

Contribution de la chronobiologie de la vigilance à la sécurité des transports

Habib HADJ MABROUK * , Ahmed MAALEL** et Mohamed DOGUI***

* *Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. Marne-La-Vallée, (Bâtiment NOBEL, 23 Rue Alfred Nobel, 77420 CHAMPS-SUR-MARNE. France)*

mabrouk@inrets.fr

** *Laboratoire RIADI-DGL (Ecole Nationale des Sciences de l'Informatique), Université de la Mannouba Campus Universitaire - Mannouba 2010 Tunisie*

maalel.ahmed@gmail.com

*** *NVAP, Hôpital Universitaire CHU Sahloul Sousse Tunisie*

mohamed.dogui@rns.tn

Résumé : L'erreur humaine n'est souvent que l'impossibilité dans laquelle s'est trouvé un opérateur de 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 interservices. L'erreur humaine est un symptôme révélateur d'une mauvaise organisation du travail, une formation insuffisante ou inadéquate. En la comprenant et la gérant elle peut devenir paradoxalement un élément de sécurité. Ce papier montre la contribution de la chronobiologie de la vigilance à la sécurité des transports. L'approche proposée offre un cadre méthodologique pour l'analyse et l'évaluation de l'hypovigilance dans le domaine de la sécurité ferroviaire.

Mots clés : Chronobiologie. Retour d'expérience, Sécurité, Erreur humaine.

1. Le 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. 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. Il s'agit d'un outil pour récupérer et exploiter une information sur les dysfonctionnements des situations de travail des acteurs des premières lignes pour en tirer une leçon proactive de sécurité. 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. [HAJ,04] [MAA,10]

"... 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..."
[LOI,02]

En résumé, le retour d'expérience correspond à un processus dynamique de collecte, de stockage,

d'analyse et d'exploitation des données relatives à des situations contraires à la sécurité.(figure1)

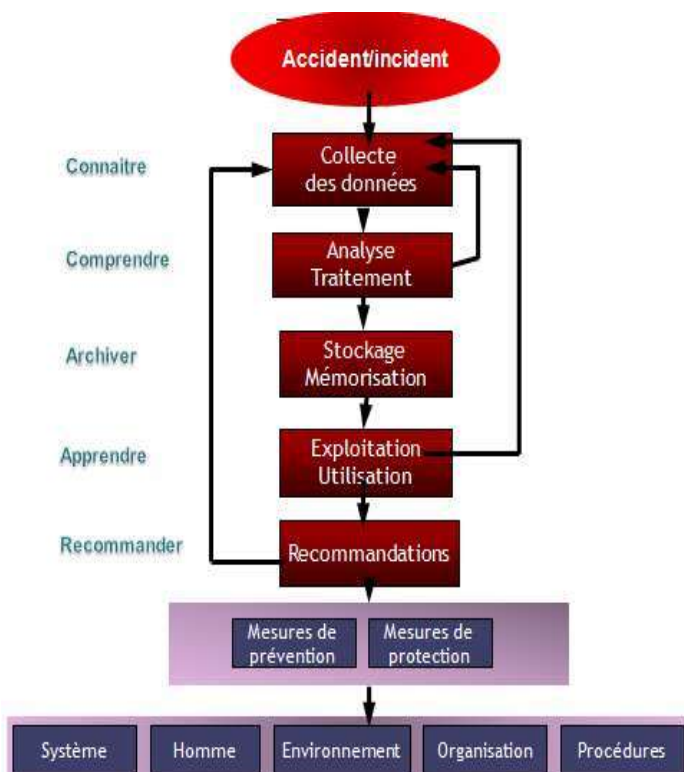


Figure 1. Articulation des différentes étapes de déroulement du Rex

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. Le Rex "Facteur Humain" repose sur la compréhension de situation 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 et de 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.

