateur de première ligne confronté au contrôle direct de la situation. L'opérateur révèle ainsi les erreurs latentes sous forme d'erreurs patentes à l'occasion de circonstances particulières.

Il est donc évident qu'il existe plusieurs facteurs favorisant l'occurrence d'erreurs humaines : défaillance humaine d'origine interne (condition physique, facteurs psychophysiologiques, rythmes de la vigilance et des performances, formation, expérience, etc), ou d'origine externe (situation de travail, stress, équipement, etc).

Le système "homme mort" sur les trains est un exemple type de précaution pour réduire les probabilités des incapacités humaines (Swain et Guttman 83) et (Villemeur 1988).

Confrontés à la diversité des erreurs humaines et à la nécessité d'établir un diagnostic des sources d'infirmité, plusieurs auteurs, notamment les psychologues du travail et les ergonomes ont élaboré de multiples catégorisations de l'erreur humaine (Cellier 1990).

Principaux modèles de classification des erreurs humaines

Diverses taxonomies d'erreurs humaines sont construites en vue d'un but spécifique, d'intérêts pratiques ou d'orientations théoriques, sans qu'il y ait une classification unique qui puisse satisfaire tous les besoins (Reason 1990).

En effet, Laprie (1995) trouve que les nombreuses classifications disponibles sont confrontées à des problèmes non résolus concernant notamment :

- l'absence de consensus notable entre les principales classifications, qui incite à remettre en cause leur validité, en tout cas, à penser qu'une classification universelle n'est pas envisageable (Reason 1990) ;
- l'incertitude sur la définition des critères de choix, qui permettent de retenir la classification la plus pertinente (Cellier 1990) ;

La difficulté de cette classification réside dans la nécessité d'articulation entre les conditions contextuelles de production, souvent très spécifiques, d'une forme d'erreur particulière (tâche, situation) et les processus adaptatifs très généraux (Reason 1990).

Rasmussen (1987) prouve qu'il existe plusieurs possibilités pour caractériser l'erreur humaine, en se référant aux caractéristiques de la tâche, aux mécanismes psychologiques de l'homme ou aux facteurs environnementaux, etc.

Dans un but d'homogénéisation, cet auteur propose une taxonomie multifactorielle qui décrit et analyse les événements générateurs ou révélateurs de dysfonctionnement humain. C'est davantage une description globale des multiples facettes du système, qu'une véritable classification générique. C'est une analyse du mécanisme de production de l'erreur en référence à quelques grandes catégories de facteurs illustrées dans la figure 5.

Reason (1990) propose trois niveaux de classification des erreurs humaines (comportemental, contextuel et conceptuel) correspondant à trois questions que l'on peut se poser sur les erreurs humaines (quoi ? où ? comment ?).

1. Le niveau comportemental : s'intéresse soit à la caractéristique formelle de l'erreur (par action ou par omission, par répétition ou par mauvais ordonnancement des actions), soit à ses conséquences les plus observables (nature et étendue du dommage).

Il tient compte également du caractère réparable de l'erreur, de sa source humaine ou technique et de l'attribution de responsabilité (à l'opérateur ou au concepteur de système).

Reason montre que les erreurs d'une même catégorie comportementale peuvent se produire sous l'effet de mécanismes causaux différents et que les erreurs de différentes catégories comportementales peuvent partager des étiologies communes.

2. Le niveau contextuel : s'appuie sur des hypothèses causales et attire l'attention sur l'interaction complexe entre les facteurs déclenchant locaux et les tendances sous-jacentes à l'erreur.

Le niveau contextuel reconnaît la relation critique entre le type d'erreur et la caractéristique de la situation (circonstances internes ou externes) ou de la tâche dans laquelle elle apparaît.

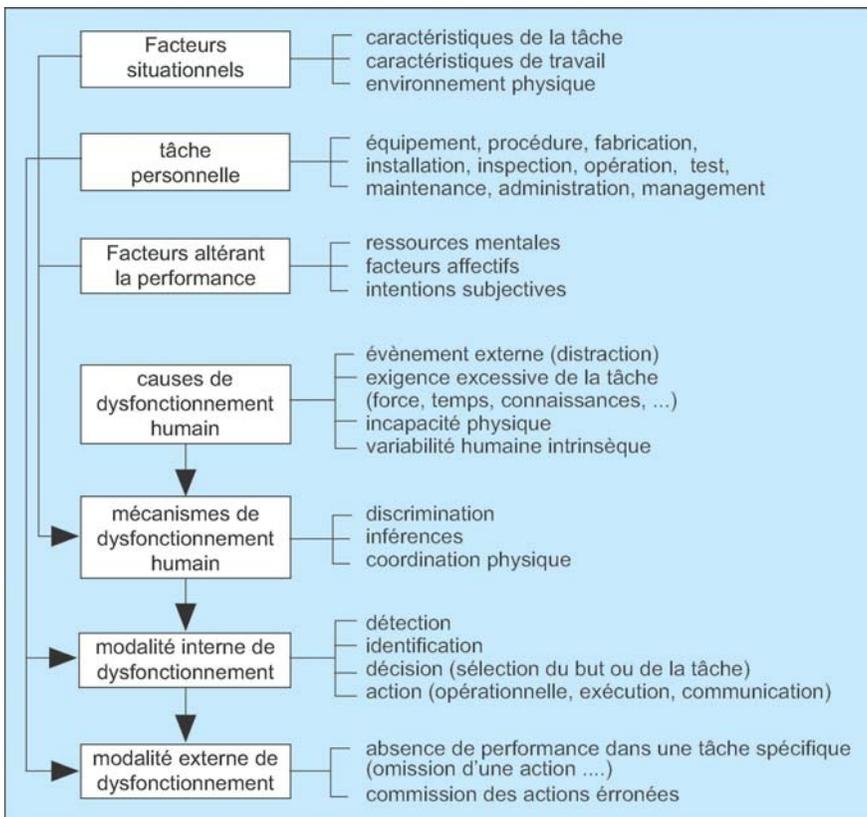
Néanmoins, les facteurs contextuels ne permettent pas d'expliquer pourquoi des circonstances identiques ou similaires ne conduisent pas toujours aux mêmes formes d'erreurs.

3. Le niveau conceptuel : exploite des hypothèses sur les mécanismes cognitifs impliqués dans la production de l'erreur.

Il est davantage basé sur des inférences théoriques que sur les caractéristiques observables des erreurs ou leurs contextes d'apparition.

A cette étape d'identification de mécanismes causaux, une distinction entre types d'erreurs et formes d'erreurs est utile.

Figure 5 : Différentes facettes d'une taxonomie de description et d'analyse des événements révélateurs d'un dysfonctionnement humain



Le modèle de classification de Rasmussen et Jensen (1974)

Rasmussen et Jensen (1974) classent les erreurs humaines en fonction des trois niveaux d'activités de l'opérateur. Ces derniers correspondent à des niveaux décroissants de familiarité avec l'environnement ou la tâche qui peuvent être utilisés en parallèle. Ils distinguent ainsi (figure 6) :

- les erreurs basées sur les automatismes (skill-based - SB) : ce sont des omissions ou des comportements cohérents mais qui surviennent à de mauvais endroits ou à de mauvais moments ;
- les erreurs basées sur les règles (rule-based - RB) : ce sont des règles de production mémorisées de type si (état) alors (diagnostic) ou si (état) alors (action de remédiation). Cette classe d'erreurs consiste en une application des règles erronées ou un rappel incorrect des procédures (mauvaise classification de situations) ;
- les erreurs basées sur les connaissances déclaratives (knowledge-based - KB) : elles sont relatives à une limitation des ressources (rationalité limitée) ou à des connaissances incomplètes ou incorrectes.

Figure 6 : Classification de l'erreur humaine basée sur les niveaux d'activités

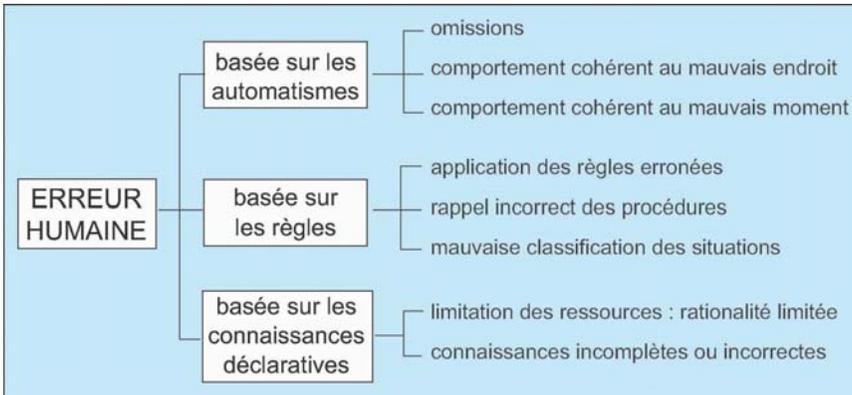


Figure 7 : Classification de l'erreur humaine basée sur la notion de plan d'action



Le modèle de classification de Reason (1979)

Reason (1979) propose une classification des erreurs humaines basée sur la notion de plan d'action afin de trouver l'origine des dysfonctionnements humains. Cette taxonomie classe les erreurs d'actions en (figure 7) :

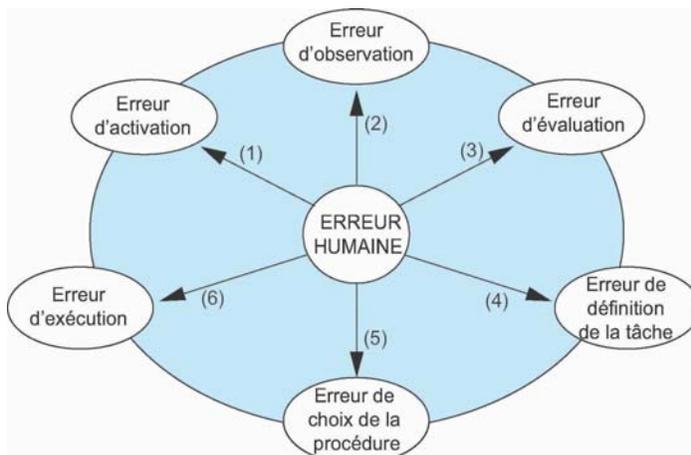
- erreurs de discrimination : lorsque les informations sont mal classifiées ;
- erreurs d'assemblage : lorsque les éléments d'un programme sont transposés ou confondus dans un programme proche ;
- erreurs de test qui surviennent sur les vérifications de l'avancement des séquences d'actions à certains points clés ; - erreurs de sous-programme lorsque ce dernier est réalisé dans une séquence où il est inadapté ;
- erreurs de stockage mnémonique : lorsqu'une action est oubliée ou non récupérée en mémoire à long terme.

Le modèle de classification de Rasmussen (1980)

Rasmussen (1980, 1982 et 1987) définit un modèle schématique du fonctionnement de l'opérateur humain afin de trouver l'origine des dysfonctionnements humains dans des tâches techniques.

Ce modèle décrit l'activité humaine comme un processus séquentiel comprenant les étapes suivantes : activation, observation, identification, interprétation, évaluation, définition de la tâche, choix de la procédure et exécution. Pour une tâche donnée, un opérateur donné et une situation donnée, la séquence de l'activité reliera les étapes d'une manière particulière. Les erreurs humaines sont donc relatives à chacune de ces étapes du raisonnement humain. L'ensemble de ces erreurs évoqué par Rasmussen peut être synthétisé dans la figure 8.

Figure 8 : Classification de l'erreur humaine basée sur le processus de l'activité et le modèle de prise de décision



Le modèle de classification de Norman (1981)

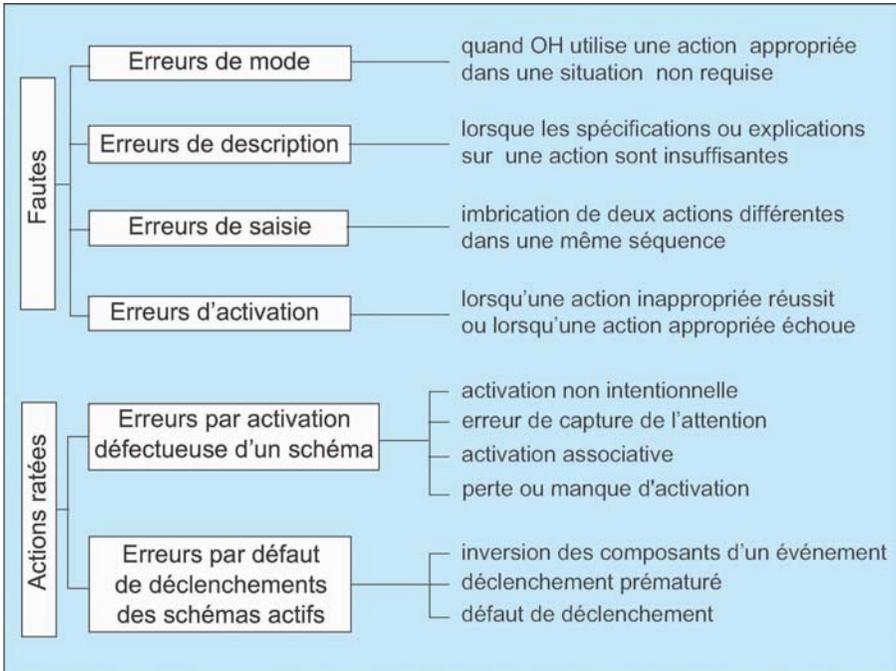
Norman (1981 et 1983) distingue, selon la théorie des schémas d'action, deux types d'erreurs : les *mistakes* (fautes) et les *slips* (ratés). Un schéma d'action est défini comme une unité de mémoire organisée ou comme une structure de connaissance sensori-motrice.

Le premier type correspond à une erreur dans la formation de l'intention de l'action et dans la détermination des buts. Ce sont des erreurs de mode, de description, de saisie et d'activation.

Le second type concerne l'exécution d'une action qui n'est pas celle que l'on se proposait de réaliser. Ce sont des actions ratées relatives à une activation défectueuse d'un schéma (activation non intentionnelle, associative, absente ou erreur de captage de l'attention) ou à un défaut de déclenchement des schémas actifs (déclenchement prématuré, absent ou inversion des composantes d'un événement).

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Norman peut être synthétisé dans la figure 9.

Figure 9 : Classification des Erreurs Humaines basée sur les schémas d'action



Le modèle de classification de Rouse et Rouse (1983)

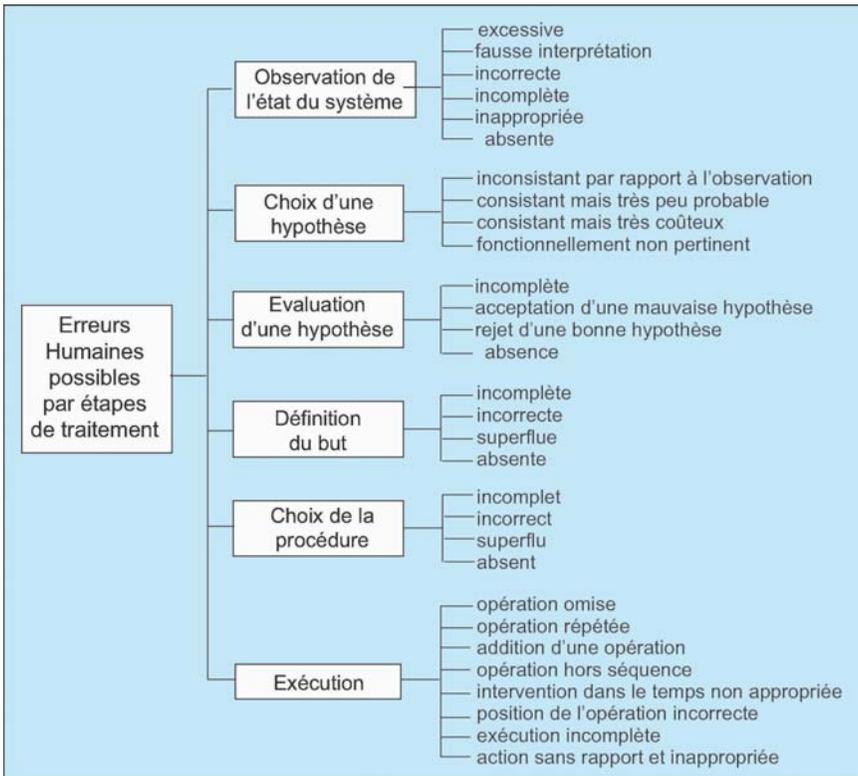
Rouse et Rouse (1983) ont proposé, à partir du modèle de Rasmussen, une ventilation des erreurs possibles par étape de traitement.

Certaines erreurs comme "absence" se trouvent dans plusieurs étapes de traitement, elles sont donc le produit de mécanismes différents et renvoient ainsi à des mesures de prévention différentes. Cette classification distingue des erreurs liées :

- à l'observation de l'état du système : excessive, incorrecte, incomplète, inappropriée ;
- au choix d'une hypothèse : inconsistant, consistant mais très peu probable, consistant mais très coûteux ;
- à l'évaluation d'une hypothèse : incomplète, absente, etc ;
- à la définition du but : incomplète, incorrecte, superflue, absente ;
- au choix de la procédure : incomplet, incorrect, superflu, absent ;
- à l'exécution : opération omise, répétée, hors séquence, etc.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Rouse peut être synthétisé dans la figure 10.

Figure 10 : Catégorisation des erreurs humaines possibles par étapes de traitement



Le modèle de classification de Swain et Gutmann (1983)

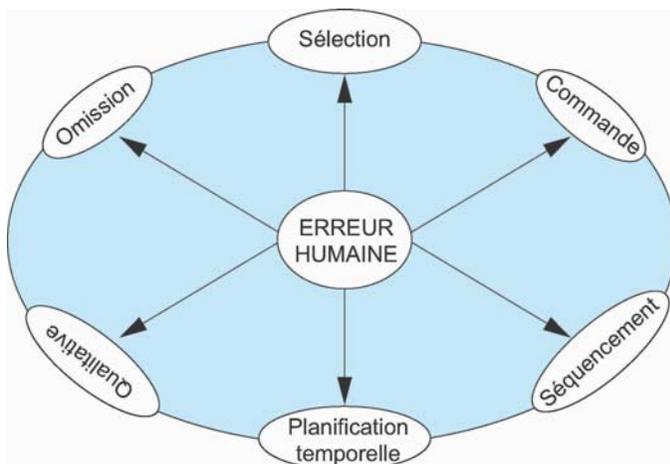
Swain et Gutmann (1983) ont créé une méthode de prédiction du taux d'erreur humaine THERP (Technique for Human Error Rate Prediction).

Cette méthode associe une typologie d'erreurs à des facteurs externes (caractéristiques de la situation, de la tâche, de l'équipement), des facteurs de stress, des facteurs organiques et biologiques.

Cette typologie distingue l'erreur d'omission (ou d'exécution), de sélection (ou de dérive), de commande, de séquençement (exécution au mauvais moment), de planification temporelle (ou de délai) et qualitative.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Swain et Gutmann peut être synthétisé dans la figure 11.

Figure 11 : Typologie des erreurs humaines (Méthode THERP)



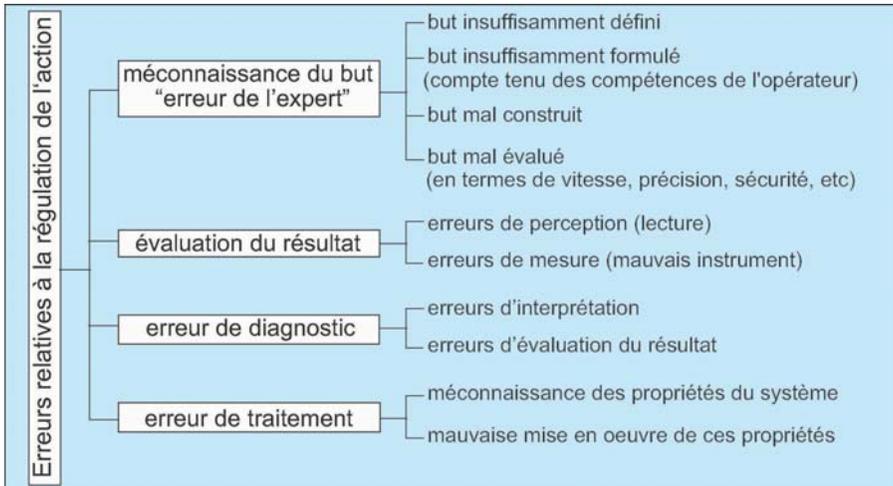
Le modèle de classification de Leplat (1985)

Leplat (1985) adopte une classification de l'erreur humaine fondée sur le schéma général de la régulation de l'action. Il identifie ainsi quatre grandes sources d'erreurs :

- erreur issue d'une méconnaissance du but (erreur de l'expert) : but insuffisamment défini, insuffisamment formulé (compte tenu des compétences de l'opérateur), mal construit ou mal évalué en termes de vitesse, précision, sécurité, etc ;
- erreur sur évaluation du résultat : erreur de perception (lecture) ou de mesure (mauvais instrument) ;
- erreur de diagnostic : d'interprétation et d'évaluation du résultat ;
- erreur de traitement : le traitement vise à annuler les écarts au but. La méconnaissance des propriétés du système ou la mauvaise mise en oeuvre de ces propriétés ne ramènent pas le système à l'état souhaité.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Leplat peut être synthétisé dans la figure 12.

