



**HAL**  
open science

## Intégration des facteurs humains dans le retour d'expérience

Habib Hadj-Mabrouk

► **To cite this version:**

Habib Hadj-Mabrouk. Intégration des facteurs humains dans le retour d'expérience. 16ème Congrès "Lambda Mu", Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement\_LM16, IMdR: Institut pour la Maîtrise des Risques, Oct 2008, Avignon, France. pp.1-6. hal-03024530

**HAL Id: hal-03024530**

**<https://hal.science/hal-03024530>**

Submitted on 4 Jun 2021

**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.

# INTEGRATION DES FACTEURS HUMAINS DANS LE RETOUR D'EXPERIENCE

Habib HADJ-MABROUK

Chargé de recherche -HDR  
INRETS

2 av du Général Malleret-Joinville  
94114 Arcueil Cedex, France  
E-Mail : mabrouk@inrets.fr

## Résumé

Inspiré des travaux de Reason, Rasmussen, Van Eslande et soutenue par quelques exemples d'application issus du domaine de la sécurité ferroviaire, l'approche d'analyse de l'erreur humaine proposée pour améliorer le processus du retour d'expérience des systèmes de transports ferroviaires, 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 dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système.

## 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 la nouvelle 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 tend à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines. En effet, malgré l'intérêt indéniable des approches de classification de l'erreur humaine, 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 notamment l'absence d'une méthodologie globale standardisée et les difficultés d'intégrer les facteurs humains, notre contribution porte sur l'élaboration d'une démarche rigoureuse du Rex centrée sur les facteurs humains. L'objectif est également d'optimiser la place de l'homme dans la sécurité des systèmes de transports en pleine connaissance de ses capacités mais aussi de ses limites.

La démarche mise en œuvre s'articule autour de 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.

Inspiré des travaux de Reason, Rasmussen, Van Eslande et soutenue par quelques exemples d'application issus du domaine de la sécurité ferroviaire, l'approche d'analyse de l'erreur humaine proposée pour améliorer le niveau de sécurité des systèmes de transports ferroviaires, 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 dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système.

## 1. Approche globale du processus du 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 fondé sur cinq grands principes (figure 22) : « connaître », « comprendre », « archiver », « apprendre » et « recommander ».

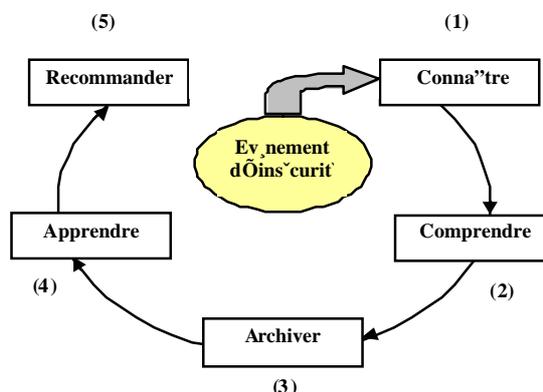


Figure 1 : les cinq principes du Rex

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 2).

### 1.1. 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.

### 1.2. 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.

### 1.3. 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.

### 1.4. 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.

### 1.5. 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.

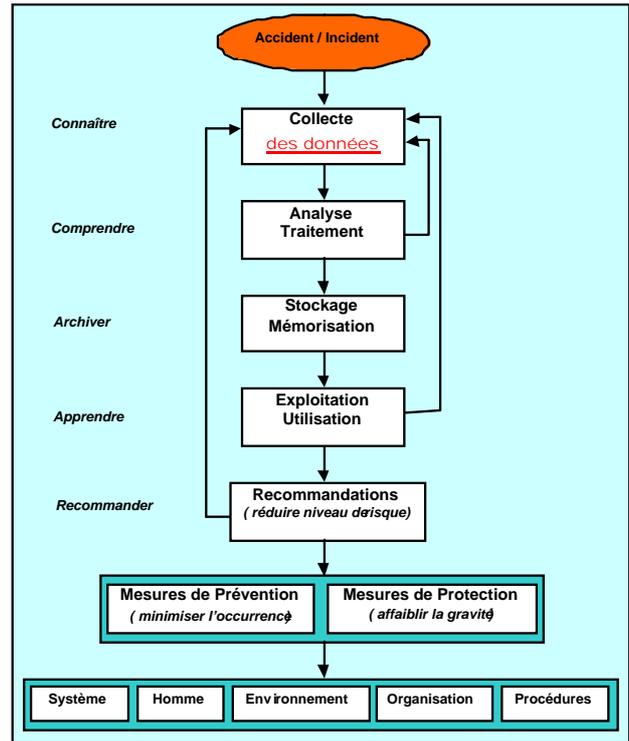


Figure 2 : Articulation des différentes étapes de déroulement du Rex (Hadj-Mabrouk 2004)

La question de **données** comme le confirme Gilbert C. (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 lié 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.