2. limites du REX ferroviaire

Les principales difficultés et obstacles auxquelles 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. (figure 2) [HAJ,98,99,99b,99c]

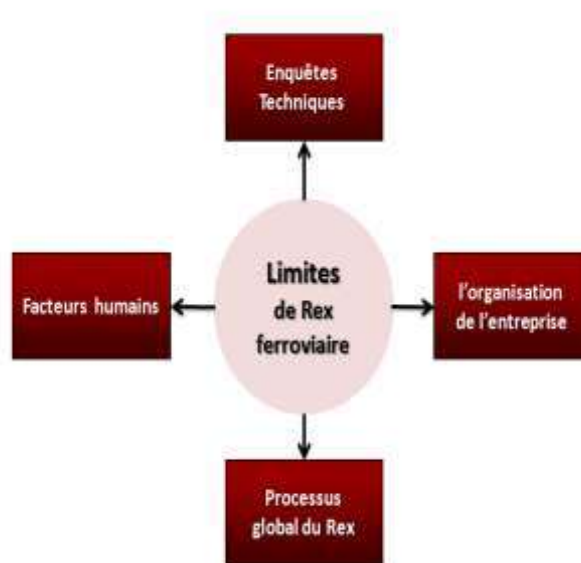


Figure 2. Lacunes et limites de Rex ferroviaire

2.1. Limites relatives aux enquêtes techniques :

Les obstacles au Rex en matière d'enquêtes techniques dans divers domaines de sécurité dont celui du transport ferroviaire, résident notamment dans :

- Le défaut de méthodes d'investigation et de protocoles d'enquête ;
- 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 ;
- 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.

2.2. 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.

Les obstacles au REX 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. Généralement, il s'agit d'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 paraît que les choses se jouent en interne, au sein de l'entreprise sans partage d'expérience avec l'extérieur. Parfois une entreprise ferroviaire 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. Cette entreprise ferroviaire apparaît comme une organisation "secrète" et très repliée sur elle-même, pour laquelle il est difficile de se prononcer quant à ce qu'elle fait en termes de retour d'expérience. 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.

2.3. 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. 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'effet 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. [AKE,94,95,96]

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 liés surtout :

- A la diversité des vocabulaires (absence de définitions univoques) ;
- Aux difficultés de collecte de données (recherche et remonté des informations) ;
- Aux problèmes de diffusion de l'information : verrouillage des informations incompatible 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. Le Rex classique, standard et dominant consiste souvent à 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 différents 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.

2.4. 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 [AKE,94,95,96][HAJ,94,04]. Les démarches du Rex se sont essentiellement développées à partir des aspects techniques. Tant pour des raisons pratiques, 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. Les obstacles à la prise en compte des facteurs humains dans le REX 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 de 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 d'intégrer les aspects humains dans une telle démarche, leur prise en compte tend à devenir, peu à peu, une nouvelle priorité.

3. Erreur humaine

L'erreur humaine liée à une baisse de la vigilance est devenue un élément critique dans la fiabilité du système Homme-Machine. Les opérateurs humains dans le domaine du transport ferroviaire (contrôleurs au PCC, agents de conduite et agents de maintenance) sont soumis à plusieurs contraintes qui sont devenues plus nerveuses (psychologiques et comportementales) que physiques. La non concordance des horaires de travail avec les horaires de meilleure forme et des pics de vigilance, impose un effort supplémentaire d'adaptation à ces horaires, augmentant ainsi la charge du travail et pouvant affecter la fiabilité de ces opérateurs. De ce fait, le problème de la fiabilité dans les systèmes Homme-Machine est celui de la compatibilité entre les variations de l'état fonctionnel de l'opérateur et celles des exigences du travail. Au vu de ces données, il est donc judicieux d'analyser quelques notions des facteurs humains liés à la sécurité des transports ferroviaires :

- La fatigue chez les conducteurs peut avoir son origine dans les horaires décalés des services et dans la monotonie due à une inaction prolongée ou à un déficit du système informatif. L'hypovigilance en période monotone demeure le facteur essentiel de perte de contrôle et d'efficacité lors d'épreuve de conduite.
- Les incidences de la variabilité circadienne de l'état fonctionnel de l'opérateur humain sur la fiabilité ne sauraient être évaluées précisément sans que soit prise la mesure exacte des caractéristiques de la tâche (monotonie, absence d'intérêt), du niveau de ses exigences et de ses variations, de la place de l'activité de l'opérateur dans le système et des conditions dans lesquelles se déroule cette activité (bruit, chaleur, etc).
- L'erreur humaine n'est souvent que l'impossibilité dans laquelle s'est trouvé un opérateur de 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 interservices. L'erreur humaine est un symptôme révélateur d'une mauvaise organisation du travail, une formation insuffisante ou inadéquate. En la comprenant et la gérant elle peut devenir paradoxalement un élément de sécurité.