Figure 12 : Classification de l'erreur humaine basée sur la régulation de l'action



Le modèle de classification de Villemeur (1988)

Villemeur (1988) analyse les erreurs humaines sous l'angle de fiabilité humaine dans la sûreté de fonctionnement des systèmes matériels.

Il classe ces erreurs selon les différentes phases du cycle de vie d'un système où elles sont commises. Ce sont des erreurs de conception, de calcul, de câblage, de fabrication, de montage, de conduite, d'exploitation, etc (figure 13).

Il les classe également en fonction de l'accomplissement de la tâche (omission, mauvaise réalisation, réalisation inopportune) et de la spécificité de la tâche (erreur de lecture, de diagnostic, de calcul, de frappe, etc.).

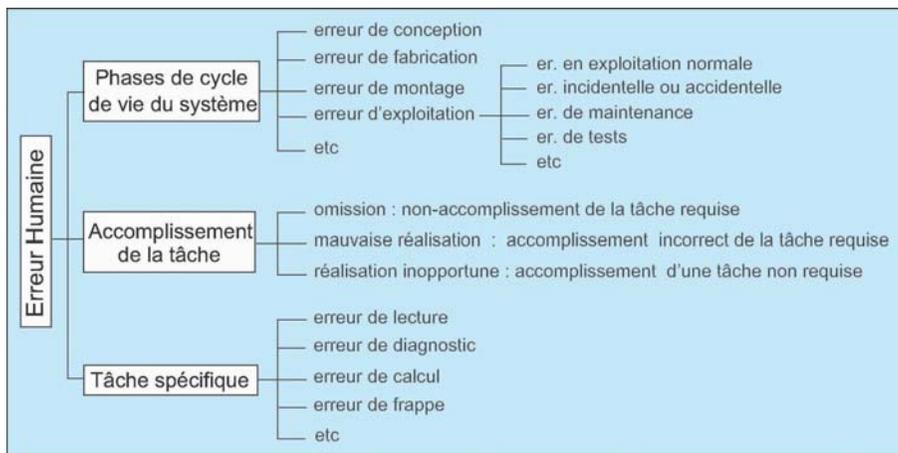
Cet auteur distingue différents types d'erreurs : erreur opératoire, erreur de représentation et erreur de conception.

L'erreur opératoire est une action incorrecte ou non réalisée en temps voulu lors de la conception des systèmes, il faut être conscient que l'opérateur humain dispose bien souvent de très peu de temps pour réagir.

L'erreur de représentation résulte généralement d'une mauvaise interprétation de l'opérateur humain au travers de sa propre image mentale du système.

L'erreur de conception est définie comme l'inadéquation des systèmes aux besoins de l'opérateur.

Figure 13 : Classification de l'erreur humaine selon Villemeur 1988



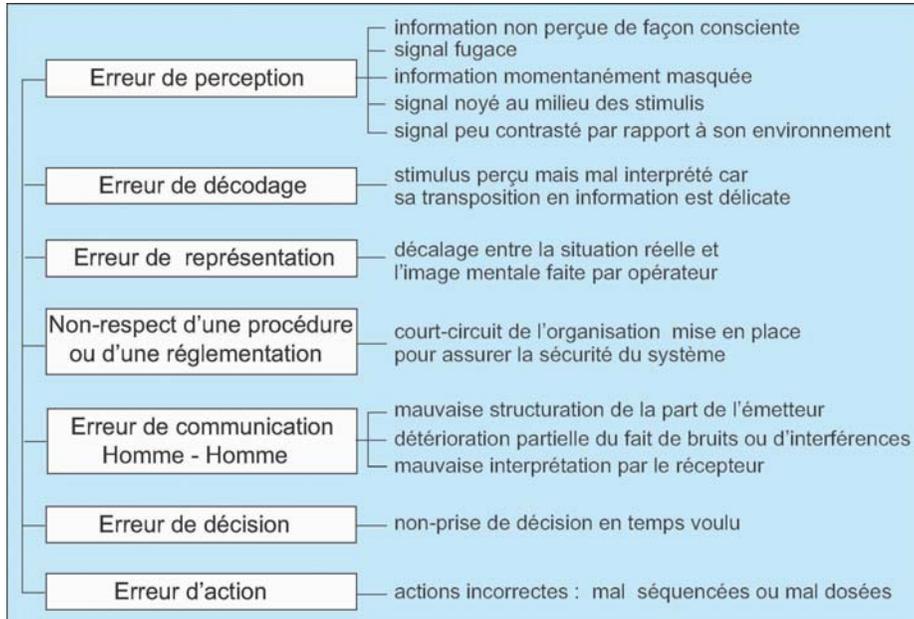
Le modèle de classification de Nicolet (1989)

Nicolet (1989) examine les défaillances humaines qui peuvent survenir tout au long de la chaîne " perception - action " afin de trouver l'origine des erreurs humaines. Cette méthode classe les erreurs humaines en :

- erreurs de perception : information non perçue, signal fugace, noyé ou peu contrasté par rapport à son environnement ;
- erreurs de décodage : stimulus reçu et perçu mais mal interprété car sa transposition en information utile est délicate ;
- erreurs de représentation : il existe un décalage entre une situation réelle et l'image mentale que s'en fait l'opérateur ;
- erreurs par non-respect d'une procédure ou d'une réglementation de l'organisation mise en place pour assurer la sécurité du système ;
- erreurs de communication homme-homme : le message subit de nombreuses déformations de la part de l'émetteur, à cause des interférences ou suite à une mauvaise interprétation par le récepteur ;
- erreurs par non prise de décision en temps voulu même si la perception et l'interprétation de l'information sont faites correctement ;
- erreurs par actions non correctes de l'opérateur : ce sont des actions mal séquencées ou mal dosées dues généralement à des défaillances survenues en amont.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Nicolet peut être synthétisé dans la figure 14.

Figure 14 : Classification des erreurs humaines tout au long de la chaîne " perception-action "



Le modèle de classification de Reason (1990)

Reason (1990) offre un cadre conceptuel d'identification des types de base des erreurs humaines. Il élabore un système générique de modélisation des erreurs humaines GEMS. C'est un cadre cognitif pour la localisation des erreurs humaines prévisibles, qui intègre l'architecture cognitive de fonctionnement et de contrôle à trois niveaux de Rasmussen.

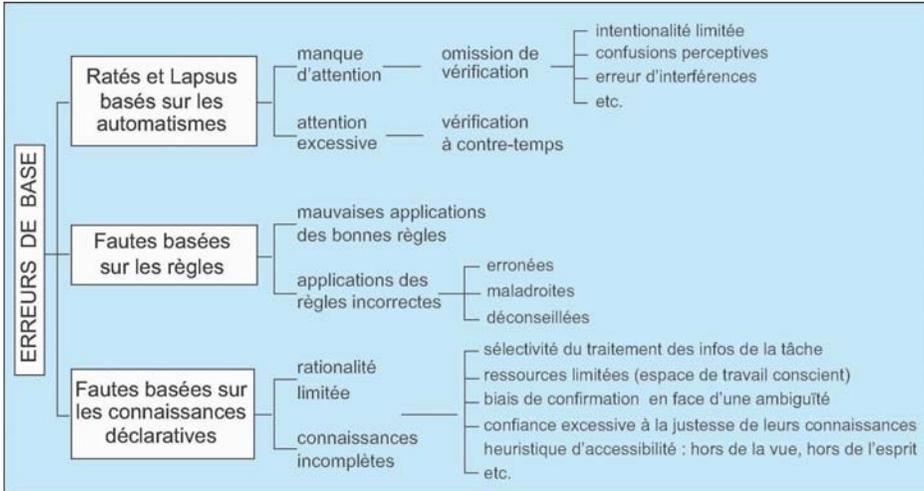
Cette approche analyse l'origine cognitive de trois types d'erreurs (ratés, lapsus, fautes) ainsi que le mécanisme de passage d'un niveau d'activité à l'autre. Elle détermine les modes de défaillance à chacun des niveaux et les facteurs de formation des erreurs qui en résultent. Cette approche classe les erreurs humaines de base en :

- ratés et lapsus basés sur les automatismes : erreurs relatives à un manque d'attention ou à une surattention ;
- fautes basées sur les règles (souvent préétablies de type si => alors). Ce sont de mauvaises applications des bonnes règles ou des applications des règles incorrectes (fausses, maladroites, déconseillées) ;

- fautes basées sur les connaissances déclaratives : erreurs relatives à la rationalité limitée ou à des connaissances incomplètes.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Reason peut être synthétisé dans la figure 15.

Figure 15 : Système générique de modélisation des erreurs humaines de base



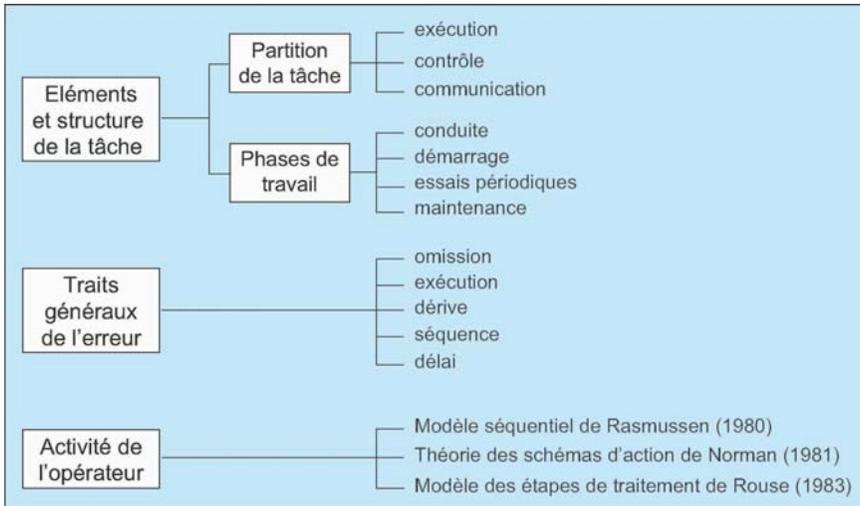
Le modèle de classification de Cellier (1990)

Cellier (1990) dégage, à partir des classifications précédentes, trois types de catégorisations d'erreurs humaines :

- celle établie sur des éléments de la tâche : l'erreur est spécifiée par rapport à la structure de la tâche définie indépendamment du sujet. Elle détermine une spécification des causes de l'erreur par rapport à une partition de la tâche (erreur d'exécution, de contrôle, de communication) ou par rapport à des phases de travail (erreur de conduite, de démarrage, d'essais périodiques, de maintenance) ;
- celle qui repose sur la distinction de traits généraux de l'erreur : c'est une analyse plus descriptive qu'explicative de l'erreur humaine. Elle permet de comparer la production d'erreurs dans des tâches différentes. Ce sont des erreurs d'omission, d'exécution, de dérive, de séquence, de délai ;
- celle basée sur un modèle de l'activité de l'opérateur : elle est fondée sur le modèle séquentiel des divers types de traitements proposés par Rasmussen (1980), sur celui de la théorie des schémas d'action proposé par Norman (1981) ainsi que sur le modèle des étapes de traitement développé par Rouse et Rouse (1983).

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Cellier peut être synthétisé dans la figure 16.

Figure 16 : Catégorisation des erreurs humaines selon Cellier



Le modèle de classification de OACI (1992)

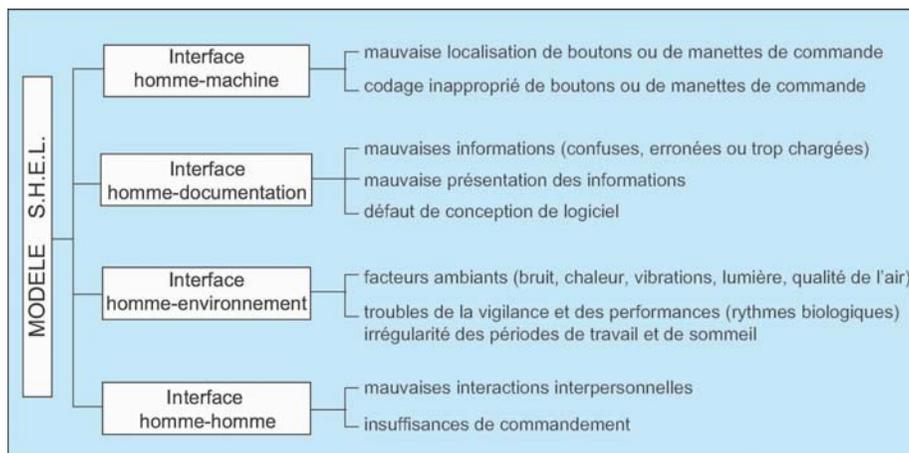
L'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI, 1989 et 1992) a adopté une classification basée sur le modèle conceptuel de facteur humain SHELL (S = software : documentation "procédures, symboles, logiciels, etc", H = hardware : matériel, E = environnement, L = liveware : être humain).

Chacune des interfaces de ce modèle comporte un potentiel d'erreurs si les différents éléments ne sont pas bien mis en concordance. OACI distingue ainsi :

- les erreurs à l'interface homme-machine (matériel) : résultent d'une mauvaise localisation ou d'un codage inapproprié de boutons ou de manettes de commande ;
- les erreurs à l'interface homme-documentation : proviennent des informations confuses, erronées ou trop chargées ainsi que d'une mauvaise présentation des informations ou un défaut de conception de logiciel ;
- les erreurs à l'interface homme-environnement : sont liées aux facteurs ambiants (bruit, chaleur, vibrations, lumière, qualité de l'air) ou à des perturbations des rythmes biologiques (troubles de la vigilance et des performances), du fait de l'irrégularité des périodes de travail et de sommeil ;
- les erreurs à l'interface homme-homme : résultent des mauvaises interactions interpersonnelles ou des insuffisances de commandement.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par OACI peut-être synthétisé dans la figure 17.

Figure 17 : Classification de l'erreur humaine basée sur le modèle conceptuel SHELS
S = Software : documentation, H = Hardware : matériel,
E = Environnement, L = Liveware : homme



Le modèle de classification de Laprie (1995)

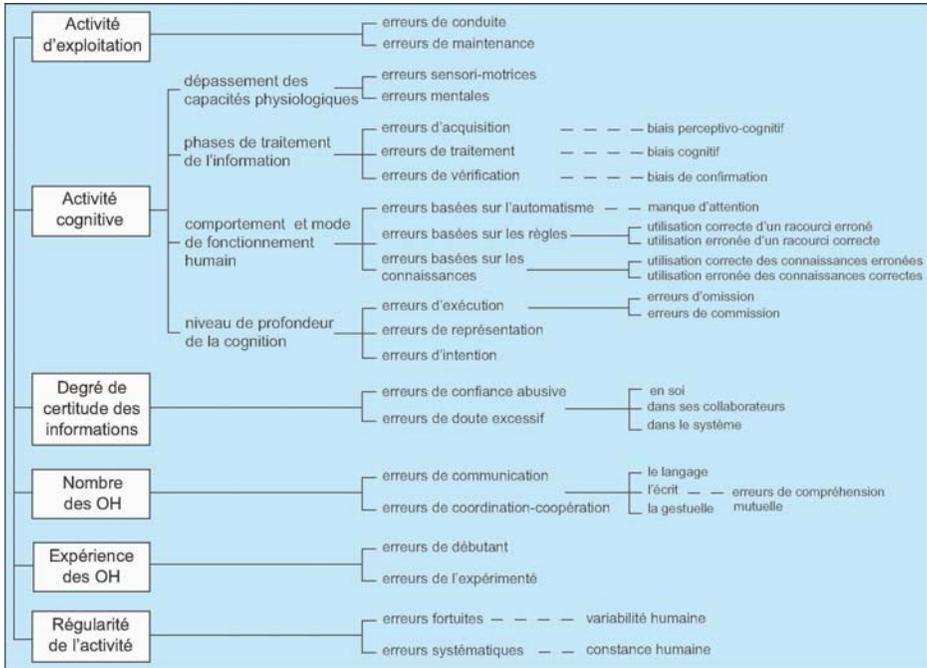
Laprie (1995) analyse les défaillances humaines en termes d'activités qui peuvent conduire aux erreurs humaines. Son but est d'améliorer la sûreté de fonctionnement des systèmes socio-techniques.

Il propose une classification fondée sur les résultats de l'ergonomie cognitive montrant que les échecs et les réussites humaines proviennent des mêmes sources (perceptives, cognitives, motrices, expériences, ...). Il classe les erreurs humaines selon :

- l'activité d'exploitation : erreurs de conduite ou de maintenance ;
- l'activité cognitive : erreurs par dépassement des capacités physiologiques, erreurs lors des phases de traitement de l'information (acquisition, traitement et vérification), erreurs relatives au mode de fonctionnement humain (basées sur l'automatisme, sur les règles et sur les connaissances) ;
- le degré de certitude des informations : erreurs par confiance abusive ou par doute excessif ;
- le nombre des opérateurs : erreurs de communication, de coordination et de coopération ;
- l'expérience des opérateurs : erreurs des débutants et erreurs des expérimentés ;
- la régularité de l'activité : erreurs fortuites ou systématiques liées respectivement à la variabilité et à la constance humaine.

L'ensemble de ces erreurs évoqué par Laprie peut être synthétisé dans la figure 18.

Figure 18 : Classification de l'erreur humaine en fonction de l'activité



Le modèle de classification de Van Elslande (1997)

Van Elslande et al. (1997 et 2001) élaborent un modèle d'analyse et de classification des erreurs issu des différents courants de recherche qui ont été développés sur le fonctionnement cognitif de l'homme. Ils identifient ainsi (figure 19) :

- L'erreur en tant que dépassement des ressources:

L'erreur humaine traduit les capacités limitées de traitement de l'information face à une charge de travail trop importante. C'est une analyse de l'erreur sous l'angle d'une baisse de vigilance, du stress, d'une altération des capacités fonctionnelles, ou de façon générale d'une inadéquation entre les exigences de la tâche et les ressources pour l'effectuer (Neboit 1996) ;

- L'erreur en tant que défaillance d'une étape de raisonnement dans l'accident de la route :

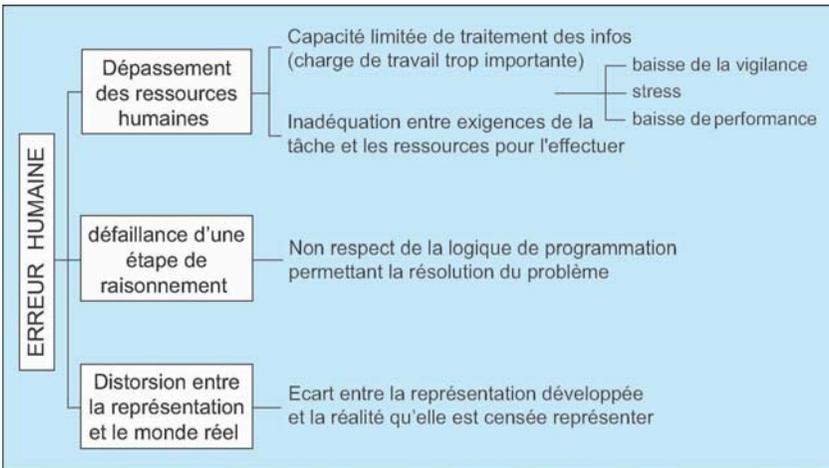
L'homme est comparé à un ordinateur traitant de l'information symbolique. L'erreur correspond donc à une défaillance dans une certaine étape de

raisonnement qui n'aurait pas respecté la logique de programmation permettant d'arriver à la résolution du problème ;

- L'erreur en tant que distorsion entre représentation et monde réel :

Les connaissances humaines permettent à l'individu de se représenter les situations (catégories, schémas, scripts, etc) auxquelles il est confronté. Les représentations peuvent être fonctionnelles, partielles ou opératives. L'erreur est interprétée comme un écart entre la représentation développée et la réalité qu'elle est censée représenter.

Figure 19 : Erreur humaine relative au fonctionnement cognitif de l'homme



Van Elslande (1997 et 2001) considère le modèle de décomposition des étapes fonctionnelles engagées dans l'activité (proposé par Rasmussen) comme une tentative de synthèse de ces différentes conceptions. En s'inspirant de ce modèle, l'auteur a élaboré une approche de classification des défaillances fonctionnelles du conducteur automobile en termes de scénarios-types de production d'erreurs humaines.

Synthèse, apports et limites des modèles étudiés

Les diverses taxonomies d'erreurs humaines élaborées, selon le domaine ou la discipline, se répartissent généralement en deux grandes catégories.

La première catégorie est d'ordre conceptuel théorique qui analyse le mode de fonctionnement cognitif de l'homme. Elle offre un modèle générique qui détermine les différentes étapes de raisonnement humain menant à l'action. L'objectif de cette catégorie est d'expliquer les différents mécanismes de production de l'erreur (Rasmussen, Reason, Norman, Rouse, Nicolet).

La figure 20 récapitule les concepts évoqués dans les modèles de Rasmussen et de Rouse et illustre les différentes étapes de traitement de l'information mis en jeu face à une situation donnée ainsi que les erreurs potentielles relatives à chaque étape.

La figure 21 présente les principaux concepts évoqués par Rasmussen et Reason, qui traitent de mode de fonctionnement humain (basé sur les automatismes, sur les règles ou sur les connaissances).