## 2. Intégration de l'erreur humaine dans le Rex

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 relatifs au facteur humain, à l'erreur humaine et à l'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 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 à 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 Esland 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 Esland 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 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 sont, elles, très peu probables (Lecomte 1993, Amalberti 1996 et Amalberti et Mosneron-Dupin 1997).

### 2.1. 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 Van Esland 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 (pendant l'accident), et le niveau comportemental (en aval de l'accident) (figure 3).

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.

## 2.2. Description détaillée de l'approche proposée

### 2.2.1. 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 du 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.

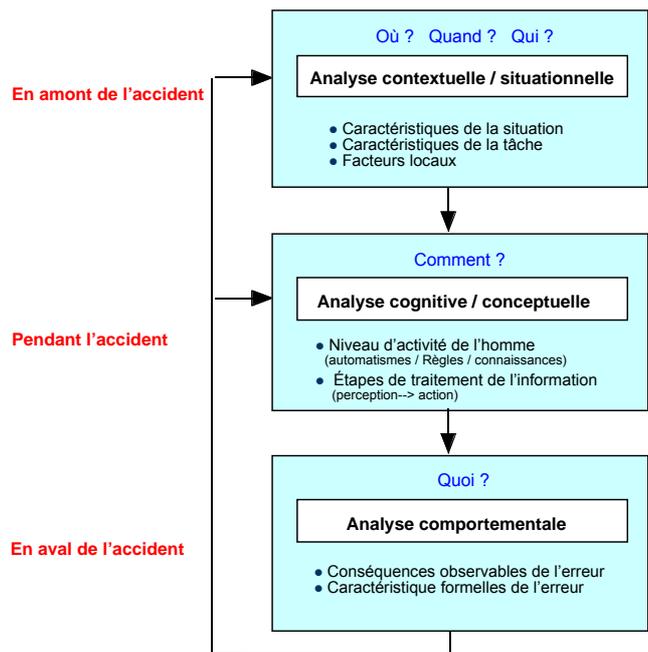


Figure 3 Approche d'intégration des facteurs humains dans l'analyse des scénarios (Hadj-Mabrouk 2004)

#### 2.2.1. 1. 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) (Hadj Mabrouk et al. 2001).

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 4 sont inspirés des travaux réalisés dans le domaine de la sécurité aérienne (Circulaire OACI 1993).

Figure 4 : Principaux facteurs altérant la performance humaine

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

### 2.2.1.2. Le Système

Au niveau système, il convient d'identifier, pour chaque type d'équipements, 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 relatives à chaque type d'équipement (figure 28) et susceptibles 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'équipements : 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.

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).

### 2.2.1.3. 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 (de supervision, de surveillance, de conduite, de 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.

### 2.2.1.4. 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 celles de la tâche prescrite (nombre, durée, temps, force, connaissances, ...) et à celles de l'interface Homme-Machine.

### 2.2.2. 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 de 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 complémentaire, 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 5 présente, au travers un modèle simplifié mais qui se prête mieux à une application industrielle, quelques exemples d'erreur humaine (dans les transports ferroviaires) relatives aux différentes phases de traitement de l'information ou de résolution de problème.

La figure 6 récapitule le modèle Rasmussen et Reason et illustre quelques exemples d'erreur humaine (issus 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.

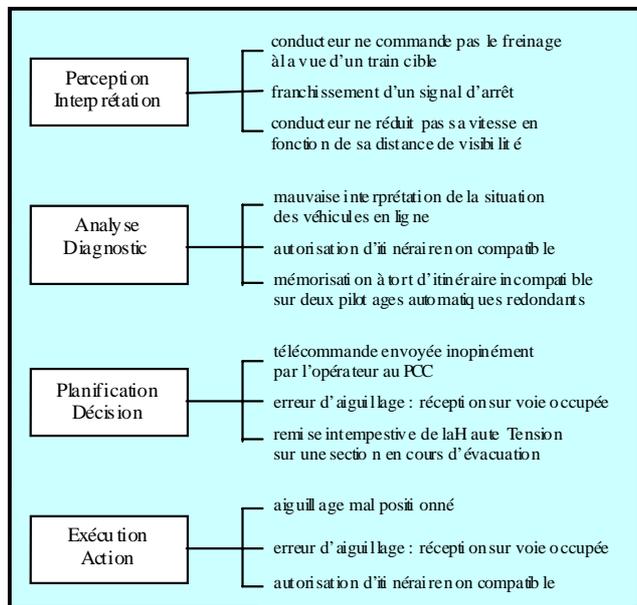


Figure 5 Exemples d'erreurs humaines relatives aux étapes de traitement de l'information (Hadj-Mabrouk 2004)