- C'est plutôt, la mauvaise conception des matériels, l'intégration inadéquate Homme-Machine et la conception peu appropriée des Interfaces Homme-Machine qui sont les principales causes des accidents ferroviaires. La difficulté éprouvée par l'OH, lors de l'accomplissement d'une tâche, est d'autant plus importante que le système et l'interface Homme-Machine ne sont pas adaptés aux tâches dont il a la charge.
- L'automatisation peut éviter des erreurs de manœuvre, mais elle ne peut en aucun cas supprimer les erreurs de conception ou les erreurs imprévues. Dans certaines situations critiques d'insécurité, l'OH peut être un facteur de fiabilité, en rétablissant le bon fonctionnement du système, parfois par des actions non prévues par le règlement de sécurité de l'exploitation mais, liées à sa connaissance, son expérience et son savoir-faire, il rattrape alors des erreurs commises par l'opérateur concepteur.
- Même si la présence de l'OH est parfois une cause d'erreur, elle demeure indispensable. Il reste l'élément clef du système, le meilleur agent de fiabilité et joue un rôle déterminant dans des situations dégradées. Il le sera d'autant mieux que son rôle sera prévu dès la spécification des besoins et que l'automatisation sera centrée sur lui.
- Il faut intégrer les facteurs humains dès la spécification des besoins et dès la conception du système afin de concevoir des systèmes qui s'adaptent à l'OH et non le contraire.

Toutes ces observations soulèvent l'ampleur du problème posé par l'erreur humaine dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires. De plus, il n'existe à ce jour et à notre connaissance, aucune étude basée sur des données réelles d'accidents ferroviaires (retour d'expérience) pouvant conforter ou infirmer l'importance des notions de chronobiologie de la vigilance dans la genèse d'erreurs à l'origine des accidents.

4. La chronobiologie de la vigilance

La chronobiologie a pour objet l'étude des rythmes biologiques de l'homme dont ceux de la vigilance et des performances. L'analyse des rythmes de la vigilance chez l'homme montre que des épisodes d'hypovigilance apparaissent à des horaires prévisibles de la journée. La baisse de la vigilance de l'opérateur humain est parmi les principales causes d'accidents de la route. Elle est aussi souvent à la base des accidents et incidents des transports ferroviaires. Les accidents par hypovigilance présentent un maximum de risque en milieu de l'après-midi, tard dans la nuit et tôt le matin conformément aux patterns circadiens de la somnolence. [HAJ,01,04]

A notre connaissance, dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires, l'aspect chronobiologique de la vigilance n'a jamais été abordé de manière formelle. Pourtant, le régime de rotation des horaires du travail des opérateurs humains, dans ce domaine, pose le même problème que le travail posté. La prise en compte des données chronobiologiques peut améliorer la sécurité en proposant des solutions d'adaptation des horaires du travail aux variations circadiennes des capacités fonctionnelles de l'opérateur humain. La détermination des horaires de meilleure performance de l'opérateur humain et leur concordance avec ses horaires de travail améliorent la fiabilité du système Homme-Machine et réduisent ainsi le risque d'accident. [HAJ,01,04]

5. Approche méthodologique d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des transports ferroviaire

Nous proposons ci-après une approche méthodologique originale d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des transports ferroviaires. Cette approche, qui est inspirée notamment des données et des résultats issus de l'analyse des accidents, fait intervenir douze grandes étapes :