La deuxième catégorie est d'ordre descriptif car elle classe les erreurs indépendamment du sujet. Elle est basée sur l'analyse de la tâche ainsi que sur les conséquences et les traces de l'erreur en termes de comportement ou d'action erronée. Spécifique du travail, elle a pour objectif de prédire et réduire l'erreur afin d'améliorer la fiabilité et la sûreté de fonctionnement des systèmes socio-techniques (Cellier, Leplat, Laprie, Villemeur).

Figure 20 : Analyse cognitive de l'erreur humaine selon les étapes de traitement de l'information

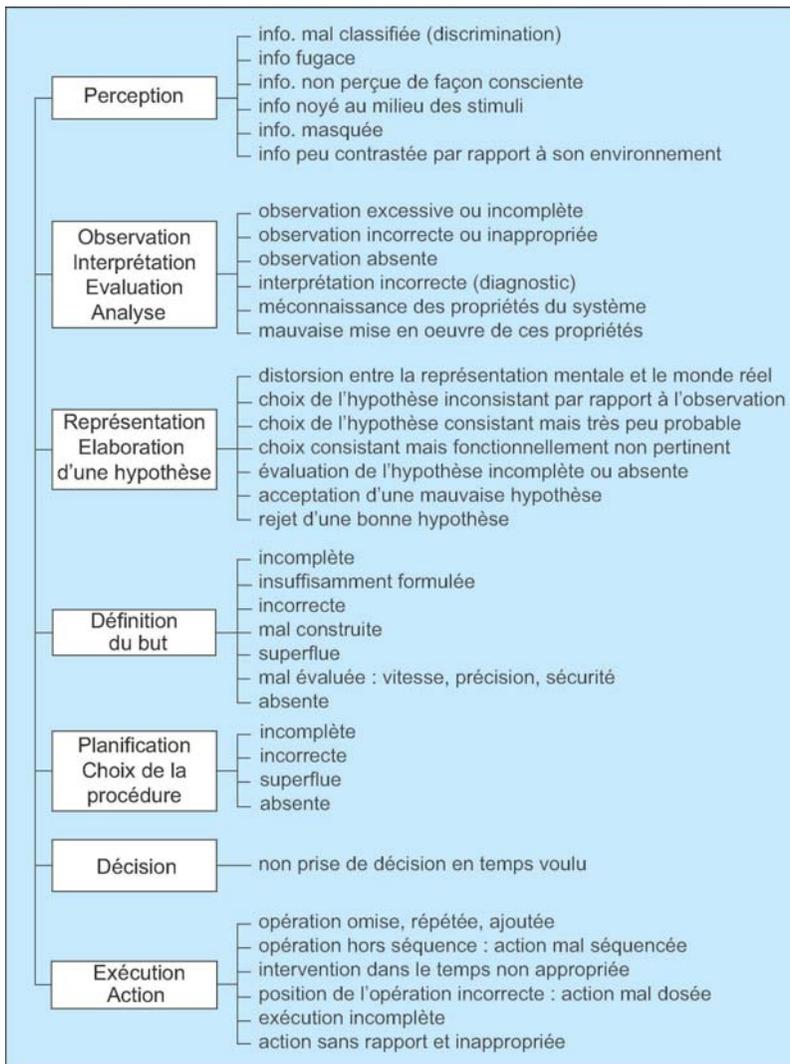
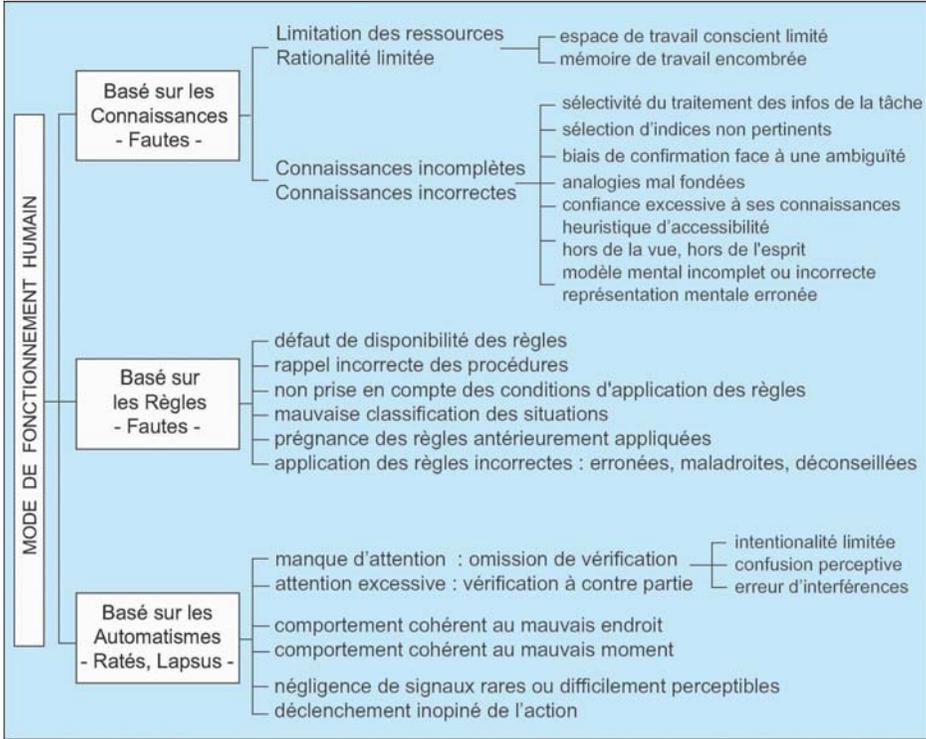


Figure 21 : Analyse cognitive de l'erreur humaine selon les niveaux d'activité de l'opérateur



Ces différentes approches ont certes contribué à l'évolution des concepts de l'erreur humaine surtout sur le plan psycho-cognitif, mais leur intérêt et leur application pratique demeurent limités voire impossibles. En effet, ces modèles théoriques parfois trop détaillés ne sont pas destinés à une application industrielle et se heurtent à un problème d'exploitation. A notre sens, l'erreur humaine serait mieux analysée au travers du scénario d'accident qui implique plusieurs composantes dont celle relative au processus cognitif de l'homme.

Les classifications adoptées dans le domaine du travail, non seulement, ne tiennent pas compte des caractéristiques de l'opérateur humain et de son environnement, mais également, ne sont pas exhaustives et soulèvent plusieurs incohérences et redondances.

En outre, les modèles de classification proposés sont très fluctuants avec une terminologie parfois imprécises et source de confusions (absence de définitions rigoureuses et admises par tous). Généralement chaque modèle est conçu pour appréhender un problème particulier d'où la difficulté de leur validation industrielle.

Les principes ainsi que les principaux apports et limites des différents modèles étudiés sont synthétisés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Récapitulation des différents modèles de classification des erreurs humaines (1/2)

Auteurs	Principe et Objectifs	Avantages et Limites
Rasmussen et Jensen 1974	- Classification en fonction des 3 niveaux hiérarchiques d'activités de l'opérateur (SB, RB et KB).	+ Correspondance des niveaux d'activités avec ceux de familiarité avec l'environnement et la tâche. - Intérêt pratique non évident.
Reason 1979	- Classification basée sur la notion de plan d'action. - Trouver l'origine des dysfonctionnements humains.	+ Spécification des facteurs à chaque niveau cognitif. + Démontre pourquoi le dysfonctionnement s'est produit avant que l'erreur ne peut arriver. - Exhaustivité de la décomposition. - Les mécanismes sous-jacents aux changements de niveau de performance ne sont pas clairement spécifiés.
Rasmussen 1980 1982 1986	- L'activité est un processus séquentiel allant de l'étape d'activation à celle d'exécution. - Trouver l'origine des dysfonctionnements humains des tâches techniques. - Définir un modèle schématique du raisonnement de l'homme	+ Guide d'analyse des erreurs humaines pour les différentes étapes d'élaboration cognitive. - Difficultés de distinction des critères précis et exclusifs à chaque niveau - Difficultés d'application dans les industries.
Norman 1981 1983	- Distinction de deux types d'erreurs : <i>mistakes</i> (fautes) et <i>slips</i> (ratés). - Trouver l'origine des erreurs humaines.	+ permet de préciser, en anglais, les différences entre <i>slips</i> , <i>mistakes</i> , <i>fault</i> et <i>error</i> ce que le vocabulaire français ne permet pas. + guide pour la conception de systèmes informatiques basés sur l'analyse des erreurs humaines. - Exhaustivité de la décomposition. - Difficulté de transposition dans des situations industrielles.
Rouse W.B. et Rouse S.H. 1983	- Classification inspirée du modèle de Rasmussen - Ventilation des erreurs possibles par étape de traitement	+ Soulève des mécanismes différents de production et renvoie ainsi à des mesures de prévention différentes - Difficultés d'application dans les industries.
Swain et Gutmann 1983	- Classification dans un but prédictif du taux d'erreurs humaines dans le cadre d'évaluation de la fiabilité humaine (méthode THERP).	+ Prise en compte des facteurs externes (situation, tâche, équipement)

Tableau 2 : Récapitulation des différents modèles de classification des erreurs humaines (2/2)

Auteurs	Principe et Objectifs	Avantages et Limites
Leplat J. 1985	- Classification fondée sur le schéma général de la régulation de l'action.	+ Identification des grandes sources d'erreurs
Villemeur 1988	- Analyse de la fiabilité humaine en terme d'erreurs humaines pour améliorer la sûreté de fonctionnement des systèmes	- Classification basée essentiellement sur le cycle de vie du système. Elle est non exhaustive et incohérente.
Nicolet 1989	- Examen des défaillances qui peuvent survenir tout au long de la chaîne Perception-Action. (origine des erreurs).	+ Peut servir de guide pour analyser les erreurs humaines. - Exhaustivité de la décomposition.
Reason 1990	- Cadre conceptuel d'identification des origines des types de base des erreurs humaines - Système générique de modélisation des erreurs humaines	- Classification théorique basée sur des données cognitives dont l'application dans le domaine industriel est très difficile
Cellier 1990	- Catégorisation en fonction de la structure de la tâche, des traits généraux de l'erreur et des modèles d'activités de l'OH	+ Aspect récapitulatif des classifications précédentes - Apport pratique non évident
OACI 1992	- Classification basée sur un modèle conceptuel de facteur humain SHEL " Homme, Machine, Environnement "	+ Analyse d'erreurs potentielles des différentes interfaces d'un modèle centré sur l'homme
Laprie 1995	- Analyse des défaillances humaines en terme d'activités qui conduisent aux erreurs humaines - Améliorer la sûreté de fonctionnement des systèmes socio-techniques	- Classification issue des résultats de l'ergonomie cognitive dont l'application dans le domaine industriel est très difficile - Beaucoup d'incohérences
Van Elslande 1997, 2001	- Classification fondée sur le fonctionnement cognitif de l'homme - Elaboration d'un modèle de classification des défaillances du conducteur automobile en termes de scénarios-types d'erreurs humaines dans l'accident	+ Synthèse des différents modèles existants du fonctionnement humain + Elaboration de scénarios-types d'erreurs humaines dans l'accident de la route - Application limitée à la sécurité routière

Conclusion

Ce chapitre a présenté, dans sa première partie, les différents concepts relatifs à la notion de l'erreur humaine en insistant sur son aspect multidimensionnel ainsi que la diversité et les difficultés de sa définition.

La deuxième partie de ce chapitre a été consacrée à l'étude des principaux modèles de classification de l'erreur humaine soulignant leur évolution dans le temps en fonction des domaines et disciplines scientifiques.

Malgré l'intérêt indéniable de ces modèles, leur mise en œuvre dans le domaine de la sécurité des transports notamment ferroviaires n'est pas satisfaisante. Aucun modèle, à lui seul, ne permet d'assurer l'exhaustivité de l'analyse.

En effet, ces modèles se complètent, mais aucun ne traite le problème dans son ensemble ce qui prouve la difficulté de leur exploitation. Aucun modèle, sauf celui de Van Elslande, n'est soutenu par une application industrielle ou un cas réel d'accident.

D'où l'intérêt et l'objectif de ce travail qui s'attache à développer une nouvelle approche méthodologique qui vise l'intégration de l'erreur humaine dans le processus du retour d'expérience et notamment dès la phase de collecte des données.

Inspirée des travaux réalisés et appuyée par quelques exemples d'erreur humaine dans les transports ferroviaires, cette approche prend en considération trois niveaux d'analyse complémentaires de l'erreur humaine relatifs au déroulement d'un accident (avant, pendant et après l'accident).

Néanmoins, avant de détailler cette approche, il nous semble nécessaire d'analyser les caractéristiques du retour d'expérience dans les transports ferroviaires et de soulever ses principales difficultés et limites relatives notamment à la réalisation de l'enquête technique et à l'intégration des facteurs humains.

C'est ce qui fait l'objet du chapitre suivant.

Chapitre 3

Le retour d'expérience dans les transports ferroviaires

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'étude du retour d'expérience dans le domaine des transports ferroviaires. Il aborde dans sa première partie, après une brève définition du concept du retour d'expérience (souvent appelé Rex), le déroulement du Rex à la SNCF et à la RATP.

Dans la deuxième partie de ce chapitre et, conformément aux recommandations de la Loi du 03 janvier 2002 (relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien ...), et du projet de directive européenne du 23 janvier 2002 (concernant la sécurité des chemins de fer), on détaillera les principes et les modalités du déroulement d'une enquête technique après incident ou accident ferroviaire.

La troisième partie présente les principales limites du Rex en mettant l'accent notamment sur les difficultés liées à la réalisation de l'enquête technique, à l'organisation générale de l'entreprise ferroviaire, au déroulement du processus global du Rex et à l'intégration des facteurs humains dans le Rex.

Définition du retour d'expérience

Le concept " retour d'expérience " en matière de sécurité des transports est différemment défini selon les auteurs et les domaines. La partie commune à toutes les définitions réside dans l'intérêt de tirer des enseignements d'une expérience vécue pour éviter sa reproduction.

Le retour d'expérience correspond à un examen approfondi des circonstances conduisant à la réalisation d'événements touchant à la sécurité. C'est une démarche qui vise à mettre en évidence les insuffisances, les dysfonctionnements et les incompatibilités du système de sécurité et à formuler des propositions susceptibles d'éviter de telles situations ou d'en réduire les conséquences (Joing et Keravel 1993).

C'est une étude détaillée et une analyse approfondie des accidents ou incidents significatifs pour une meilleure connaissance de leurs mécanismes

générateurs. Le Rex est nécessaire pour détecter les événements imprévisibles au moment de la conception et de la première mise en service du système.

L'objectif est double, il s'agit non seulement de tirer des enseignements pour définir les actions correctrices de sécurité efficaces à court terme, mais aussi de faire évoluer et accumuler les connaissances profondes des comportements humains et matériels à moyen terme (Joing 1991), (Dominati et al. 1996), (Ferrandez 1999) et (Wanner 2000).

Il s'agit d'un outil pour récupérer et exploiter une information sur les dysfonctionnements des situations de travail des acteurs de première ligne pour en tirer une leçon proactive de sécurité (Amalberti et Barriquault 1999).

Le Rex consiste à la gestion au sens large des informations provenant d'un événement et comprend la collecte et la mémorisation des données, le traitement et l'analyse de ces données, l'utilisation effective des résultats obtenus et leur transmission pour faire partager son expérience (Fadier et al. 1994), (Valancogne 2002) et (Bal et Kappès-Grangé 2002).

"... une enquête technique dont le seul objet est de prévenir de futurs événements, accidents ou incidents... elle consiste à collecter et analyser les informations utiles afin de déterminer les circonstances et les causes certaines ou possibles de l'événement, de l'accident ou de l'incident, et, s'il y a lieu, d'établir des recommandations de sécurité..." (Titre III - Article 14 - Loi du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien ...).

En résumé, le retour d'expérience correspond à un processus dynamique de collecte, de stockage, d'analyse et d'exploitation de données relatives à des situations contraires à la sécurité. Il consiste en une étude analytique causale des différents facteurs impliqués dans la genèse des incidents ou accidents.

Le Rex permet une meilleure compréhension des mécanismes conduisant à des événements d'insécurité. Son but est de tirer profit des enseignements de l'expérience passée pour augmenter le niveau de sécurité en mettant en œuvre les mesures préventives et correctives adéquates afin d'éviter la reproduction de tels scénarios porteurs de risque.

En termes de Facteur Humain, le Rex " Facteur Humain " concerne tous les événements qui ponctuent la présence de l'homme dans un système à l'intérieur d'un champ d'action. Il peut être considéré comme la capitalisation de données sur l'expérience humaine dans un système (Lamalle 1994 et Malvache et al 1994).

Le Rex " Facteur Humain " repose sur la compréhension des situations de travail pour repérer des critères de sécurité et de fiabilité des systèmes. Son objectif est de tendre vers l'amélioration des performances et de la maîtrise de la fiabilité ainsi que la sécurité des personnes et des systèmes. Le remède aux erreurs humaines revient à améliorer le couplage entre l'homme et les autres éléments du système (Lamalle 1994).

Le Rex dans les transports ferroviaires

Contrairement au domaine du transport aérien, il est difficile de juger la performance du retour d'expérience en matière de sécurité ferroviaire. Ce dernier est caractérisé notamment par la rareté voire l'absence de réglementation en la matière.

D'ailleurs, les premiers textes en matière de sécurité ferroviaire ne sont parus qu'en 2000. Ce sont : le Décret du 30 mars 2000 relatif à la sécurité du réseau ferré national, l'Arrêté du 5 juin 2000 relatif aux règles techniques et de maintenance applicables au matériel roulant circulant sur le réseau ferré national, et l'Arrêté du 12 juin 2001 relatif aux modalités d'application des règles de sécurité aux transports internationaux utilisant le réseau ferré national. Ces textes n'abordent le retour d'expérience que très partiellement, soulignant uniquement l'intérêt et la nécessité d'un dispositif de retour d'expérience sans en expliquer les modalités de déroulement.

D'autre part, ce retour d'expérience ne marque aucune composante internationale effective jusqu'à nos jours. En effet, on ne dispose que d'une seule Directive européenne qui n'est apparue qu'en janvier 2002 et qui est encore au stade de projet.

Ce projet de directive, qui recommande la mise en place d'un dispositif plus harmonisé et plus performant de retour d'expérience, est inspiré en grande partie de la législation en matière d'enquêtes sur les accidents dans l'aviation (directive 94/56/CE).

Le retour d'expérience à la SNCF

La SNCF est structurée en différentes directions fonctionnelles sous forme de plusieurs organisations différentes et plus ou moins cloisonnées rassemblant une grande variété de métiers différents et disposant ainsi de plusieurs systèmes Rex différents.

Le retour d'expérience à la SNCF a été fondé dans les années 80 suite à l'occurrence d'une série d'accidents graves depuis 1985. Les accidents de la Gare de Lyon et de la Gare de l'Est en 1988 ont joué un rôle déclencheur capital.

En effet, depuis 1989, la SNCF a mis en place une Délégation Générale de Sécurité (DGS) au sein de laquelle une Inspection Générale de Sécurité (IGS) et un Centre d'Etudes et de Sécurité (CES), ayant pour mission capitale d'initier et de conduire toute réflexion visant à identifier les risques et à proposer des objectifs d'amélioration à la direction générale (Join et Keravel 1993), (Keravel 1995) et (Bourdeaux et Gilbert 1999).

D'autre part, l'accident de Melun en 1992 a contribué à l'activation des transformations organisationnelles mises en œuvre par la SNCF, en termes d'organisation de type qualité, avec une meilleure définition des responsabilités et plus de transversalité. Cette politique est confirmée par la mise en place, en

1994, d'une Délégation aux Audits de Sécurité. Cette délégation, inscrite dans le cadre d'une démarche qualité, est fondée sur des enquêtes techniques et entretiens ciblés et approfondis. Elle a pour but de faire apparaître des risques de dysfonctionnements et d'étudier les problèmes influant la sécurité (Bourdeaux et Gilbert 1999).

La **DGS** (Délégation Générale de sécurité) assure plusieurs fonctions centrées sur la sécurité ferroviaire. En effet, elle assure le secrétariat de la commission centrale de sécurité qui traite les dossiers graves ou répétitifs dans une perspective de prévention et retour d'expérience. Elle assiste également à la commission de sécurité régionale qui réalise des réunions mensuelles de retour d'expérience pour étudier les incidents particulièrement importants (franchissement intempestif de signaux fermés par exemple).

La DGS gère une grosse base de données, alimentée par les BD régionales, sur les événements critiques qui ne sont pas forcément des accidents, mais des événements pour lesquels il n'existe plus de " boucle de rattrapage ". En cas d'accident, la DGS mène une enquête, 3 mois après, non pas pour réaliser les faits mais pour voir comment le système a réagi.

Le **CES** (Centre d'Etudes et de Sécurité), créé au 1^{er} janvier 1990, est formé d'une équipe d'experts de formation technique (des différents métiers) et en sciences humaines (médecine, ergonomie, sociologie). Sa mission consiste notamment à analyser les événements critiques survenus sur le réseau, à établir les statistiques officielles (mensuelles) de sécurité, et à rédiger le rapport annuel de synthèse sur la sécurité de circulation. Il mène également des études de sûreté de fonctionnement et de gestion des risques quantitatifs et assure le fonctionnement de la commission centrale de sécurité.