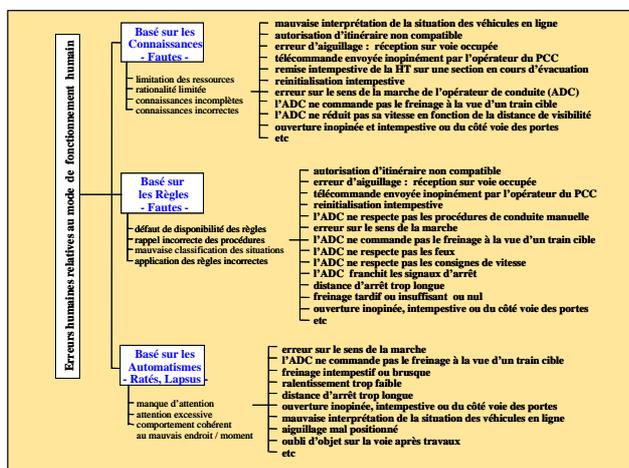


Figure 6. Exemples d'erreurs humaines relatives aux niveaux d'activités de l'opérateur

## 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 tend à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines. Pour apporter des

éléments de réponses 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. 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 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 cet article, 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 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 Eslande, 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 dommage 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 préciser, 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.

## Références

- AMALBERTI R. et MOSNERON-DUPIN F. (1997), *Facteurs humains et fiabilité : Quelles démarches pratiques ?* Editions Octarès ; 1997 ; 136p
- DOMINATI A., BONNEAU A. et LEWKOWITZ-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  $\lambda\mu$  n° 10, octobre 1996
- GILBERT C. (2001) ; *Retours d'expérience : le poids des contraintes*, Annales des mines, avril 2001, 9-24
- 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, pp 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.

6. 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.), Ed Octarès, 1996, p 85
7. 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 pp17-34.
8. 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
9. 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
10. 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
11. 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
12. HADJ-MABROUK A. HADJ-MABROUK H. (2004) ; *Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience*, ouvrage dans la collections INRETS, synthèse n° 43, 104p.
13. VAN ESLANDE P. (2000) ; *L'erreur humaine dans les scénarios d'accident : cause ou conséquence ?* ; RTS n° 66 ; Mars 2000
14. JOING M. (1991) ; *Le retour d'expérience à la SNCF*. Colloque « la sécurité des transports collectifs » décembre 1991, Paris, pp 178-180
15. KRAVEL 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
16. REASON J. (1990), *L'erreur humaine* ; Presses Universitaires de France ; 1990
17. SABLIER P. et VITUMI 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, pp 5-10

# INTEGRATION DES FACTEURS HUMAINS DANS LE RETOUR D'EXPERIENCE

Habib HADJ-MABROUK  
INRETS  
2 av du Général Malleret-Joinville  
94114 Arcueil Cedex, France  
E-mail : mabrouk@inrets.fr

## Résumé

Inspiré des travaux de Reason, Rasmussen, Van Eslande et soutenue par quelques exemples d'application issus du domaine de la sécurité ferroviaire, l'approche d'analyse de l'erreur humaine proposée pour améliorer le processus du retour d'expérience des systèmes de transports ferroviaires, 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 dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système.

## Contexte de la recherche

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 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 à 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 Esland 1997). Par conséquent, 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 la nouvelle 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 tend à devenir une nouvelle priorité, les procédures sont loin d'être systématiques et les méthodologies demeurent incertaines. En effet, malgré l'intérêt indéniable des approches de classification de l'erreur humaine, 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 notamment l'absence d'une méthodologie globale standardisée et les difficultés d'intégrer les facteurs humains, notre contribution porte sur l'élaboration d'une démarche rigoureuse du Rex centrée sur les facteurs humains. L'objectif est également d'optimiser la place de l'homme dans la sécurité des systèmes de transports en pleine connaissance de ses capacités mais aussi de ses limites.

## Méthode développée

La démarche mise en œuvre s'articule autour de 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.

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 ses étapes de l'approche proposée, on peut identifier les différentes erreurs humaines potentielles ainsi que leurs éventuelles interactions. Inspiré des travaux de Reason, Rasmussen, Van Eslande et soutenue par quelques exemples d'application issus du domaine de la sécurité ferroviaire, l'approche d'analyse de l'erreur humaine proposée pour améliorer le niveau de sécurité des systèmes de transports ferroviaires, 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 dommage sur l'homme, sur l'environnement et sur le système.