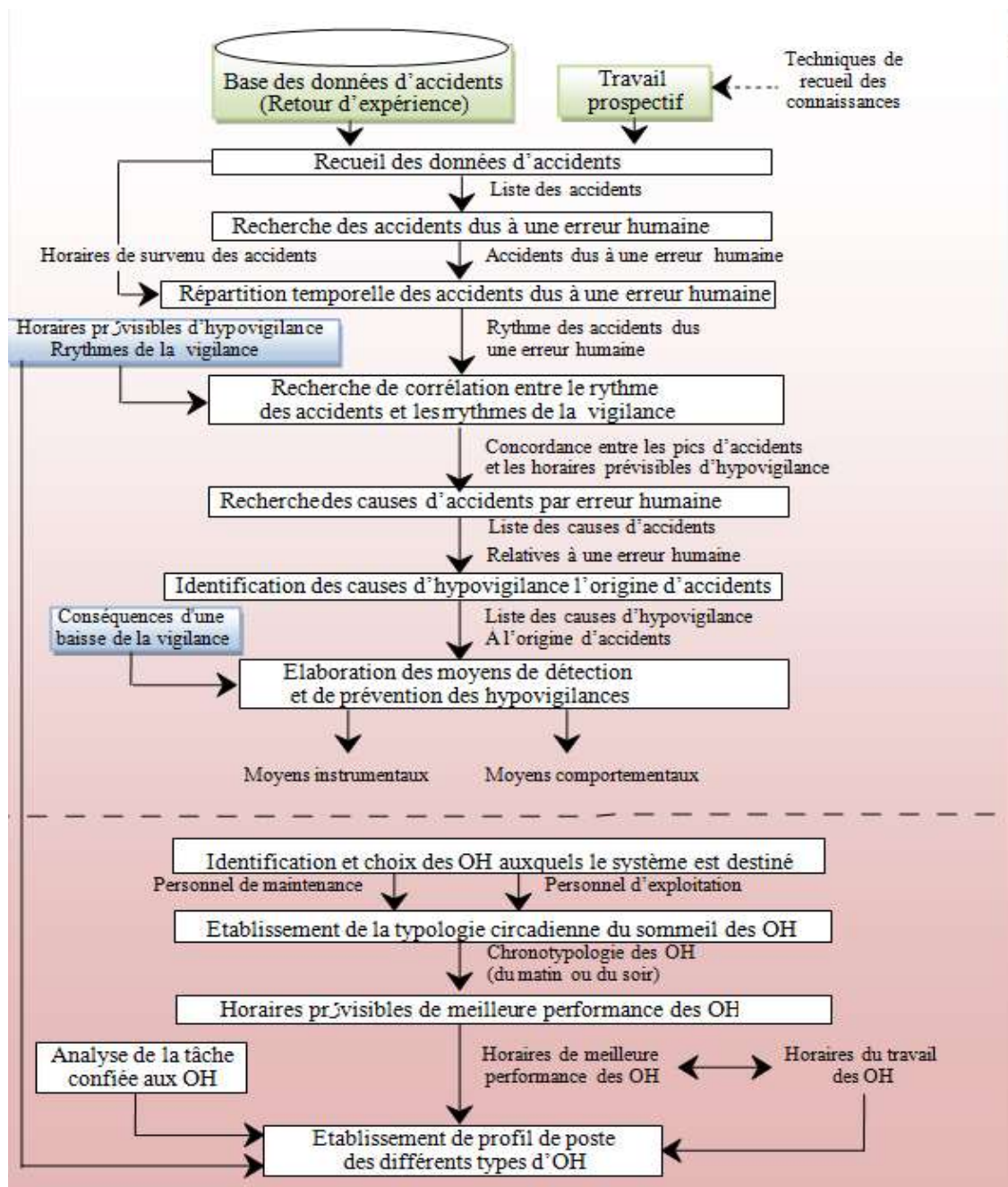


Figure 3. Démarche d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des systèmes de transports ferroviaires guidés

1. Le recueil des données d'accidents à partir d'une base de données (retour d'expérience) et/ou d'un travail prospectif à l'aide des techniques de recueil des connaissances (questionnaire, interview, analyse de protocole, ...);
2. L'établissement de la liste des accidents dus à une erreur humaine ;
3. La détermination de la répartition temporelle de ces accidents (rythme des accidents) à partir de leurs horaires d'occurrence ;
4. La recherche d'une corrélation entre les horaires prévisibles d'hypovigilance (rythmes de la vigilance) et les pics d'occurrence des accidents dus à une erreur humaine (rythme des accidents) ;
5. L'établissement de la liste des causes d'accidents relatives à une erreur humaine ;
6. L'identification des différentes causes d'hypovigilance à l'origine d'accidents;
7. L'élaboration des moyens instrumentaux et comportementaux de détection et de prévention des hypovigilances de l'opérateur humain (OH) ;

8. L'identification et le choix des OH (personnel de maintenance ou d'exploitation) auxquels le système est destiné ;
9. La détermination de la typologie circadienne du sommeil des OH choisis afin d'établir leur chronotype " du matin " ou " du soir " ;
10. La recherche de leurs horaires de meilleure performance en fonction du critère de matinalité - vespéralité ;
11. L'analyse de la tâche confiée à ces OH;
12. L'établissement de profils de postes des différents types des OH en soulignant la nécessité de concordance entre leurs horaires de travail avec ceux de meilleure performance.