Par ailleurs, le CES développe, lors de l'examen approfondi des circonstances d'un accident ou d'un quasi-accident, des analyses de facteurs humains basées sur trois axes (Join et Keravel 1993) et (Keravel 1995) :

- le type de défaillance à l'origine de l'événement : omission d'action, action inappropriée ou action en avance ou en retard ;
- le stade de défaillance précisé selon le schéma de traitement de l'information (de la perception à l'action) ;
- les causes de défaillance en fonction des circonstances de travail (outils, organisation et facteurs situationnels) ou des mécanismes d'anomalies (erreur de représentation, problème de vigilance, oubli, etc).

Quant au déroulement du processus du rex, chaque direction fonctionnelle (traction, infrastructure dont dépend l'exploitation, équipement, etc) et ses relais au niveau des établissements ont leur propre retour d'expérience sur les thèmes qui les concernent (Sablier P. et Vittumi H. 1995) et (Bourdeaux et Gilbert 1999).

La Direction de traction

Elle dispose de plusieurs sources de collectes d'informations : les postes de commandement régionaux en cas d'incident grave dont ils ont connaissance (franchissement d'un signal d'arrêt...), les enregistreurs d'événements de conduite si une anomalie est détectée, l'encadrement traction et le conducteur lui même soit à la base d'une déclaration obligatoire (bulletin de traction) ou volontaire à l'aide d'un numéro vert ou d'enveloppes pré-affranchies destinées à la cellule rex. Néanmoins, la mise en œuvre réelle et le succès de cette méthode de déclaration volontaire ne sont pas prouvés.

En matière de traction, la direction dispose de deux types de base de données, CECILE et REX. La base CECILE concerne tous les événements qui sont décrits de manière succincte. Les régions en disposent d'une qui est la somme des bases des établissements et qui est accessible au niveau national. La base REX est de deux types, REX-C (conduite) et REX-R (réglementation).

Cette base est destinée à décrire en détail certains événements majeurs (franchissement de signaux d'arrêt, dépassement de vitesse limite, erreur dans les procédures de freinage, etc) ou les difficultés d'application d'une prescription réglementaire. La base REX est anonyme, confidentielle et unique, le département Transport Traction duplique sa base pour la distribuer aux régions et établissements.

La Direction de l'infrastructure

Elle effectue un retour d'expérience centré sur la régularité des circulations. Les informations, concernant tout retard de la circulation qui dépasse les 3 minutes, sont collectées par des correspondants de la direction sur le terrain et stockées dans une base de données.

Le traitement de ces données est basé sur une analyse statistique afin de dégager des indicateurs pour mener une action correctrice en termes de management. Le rex est ainsi conçu comme outil de management.

La Direction de l'équipement

Elle a créé des sites pilotes pour permettre des échanges et des présentations des problèmes entre les opérateurs du terrain et les dirigeants de proximité dans le cadre de fiches d'initiatives et donc non obligatoires.

Par ailleurs, en matière d'équipement, le constructeur Alstom effectue son propre retour d'expérience fiabilité des équipements électroniques ferroviaires embarqués, dans le cadre d'une politique de gestion et de pilotage des projets en phase de fabrication de série (Gibard 1994).

La Direction de la maintenance

L'arrêté du 5 juin 2000 (relatif aux règles techniques et de maintenance applicables aux matériels roulants circulant sur le réseau ferré national) souligne dans son Article 13 qu'un retour d'expérience permettant de contribuer

à l'amélioration du dispositif est mis en œuvre et exploité. Ce retour d'expérience porte notamment sur :

- l'aspect technique incluant le suivi du comportement en service et des défaillances des organes, des équipements et des systèmes ;
- l'aspect organisationnel incluant l'analyse des procédures de maintenance et des principes d'organisation ;
- l'aspect humain incluant notamment l'analyse des erreurs des opérateurs de maintenance et des agents d'études techniques.

Bien que le facteur humain représente 48 % des incidents de maintenance constatés sur le territoire national en 2001, l'analyse actuelle de ce facteur humain au niveau du rex à la SNCF se résume à une question posée à l'opérateur sur ses conditions psychologiques au moment de l'incident (Quadrini 2002).

La Direction de communication

Rattachée à la présidence, elle fait des Rex sur les crises et les situations perturbées dans le domaine accidentel (accident, incident) ou commercial (blocage assez long des voyageurs).

Le Rex communication est développé après les graves accidents de la Gare de Lyon et de la Gare de l'Est en 1988 et fonctionne effectivement après l'accident de Melun en 1992.

Son objectif est d'étudier la circulation et le traitement de l'information ainsi que la gestion de la crise entre les différentes cellules de crises (régionale, stratégique et opérationnelle) (Geneviève 1998 et 1999).

Le retour d'expérience à la RATP

La RATP est organisée, tout comme la SNCF, en différents domaines fonctionnels (exploitation, maintenance, ingénierie, infrastructure, équipement, matériel roulant, etc) sous forme de plusieurs organisations différentes rassemblant des métiers différents.

Le retour d'expérience à la RATP a été créé au début des années 90 et formalisé en janvier 1995, suite à une série de dysfonctionnements et notamment la collision de deux trains (RER A) le 28 juillet 1992.

Le processus du retour d'expérience s'inscrit dans le cadre d'une démarche plus générale de maîtrise et de sûreté de fonctionnement des systèmes de transport qui est l'une des priorités stratégiques de l'entreprise (Carron et Kappès-Grangé 1993), (Hennebert 1998 et 1999), (Bourdeaux et Gilbert 1999), (Valancogne 2002) et (Bal et Kappès-Grangé 2002).

On distingue aujourd'hui 9 critères de sûreté de fonctionnement (SdF) d'un système. Les plus anciennes sont la sécurité, la fiabilité globale, la disponibilité et la maintenabilité. Les critères les plus récentes, confirmées notamment au

quatrième forum de SdF le 14 novembre 2002 à Noisiel, sont l'ergonomie, les facteurs humains, l'invulnérabilité, l'intégrité et la confidentialité.

Le problème de la SdF et du Rex à la RATP est un problème de management. En effet, outre la création d'une activité d'audit SdF, la RATP a mis en place non seulement un réseau SdF mais également, une Délégation Générale à la Maîtrise des Risques Système, rattachée directement à la présidence et gérant le retour d'expérience local et central (Hennebert 1998 et 1999) et (Bourdeaux et Gilbert 1999).

Le Réseau SdF a pour objectif de fédérer la SdF, de partager le Rex au sein de l'entreprise et d'organiser des contacts avec l'extérieur. Les activités de ce réseau passent essentiellement par des groupes de travail spécialisés, des séances de formation et un forum de SdF dont le quatrième ayant porté sur le concept défense en profondeur. Cette défense consiste à mettre en place des barrières, pour réduire le niveau de risque système, dont le processus Rex.

Le retour d'expérience **local** est effectué au plus près du terrain et concerne tout dysfonctionnement potentiellement dangereux d'un équipement, d'une structure ou d'une organisation ; les accidents sont trop peu nombreux pour permettre un Rex régulier.

Une cellule retour d'expérience **centrale**, créée en 1998 et rattachée à la direction générale, intervient sur les événements considérés comme significatifs. Ce critère est surtout lié à une approche qualitative en fonction de l'expérience et de l'habitude du fonctionnement de l'entreprise.

Cette cellule est composée de 3 personnes expérimentées issues du domaine de l'exploitation (spécialiste système), la maintenance (spécialiste matériel roulant) et l'ingénierie (spécialiste des équipements) ainsi que d'un médecin ergonomiste (spécialiste facteurs humains).

La mission de cette cellule centrale du Rex consiste à (Hennebert 1998 et 1999) et (Bourdeaux et Gilbert 1999) :

- Analyser à froid les dysfonctionnements après conclusion de l'enquête. Si une analyse approfondie est décidée, elle s'attache à déterminer la combinaison des causes d'origine technique et humaine ;
- Editer des recommandations à caractère transversal et donner une impulsion d'ensemble aux questions de Rex à travers une démarche didactique de formation et de sensibilisation des opérateurs et de l'encadrant opérationnel pour faire remonter l'information ;
- Mettre en place une base de données Rex informatisée qui archive les informations relatives aux incidents importants (dépassant 10 minutes, franchissement de feux rouges, etc.), notamment ceux à déclaration obligatoire par les opérateurs sur le terrain dans toutes les lignes de métro et dans un certain nombre de service d'exploitation. Cette base de données donne lieu surtout à des traitements statistiques.

Outre les incidents graves qui font l'objet d'une enquête technique, la RATP procède, pour les incidents mineurs, à une analyse systématique des enregistrements complétée par un questionnaire des opérateurs en l'absence d'une déclaration volontaire du conducteur impliqué.

Par ailleurs, des clubs de Rex RER ont été créés en 1999 avec le soutien de la délégation générale de la maîtrise de risque système intégrée au contrôle général de sécurité (Valancogne 2002). L'objectif est orienté vers la formation des agents au concept Rex et à l'apprentissage de méthodes Rex à partir de l'analyse des cas concrets survenus sur les réseaux. Les réunions mensuelles d'analyses sont composées de représentants du réseau SdF du RER, de l'unité de maîtrise de risque système et d'intervenants impliqués dans l'incident.

Le groupe produit des fiches Rex prenant en compte les actions à mener concernant les aspects techniques, l'environnement, la documentation, l'organisation et le facteur humain. Ces fiches sont disponibles à l'encadrement et servent de support de formations qualifiantes ou continues.

Principe des enquêtes techniques selon les nouvelles réglementations Nationale et Européenne

Quatre (1999) suggère la nécessité de constituer une entité comparable à ce qui existe dans le domaine aérien et d'adopter les textes législatifs et réglementaires réglant les questions juridiques et précisant l'indépendance des enquêteurs, l'objet des enquêtes et l'autorité qui en décide la réalisation.

Pendant, jusqu'à nos jours, c'est la SNCF qui prend en charge tout accident ou incident grave survenu à l'occasion de l'utilisation du réseau ferré national. Elle en informe sur-le-champ les préfets territorialement compétents, l'autorité judiciaire, le ministre chargé des transports et le Réseau Ferré de France et leur adresse dans les meilleurs délais un rapport circonstancié.

Elle fournit également au ministre toute information complémentaire que celui-ci juge nécessaire à la constitution de son propre fichier des incidents (Décret 2000-286 du 30 Mars 2000 relatif à la sécurité du réseau ferré national Titre II, Article 22 et 24).

A la RATP, tout incident grave d'exploitation du métro ou du RER fait l'objet d'une enquête sous la responsabilité du directeur de ligne. Dans certains cas, lorsque les responsabilités engagées n'apparaissent pas clairement, une enquête inter-départements est réalisée sous la direction du directeur de l'unité opérationnelle concernée (Valancogne 2002).

L'enquête inter-départements comprend, outre les départements techniques et d'exploitation, un membre de l'ingénierie d'exploitation ferroviaire et un membre du contrôle général de sécurité. Elle est dirigée par un représentant de l'exploitation qui est le responsable de l'unité fonctionnelle intéressée, ou un enquêteur désigné par le directeur de département si plusieurs lignes sont concernées.

Cette enquête a pour but d'établir les circonstances exactes et complètes de l'incident et de les analyser. Elle recherche les causes et définit les actions correctives à apporter pour que l'incident ne se reproduise plus. Le directeur de département se charge, en collaboration avec la Délégation Générale Ingénierie ferroviaire, des décisions en matière de modification d'installation ou de réglementation. Les plans d'actions retenus sont suivis en conférence technique bimestrielle au métro et trimestrielle au RER.

Néanmoins, la tendance actuelle est de plus en plus forte à la mise en place d'un dispositif de retour d'expérience commun, plus fiable et performant tant sur le plan national qu'europpéen. Cette tendance est appuyée par un ensemble de textes législatifs et réglementaires (notamment la Loi du 03 Janvier 2002 et le Décret de son application) ainsi que par un projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer communautaires qui est paru le 23 janvier 2002.

Les objectifs de ces textes et directives sont largement inspirés du domaine de transport aérien qui a fait ses preuves en la matière. Si bien que leur partie commune est la nécessité de créer un organisme d'enquêtes permanent, spécialisé et indépendant, l'équivalent du BEA aérien (Bureau Enquêtes Accidents).

Par ailleurs, une communication (COM (2002)18 final) de la commission au conseil et au parlement européen et une proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil du 23 janvier 2002 visent la création d'autorités de sécurité des Etats membres et d'une agence ferroviaire européenne qui dirigerait ces autorités.

Le but de ces directives est de fonder un espace ferroviaire européen intégré afin d'harmoniser la structure réglementaire des Etats membres, d'élaborer des objectifs et des indicateurs de sécurité communs et de mettre en place une approche de sécurité harmonieuse et commune dont celle des enquêtes techniques après accident ou incident ferroviaire.

Après accident ou incident survenu sur le système ferroviaire, chaque État membre veille à ce que les enquêtes soient effectuées par un organisme permanent et indépendant de tout gestionnaire de l'infrastructure, entreprise ferroviaire, autorité de sécurité, ... Les organismes d'enquêtes doivent pratiquer un intense échange de vues et d'expériences en vue de l'élaboration de méthodes d'enquêtes communes et de principes communs pour le suivi des recommandations en matière de sécurité.

La future Agence ferroviaire européenne assistera les organismes d'enquêtes dans la réalisation de cette tâche. Chaque enquête sur un accident ou un incident doit faire l'objet d'un rapport indiquant l'objectif de l'enquête et éventuellement les recommandations en matière de sécurité. Chaque année, l'organisme d'enquêtes doit publier un rapport annuel concernant les enquêtes réalisées l'année précédente, les recommandations formulées ainsi que les mesures qui ont été prises à la suite de ces recommandations.

Après une décision d'ouverture d'enquête, l'organisme d'enquête doit informer l'Agence ferroviaire européenne. Il transmet également une copie du rapport final à l'Agence. Les recommandations doivent être adressées à l'Autorité de sécurité. Les États membres et leur autorité de sécurité doivent prendre les mesures nécessaires pour veiller à ce que les recommandations en matière de sécurité soient dûment prises en considération.

La Loi du 03 Janvier 2002 est relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien ... Destinée à tous les modes de transport, cette loi souligne brièvement dans son article 14 l'obligation de réaliser une enquête technique après accident ou incident, son objet, son but ainsi que le statut de l'organisme d'enquête.

Le projet de Directive du 23 Janvier 2002 concernant la sécurité des chemins de fer communautaires consacre tout un chapitre (V) pour les enquêtes techniques. Ce projet définit les principes des enquêtes obligatoires sur les accidents et incidents dont la gravité est supérieure à un seuil défini (objets d'enquête, statut des enquêteurs, conduite et rapports d'enquête) et prévoit la création d'organismes d'enquêtes indépendants dans les Etats membres.

Objets et objectif de l'enquête

Selon le projet de Directive du 23 Janvier 2002, **une enquête** est une procédure visant à prévenir les accidents et incidents et consistant à collecter et analyser des informations, à tirer des conclusions, y compris la détermination des causes et, le cas échéant, à formuler des recommandations en matière de sécurité.

Les enquêtes techniques de sécurité doivent être effectuées après les accidents et les incidents graves survenus sur le système ferroviaire.

Un accident grave est un accident par collision ou déraillement de trains faisant au moins un mort ou au moins cinq personnes grièvement blessées. C'est également tout autre accident ferroviaire causant la perte de vies humaines, de nombreuses blessures graves ou d'importants dommages au matériel roulant, à l'infrastructure ou à l'environnement, et ayant un impact évident sur la réglementation ou la gestion de la sécurité ferroviaire.

Un incident est en toute occurrence, autre qu'un accident grave, lié à l'exploitation des trains et affectant la sécurité d'exploitation.

Les incidents graves sont les incidents évités de justesse ou qui, dans des circonstances légèrement différentes, auraient pu conduire à des accidents graves, y compris les défaillances techniques au niveau des sous-systèmes structurels ou des constituants d'interopérabilité du système ferroviaire trans-européen à grande vitesse ou conventionnel.

Pour les incidents graves et les autres types d'accidents outre les collisions et déraillements (passages à niveau, incendies ou chute de marchandises

dangereuses), l'organisme d'enquêtes décide s'il convient d'effectuer ou non une enquête en fonction de la gravité de ces événements et de leur impact sur la sécurité ferroviaire.

L'organisme d'enquêtes détermine également l'ampleur des enquêtes et la procédure à suivre pour leur réalisation en fonction des enseignements qu'il compte tirer de l'accident ou de l'incident en vue d'améliorer la sécurité.

L'autorité de sécurité peut aussi effectuer d'autres enquêtes dans le cadre des tâches de contrôle de la sécurité qui lui sont confiées.

L'autorité de sécurité est l'organisme national chargé de réglementer et de contrôler la sécurité des chemins de fer ainsi que de leur coordination au niveau européen, et ceci indépendamment des entreprises ferroviaires et des gestionnaires de l'infrastructure.

Les enquêtes effectuées après les accidents et les incidents graves ont pour objectif principal l'amélioration éventuelle de la sécurité ferroviaire et la prévention de futurs accidents et incidents. L'enquête ne peut en aucun cas viser à la détermination de la faute ou de la responsabilité.

Organisme d'enquêtes

La Loi du 03 Janvier 2002 ainsi que le projet de directive du 23 Janvier 2002 recommandent que les enquêtes sur les accidents et incidents soient effectuées par un organisme spécialisé permanent et indépendant dans son organisation, sa structure juridique et ses décisions.

Le statut juridique des enquêteurs est garanti par leur autorité nécessaire à accomplir leur tâche de la manière la plus efficace et dans les meilleurs délais. Ils ont accès à toutes les preuves nécessaires sans qu'il y ait de conflit avec les autorités compétentes et indépendamment de toute enquête judiciaire, mais avec une coopération entre les deux enquêtes.

Il faut séparer l'enquête technique de sécurité de l'enquête judiciaire car les deux types d'enquêtes concernent des problèmes différents, appliquent différentes méthodes et exigent des compétences différentes des enquêteurs.

L'indépendance de l'organisme d'enquêtes et de ses règles internes est assurée par l'absence de lien entre l'organisme et les différents acteurs du secteur, à savoir, les gestionnaires d'infrastructure, les entreprises ferroviaires, l'organisme de tarification, l'autorité de sécurité, tout organisme de réglementation des chemins de fer et toute partie dont les intérêts pourraient être en conflit avec les tâches confiées à l'organisme d'enquêtes.

Le caractère permanent de l'organisme est garanti par le fait que celui-ci doit comprendre au moins un enquêteur capable de remplir la fonction d'**enquêteur principal** responsable de l'organisation, de la conduite et du contrôle d'une enquête en cas d'accident ou incident.

Conduite de l'enquête

Tout accident ou incident, tel que défini dans le projet de directive, doit être immédiatement signalé à l'organisme d'enquêtes par les entreprises ferroviaires, les gestionnaires de l'infrastructure et, le cas échéant, par l'autorité de l'infrastructure.

Ce projet de directive prévoit également la présence d'un enquêteur principal qui assure l'intervention rapide de l'organisme lorsqu'un accident est signalé.

L'organisme prend les dispositions nécessaires et fait appel aux compétences opérationnelles et techniques adéquates pour effectuer les tâches requises. Il peut également faire appel à des membres des corps d'inspection et de contrôle ou, le cas échéant, demander au ministre chargé des transports la constitution d'une commission d'enquête.

L'enquête technique de sécurité, ayant pour objet de fournir des informations permettant d'éviter les accidents, doit être menée de manière aussi ouverte et transparente que possible en agréant à toutes les parties concernées de s'exprimer et en partageant les résultats.

Rapport de l'enquête

Chaque enquête sur un accident ou incident fait l'objet d'un rapport dont la forme dépend du type et de la gravité de l'accident ou de l'incident ainsi que de l'importance des résultats. Le rapport indique l'objectif de l'enquête et contient des recommandations en matière de sécurité.

Le projet de directive propose, dans son annexe V, une structure type de rapport qui comprend les thèmes suivants :

- Un bref résumé décrivant l'occurrence, les causes, les conséquences et les recommandations ;
- Les faits immédiats de l'occurrence indiquant les circonstances internes et externes ainsi que les dommages humains et matériels ;
- Les comptes rendus des investigations et enquêtes en termes de résumé : témoignages, système de gestion de la sécurité, règles et réglementations, fonctionnement du matériel roulant et des installations techniques, documentation du système opératoire, interface homme-machine-organisation et occurrences antérieures de nature comparable ;
- Analyse et conclusion : compte rendu final de la chaîne des événements, discussion, conclusions et observations complémentaires ;
- Mesures qui ont été prises ;
- Recommandations.

Le rapport final ainsi que les recommandations de sécurité doivent être publiés au plus tard 12 mois après la date de l'accident ou de l'incident et communiqués aux parties concernées. L'organisme d'enquêtes doit également demander à l'Agence ferroviaire européenne, dans un délai d'une semaine après la décision, d'ouvrir une enquête et de lui transmettre une copie du rapport final et du rapport annuel.

Les recommandations en matière de sécurité ne peuvent en aucun cas constituer une présomption de faute ou de responsabilité. Elles sont adressées à l'autorité de sécurité nationale qui veille à ce que ces recommandations soient prises en considération et qui fait rapport à l'organisme sur les mesures prises ou prévues à la suite de ces recommandations.

Lacunes et limites du REX ferroviaire

Les principaux obstacles et difficultés auxquels se heurte le Rex dans les transports ferroviaires peuvent être regroupés en quatre catégories. Ce sont les lacunes relatives à la réalisation de l'enquête technique, à l'organisation générale de l'entreprise ferroviaire, au déroulement du processus global du Rex et aux difficultés de prise en compte des facteurs humains.

Limites relatives aux enquêtes techniques

Les obstacles au Rex en matière d'enquêtes techniques dans divers domaines de sécurité dont celui du transport ferroviaire (Bourdeaux & Gilbert 1999, Pariès. 1999 et Gilbert 1999 et 2001), résident notamment dans :

- Le défaut de méthodes d'investigation et de protocoles d'enquêtes ;
- Le caractère non permanent et la composition arbitraire des équipes d'enquêteurs : absence de capitalisation de savoir-faire sur la gestion d'une grande enquête ;
- Le caractère conflictuel de quelques structures d'enquêtes : intérêt divergent des membres ;
- La difficulté d'échapper à une logique disciplinaire : faute, non respect des normes, procédures, ... Les enquêtes conservent souvent une image négative malgré les précautions prises par les différents acteurs pour dissocier enquête de terrain et recherche de responsabilité ;
- Le problème d'indépendance de l'enquête par rapport aux grands acteurs du Rex ferroviaire ;
- Le statut de l'organisme d'enquête : problème d'interaction avec la justice, mauvaise articulation entre enquête technique et judiciaire, entraves à la compréhension des faits (tableau 3) ;

Tableau 3 : Caractéristiques des enquêtes technique et judiciaire (Pariès 1999)

Caractéristiques	Enquête technique	Enquête judiciaire
objectif	Retour d'expérience	Responsable, coupable
Durée	1 mois, 1 an	Plusieurs années
Méthodologie	Le doute profite à la sécurité	Recherche de preuves
Contrôle de l'info.	Théoriquement on devrait parler ?	Secret de l'instruction
Expertise	Enquêteurs professionnels + tous les experts du monde	Experts judiciaires professionnels
Matériaux communs	Epaves, enregistreur, objets d'expertise	Epaves, enregistreur, objets d'expertise

- Le problème de compétences des équipes d'enquêteurs : formation insuffisante ou inadaptée des enquêteurs éloignés du terrain et absence de spécialistes facteurs humains ou organisationnels.

En effet, bien qu'à la RATP les fiches de collecte des informations sur les incidents préconisent une partie pour les facteurs humains, le recueil des informations est effectué par des agents plutôt techniques qui ne maîtrisent pas les notions de facteurs humains. La RATP utilise l'encadrement des lignes ou les agents de maîtrise du Métro qu'elle forme à cette fin.

Si bien que Hennebert (1998) prouve que " nous avons fait une erreur, me semble-t-il, ... en confiant à l'encadrement des lignes le recueil de toute information nécessaire au retour d'expérience, y compris les facteurs humains ". Il ajoute que, " il n'est pas étonnant qu'il soit difficile de motiver l'encadrement pour organiser un véritable retour d'expérience dont les conclusions, dans 80 % des cas, mettent en avant des problèmes d'organisation du travail, d'organisation de la formation, de management dont ce même encadrement est responsable ".

En conclusion, la réalisation d'enquêtes, dans le domaine ferroviaire, est une pratique ancienne mais bien qu'elles aient abouti à des décisions positives, ces dernières ont été isolées et ne portaient que sur des cas de transport de marchandises ou de transport collectif. En effet, depuis 1988 jusqu'en 1992, 9 enquêtes ont été effectuées (8 pour la SNCF et 1 pour la RATP) sur demande du ministre qui désigne lui même un président de commission d'enquêtes sans réflexion sur le statut des enquêteurs chargés de faire des recommandations pour améliorer le niveau de sécurité (Quatre 1999).

Pour combler cette lacune, le Conseil Général des Ponts et Chaussées (CGPC) a travaillé en la matière sur la base de trois principes.

Le premier principe consiste à la recherche des causes d'accidents fondée sur une analyse systémique (réglementation, compétences des transporteurs,

amélioration technique et revue du fonctionnement des systèmes des entreprises).

Le deuxième principe s'attache à la création d'une autorité indépendante ou cellule-pivot (l'équivalent du BEA aérien), avec des enquêteurs compétents formés pour ce travail et une commission d'enquêtes compétente chargée des rapports, des conclusions et des recommandations qui ne dépendent pas de l'autorité ministérielle. D'autant plus que ce ne sont pas les accidents les plus graves qui sont les plus riches d'enseignements.

Le troisième principe consiste à capitaliser les expériences relatives non seulement aux accidents, mais aussi aux presque-accidents fournis et analysés par les acteurs de transport pour en tirer des recommandations plus élaborées.

Bien que ces principes aient fait preuve de leur faisabilité en 1997-1998 (au travers de la réalisation d'enquêtes sur demande ministérielle, alors que la composition de la commission a été fixée par le vice-président du Conseil Général des Ponts et Chaussées), ils demeurent à l'état de propositions en l'absence de la mise en place d'un support législatif, réglementaire et opérationnel (Quatre 1999).

C'est ce qui explique d'ailleurs l'intérêt que porte la Loi du 03 janvier 2002 aux enquêtes techniques et surtout le projet de directive du 23 janvier 2002 en consacrant tout un chapitre (V) pour bien préciser les principes, les modalités, les objectifs, l'organisme et la conduite des enquêtes techniques après accidents ou incidents ferroviaires.

Limites relatives à l'organisation de l'entreprise

A l'inverse des transports aériens où la performance et le progrès du retour d'expérience sont exemplaires en matière de sécurité et, où les procédures recouvrent la totalité du champ de retour d'expérience grâce à une organisation unique (le Bureau Enquête Accident), les transports ferroviaires font l'objet de dispositifs éclatés propres aux acteurs et décidés par le ministre en cas d'accidents graves (Quatre 1999).

Les obstacles au rex à la RATP sont multiples dont les plus importants sont les problèmes transversaux aux métiers et aux organisations de l'entreprise (difficulté d'une démarche systémique) et les problèmes liés à l'analyse des facteurs humains.

La RATP est caractérisée par un très grand cloisonnement, différentes cultures (notamment techniques) et différentes logiques avec une décentralisation du management et tendance au régime féodal sur le mode de "chacun chez soi" en créant des petits chefs et baronnies. En plus il semblerait que les choses se jouent en interne, au sein de l'entreprise sans partage d'expérience avec l'extérieur (Bourdeaux et Gilbert 1999) et (Hennebert 1998 et 1999).

Bien que la SNCF soit sous tutelle de la Direction des Transports Terrestres, elle constitue une sorte de monopole qui fait tout lui-même et maîtrise toutes les

étapes relatives à la conception technique, aux installations de sécurité, du matériel et de leur entretien, au transport, à la réglementation, etc. La SNCF apparaît comme une organisation " secrète " et très repliée sur elle-même, pour laquelle il est difficile de se prononcer quant à ce qu'elle produit en termes de retour d'expérience (Bourdeaux et Gilbert 1999).

Ce qui explique d'ailleurs, non seulement la rareté voire l'absence de travaux publiés en matière de retour d'expérience, mais également la difficulté d'accéder au terrain ou d'effectuer des entretiens avec les responsables de sécurité en la matière.

Par ailleurs, la SNCF effectue un Rex au niveau régional régulièrement sur des thèmes propres tels que sur les très forts trafics d'hiver. Cependant, la conduite de ce Rex est sous la responsabilité d'une seule personne qui, sur le terrain, constitue le dossier de recueil et d'analyse de l'information, ce qui entrave la remontée de l'information (Bourdeaux et Gilbert 1999).

Limites relatives au processus global du Rex

Plusieurs travaux soulignent que le processus du Rex souffre de plusieurs lacunes relatives notamment aux données nécessaires pour un bon déroulement du Rex. (Amalberti 1995), (Wibaux 1995), (Bourdeaux & Gilbert 1999), (Pariès 1999) et (Gilbert 1999 et 2001).

Les systèmes de Rex sont à la fois riches et sous exploités pour plusieurs raisons. En effet, malgré la multiplicité des sources d'informations, l'importance de leur quantité et la diversité de leur nature, la description des événements permet rarement une analyse explicative. On se contente souvent d'un Rex axé sur la constitution de bases de données (BD) et le traitement statistique plutôt que des analyses qualitatives et approfondies.

L'idée de Rex est ainsi longtemps confondue et se confond encore avec l'accumulation des informations sur les événements mettant en cause la sécurité, notamment à travers la constitution de BD.

La constitution de BD est une des modalités privilégiées pour collecter, traiter et analyser les informations relatives notamment aux défaillances techniques. Elle est devenue une finalité et un but en soi sans profonde réflexion sur ce qui était recherché ou sur ce qui devrait être ciblé, sans suivi d'effets et sans véritables liens avec des logiques d'actions.

La constitution de BD apparaît comme étant au cœur du Rex, négligeant ainsi les phases en aval et surtout en amont de stockage des données, ce qui conduit à une impasse du retour effectif de l'expérience et à un " bouclage " du Rex peu valorisé.

En effet, le retour du Rex devrait constituer une étape essentielle pour toute pratique de retour d'expérience. Il s'agit d'un bouclage effectif du processus du Rex par le " retourné " des enseignements tirés de l'analyse des événements critiques vers les acteurs les plus immédiatement concernés (acteurs de terrain, opérateurs, concepteur, organisateur, contrôleur, expert, etc). Cependant, ce

bouclage n'est pas privilégié car il apparaît que le but initial de la procédure est de résoudre le problème en amont du retour.

Les bases de données actuelles, de par leurs méthodes de collecte des données, ne permettent qu'une analyse descriptive de surface insuffisante pour déterminer les véritables mécanismes d'erreurs ayant conduit à l'accident.

En outre, l'exploitation des bases de données se révèle le plus souvent incapable de prédire les futurs scénarios d'accidents puisque le taux de (rares) catastrophes continue à être constant malgré des bases de données de plus en plus nombreuses et sophistiquées. Chaque accident reste une forme de surprise car il existe un problème d'exploitation des données.

Il ne suffit pas de recueillir l'information, mais il faut aussi savoir la traiter et la diffuser pour extraire l'événement réellement prédictif. Cependant, les méthodes d'exploitation ne sont pas modifiées, continuent à être fondées sur une vision statistique des événements et leur synthèse ne prend presque jamais en considération les cas isolés où se trouvent probablement les facteurs les plus prédictifs de futurs accidents.

En plus, les statistiques d'accidents souvent basées sur un nombre très faible de cas sont à utiliser avec des précautions puisque la fréquence d'un type d'incident ne prouve rien quant à son caractère précurseur d'accident.

En résumé, les limites du Rex ferroviaire, tout comme d'autres domaines de transport d'ailleurs, sont liées surtout :

- A la diversité des vocabulaires (absence de définitions univoques) ;
- Aux difficultés de collecte de données (recherche et remontée des informations) ;
- Aux problèmes de diffusion de l'information : verrouillage des informations incompatibles avec la fonction du Rex, de réflexion collective dans le cadre de la sécurité des systèmes (retour du Rex, partage de l'expérience) ;
- A la qualité des données collectées et stockées ;
- Aux défauts de moyens et difficultés de gestion technique pour " réactiver " les BD qui risquent d'être inutilisables ;
- Aux divergences et incertitudes des méthodes d'analyse des données ;
- Au manque, voire l'absence, de moyens convenables d'exploitation des données ;
- Au suivi parfois aléatoire de la mise en œuvre des recommandations ;
- A la carence d'une méthodologie globale standardisée du Rex ;
- Aux difficultés de prise en compte des facteurs humains (FH).

En conclusion, on peut distinguer deux approches du Rex : une classique standardisée et une nouvelle (Gilbert 1999 et 2001). Le Rex classique, standard et dominant, consiste souvent en une collecte plus ou moins automatique et

plus ou moins standardisée des événements répétitifs appréhendés sous l'angle de facteurs techniques afin de constituer des bases de données.

La nouvelle approche du Rex traduit une tendance à s'intéresser aux aspects plus qualitatifs que quantitatifs et vise à impliquer les acteurs directement concernés par les différentes phases de Rex. Cependant, les formes actuelles prises par le Rex correspondent à plusieurs compromis dont ceux relatifs aux difficultés de prise en compte des facteurs humains.

Limites relatives à la prise en compte des F.H.

Plusieurs auteurs soulignent que le retour d'expérience est plus limité et moins performant lorsqu'il aborde l'analyse des événements qui impliquent une défaillance humaine. Les démarches du Rex se sont essentiellement développées à partir des aspects techniques (Amalberti 1995), (Wibaux 1995), (ANAE 1996), (Lebaye 1997), (Hennebert 1998 et 1999), (Bourdeaux et Gilbert 1999), (projet de Directive Européenne 2002), (Gilbert 1999 et 2001) et (Kaiser 2002).

Tant pour des raisons pratiques et d'efficacité que pour des raisons de gestion socio-politique, les facteurs techniques ont été et sont encore largement au cœur du retour d'expérience. Dans la plupart des secteurs d'activités à risque, les Rex se conçoivent essentiellement dans une perspective technique et quantitative. L'identification des problèmes s'effectue avant tout par rapport aux matériels, aux systèmes et procédures techniques (Gilbert 1999 et 2001).

Les obstacles à la prise en compte des facteurs humains dans le rex (Gilbert 2001) sont liés principalement aux :

- difficultés à cerner précisément ce qu'ils recouvrent, à disposer des capacités d'analyse adéquates pour les déterminer et à intégrer cette préoccupation dans les cultures des opérateurs ;
- difficultés à exploiter ce qui peut être observé en matière de facteurs humains, à traiter les aspects qualitatifs et à élaborer des protocoles réductibles ;
- difficultés à trouver les moyens d'engager des actions correctrices et à traiter les problèmes liés aux facteurs humains ;
- difficultés à prendre en compte les erreurs de l'opérateur humain dans la collecte, l'analyse et l'exploitation des données relatives aux incidents ou accidents.

Cependant, malgré les difficultés à intégrer les aspects humains dans une telle démarche, leur prise en compte tend à devenir, peu à peu, une nouvelle priorité.

Conclusion

Après avoir défini le concept Rex, ce chapitre a présenté dans sa première partie la démarche actuelle du Rex dans les transports ferroviaires, notamment à la SNCF et à la RATP. Il a précisé dans sa deuxième partie les principes et les modalités du déroulement d'une enquête technique après incident ou accident ferroviaire, conformément aux recommandations des nouvelles réglementations Nationale et Européenne (la Loi du 3 janvier 2002 et le Projet de directive du 23 janvier 2002).

La troisième partie a été focalisée sur l'étude des principales lacunes et obstacles dont souffre le Rex ferroviaire. Ce sont essentiellement les limites relatives à la réalisation de l'enquête technique (statut et indépendance de l'organisme d'enquêtes, compétences des enquêteurs, ...), à l'organisation générale de l'entreprise ferroviaire (absence d'une démarche systémique, défaut de partage de l'expérience, organisation secrète, ...), au déroulement du processus global du Rex (difficultés de collecte et de diffusion des données, divergence des approches employées, manque de moyens d'exploitation des données collectées, ...) et aux difficultés de prise en compte des facteurs humains.

La suite de notre étude sera focalisée seulement sur le problème d'intégration des facteurs humains qui constitue à ce jour l'obstacle majeur du Rex. Afin d'apporter un élément de réponse à ce problème, on propose, dans le chapitre suivant, une approche d'intégration de l'erreur humaine qui permet d'identifier les principaux concepts à considérer dans le Rex et notamment dans la phase de collecte des données.

Chapitre 4

Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience

Introduction

Afin de répondre aux exigences exprimées par la nouvelle réglementation nationale en matière de sécurité ferroviaire, et en vue de respecter les mesures d'harmonisation recommandées par le projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer communautaires, les organismes nationaux, les gestionnaires d'infrastructure et les professionnels du secteur ferroviaire doivent désormais disposer d'une démarche méthodologique commune de retour d'expérience (Rex).

Par ailleurs, bien que la prise en compte des facteurs humains dans le processus du Rex ferroviaire tende à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines (Gilbert 2001).

En effet, malgré l'intérêt indéniable des approches de classification de l'erreur humaine étudiées dans le chapitre 2, leur mise en œuvre dans le domaine des transports ferroviaires, et notamment dans le processus de Rex, demeure difficile. Ces modèles théoriques, parfois trop détaillés, ne sont pas destinés à une application industrielle et se heurtent à un problème d'exploitation.

Pour appréhender ces problèmes et tenter de cerner ainsi les principales lacunes du Rex (détaillées dans le chapitre 3), notamment l'absence d'une méthodologie globale standardisée et les difficultés d'intégrer les facteurs humains, notre contribution, qui fait l'objet de ce chapitre, porte sur l'élaboration d'une démarche rigoureuse du Rex centrée sur les facteurs humains. Cette démarche est présentée en deux parties.

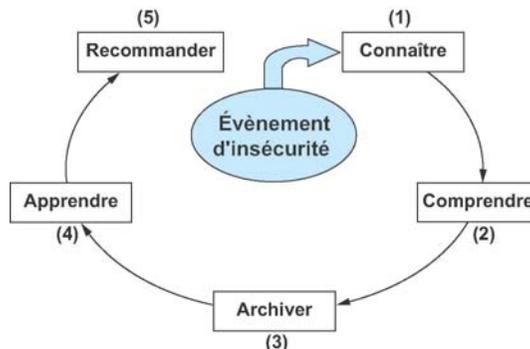
La première partie propose une approche globale du déroulement de Rex qui fait intervenir cinq grandes phases : collecte des données, analyse des données, stockage des données, exploitation des données et proposition de recommandations. L'accent sera mis sur l'importance des données relatives à l'opérateur humain dans le bon déroulement du Rex.

La seconde partie présente une approche d'analyse de l'erreur humaine centrée sur le déroulement d'un accident (en amont, pendant et en aval). L'objectif est d'extraire et d'identifier les principaux concepts relatifs à l'opérateur humain qu'il faut prendre en compte dès la phase de collecte des données.

Approche globale du processus de Rex

Inspirée des travaux de Joing (1991), de Sablier et Vittumi (1995) et de Dominati et al. (1996), l'approche globale du Rex que nous proposons est fondée sur cinq grands principes (figure 22) : “connaître”, “comprendre”, “archiver”, “apprendre” et “recommander”.

Figure 22 : Les cinq principes du Rex



Ces cinq principes complémentaires et itératifs correspondent respectivement aux cinq grandes phases : la collecte des données, leur analyse et traitement, leur stockage et mémorisation, leur exploitation et utilisation et les recommandations de sécurité qui en résultent (figure 23).

Collecte des données

Cette première phase qui répond au premier principe **connaître** consiste à recueillir le maximum de données, à s'intéresser à toutes les anomalies rencontrées et à faire appel à diverses ressources de recherche d'informations.

La collecte des données correspond à une investigation approfondie de tout événement contraire à la sécurité (dysfonctionnement, incident, quasi-accident ou accident). Il s'agit de rechercher et recueillir tous les éléments tant descriptifs qu'explicatifs ayant conduit à cet événement (les faits de l'occurrence, les circonstances, les causes, les conséquences, ...).

La collecte concerne ainsi les données relatives à l'opérateur humain, à son environnement interne et externe, au système technique, à l'organisation du travail, aux procédures et aux éventuelles interactions.

Analyse des données

Cette phase du processus de Rex vise l'analyse profonde des insuffisances du système global, des circonstances, du déroulement, des mécanismes et des causes de l'événement redouté. Elle permet de reconstituer la chronologie des faits, d'établir les scénarios à risques et d'évaluer les conséquences réelles ou potentielles.

Cette phase qui répond au principe **comprendre** ne doit pas se limiter à l'analyse des causes premières apparentes mais à établir, par exemple, un arbre des causes des dysfonctionnements permettant de mieux cerner les mécanismes générateurs des événements affectant la sécurité.

Néanmoins, la phase d'analyse des données peut être concomitante à celle de la collecte des données (analyse à chaud) faisant appel à différents experts du domaine sur le terrain, comme elle peut être réalisée "à froid" après stockage des données, et ceci grâce à une commission d'analyse souvent permanente et interne à l'entreprise ou arbitraire composée après l'événement.

Stockage des données

Cette phase répondant au principe **archiver** s'attache à mémoriser les données collectées et analysées dans une base de données grâce, souvent, à un système informatique.

Lors de cette phase, une attention particulière doit être portée sur les possibilités d'exploitation réelle de la base. En effet, la constitution de cette base ne doit pas se limiter à l'accumulation de l'exhaustivité des données avec une grande précision, mais à permettre surtout la possibilité de leur utilisation ultérieure.

Cette base de données doit garantir, outre l'analyse *épidémiologique* statistique et descriptive des données, une étude *clinique* qualitative et explicative des véritables mécanismes ayant conduit à l'événement. Elle doit assurer également la recherche des éventuelles similitudes entre des événements de même nature afin d'identifier les scénarios types d'accidents ou incidents.

Exploitation des données

Cette phase du processus de Rex consiste à utiliser et interpréter les résultats issus des différents traitements de la base de données. L'objectif principal est d'extraire l'événement réellement prédictif, de prendre en considération les cas isolés et de prédire ou d'imaginer les futurs scénarios d'accidents ou événements indésirables.

La mise en œuvre de cette phase nécessite généralement le recours à des techniques d'analyse de données et d'intelligence artificielle, notamment les méthodes d'apprentissage symbolique automatique (Hadj Mabrouk 1996 et 1998).

Cette phase répond au principe **apprendre** qui consiste à tirer des enseignements de l'expérience vécue pour éviter le retour d'une telle situation contraire à la sécurité.