Conclusion

L'OH est un élément paradoxal : en situation de stress ou de fatigue, il peut être un élément de la perte de la fiabilité d'un système. Cependant, dans certaines situations critiques d'insécurité, il peut être un facteur de fiabilité, en rétablissant le bon fonctionnement du système, parfois par des actions non prévues par le règlement de sécurité de l'exploitation mais, liées à sa connaissance, son expérience et son savoir-faire ; il rattrape alors des erreurs commises par le concepteur.

Il faut donc optimiser la place de l'homme dans le système de transport en pleine connaissance de ses capacités mais aussi de ses limites. La sélection et la formation des hommes ne suffisent plus à obtenir la performance escomptée. Pour obtenir une performance mieux maîtrisée des systèmes de transport, il est nécessaire de concevoir des systèmes tolérants aux erreurs éventuelles de l'oh, de préciser la contribution de l'oh dans un système, de mieux organiser et structurer les retours d'expérience et d'analyser la charge de travail des OH.

Cet article a proposé un élément de réponse à ce problème, notre contribution porte essentiellement sur la proposition d'une approche méthodologique d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des transports ferroviaires guidés. Cette approche, qui est inspirée notamment des données et des résultats issus de l'analyse des accidents routiers par hypovigilance du conducteur, fait intervenir douze grandes étapes complémentaires.

RÉFÉRENCES

- [AKE,94] AKERSTEDT T. et al.; The subjective meaning of good sleep, an intraindividual approach using the Karolinska Sleep Diary ; *Percept Mot Skills* 1994 ; 79: 287-96
- [AKE,95] AKERSTEDT T. ; Work hours, sleepiness and accidents : introduction and summary; *J Sleep Res* 1995 ; 4 (2) : 1-3
- [AKE,96] AKERSTEDT T. et FOLKARD S. ; Predicting duration of sleep from the three process model of regulation of alertness. *Occupational and Environmental*

Medecine 1996, 53 : 136-141

- [HAJ,01] HADJ-MABROUK H., HADJ-MABROUK A., DOGUI M. (2001) : " Sécurité ferroviaire et facteurs humains. Apport de la chronobiologie de la vigilance ". Synthèse INRETS n° 38, juillet 2001, 138 p
- [HAJ,98] HADJ-MABROUK H. ; Acquisition et évaluation des connaissances de sécurité des systèmes industriels. Application au domaine de la certification des systèmes de transport automatisé ; Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches ; Université de technologie de Compiègne ; février 1998
- [HAJ,98b] HADJ-MABROUK H. et al. ; Exemple de typologie d'accidents dans le domaine des transports guidés . *Revue Générale des Chemins de Fer*, Éditions Elsevier, Paris, n° 3, mars 1998, pp 17-27.
- [HAJ,99] HADJ-MABROUK A. ; Chronobiologie de la vigilance et des performances appliquée au domaine des transports terrestres ; Thèse de médecine, 1999, Fac de médecine de Sousse-Tunisie
- [HAJ,99b] HADJ-MABROUK et DOGUI M. ; Projet FACTHUS : contenu et déroulement du programme envisagé; Rapport d'étape n° ESTAS/A-98-29, Arcueil 9 octobre 1998, 16 p.
- [HAJ,99c] HADJ-MABROUK H. et DOGUI M. ; 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.
- [LOI,02] (Titre III - Article 14 - Loi du 3 janvier 2002 relative à la sécurité des infrastructures et systèmes de transport, aux enquêtes techniques...).
- [HAJ,04] HADJ-MABROUK H et HADJ-MABROUK A. (2004) : Approche d'intégration de l'erreur humaine dans le retour d'expérience. Application au domaine de la sécurité des transports ferroviaires, collection INRETS, synthèse n°43,107 p, février 2004
- [MAA,10] MAALEL A , HADJ-MABROUK,H, 2010, Contribution of case based reasoning (CBR) in the exploitation of return of experience. Application to accident scenarii in rail transport SIIE'2010, 3rd International Conference on Information Systems and Economic Intelligence, 18-20 february 2010, Sousse, Tunisia, IEEE, 8p