Recommandations

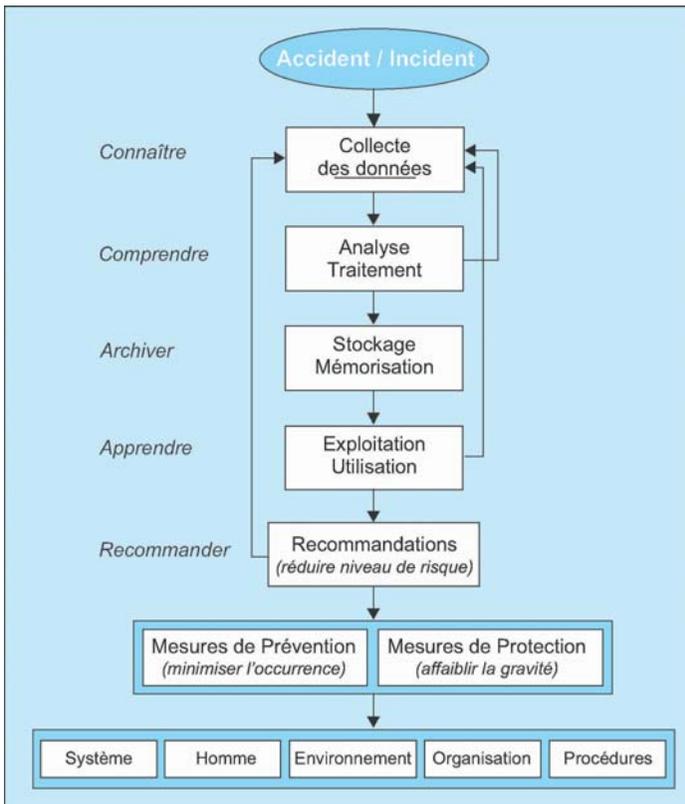
C'est la phase ultime de la démarche de Rex dont la performance dépend de la qualité et de la fiabilité des étapes précédentes. Elle répond au principe **recommander** qui consiste à définir et identifier les mesures adéquates pour limiter la reproduction d'un événement d'insécurité. Il s'agit de mieux tirer profit des enseignements de l'expérience acquise pour améliorer la sécurité.

Les recommandations visent la réduction de niveau de risque (probabilité/gravité) grâce à des mesures de prévention (afin de minimiser l'occurrence de survenue de l'événement) et des mesures de protection (en vue d'affaiblir la gravité de ses conséquences).

Ces recommandations sont en réalité la finalité et l'objectif initial du processus de Rex pour améliorer le niveau de sécurité. Elles ont pour but l'action sur les facteurs humains, les aspects techniques, l'environnement, l'organisation, la réglementation, les procédures, la documentation, etc.

Ces recommandations sont à entreprendre sur le plan local (au niveau de l'entreprise) pour assurer un meilleur management et gestion de la sécurité, sur le plan général (au niveau de la direction du transport) pour faire évoluer le système de sécurité ainsi que sur le plan national (au niveau du dispositif de communication) pour garantir une bonne communication des résultats du retour d'expérience.

Figure 23 : Articulation des différentes étapes de déroulement du Rex



La question de **données** comme le confirme Gilbert (2001) a été toujours considérée comme essentielle dans la mise en œuvre du Rex. Si bien que la collecte de données est une phase primordiale et déterminante dans le bon fonctionnement du processus de Rex. La performance de ce dernier est étroitement liée à la nature et à la qualité des données collectées. Dans la suite de ce chapitre, l'accent sera mis sur l'étude des données relatives à l'opérateur humain, et notamment sur l'analyse de l'erreur humaine dans le processus de Rex.

Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience

Pour bien positionner notre démarche de prise en compte de l'erreur humaine dans le processus Rex, il nous semble judicieux de préciser quelques notions relatives au facteur humain, à l'erreur humaine et à l'accident.

Facteur humain, erreur humaine et accident

Le terme "facteurs humains" est un concept trop vague pour être clairement explicité. Il correspond selon Amalberti et Mosneron-Dupin (1997) à l'ensemble des connaissances sur l'opérateur humain et des méthodes visant l'adéquation entre l'opérateur humain et son travail.

Les recherches sur les facteurs humains sont souvent orientées sur l'analyse du comportement humain en termes de performance, de fiabilité ou d'erreur humaine. Elles visent l'étude des possibilités et des contraintes spécifiques à l'opérateur en vue d'améliorer la performance et la sécurité du système socio-technique. Selon Keravel (1995), l'analyse des facteurs humains correspond davantage à l'étude des paramètres à surveiller et à modifier pour maîtriser la fiabilité humaine.

Oudiz (1990) souligne que l'analyse de la fiabilité humaine, dans le cadre du retour d'expérience, s'effectue a posteriori. Elle consiste à analyser les incidents ou accidents afin de déterminer les causes de dysfonctionnement humain et d'identifier les moyens de les prévenir (in Van Elsland 1997).

Concernant le concept "accident", ce dernier est considéré comme le résultat d'un événement ou d'un enchaînement d'événements non désirés susceptibles d'occasionner des dommages sur l'homme, sur le système et/ou sur l'environnement. C'est un phénomène complexe qui peut difficilement s'expliquer par l'intervention d'une seule et simple variable. Il est généralement le résultat d'une suite d'événements indésirables incluant les actions de l'opérateur humain. Toutefois, l'erreur humaine constitue le plus souvent un lien de la séquence d'événements et non de son origine. C'est un résultat néfaste de la succession aléatoire de faits dans l'enchaînement desquels la présence d'erreur est possible mais non systématique (Risk 1981, Rasmussen 1990, Ranney 1994 et Neboit 1996 in Van Elsland 1997).

En effet, l'accident n'est pas lié directement à l'erreur de l'opérateur, il est plutôt lié aux conditions dans lesquelles une erreur humaine a pu survenir, puis par une suite d'événements conduisant à l'accident par défaut de protection adaptée. L'accident est toujours symptomatique d'une ou plusieurs mauvaises défenses permanentes ou ponctuelles du système dans son ensemble et non d'une erreur particulière. Ce qui rend l'accident peu probable, ce n'est pas tant que les erreurs responsables des accidents soient elles-mêmes peu probables, mais plutôt que les circonstances exactes pour qu'elles aient des conséquences graves soient, elles, très peu probables (Lecomte 1993, Amalberti 1996 et Amalberti et Mosneron-Dupin 1997).

Principe général de l'approche proposée

La méthode que nous proposons est inspirée des travaux de Reason qui évoque trois niveaux de classification des erreurs humaines (comportemental, contextuel et conceptuel), correspondant à trois questions que l'on peut se poser sur les erreurs humaines (quoi ? où ? comment ?). Elle est également inspirée des travaux de Rasmussen relatifs au fonctionnement cognitif de l'homme et de ceux de Van Elslande relatifs aux scénarios types d'accidents.

Centrée sur le déroulement d'un accident potentiel et appuyée par quelques exemples issus du domaine de la sécurité ferroviaire, cette méthode s'articule autour de trois niveaux complémentaires d'analyse de l'erreur humaine et reprend les trois niveaux suggérés par Reason : le niveau contextuel (en amont de l'accident), le niveau conceptuel cognitif (pendant l'accident), et le niveau comportemental (en aval de l'accident) (figure 24).

En pratique, l'analyse de l'accident passe d'abord par l'étude globale de l'environnement et de la situation du travail des opérateurs (en amont de l'accident) et répond ainsi aux questions où ? quand ? et qui ? (type d'opérateur impliqué).

La seconde étape d'analyse consiste à étudier la démarche cognitive mise en œuvre face à une situation donnée et répond ainsi à la question comment ? (pendant l'accident). Cette démarche débouche souvent sur une action en termes d'accomplissement d'une tâche. La dernière phase (en aval de l'accident) étudie les conséquences d'une action erronée en termes de dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système et répond ainsi à la question quoi ?

Ainsi, à travers les deux premières étapes de l'approche proposée, on peut identifier les différentes erreurs humaines potentielles ainsi que leurs éventuelles interactions.

C'est pour cette raison que l'approche proposée sera focalisée uniquement sur les deux premières phases d'analyse afin de déterminer les différents facteurs impliqués dans la production des erreurs humaines potentielles à l'origine de l'accident. L'objectif est de prendre en compte l'ensemble de ces facteurs dans la phase de collecte de données après accident ou incident ferroviaire.

Description détaillée de l'approche proposée

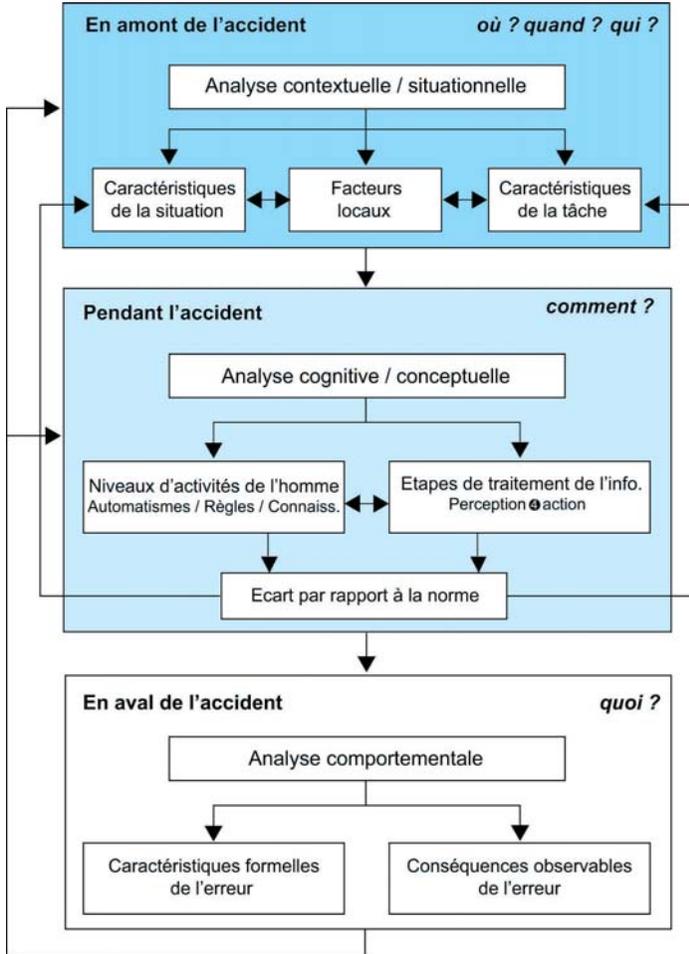
En amont de l'accident (Analyse contextuelle)

L'analyse contextuelle de l'erreur humaine, en amont de l'accident, consiste à étudier les différentes conditions de travail (caractéristiques de la situation, caractéristiques de la tâche, ...) favorisant sa production. Considérant l'opérateur humain dans son environnement de travail et face au système, ce premier niveau d'analyse permet de déterminer les facteurs locaux déclenchant l'erreur ainsi que les interactions entre les circonstances internes et externes.

Le but de cette phase consiste à identifier les différentes interactions que subit l'homme avec son environnement de travail, avec les autres opérateurs et avec le système. Ce niveau d'analyse nécessite donc l'étude des trois

principales composantes d'un système socio-technique (Homme, Système, Environnement) ainsi que leurs interactions.

Figure 24 : Articulation des principaux niveaux impliqués dans l'analyse de l'erreur humaine dans l'accident



L'opérateur Humain

Dans un premier temps, il s'agit d'identifier les différents types d'opérateurs impliqués ainsi que les facteurs altérant la performance humaine.

Les opérateurs humains impliqués dans le secteur des transports sont variables en fonction du domaine. Dans le domaine ferroviaire, par exemple, les acteurs sont principalement le personnel de maintenance et le personnel d'exploitation. Les erreurs humaines d'exploitation concernent notamment l'opérateur au PCC et l'agent de conduite.

Les erreurs potentielles de l'opérateur au PCC sont souvent relatives au non-respect des procédures, d'accostage, d'initialisation, d'évacuation ou de

conduite. Les erreurs potentielles de l'opérateur de conduite se répartissent généralement en deux grandes classes : le non-respect de la signalisation (franchissement de signal d'arrêt, non-respect des feux) et l'erreur de commande ou de manœuvre (freinage intempestif ou brusque, non-respect de la consigne de vitesse, ouverture prématurée ou intempestive des portes, etc) (Hadji Mabrouk et al. 2001).

Les figures 25 et 26 proposent deux exemples de classification d'erreurs humaines potentielles provoquées respectivement par l'opérateur de conduite et l'opérateur au PCC.

Figure 25 : Exemple de classification d'erreurs potentielles provoquées par l'agent de conduite

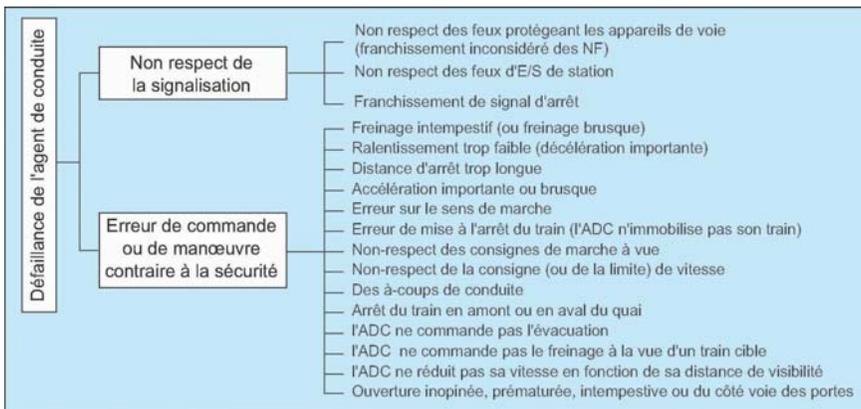
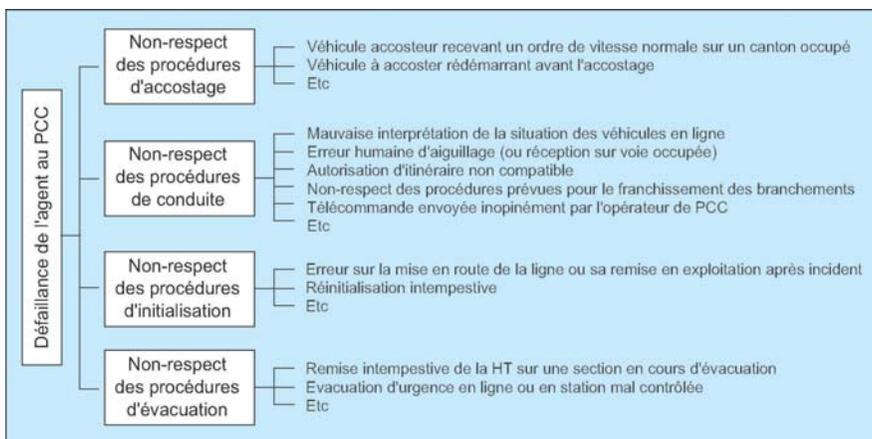


Figure 26 : Exemple de classification d'erreurs potentielles provoquées par l'opérateur au PCC



Dans le cadre de cette première analyse contextuelle et situationnelle de l'erreur humaine, il est également nécessaire d'identifier les principaux facteurs altérant la performance humaine. Ces facteurs peuvent, en effet, influencer de

façon directe ou indirecte, le processus cognitif élaboré par l'opérateur lors de son activité.

L'objectif est de recenser les facteurs physiques, physiologiques, psychologiques, sociaux, chronobiologiques, comportementaux ou professionnels qui favorisent l'erreur humaine. Les facteurs recensés dans la figure 27 sont inspirés des travaux réalisés dans le domaine de la sécurité aérienne (Circulaire OACI 1993).

Figure 27 : Les principaux facteurs altérant la performance humaine

<p><u>Facteurs physiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- incapacités sensorielles (vision, audition, illusion)- incapacités motrices- etc <p><u>Facteurs physiologiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- état de santé- nutrition- sommeil- fatigue <p><u>Facteurs psychologiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- personnalité : panique, stress- humeur- état émotif <p><u>Facteurs comportementaux</u></p> <ul style="list-style-type: none">- style de vie : activités nocturnes- habitudes : alcool, médicaments, drogues, etc- ennui – distraction- appréhension - confiance- panique – stress <p><u>Facteurs professionnels</u></p> <ul style="list-style-type: none">- formation- connaissances- expérience <p><u>Facteurs sociologiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- problème familial- mauvais environnement social- visiteur, inspecteur, instructeur- structure de l'équipe <p><u>Facteurs chronobiologiques</u></p> <ul style="list-style-type: none">- typologie circadienne du sommeil : matin / soir- horaires de meilleures performances : matin / soir <p><u>Facteurs de baisse de vigilance</u></p> <ul style="list-style-type: none">- les fluctuations rythmiques de la vigilance (circadiennes, ultradiennes)- les troubles du sommeil<ul style="list-style-type: none">la privation de sommeilla fragmentation de sommeilla désynchronisationles pathologies du sommeil (Narcolepsie, Syndrome d'Apnées du Sommeil)- l'ingestion d'alcool- la prise de médicaments psychotropes (antidépresseurs, anxiolytiques, etc)
--

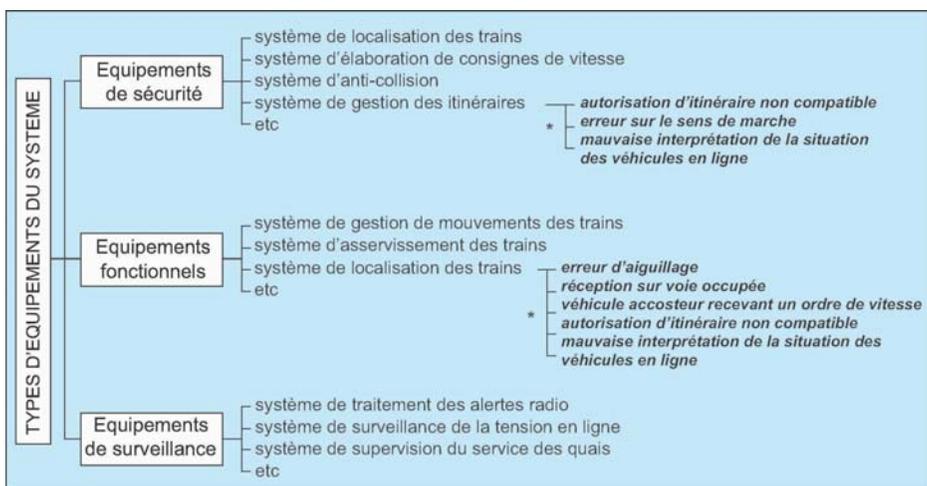
Le Système

Au niveau système, il convient d'identifier, pour chaque type d'équipement, la liste d'erreurs humaines potentielles. Le résultat de cette étude permet au concepteur de prendre en compte, dès la première phase de développement du système (spécification), l'ensemble des erreurs humaines potentielles relatif à chaque type d'équipement (figure 28) et susceptible de mettre en défaut la sécurité du système. L'objectif consiste donc à intégrer, dès les phases de spécification et de conception du système, les mesures adéquates pour rattraper, tolérer, réduire ou supprimer certaines erreurs humaines.

Dans le domaine du transport ferroviaire, on distingue généralement trois types d'équipement : les équipements de sécurité (ou critiques), de surveillance et de disponibilité (ou fonctionnels).

- Les équipements de sécurité ont pour objectif de remplacer les opérateurs d'exploitation du système ou de faciliter les tâches qui leur sont confiées. Les systèmes de contrôle des équipements de freinage d'urgence, les systèmes d'anti-collision et les systèmes d'élaboration de consignes de vitesse en sont des exemples issus du domaine des transports guidés.
- Les équipements de surveillance permettent de centraliser les informations et de mieux organiser les actions d'interventions correctives ou préventives sur le système. Ils contribuent à l'amélioration du niveau de sécurité du système mais ils n'empêchent pas la survenue des accidents potentiels. Le système de supervision du service des quais et de traitement des alertes radio sont deux exemples d'équipements de surveillance.
- Les équipements fonctionnels assurent généralement la disponibilité du système. Le système d'asservissement de trains et le système de localisation des trains en sont deux exemples.

Figure 28 : (*) Exemples d'erreurs humaines relatives aux types d'équipements du système



Toujours dans le cadre de la première phase d'analyse contextuelle (en amont de l'accident) et afin de tendre vers l'exhaustivité, il est indispensable d'analyser et de recenser les erreurs humaines potentielles en fonction des modes de conduite du système.

Dans le domaine des transports ferroviaires guidés, on distingue généralement deux grands modes d'exploitation : les modes nominaux et les modes dégradés. Les modes d'exploitation *nominaux* comportent plusieurs modes de conduite : la Conduite Automatique Intégrale sans agent de conduite, la Conduite en Pilotage Automatique avec agent de conduite (erreur de commande des portes et de départ du train), la Conduite Manuelle Contrôlée (erreurs de traction, erreurs de freinage) et la Conduite Manuelle Libre avec agent de conduite (erreur de conduite).

Les modes d'exploitation *dégradés* concernent la Conduite Manuelle en Marche à Vue (non respect de l'espacement), la Conduite Manuelle avec Signalisation Auxiliaire (non respect d'une signalisation latérale) et la Conduite Manuelle de Secours (erreur de commande des portes et de départ du train). Les modes d'exploitation dégradés peuvent assurer des fonctionnements comme l'accostage, le scindage ou les services provisoires (Hadj-Mabrouk H. et al. 1998).

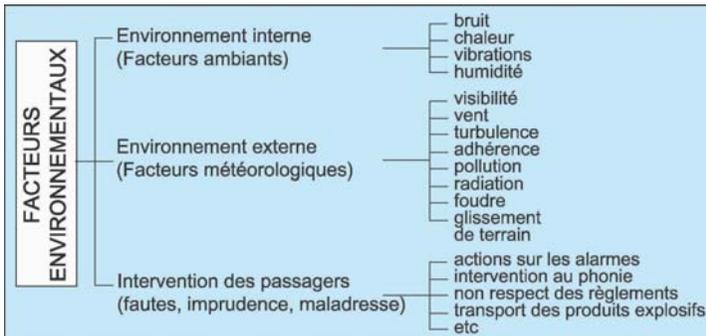
L'Environnement

Outre les erreurs humaines relatives aux opérateurs humains et aux systèmes, il convient également de recenser les différents facteurs environnementaux susceptibles d'influencer le bon déroulement de l'activité humaine et notamment l'exécution de la tâche prescrite (supervision, surveillance, conduite, diagnostic, ...).

On peut distinguer deux types de dangers provoqués par l'environnement interne du travail (facteurs ambiants) et l'environnement externe (facteurs météorologiques) (figure 29).

L'identification de ces facteurs environnementaux permet de concevoir et de mettre en oeuvre des dispositions ergonomiques préventives adéquates. La prise en compte de ces facteurs dès la conception garantit une réduction des erreurs humaines lors de l'exploitation du système.

Figure 29 : Les principaux facteurs environnementaux favorisant l'erreur humaine

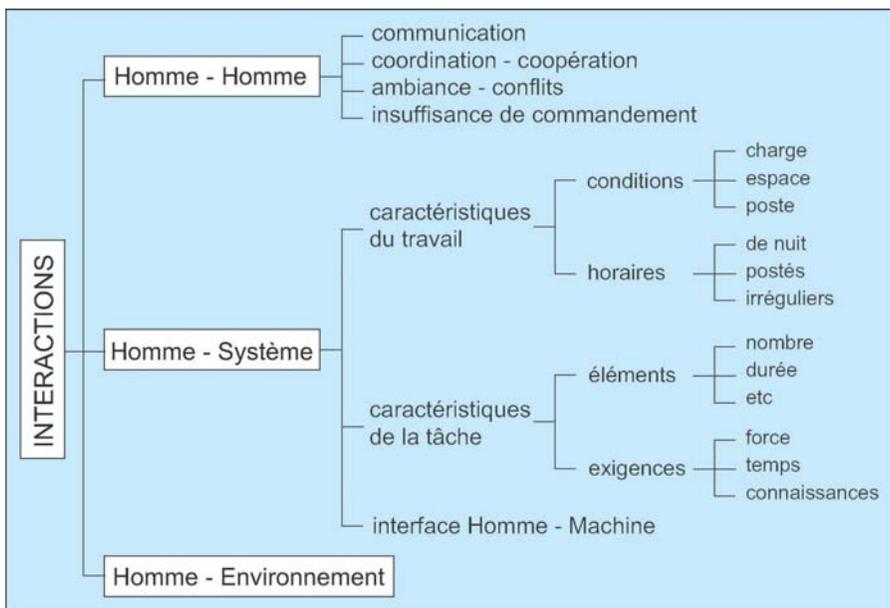


Les interactions

L'analyse contextuelle de l'erreur humaine potentielle doit également mettre l'accent sur les différents facteurs d'interactions entre les opérateurs humains, entre l'homme et le système ou entre l'homme et son environnement interne et externe (figure 30).

L'analyse des interactions entre l'opérateur et le système permet à l'ergonome concepteur de prendre en considération les problèmes liés aux caractéristiques du travail (charge, poste, horaires, ...), à ceux de la tâche prescrite (nombre, durée, temps, force, connaissances, ...) et à ceux de l'interface Homme-Machine.

Figure 30 : Principales interactions de l'opérateur humain



Pendant l'accident (Analyse cognitive)

La deuxième phase d'analyse et d'évaluation de l'erreur humaine concerne le processus cognitif mis en jeu lors du déroulement de l'accident (comment ?).

L'analyse cognitive de l'erreur humaine, dans ce contexte, consiste à étudier les mécanismes cognitifs impliqués dans la production de l'erreur à l'origine de l'accident. Elle tente de savoir comment le processus cognitif de l'opérateur humain, compte tenu de l'analyse contextuelle en amont, a abouti à une action erronée génératrice d'accident.

A ce niveau, les erreurs humaines peuvent être classées de deux manières différentes et complémentaires soit en se référant aux trois niveaux hiérarchiques de l'activité de l'homme (basé sur les automatismes, sur les règles ou sur les connaissances), soit relativement aux différentes étapes de traitement de l'information, de raisonnement humain ou de prise de décision.

En s'inspirant des différents modèles conceptuels de traitement de l'information (notamment de Rasmussen et de Rouse), la figure 31 présente, au travers d'un modèle simplifié mais qui se prête mieux à une application industrielle, quelques exemples d'erreurs humaines (dans les transports ferroviaires) relatives aux différentes phases de traitement de l'information ou de résolution de problème.

La figure 32 récapitule le modèle Rasmussen et Reason et illustre quelques exemples d'erreurs humaines (issues des transports ferroviaires), liées au mode de fonctionnement humain basé sur les automatismes, sur les règles ou sur les connaissances.

Néanmoins, il faut noter qu'une même erreur potentielle de l'opérateur (comme l'erreur d'aiguillage : réception sur voie occupée) peut être relative, non seulement à une ou plusieurs étapes fonctionnelles de résolution d'un problème face à une situation donnée, mais également à un ou plusieurs niveaux d'activités du fonctionnement humain.

En effet, la réalité du terrain des systèmes dynamiques prouve que face à une situation critique, tout le processus cognitif de l'opérateur est sollicité de manière synchrone et qu'il est très difficile de rattacher une erreur humaine à une phase précise et déterminée du raisonnement.

Figure 31 : Exemples d'erreurs humaines relatives aux étapes de traitement de l'information

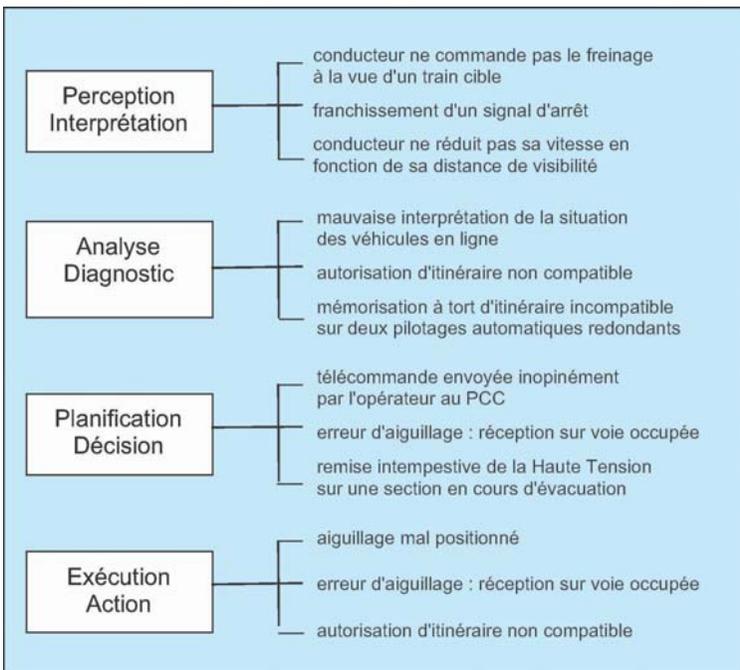
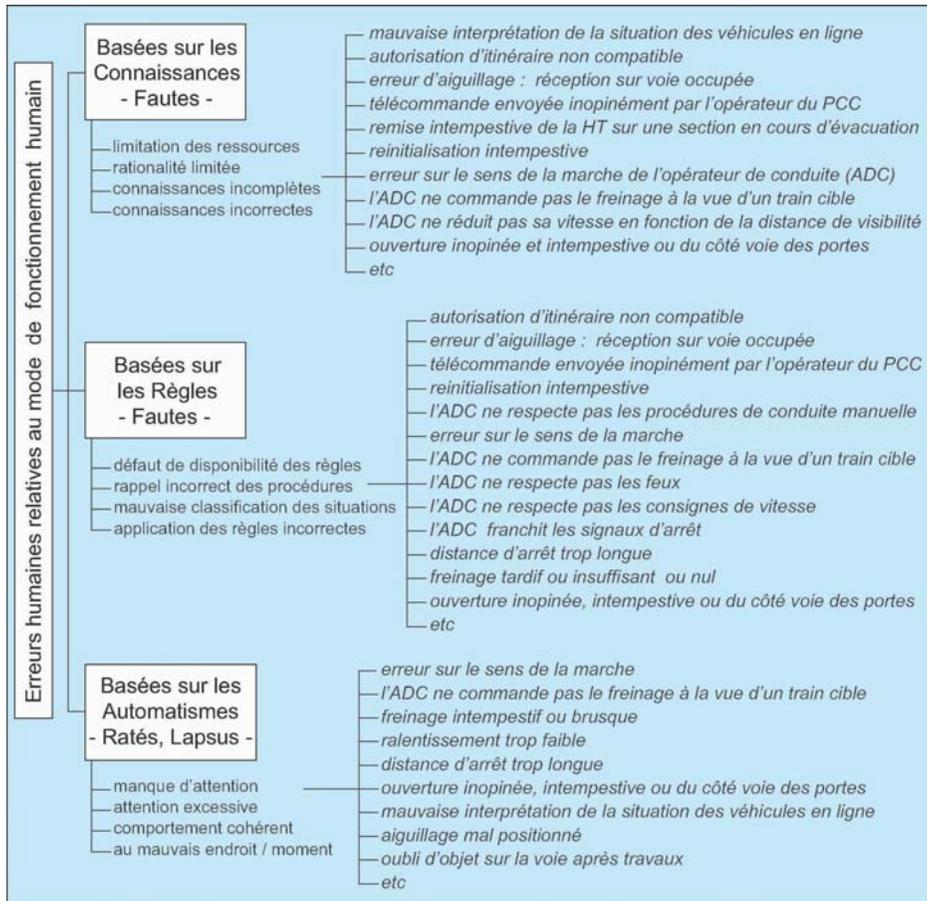


Figure 32 : Exemples d'erreurs humaines relatives aux niveaux d'activités de l'opérateur humain



Conclusion

Ce chapitre a présenté notre contribution à l'intégration du facteur humain dans le processus du retour d'expérience. Cette contribution est concrétisée par la proposition de deux approches méthodologiques, la première concerne le déroulement du Rex et la seconde porte sur l'analyse de l'erreur humaine dans l'accident.

En effet, on a proposé dans la première partie de ce chapitre, une approche globale du processus de Rex qui s'articule autour de cinq principales étapes (collecte des données, leur analyse et traitement, leur stockage et mémorisation, leur exploitation et utilisation et les recommandations qui en résultent). Cette approche a mis l'accent sur la place capitale de la collecte de données dans la mise en œuvre et le bon déroulement du processus de Rex.

La fiabilité de ce dernier est étroitement liée à la qualité et à la nature des données collectées.

La seconde partie de ce chapitre a été focalisée sur l'étude des données relatives à l'opérateur humain, sur l'intégration des facteurs humains dans le processus de Rex, à travers la proposition d'une approche d'analyse de l'erreur humaine centrée sur le déroulement d'un accident. Cette approche fait intervenir trois niveaux d'analyses menés de manière conjointe et complémentaire :

1. en amont de l'accident, ce niveau contextuel a pour objectif l'examen des diverses conditions de travail qui favorisent la production de l'erreur humaine à l'origine de l'accident ;
2. pendant l'accident, ce niveau cognitif conceptuel vise à étudier les différents mécanismes cognitifs impliqués dans la genèse de l'erreur humaine ;
3. en aval de l'accident, ce niveau comportemental porte sur l'analyse des différentes répercussions des actions humaines erronées sur le système, sur l'environnement et sur l'homme.

L'intérêt et la faisabilité de cette approche sont soutenus par quelques exemples réels issus du domaine de la sécurité ferroviaire. Cette approche permet l'extraction et l'identification des principaux concepts relatifs notamment à l'opérateur humain, à prendre en compte dès la phase de collecte des données. Elle permet également de relever, à chaque niveau d'analyse, une liste d'erreurs humaines potentielles qui contribuent à l'occurrence des accidents ferroviaires et qu'il faut prendre en considération dans le retour d'expérience pour améliorer le niveau de sécurité des nouveaux systèmes de transports.

Conclusion

Le système actuel de retour d'expérience est confronté à plusieurs obstacles et limites dont les plus importants sont les problèmes liés à l'analyse des facteurs humains. Il est dans l'ensemble déficient et demeure encore limité à une dimension technique.

En effet, même si les méthodes disponibles actuellement sont satisfaisantes et ont fait leurs preuves pour analyser et exploiter les incidents de nature technologique, il n'en est pas de même pour les incidents impliquant une défaillance humaine. Bien que la prise en compte des facteurs humains dans le processus du retour d'expérience ferroviaire tende à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines.

Pour apporter des éléments de réponse à ce problème, nous avons proposé une approche méthodologique du Rex qui prend en compte les facteurs humains dès la première phase de collecte de données. Ce travail a été présenté dans quatre chapitres.

Une étude bibliographique sur la fiabilité humaine, menée au premier chapitre, a précisé l'évolution de la fiabilité humaine, ses particularités, ainsi que ses différentes définitions en tant que discipline ou en tant que propriété et qualité humaine.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'étude de l'erreur humaine proprement dite. Plusieurs définitions et distinctions ont été examinées : les ratés, les lapsus, les fautes, les erreurs latentes, les erreurs patentées, ...

Notre étude s'est orientée ensuite vers l'analyse d'une quinzaine de modèles de classification de l'erreur humaine. Ces modèles sont répartis généralement en deux classes. La première, d'ordre conceptuel, est basée sur l'analyse du processus cognitif humain (Rasmussen, Reason, Norman, Rouse, Nicolet, ...).

La seconde, spécifique du travail, est fondée sur l'analyse de la tâche et les conséquences de l'erreur (Cellier, Leplat, Laprie, Swain, Villemeur, ...). Pour chaque modèle de classification, nous avons précisé le principe, les objectifs, les apports et les limites. L'ensemble a fait l'objet d'un bilan synthétisé dans un tableau.

Ces modèles sont davantage théoriques et ne sont pas soutenues par une application industrielle. Généralement chaque modèle est conçu pour appréhender un problème particulier. Il n'existe pas d'approche suffisamment complète pour être exploitable dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires et plus précisément dans le Rex.

Le troisième chapitre s'est attaché à l'étude du processus de retour d'expérience dans le domaine des transports ferroviaires. Après avoir présenté le déroulement du Rex actuel à la SNCF et à la RATP, l'accent a été mis ensuite sur les principes et les modalités du déroulement d'une enquête technique après incident ou accident ferroviaire, conformément aux recommandations du projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer du 23 janvier 2002.

La dernière partie de ce chapitre a été focalisée sur l'étude des principaux obstacles et lacunes dont souffre le Rex ferroviaire. Ce sont essentiellement les limites relatives à la réalisation de l'enquête technique (statut et indépendance de l'organisme d'enquête, compétences des enquêteurs, ...), à l'organisation générale de l'entreprise ferroviaire (absence d'une démarche systémique, défaut de partage de l'expérience, organisation secrète, ...), au déroulement du processus global du Rex (difficultés de collecte et de diffusion des données, divergence des approches employées, manque de moyens d'exploitation des données collectées, absence d'une méthodologie globale standardisée, etc) et aux difficultés de prise en compte des facteurs humains.

Afin de répondre aux exigences exprimées par la réglementation nationale en matière de sécurité ferroviaire, et en vue de respecter les mesures d'harmonisation recommandées par le projet de directive concernant la sécurité des chemins de fer communautaires, notre contribution s'est concrétisée, dans le cadre du quatrième chapitre, par la proposition d'une approche méthodologique du Rex centrée sur l'analyse de l'erreur humaine dans l'accident.

Dans la première partie de ce chapitre, notre contribution a porté sur l'élaboration d'une approche globale du processus de Rex qui s'articule autour de cinq principales étapes (collecte des données, leur analyse et traitement, leur stockage et mémorisation, leur exploitation et utilisation et les recommandations qui en résultent). Cette approche a mis l'accent sur la place capitale de la collecte de données dans la mise en œuvre et le bon déroulement du processus de Rex. La fiabilité de ce dernier est étroitement liée à la qualité et à la nature des données collectées.

La seconde partie de ce chapitre a été focalisée sur l'étude des données relatives à l'opérateur humain en vue de les intégrer dans le processus de Rex. Inspirée des travaux de Reason, de Rasmussen et de Van Elslande, l'approche d'analyse de l'erreur humaine qu'on a proposé fait intervenir trois niveaux complémentaires :

- Le premier niveau d'analyse contextuelle (avant l'accident) permet d'étudier les différents facteurs favorisant la production de l'erreur humaine à l'origine de l'accident. Ces facteurs sont relatifs à l'opérateur humain, à son environnement de travail, au système ainsi qu'aux diverses interactions de l'homme avec le système et l'environnement ;

- Le deuxième niveau d'analyse cognitive (pendant l'accident) vise à identifier les erreurs humaines relatives au processus cognitif humain mis en jeu face à une situation d'insécurité donnée ;
- Le troisième niveau d'analyse comportementale (après l'accident) s'attache à évaluer les conséquences d'une action erronée en termes de dommages sur l'homme, sur l'environnement et sur le système.

La faisabilité de cette approche a été démontrée à travers quelques exemples réels issus du domaine de la sécurité ferroviaire. Le principal apport de cette approche réside dans l'identification des principaux concepts relatifs notamment à l'opérateur humain, à prendre en compte dès la phase de collecte des données. Elle permet également de relever, à chaque niveau d'analyse, une liste d'erreurs humaines potentielles qui contribuent à l'occurrence des accidents ferroviaires et qu'il faut prendre en considération dans le retour d'expérience pour améliorer le niveau de sécurité des nouveaux systèmes de transports.

Néanmoins, cette démarche nécessite sa mise en œuvre dans des conditions industrielles réelles, afin de valider et, le cas échéant, d'améliorer ce qui demeure une proposition.

Bibliographie

- Amalberti R. (1995), *Evolution des concepts sur l'erreur humaine*, Médecine aéronautique et spatiale, 1995, vol. 34, n° 136, 227-233.
- Amalberti R. (1996), *La conduite des systèmes à risque*, Paris, PUF, 1996.
- Amalberti R. (1995), *Paradoxes de la sécurité des grands systèmes à risque : le cas de l'aéronautique*, Revue Performances Humaines & Techniques, n° 78, septembre-octobre 1995, 45-55.
- Amalberti R. et Mosneron-Dupin F. (1997), *Facteurs humains et fiabilité : Quelles démarches pratiques ?* Editions Octarès, 1997, 136 p.
- Amalberti R. (1999), *Dysfonctionnements des systèmes et dysfonctionnements de la cognition : contribution à la compréhension de la sécurité des systèmes ultra-sûrs*, Sécurité et cognition (J-G Ganacia), Edition Hermès, Paris, 1999, 185-201.
- Amalberti R. et Barriquault C. (1999). *Fondements et limites du retour d'expérience*. Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 67-75.
- Amalberti R. (2001), *L'erreur humaine en perspective*, Risques erreurs et défaillances : approche interdisciplinaire (Amalberti R., Fuchs C. et Gilbert C.), Publications de la MSH-ALPES, mai 2001, 71-106.
- ANAE (Académie Nationale de l'Air et de l'Espace) (1996), *Le retour d'expérience dans l'aviation civile de transport. Recommandations*, dossier n° 11, 1996, 23 p.
- Arrêté du 5 juin 2000 relatif aux règles techniques et de maintenance applicables aux matériels roulants circulant sur le réseau ferré national (Article. 13).
- Arrêté du 12 juin 2001 relatif aux modalités d'application des règles de sécurité aux transports internationaux utilisant le réseau ferré national (Titre I^{er}, Article 5).
- Bal E. et Kappès-Grangé Y. (2002), *Dossier sur la sûreté de fonctionnement*, ELL n° 118, mars 2002, 12-19.
- Bourdeaux I. et Gilbert C. (1999), *Procédures de retour d'expérience, d'apprentissage et de vigilance organisationnels : Approches croisées*, Programme risques collectifs et situations de crise, Grenoble, CNRS, septembre 1999.
- Cambon de Lavette B. et Neboit M. (1996), *L'erreur humaine : question de point de vue ?* Edition Octarès, 1996.
- Carron P. et Kappès-Grangé Y. (1993), Sécurité ferroviaire, Revue RATP Entre les Lignes, n° 31, avril 1993.
- Cellier J.M. (1990), *L'erreur humaine dans le travail*, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes (Leplat J. et De Terssac G.), Edition Octarès, 1990, 193-209.

- Circulaire OACI, 216-AN/131 (1989), (Organisation de l'Aviation Civile Internationale), *Notions fondamentales sur les facteurs humains*, 1989, 3-12.
- Circulaire OACI, 238-AN/143 (1992), *Facteurs humains : ergonomie*, 3-9.
- Circulaire OACI, 240-AN/144 (1993), *Facteurs humains : Enquêtes sur les facteurs humains dans les accidents et incidents*, 39-44.
- Circulaire OACI, 253-AN/151 (1995), *Les facteurs humains dans la maintenance et l'inspection des aéronefs*, 1995, 3-19.
- Communication (COM (2002)18 final) de la commission au conseil et au parlement européen, « vers un espace ferroviaire européen intégré », Bruxelles, 2002 (non publiée au JO).
- David Y., Le Trung B., Hadj-Mabrouk H. (1994), *L'erreur humaine dans les systèmes de transport guidés*, Journée spécialisée INRETS – L'erreur humaine : question de point de vue ? Centre Reille, Paris, 17 novembre 1994, 10 p.
- De Beaurepaire C. (1996), *L'erreur humaine est-elle une action irrationnelle ? le point de vue de la philosophie analytique*, L'erreur humaine : question de point de vue ? (Cambon De Lavette B. et Neboit M.), Edition Octarès, 1996, 11-22.
- Décret n° 2000-286 du 30 mars 2000 relatif à la sécurité du réseau ferré national (Titre II, Articles 22 et 24).
- Desfray P. (1997) *Rapport complémentaire relatif à l'incendie du 18 novembre 1996 dans le tunnel sous la manche*, 100 p., 19 décembre 1997.
- Desfray P. (1999), *Diagnostic de sécurité des tunnels ferroviaires*, rapport d'évaluation, septembre 1999.
- De Keyser V. (1982), *La fiabilité humaine dans les processus continus : rapport introductif*, Les activités mentales dans les processus de production fortement automatisés, XVII^e journée de la SELF, 1982. Le travail humain, tome 45, n° 2, 331-339.
- De Keyser V. (1989), *L'erreur Humaine*, La recherche 1989, 20, 216, 1444-1455.
- De Keyser V. (1993), *Les erreurs humaines en anesthésie*, Le travail humain, 1993, tome 56, n° 2-3, 243-266.
- Dequaire E. (1998), *Projet FACTHUS : Exemples de méthodes d'analyse, de classification et de quantification de l'erreur humaine*, Rapport INRETS, 1998, n° ESTAS/A-98-02.
- De Terssac G. et Chabaud C. (1990), *Référentiel opératif commun et fiabilité*, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes, Edition. Octarès 1990, 111-139.
- Dominati A., Bonneau A. et Lewkowitch-Orlandi A. (1996), *SACRE : une base de données sur les incidents du parc nucléaire d'EDF au service du retour d'expérience facteur humain*. Colloque national de fiabilité et maintenabilité, n° 10, octobre 1996.

- Drozdz verly C. (2000), *Automatiser ? Pourquoi ? Comment ?*, Journée Ergonomie et Facteurs Humains dans le transport ferroviaire, Toulouse, 19-09-00, 159-168.
- Duffé P., Marec M. et Cialdini P. (1999) rapport commun des missions administratives d'enquêtes techniques Française et Italienne relatives à la catastrophe survenue le 24 mars 1999 dans le tunnel du Mont-Blanc, juillet 1999.
- Embrey E.D. (1991), *Conception et mise en œuvre de programme visant à la réduction de l'erreur humaine dans l'industrie : considérations techniques, organisationnelles et culturelles*, Facteurs humains de la fiabilité et de la sécurité des systèmes complexes (Neboit M. et Fadier E.), Edition INRS, 1991, 53-60.
- Etienne M. (2002), Intervention dans le cadre de la première conférence européenne sur les transports, 2002.
- Fadier E. (1994), *L'état de l'art dans le domaine de la fiabilité humaine*, Edition Octarès, 1994.
- Fadier E., Keravel F., Landois M. et Lannoy A. (1994). *Valorisation du retour d'expérience*. Performances Humaines et Technologiques n° 69, mars-avril 1994, 34-37.
- Ferrandez F. (1999),. *L'apport des études détaillées d'accidents aux retours d'expérience en sécurité routière*. Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 36-42.
- Gadbois C. (1990), *Dimensions temporelles de l'action et Fiabilité des systèmes socio-techniques*, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes (Leplat J. et de Terssac G.), Edition Octarès entreprise 1990, 159-187.
- Geneviève A. (1998), *Retour d'expérience sur la gestion de crise en matière d'information, communication et décision à la SNCF*, actes de la 1^{re} séance du Séminaire « procédures de retour d'expérience, d'apprentissage et de vigilance organisationnels. Approches croisées », programme risques collectifs et situations de crise, Grenoble, CNRS, mai 1998, 197-216.
- Geneviève A. (1999), *Rôle du retour d'expérience dans la gestion de crise à la SNCF*, Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 23-27.
- Gibard P. (1994), *Croissance de fiabilité sur le matériel électronique embarqué ferroviaire : analyses et méthodologies associées*, Performances Humaines & Techniques, n° 69, mars-avril 1994, 25-29.
- Gilbert C. (1999), *Premiers éléments de réflexion pour une approche transversale du retour d'expérience*, Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 4-10.
- Gilbert C. (2001), *Retours d'expérience : le poids des contraintes*, Annales des mines, avril 2001, 9-24.

- Guillevic C. (1991), *Les composantes humaines de la fiabilité*, Facteurs humains de la fiabilité et de la sécurité des systèmes complexes (Neboit M. et Fadier E.), Edition INRS, 1991, 26-30.
- Hadj-Mabrouk H. (1995), *La maîtrise des risques dans le domaine des automatismes des systèmes de transport guidés : Le problème de l'évaluation des analyses préliminaires de risques*, Revue Recherche Transport Sécurité, n° 49, Arcueil-Paris, France, décembre 1995.
- Hadj-Mabrouk H. (1995), *Le besoin d'introduire les facteurs humains dans le développement et l'analyse de sécurité des systèmes de transport guidés*, Convention INRETS/DTT, Rapport ESTAS/A-95-30, Arcueil, juillet 1995, 55 p.
- Hadj-Mabrouk H. (1996), *Méthodes et outils d'aide aux analyses de sécurité dans le domaine des transports terrestres guidés*, Revue Routes et Transports, Montréal-Québec, vol. 26, n° 2, 22-32, été 1996.
- Hadj-Mabrouk H. (1996), *Projet FACTHUS : prise en compte des facteurs humains dans le développement des projets industriels*, Convention INRETS/DTT, rapport n° ESTAS/A-96-65, diffusion restreinte, 73 p, Arcueil, décembre 1996.
- Hadj-Mabrouk H. (1996), *La nécessité de prendre en compte l'erreur humaine dans l'analyse de sécurité et le développement des systèmes de transports guidés*, L'erreur humaine : question de point de vue ? (Cambon De Lavette B. et Neboit M.), Edition Octarès, 1996, p. 85.
- Hadj-Mabrouk H. (1998), *Acquisition et évaluation des connaissances de sécurité des systèmes industriels. Application au domaine de la certification des systèmes de transport automatisés*, Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de technologie de Compiègne, février 1998.
- Hadj-Mabrouk H. et al. (1998), *Exemple de typologie d'accidents dans le domaine des transports guidés*, Revue Générale des Chemins de Fer, Éditions Elsevier, Paris, n° 3, mars 1998, 17-27.
- Hadj-Mabrouk H. et Dogui M. (1999), *Approche d'intégration des facteurs humains dans la sécurité des transports ferroviaires guidés*, Revue Générale des Chemins de Fer, Éditions Elsevier, Paris n° 11, novembre 1999, 17-34.
- Hadj-Mabrouk A. (1999), *Chronobiologie de la vigilance et des performances appliquée au domaine des transports terrestres*, Thèse de médecine, 1999, Fac. de médecine de Sousse, Tunisie.
- Hadj-Mabrouk H., Hadj-Mabrouk A et Dogui M. (2001), *Sécurité ferroviaire et facteurs humains, apport de la chronobiologie de la vigilance*, collections INRETS, synthèse n° 38, 136 p., juillet 2001.
- Hadj-Mabrouk A., Hadj-Mabrouk H et Dogui M. (2001), *Approche d'application de la chronobiologie de la vigilance dans la sécurité ferroviaire*, Colloque vigilance Toulouse, 15 et 16 novembre 2001.

- Hadj-Mabrouk A., Hadj-Mabrouk H et Dogui M. (2002), *Chronobiologie de la vigilance, approche d'application dans la sécurité routière*, Revue Recherche Transport Sécurité n° 73, 2002.
- Hennebert C. (1998), *Apprentissages, vigilance organisationnels et retours d'expérience dans le cadre de la sûreté de fonctionnement à la RATP*, actes de la 3^{ème} séance du Séminaire « procédures de retour d'expérience, d'apprentissage et de vigilance organisationnels. Approches croisées », programme risques collectifs et situations de crise, Grenoble, CNRS, octobre 1998, 15-36.
- Hennebert C. (1999), *Le retour d'expérience à la RATP*, Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 28-35.
- Hoc J.-M. (1996), *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*, Presses Universitaires de Grenoble, 1996.
- Jayet C. (1993), *Fiabilité humaine et aspects collectifs du travail : le point de vue de la psychodynamique du travail*, Performances humaines et Techniques (dossier fiabilité et erreurs humaines), 1993, n° 66, 8-13.
- Joing M. (1991), *Le retour d'expérience à la SNCF*. Colloque « la sécurité des transports collectifs », décembre 1991, Paris, 178-180.
- Joing M. et Keravel F. (1993). *Retour d'expérience et analyse du facteur humain*. Revue Générale des Chemins de Fer, juin 1993, 5-8.
- Kaiser A. (2002), *Facteur Humain : effacer les marques d'erreurs*, Revue Aviation et pilote, n° 340, 2002, 49-51.
- Keravel F. (1995), *L'analyse des facteurs humains dans la gestion des risques ferroviaires, la contribution du Centre d'Etudes de Sécurité*, SNCF-Inf. Méd. n° 184, 1995, 2-9.
- Keravel F. (1996), *Etat de l'art des méthodes d'analyse et d'évaluation du risque d'erreurs humaines dans l'entreprise*, Aspects facteurs humains dans la sécurité, Euroforum, la documentation professionnelle, 1996.
- Lamalle Y. (1994), *Retour d'expérience Facteur humain : description et analyse des structures d'une méthodologie*, Performances humaines et Techniques n° 66, 1994, 21-24.
- Laprie J.-C. (1995), *Guide de la sûreté de fonctionnement*, Edition Cépaduès, 1995.
- Lebaye P. (1997), *Collaboration ONERA-NASA-ASRS sur les méthodes d'analyse de rapports d'incidents aéronautiques*, in Sécurité et Cognition (Ganascia J.-G.), Editions Hermès, 1997, 223-235.
- Lecomte P. (1993), *Accidents aériens et erreurs humaines*, Congrès Convergence 93 Aéronautique et Automobile.
- Lejuez, Charmeil, Desfray, Cogez et Gastaud (1997), *Rapport d'enquête relatif à l'incendie survenu le 18 novembre 1996 dans le tunnel sous la manche*, 5 mai 1997.
- Leplat J. (1985), *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*, Edition Armand Collin, 1985.

- Leplat J. (1989), *L'erreur humaine en question : Analyse cognitive, incidences psychopathologiques*, Rev. de Méd. Psychosom. 20, 1989, 31-40.
- Leplat J. et De Terssac G. (1989), *Fiabilité et Ergonomie*, Actes du XXV^e Congrès de la société d'Ergonomie de Langue Française, Lyon, 1989.
- Leplat J. (1991), *Introduction du colloque Facteurs humains de la fiabilité et de la sécurité des systèmes complexes* (Neboit M. et Fadier E.) Edition INRS, 1991.
- Leplat J. (1993), *Intention et erreur : contribution à l'étude de la responsabilité*, European review of applied psychology, 1993, vol. 43, n° 4, 279-289.
- Leplat J. (1996), *Introduction de la journée l'erreur humaine : question de point de vue ?* (Cambon De Lavette B. et Neboit M.), Edition Octarès, 1996, 3-10.
- Loi 2002-3 du 3 Janvier 2002 relative à la sécurité..., aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien... (Titre III, Article 14).
- Macaire J.-P. (1991), *Evolution de la sélection du personnel de conduite des trains à la SNCF*, Le maintien de la vigilance dans les transports, sous la direction de M. Vallet, Edition Paradigme, 1991, 51-57.
- Malvache P., Eichenbaum C. et Prieur P. (1994), *La maîtrise du retour d'expérience avec la méthode REX*, Performances Humaines et Techniques n° 66, 1994, 6-13.
- Malye F. (1995), *Sécurité ferroviaire : la fin de l'erreur humaine*, Sciences et avenir, 1995, n° 259, 64-65.
- Masson P. (1991), *Le maintien de l'éveil des conducteurs de trains*, Le maintien de la vigilance dans les transports, sous la direction de M. Vallet, Edition Paradigme, 1991, 59-64.
- Mazeau M. (1993), *L'homme agent de fiabilité faillible*, Performances humaines et Techniques (dossier fiabilité et erreurs humaines), 1993, n° 66, 24-29.
- Mollard R. et al. (1991), *Détection de l'hypovigilance chez les conducteurs de trains*, Le maintien de la vigilance dans les transports, sous la direction de M. Vallet, Edition Paradigme, 1991, 65-71.
- Neboit M. et al. (1990), *Fiabilité humaine : présentation du domaine*, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes (Leplat J. et De Terssac G.), Edition Octarès entreprise 1990, 23-46.
- Neboit M. (1996), *Erreur humaine et prévention : le point de vue de l'ergonome*, L'erreur humaine : question de point de vue ? (Cambon De Lavette B. et Neboit M.), Edition Octarès, 1996, 23-35.
- Nicolet J.L. (1989), *Catastrophe ? Non Merci !* – Nicolet J.-L., Carmino A. & Wanner J.-C., Paris, Masson, 1989.
- Nicolet J.-L. et Cellier J. (1985), *La fiabilité humaine dans l'entreprise*, Paris, Masson, 1985.

- Norman D.A. (1981), *Categorisation of action slip*, Psychological Review, 88, 1, 1981, 1-15.
- Norman DA. (1983), *Design principles for human computer interfaces*, CHI'83 proceeding, 1983.
- Norman DA. (1983), *Design rules based on analyses of human error*, communication of the ACM, 26 (4), 1983, 254-258.
- Norman D.A. (1983), *Position paper on human error*, NATO advanced research workshop on Human Error, Bellagio Italy, 1983.
- Onera Office National des Etudes et Recherches de l'Air (source Internet, onera.com).
- Paries J. (1999), Le retour d'expérience dans l'aéronautique : l'exemple d'une enquête accident, actes de la 4^e séance du Séminaire « procédures de retour d'expérience, d'apprentissage et de vigilance organisationnels. Approches croisées », programme risques collectifs et situations de crise, Grenoble, CNRS, 1999, 85-112.
- Poyet C. (1990), *L'homme agent de fiabilité dans les systèmes automatisés*, Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes, Edition Octarès 1990, 223-240.
- Projet de Règlement (2001), Proposition de règlement relatif au relevé statistique des transports par chemins de fer, Bruxelles, 14 février 2001, COM(2000)798 final (non publié au Journal Officiel).
- Projet de Directive (2002) concernant la sécurité des chemins de fer communautaires, Bruxelles, 23 janvier 2002 [COM(2002) 21 final], Chapitre V (non publié au Journal Officiel).
- Projet de Règlement (2002) Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil instituant une Agence ferroviaire européenne, Bruxelles, 23 janvier 2002, COM(2002) 23 final (non publié au Journal Officiel).
- Projet de Décret d'application de la Loi du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques après événement de mer, accident ou incident de transport terrestre ou aérien... (Section 5, Chapitre 3, Articles 35, 36, 39 et 42).
- Quadrini O. (2002), *Retour d'expérience sur le facteur humain lors des accidents de manœuvre*, Rapport de stage de DESS sécurité des transports, SNCF pôle INS, avril-août 2002.
- Quatre M. (1999), *Le retour d'expérience dans les accidents graves de transports terrestres*, Annales des Ponts et Chaussées n° 91, 1999, 17-22.
- Rasmussen J. et Jensen A. (1974), *Mental procedures in real-life tasks : A case study of electronic troubleshooting*, Ergonomics, 1974, 17, 293-307.
- Rasmussen J. (1980), *What can be learned from human error reports ?* in : Duncan K., Grunberg M. and Dallis D. (Eds), *Changes in Working Life* (Wiley, Chichester), 97-113.
- Rasmussen J. (1982), *Human errors : a taxonomy for describing human malfunction in industrial installations*, Journal of Occupational Accidents, 4, 1982, 311-335.

- Rasmussen J. (1986), *Information Processing and Human-machine Interaction*, : an approach to cognitive engineering, New York, North-Holland series in system science and engineering, 12, Edition. Sage A.P.
- Rasmussen J. (1987), *The definition of Human Error and a Taxonomy for technical system design*, New Technology and Human Error (Rasmussen J., Duncan K. et Leplat J.), Wiley John & Sons, 1987, 23-30.
- Rasmussen J. (1990), *The role of error in organizing behaviour*, Ergonomics, 1990, vol. 33, n° 10/11, 1185-1199.
- Reason J. (1977), *Skill and error in everyday life*, in Howe M. J.A. (éd), Ley J.W., Adult learning, New York, 1977, 21-24.
- Reason J. (1979), *Actions not as planned : The price of automatization*, in Underwood G. et Steven R. (Eds), Aspects of consciousness, vol. 1, Psychological Issues, London, Academic Press, London, 1979, 67-89.
- Reason J. (1990), *L'erreur humaine*, Presses Universitaires de France, 1990.
- Rouse W.B. et Rouse S.H. (1983), *Analysis and classification of human error*, IEEE Transactions on systems, man and cybernetics, vol. SMC-13, 3, 1983, 539-549.
- Roussel B. (1991), *Substances éveillantes et transports*, Le maintien de la vigilance dans les transports, sous la direction de M. Vallet, Edition Paradigme, 1991, 41-49.
- Sablier P. et Vittumi H. (1995). *Le retour d'expérience appliqué à la sécurité, la mise en œuvre de la direction du transport à la SNCF*. Revue Générale des Chemins de Fer, juin 1995, 5-10.
- Salminen S. et Tallberg T. (1996), *Human error in fatal and serious occupational accidents in Finland*, Ergonomics, 1996, vol. 39, n° 7, 980-988.
- Sellen A. J. (1994), *Detection of everyday errors*, Applied psychology : an international review, 1994, 43 (4), 475-498.
- Silhol D. et Tomeza J.-M. (1998), *Etudes sur la fiabilité humaine dans les métiers de sécurité ferroviaire à la RATP*, Performances Humaines & Techniques, mars-avril 1998, 12-17.
- Swain A.D. et Guttman H.E. (1983), *Handbook of human reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power plant Applications*, U.S. Nuclear Regulatory commission technical report NUREG/CR, 1278.
- Valancogne J. (2002), *La défense en profondeur*, Revue RATP Savoir-faire, n° 41, 2002, 30-34.
- Van Elslande P. et Alberton L. (1997). *L'accident de la route : chercher l'erreur*. In GANACIA JG., colloque Sécurité et Cognition, Edition Hermès, 16-17 septembre 1997, 205-222.
- Van Elslande P. et al. (1997), *Scénarios-types de production de l'erreur humaine dans l'accident de la route, Problématique et analyse quantitative*, Rapport INRETS n° 218, juin 1997.
- Van Elslande P. (2000), *L'erreur humaine dans les scénarios d'accident : cause ou conséquence ?*, RTS n° 66, mars 2000.

- Van Elslande P. (2001). *De l'analyse clinique des dysfonctionnements aux scénarios d'erreur*. Séminaire Sécurité Routière, 24 avril 2001, Aix-en-Provence.
- Villemeur A. (1988), *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Collection de la direction des Etudes et de Recherches d'EDF, Paris, Editions Eyrolles, 1988.
- Villé J. (1999), *Diagnostic de l'exercice, par les directions départementales de l'équipement, de leur mission de contrôle de sécurité des transports guidés*, Rapport d'expertise destiné au Directeur des Transports Terrestres, janvier 1999.
- Wanner L.C. (1989), *L'homme dans la sécurité des systèmes pilotés*, La Recherche, 1989, n° 212 (Suppl.), 36-4.
- Wanner J.-C. (2000), *La recherche désespérée du risque nul*, Annales des mines, juillet 2000, 49-58.
- Wibaux F. (1995), *Le retour d'expérience : quelles leçons tirer des erreurs humaines*, Revue Médecine aéronautique et spatiale, Tome XXXIV, n° 136, 1995, 251-255.

Imprimé en France - Jouve, 11, bd de Sébastopol, 75001 PARIS
N° 341472X - Dépôt légal : Février 2004

L'erreur humaine constitue un facteur causal majeur dans l'émergence des accidents dans plusieurs domaines, dont celui des transports ferroviaires.

Malgré la maîtrise du risque technologique, les conséquences dramatiques des accidents et leurs coûts terribles sont à la base de la mise en oeuvre d'un système de retour d'expérience (Rex).

En s'appuyant sur une revue de littérature des facteurs humains en termes de fiabilité et d'erreur humaine, cette étude tente d'apporter des éléments de réponse aux problèmes soulevés, en proposant une nouvelle approche de Rex, centrée sur les facteurs humains.

Synthèse INRETS n°43
Janvier 2003

Prix : 15,24 €

Abderraouf Hadj Mabrouk est Docteur en médecine

Habib Hadj Mabrouk est Chargé de recherche dans l'unité Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS)