

- SESSION T 5 -
Analyse de l'activité dans le
transport ferroviaire :
évolutions et spécificités

Coordinateur : Christian BLATTER

INTRODUCTION

Christian BLATTER
SNCF-DRT

“ L’analyse du travail est la chose la plus longue et la plus difficile, car c’est elle qui pose avec précision le problème scientifique. Prétendre pouvoir résoudre un problème de cet ordre sans l’analyse préalable du travail reviendrait à prescrire des médicaments à un malade sans l’avoir examiné ou encore à vouloir perfectionner une machine sans connaître ni sa construction, ni son fonctionnement.”

Ainsi s’exprimait il y a 70 ans J.-M. Lahy⁵³, le créateur de la psychologie appliquée dans les chemins de fer français. Depuis ses travaux et ceux de S. Pacaud sur les mécaniciens et chauffeurs de locomotive, les téléphonistes ou les facteurs-enregistreur, l’analyse de l’activité n’a jamais cessé d’être mise en œuvre dans le domaine des transports guidés, bien que sa

finalité ait plus insisté, ces dernières années, à comprendre le travail et à le transformer qu’à établir des tests de sélection du personnel.

En quinze ans, l’analyse du travail réel est devenue une démarche de référence pour un large ensemble d’intervenants en sciences humaines dans le transport ferroviaire : ergonomes bien sûr, mais aussi spécialistes des facteurs humains de la sécurité, consultants internes en organisation et management, etc. La construction de regards multiples et croisés sur l’activité réelle a parfois été une source majeure d’évolution organisationnelle et sociale.

L’analyse du travail s’est développée : du champ essentiellement physique du travail au domaine organisationnel en incluant les problématiques cognitives ; de l’intervention ponctuelle et tardive après le processus de conception à l’insertion dans les phases d’avant-projet ; des objets d’analyse visibles de l’environnement de travail aux logiques plus profondes et cachées ; des outils et espaces professionnels aux produits et services aux clients ; des techniques du quotidien aux innovations de l’avenir ; etc.

Les formes de l’analyse de l’activité ont évolué : aux mesures de temps-postures se sont ajoutées des approches plus systémiques offrant de cerner les activités cognitives, relationnelles, émotionnelles. Outre les chroniques d’activité, d’autres formalismes de description ont permis de

⁵³ J.-M. Lahy, “ Le premier laboratoire psychotechnique ferroviaire français au chemin de fer du Nord ”. Le Travail Humain, tome I, n°4, p.411

mieux comprendre la complexité des tâches, les activités perturbées probables, les ajustements aux consignes,... Les analyses au cours de simulations autorisent des itérations intéressantes dans la conception d'un dispositif ou d'une organisation. Enfin, des approches plus réflexives comme l'auto-confrontation croisée permettent de donner un sens au genre professionnel.

Cette session se donne comme objectif la réflexion autour des singularités de l'analyse des situations de travail dans le transport ferroviaire, notamment pour mieux comprendre le triptyque homme-technique-organisation régi en particulier par des règles de sécurité strictes.

Il reste encore de nombreuses pistes d'évolution à l'analyse de l'activité, en particulier son emploi en interaction avec d'autres approches, comme l'analyse fonctionnelle pour identifier les situations d'usage des dispositifs,... D'autres disciplines telles que la sociologie peuvent apporter des capacités de révélation plus puissantes des aspects enfouis de l'activité. Enfin une réflexion entre sciences de la gestion et ergonomie devrait aider à faire le lien entre micro-analyse de l'activité et macro-analyse.

**L'ANALYSE DE L'ACTIVITE DANS LA CONCEPTION DE
SYSTEMES FORTEMENT AUTOMATISES :
IDENTIFICATION ET PRISE EN COMPTE DES ECARTS
ENTRE MODELES DE CONCEPTEURS ET MODELES
D'UTILISATEURS**

Lydie SORIA*,
Elyeth TREMBLEY*,
Hubert GUILLERMAIN**

* AXILYA; Parc de la Sainte Victoire
Bâtiment 2 – Le Canet; 13 590 Meyreuil
l.soria@axilya.fr, e.trembley@axilya.fr

** TECHNICATOME; 1100, avenue de la Lauzière
BP 34000; 13791 Aix En Provence
hubertg@tecatom.fr

***Résumé :** Cette communication présente une utilisation de l'analyse de l'activité dans la problématique de la conception. A la suite d'une intervention réalisée à la demande de la direction de la recherche de la SNCF, nous avons mis en évidence une variabilité des modes de régulation de l'activité selon la nature des écarts entre le modèle de conception d'un système et le modèle que s'en font les utilisateurs. Nous interprétons ce résultat en terme de variabilité de l'impact des choix de conception sur l'utilisation d'un système. Nous avançons l'idée qu'en matière de conception de systèmes automatisés dans les domaines à risque, la prise en compte de l'impact des choix de conception sur l'utilisation future du système, doit obéir à des modalités précises de réduction de ces écarts.*

Mots clés : conception, automatisation, facteurs humain

INTRODUCTION

Les logiques classiques d'automatisation relèvent la plupart du temps d'une démarche de comparaison des performances respectives de l'homme et des automatismes. Elle conduisent à une automatisation totale d'une tâche par substitution de l'homme par le système ou à une automatisation partielle de la tâche par répartition des fonctions entre l'homme et le système [1]. Dans le premier cas, le couplage homme-système est réalisé sur le mode exclusif, dans le second cas, il est réalisé sur le mode additionnel.

Quelle que soit la logique d'automatisation adoptée, l'introduction d'un nouveau système dans une situation de travail, impacte l'activité des opérateurs en modifiant ses conditions de réalisation. Les moyens de régulation mis en œuvre par les opérateurs sont liés à la représentation que les opérateurs se font du système.

Si la logique d'automatisation n'anticipe pas ces impacts, les moyens de régulation ne sont pas garantis et les conséquences peuvent impacter la fiabilité globale du système [2]. Par exemple, la perception d'une complexité d'utilisation associée à une lourdeur d'application des règles, génère des moyens de régulation de types sous-utilisation, détournement de fonction, ou à l'inverse, confiance excessive dans le système. Ces dérives d'utilisation reposent sur une représentation partielle ou erronée du système et une évaluation que l'opérateur fait pour lui même, en termes de contraintes de la situation, de risques d'erreurs ou de coût cognitif et peuvent induire des actions erronées ou potentiellement dangereuses.

Dans cette communication, nous présentons une méthode d'analyse de l'activité qui nous a permis de mettre en évidence dans le cadre d'un retour d'expérience, les écarts entre le modèle des concepteurs et celui des utilisateurs.

L'intérêt de cette démarche, pour la conception, réside dans 1) la caractérisation des impacts liés à ces écarts et 2) leur prise en compte dans la conception de futurs systèmes.

Le plan de la communication est le suivant :

- Au paragraphe 1, nous présentons une méthode d'analyse de l'activité mise en œuvre pour identifier les écarts entre les modèles et les impacts liés à ces écarts.
- Au paragraphe 2 nous présentons les résultats obtenus par l'analyse de deux systèmes techniques automatisés, KVB et PRCI. Nous exposons pour chaque système, le modèle des concepteurs et celui des utilisateurs, nous analysons les écarts et précisons les impacts correspondants.
- Au paragraphe 3 nous proposons trois modalités de réduction des écarts qui peuvent être mises en œuvre dans le cadre d'une démarche de conception orientée Facteurs Humains.

L'analyse de l'activité pour identifier des écarts entre modèles

Dans ce paragraphe nous exposons les trois étapes de l'analyse de l'activité que nous avons mises en œuvre pour identifier les écarts entre

les modèles de concepteurs et les modèles d'utilisateurs. Nous mettons l'accent sur les techniques spécifiques utilisées :

1. L'analyse de l'activité auprès des concepteurs est réalisée à partir d'une grille d'entretien. Cette grille a été élaborée sur la base d'une revue bibliographique des critères classiquement utilisés en conception pour établir les choix d'automatisation. Le but de la grille est de construire les entretiens de manière à croiser plusieurs questions pour un même thème. De cette façon, on peut prétendre pallier, dans une certaine mesure, les distorsions liées 1) à l'échelle du temps, notamment pour les très gros projets étalés sur plusieurs années, et 2) à la diversité des points de vue entre les concepteurs, voire entre les équipes de conception. Il est à noter que ce qui est recherché, ce sont les critères d'automatisation retenus au final et en aucun cas, le déroulement exact du processus de conception. Ainsi nous n'étudions pas les jalons de la conception mais les critères de choix intervenus en amont pour définir et mettre en œuvre ces jalons.

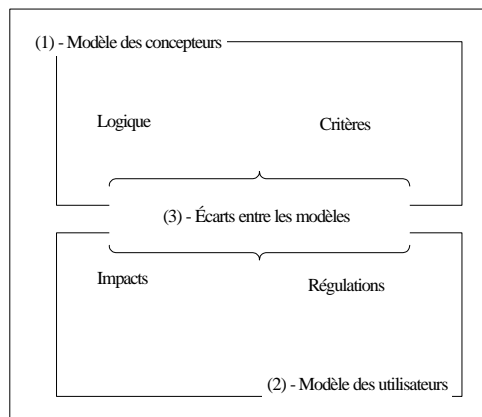


Figure 1 : Les trois étapes de l'analyse de l'activité mises en œuvre pour identifier les écarts entre modèle des concepteurs et modèle des utilisateurs .

2. L'analyse de l'activité des utilisateurs est réalisée au moyen d'observations ciblées à partir des critères de conception du système préalablement identifiés auprès des concepteurs. En ce sens, ce sont les résultats de l'analyse de l'activité des concepteurs qui guident pour une bonne part les observations menées auprès des utilisateurs. C'est cette technique qui permet de bâtir les observables nécessaires pour identifier les modes de régulation mis en œuvre par les opérateurs pour pallier les impacts éventuels des choix de conception.

Si cette technique d'observation ciblée offre un bénéfice sur les temps d'observation, elle s'avère cependant contraignante pour les opérateurs fortement sollicités pour valider les observables recueillis et les interprétations qui en sont faites.

3. L'analyse des écarts entre les modèles est basée sur 1) l'interprétation des critères de conception en terme de logique de conception et 2) l'interprétation des conduites de régulation, en terme d'impacts liés aux écarts entre les modèles.

RESULTATS

Dans ce paragraphe, nous présentons les résultats obtenus pour les deux systèmes étudiés :

- Le KVB (Contrôle de Vitesse par Balise) est un système de contrôle de vitesse installé dans certains trains. De façon générale, la fonction de contrôle de vitesse réside dans l'évitement du franchissement d'un signal précédant un point protégé. Cette fonction repose sur une technologie de transmission au calculateur bord, d'informations acquises sur les installations. Pour le KVB, la technologie utilisée est dite "par balise" et permet la localisation du train par rapport au point protégé, au moyen de transmissions entre une balise amont et une balise aval. Le système contrôle le comportement du train entre les deux balises. Le calculateur utilise des modélisations théoriques de décélération, adaptées aux caractéristiques de freinage du train et actualisées par les informations venant de la voie. Le résultat fournit par le calculateur et de déclencher ou non un freinage d'urgence.
- Le PRCI (Poste d'aiguillage tout Relais à Commande Informatique) est un système de gestion des itinéraires des trains, permettant de réaliser des actions à distance sur les installations (signaux, aiguillages, etc.). Le PRCI est une version intégrée et informatisée d'anciens postes à boutons commandes (les PRS). Le poste rassemble différentes fonctions telles que la création ou la modification informatique d'un itinéraire avant le passage d'un train, la destruction de l'itinéraire après le passage du train ou encore la protection de certains équipements sur les installations.

Pour chaque système, nous présentons le modèle qui a guidé la conception et les impacts observés, en lien avec le modèle utilisateur identifié.

L'exemple du KVB

Du fait de la technologie employée, les informations dont dispose le calculateur ont une validité aléatoire soumise à la qualité d'acquisition et de transmission des informations issues des installations. Dans ces conditions, la conception d'une boucle de sécurité a été fondée sur un critère de transparence du système vis à vis du mécanicien : le système ne doit pas interférer dans l'activité du mécanicien, ni du point de vue des tâches qu'il a à réaliser, ni du point de vue des procédures qu'il doit appliquer. L'application de ce critère s'est traduit par la spécification d'un "système parachute" au sens d'invisible, c'est-à-dire de récupération en dernière limite dans une situation d'urgence. En terme de réalisation, cette modélisation du système a contraint les concepteurs à rendre le système invisible pour le mécanicien. On a par exemple spécifié une IHM minimale sur laquelle l'opérateur n'est pas sensé pouvoir s'appuyer, ne serait-ce que par le mode et le format d'affichage des informations.

Du point de vue des utilisateurs, certaines contraintes engendrées de manière imprévue par le système (alarmes et freinages intempestifs), ont induit des modifications de l'activité (ex : freiner plus tôt pour ne pas "se faire prendre", utiliser de nouveaux repères pour le calcul des distances, etc.). L'éventail des systèmes de contrôle de vitesse qui équipent les trains, a rendu nécessaire l'homogénéisation des règles de conduite. Une évolution du "référentiel métier" s'est imposée, modifiant la définition des tâches de conduite et des procédures associées. Parmi celles-ci, l'utilisation courante des informations délivrées par l'IHM du système de contrôle a été prise en compte. La représentation du "système parachute" s'est alors orientée vers la notion d'outil de sécurisation de l'activité de conduite, s'inscrivant par ailleurs dans un cadre cohérent de comportements réglementaires et homogènes, quel que soit le type de train.

Le schéma de la figure 2 ci-après synthétise ces résultats :

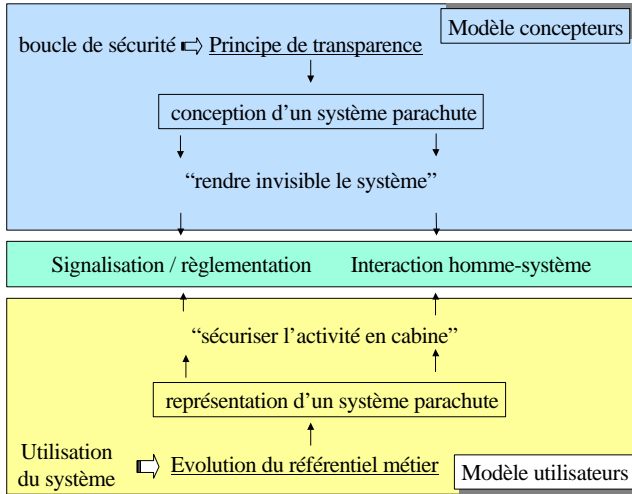


Figure 2 : La mise en regard des modèles concepteurs et utilisateurs pour le KVB.

L'exemple du PRCI

Du fait de l'hétérogénéité technologique des automatismes initiaux gouvernant les fonctions des PRS, toutes les fonctions n'ont pas été dotées du même niveau d'informatisation. Ainsi, la logique des automatismes à clés de commandes a été maintenue selon différents critères :

- Des critères basés sur la capacité technique des automatismes, la rentabilité des moyens technologiques correspondants ou encore le niveau de performance attendu en terme de sécurité, .
- Des critères situationnels, selon qu'il existe ou non des situations spécifiques que le système ne sait pas discriminer ou selon que l'on sache ou pas prévoir de manière exhaustive toutes les situations possibles.

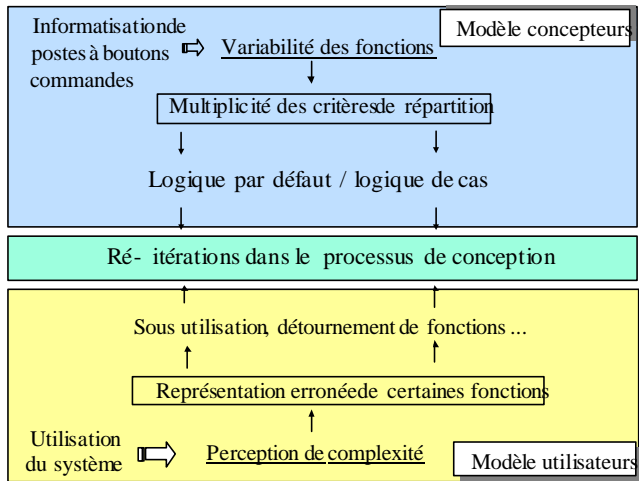


Figure 3 : La mise en regard des modèles concepteurs et utilisateurs pour le PRCI.

Ainsi, selon les fonctions et selon les cas, la gestion totale ou partielle a été confiée à l'opérateur.

A cette multiplicité des critères de conception, correspond pour les opérateurs, une perception de complexité dans l'utilisation de certaines fonctions. Les modes de régulation observés sont multiples et très contextuels. Ils peuvent varier entre sous-utilisation, utilisation dans des cas non prévus, détournement de fonction, etc. Ces modes de régulation ont la particularité de ne pas présenter de garantie totale quant à leurs conséquences, notamment sur le plan de la sécurité.

Différentes conséquences non prévues de l'utilisation erronée de certaines fonctions, ont conduit les concepteurs à reconsidérer les critères initiaux, en intégrant -et donc en tirant profit- de nouveaux modes d'interaction entre l'opérateur et le système. Notons que ces améliorations ont été permises grâce à une meilleure connaissance de la réalité de l'utilisation des systèmes, mais qu'elle sont intervenues largement au-delà des phases de réitération initialement prévues dans le processus de conception.

Le schéma ci-après synthétise ces résultats :

DISCUSSION

Les résultats présentés mettent en évidence l'intérêt de l'analyse de l'activité pour identifier des écarts entre modèles des concepteurs et des utilisateurs.

Dans ce paragraphe, nous discutons des modalités de mise en œuvre de ce type d'analyse dès la conception.

Nous présentons tout d'abord une philosophie de conception orientée Facteurs Humains et nous en décrivons les trois composantes que sont :

- La participation des opérateurs à la conception,
- La coopération entre le spécialiste FH et l'ingénieur,
- L'organisation itérative de cycles de conception et de validation.

UNE PHILOSOPHIE DE CONCEPTION ORIENTEE FH

La démarche de conception orientée Facteurs Humains a pour but de traiter des apports et contraintes liés à l'intervention de l'Homme dans un système donné.

Les sorties de la démarche consistent en un choix d'options et de dispositions relatives à :

- L'exploitabilité et la maintenabilité futures du système ;
- La prévention des conséquences des erreurs humaines sur le système ;
- L'optimisation du rôle de l'homme et de sa fiabilité dans les situations non prévues.

Cet objectif implique d'analyser du point de vue Facteurs Humains les différentes options de conception techniques et organisationnelles, impactant l'utilisation du système.

L'optique générale vis-à-vis de l'automatisation d'un système consiste à s'assurer de l'adaptation des fonctions automatisées au maintien des conditions de réalisation de l'activité dans une situation donnée. L'adéquation du partage des tâches entre les opérateurs et les automatismes est obtenue par la clarification du rôle des opérateurs, des compétences nécessaires et des moyens qu'on lui donne pour le maintien de la sûreté et de la sécurité du système.

Parallèlement aux études fonctionnelles qui président classiquement à la conception, une démarche orientée Facteurs Humains permet de coupler très tôt dans la conception, les critères techniques et économiques

d'automatisation à des critères Facteurs Humains centrés sur la pertinence et la cohérence du maintien des opérateurs dans la boucle [3].

Pour obtenir l'adéquation recherchée, l'orientation FH prend appui sur une démarche de conception participative, coopérative et itérative :

- Participative dans le sens où elle implique les opérateurs dans les phases d'analyse et de spécification des besoins, ainsi que dans les phases d'évaluation du système développé.
- Coopérative dans le sens où le spécialiste Facteurs Humains est intégré dans l'équipe de conception dès les phases amont du projet.
- Itérative dans le sens où le processus de conception prévoit l'alternance de phases successive de conception et d'évaluation du système.

Dans les paragraphes suivants, nous précisons ce que nous entendons par participative, coopérative, et itérative.

DEMARCHE PARTICIPATIVE

Pour exploiter un système en tirant le meilleur parti des compétences et capacités des opérateurs, il faut connaître les spécificités du système et les caractéristiques des situations dans lesquelles peuvent se trouver les opérateurs. Cette connaissance permet de spécifier les outils de travail afin qu'ils soient adaptés aux utilisateurs, à leurs missions réelles et aux contextes dans lesquels ils travaillent.

Pour cela, il ne suffit pas de mettre concepteurs et utilisateurs ensemble autour d'une table : les données et résultats des ingénieurs sont rarement présentés sous une forme compréhensible par les utilisateurs et les exploitants n'ont pas toujours le recul nécessaire pour formaliser de façon cohérente leur propre expérience. De plus, les perceptions d'une situation sont différentes entre des utilisateurs qui la vivent et des concepteurs qui peuvent la comprendre, sans disposer toutefois de ce vécu. La création de groupes de travail est donc rarement suffisante pour que l'on puisse parler d'une véritable coopération pour la conception : l'échange d'informations est insuffisant pour exploiter totalement le savoir-faire de chacun et distinguer les croyances des connaissances.

Si l'intégration d'anciens exploitants aux équipes de conception présente l'intérêt global de ramener une culture d'exploitation dans la conception des systèmes, l'inconvénient majeur est de donner un " label " au projet, qui reste très insuffisant et parcellaire pour les raisons suivantes :

- L'apport des exploitants intégrés à la conception est très fortement limité par le fait qu'ils basculent très rapidement dans une logique de

conception, oubliant les difficultés quotidiennes de l'exploitation (logique de fonctionnement au détriment de la logique d'utilisation). Après X mois ou années de coopération au sein des projets, ils ne sont plus du tout exploitants, mais pensent encore l'être et être toujours habilités à fournir au projet le label en question ;

- Ils ont été retenus pour participer à la conception après avoir acquis une reconnaissance “ d'expert ” en exploitation. Ils ne sont donc pas, par définition, représentatifs des exploitants “ lambdas ” qui utiliseront les systèmes futurs ;
- Ils se centrent généralement sur la résolution de problèmes de haut niveau qu'ils ont connus et subis et dont ils gardent le souvenir, au détriment des problèmes quotidiens, qu'ils avaient résolus (et oubliés) de par leur expertise, où dont ils ont perdu la mémoire ;
- Devenus concepteurs, ils peuvent chercher à durcir l'architecture des systèmes et la réglementation pour empêcher les adaptations locales qu'ils connaissent pour les avoir eux-mêmes pratiquées, oubliant par là même, que ces adaptations ne sont pas finalisées par une logique de détournement du système, mais par une logique de palliation des défauts de ce système ;
- Enfin, durant leur métier d'exploitant, ils ont acquis une reconnaissance, une expertise ou une responsabilité quelconque qui les a progressivement éloignés des exploitants “ lambdas ”. Ils ont traduit leur expertise croissante en vision (déformée) d'une perte de compétence de ces exploitants “ lambdas ”, jusqu'à être effarés par les erreurs “ triviales ” qui remontent, faute de continuer à percevoir les difficultés quotidiennes, ainsi que les adaptations locales qui surfiabilisent le système le reste du temps.

Les risques ci-dessus sont génériques et confortés par les expériences menées dans divers secteurs à risques (c'est notamment le cas du nucléaire et de l'aéronautique). Suivant les individus concernés, ils peuvent être plus ou moins importants.

Etant donné les limites d'une conception réalisée “ autour d'une table ” et de l'intervention d'anciens exploitants dans l'équipe de conception, la démarche préconisée consiste à faire participer des opérateurs “ lambdas ” à la conception⁵⁴. Cette participation est médiatisée par des spécialistes Facteurs Humains dont l'expérience des situations de travail

⁵⁴ Ce qui ne veut pas dire que l'expertise des anciens exploitants n'est pas mise à profit dans la conception.

et les connaissances sur le fonctionnement humain permettent de tirer le meilleur parti des opérateurs et ce, à différents moments du processus de conception :

- En amont, pour identifier les besoins opérationnels, en analysant l'activité de ces opérateurs et les types de situations de travail auxquelles ils sont confrontés ;
- En cours, pour évaluer les spécifications fonctionnelles, en faisant tester par ces opérateurs, de manière itérative et au travers de mises en situation, des maquettes ou des prototypes du produit ;
- En aval :
 - ✓ Pour évaluer le produit final, en sollicitant ces opérateurs pour des essais en situation de simulation réaliste et / ou en situation de travail réelle ;
 - ✓ Pour participer à la mise en service du produit, en identifiant les difficultés rencontrées par ces opérateurs en situation de démarrage ;
 - ✓ Pour réaliser le suivi du produit en fonctionnement opérationnel, en recueillant auprès de ces opérateurs des éléments de retour d'expérience.

DEMARCHE COOPERATIVE

La nécessité d'assurer la synergie entre des éléments techniques et humains au sein des systèmes complexes implique la coopération de spécialistes de l'ingénierie et du Facteur Humain.

Les premiers apportent leurs compétences techniques pour concevoir et réaliser le système, les seconds apportent leurs connaissances sur l'homme et les organisations pour s'assurer que les comportements prévus des opérateurs soient les plus plausibles, conformément aux connaissances dont on dispose sur le fonctionnement des hommes en situation.

Aboutir à un partage optimal des tâches et des fonctions, ne passe pas par la seule utilisation de critères Facteurs Humains en complément des critères d'ingénierie, mais par une démarche de co-conception, initiée dès le début du projet. Cette démarche, centrée sur l'exploitation, réunit les ingénieurs, les exploitants " experts " et " lambdas " et les spécialistes du Facteur Humain autour de l'articulation des données issues de l'analyse fonctionnelle , avec les données résultant de l'analyse opérationnelle :

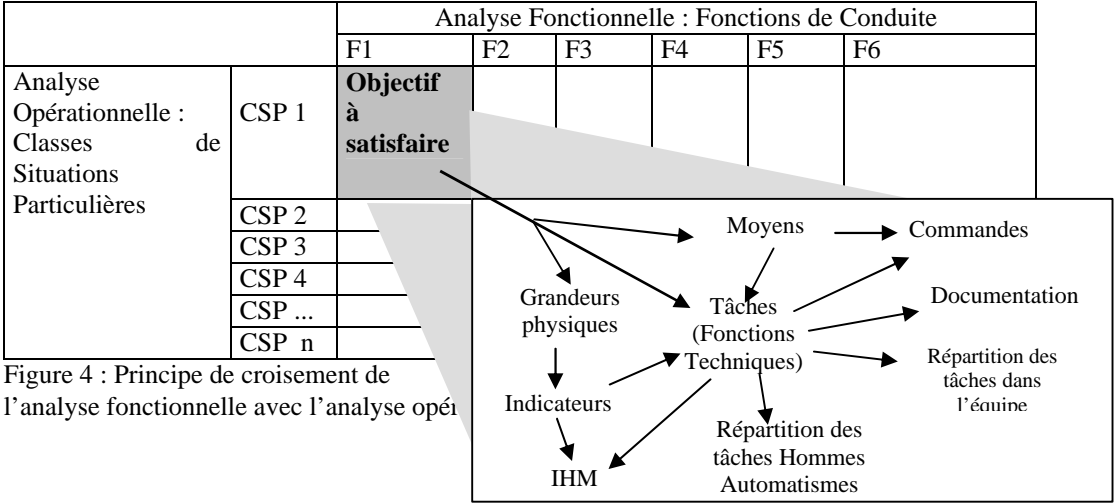


Figure 4 : Principe de croisement de l'analyse fonctionnelle avec l'analyse opér

- L'analyse fonctionnelle, menée par les ingénieurs, est centrée sur l'identification des fonctions à satisfaire par le système socio-technique.
- L'analyse opérationnelle, réalisée par les spécialistes du Facteur Humain, est basée sur une analyse de l'activité des opérateurs dans des Classes de Situations Particulières (CSP).

Comme le montre le tableau de la figure 4, au croisement de chaque fonction et de chaque CSP, on identifie l'objectif à satisfaire, les moyens associés, les tâches à assurer par le système homme-machine, etc. ...

On dispose ainsi d'une base saine pour établir une réelle coopération au sein de l'équipe de conception.

DEMARCHE ITERATIVE

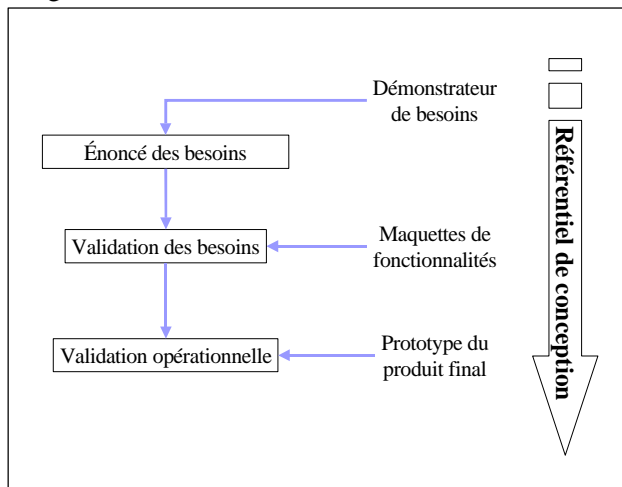
L'intégration des résultats issus de l'analyse opérationnelle dans l'analyse fonctionnelle, passe par la modélisation de l'activité future des opérateurs au sein de la situation future considérée. Cette modélisation constitue potentiellement un référentiel qui doit être validé et coopté par l'ensemble des acteurs de la coopération.

Pour être évolutif et alimenter l'ensemble des phases de conception, ce référentiel doit être en mesure

d'intégrer l'ensemble des éléments de choix techniques (IHM, répartition des fonctions, modes de fonctionnement...) et des modes d'organisation possibles des ressources humaines et des formations associées.

A terme, ce modèle doit être en mesure de fournir les critères de recette qui permettront à la maîtrise d'ouvrage comme à la maîtrise d'œuvre, de vérifier la cohérence des outils développés avec le système cible des concepteurs.

Figure 5 : Démarche incrémentale de conception, basée sur des cycles itératifs de validation par des moyens souples de maquettage [5].



Ce principe de conception itérative s'appuie sur l'utilisation du maquettage tout au long du cycle de vie du projet, depuis l'énoncé et la validation des besoins jusqu'à la spécification des fonctions et la validation opérationnelle du produit final.

CONCLUSION

Dans cette communication, nous avons présenté des résultats qui mettent en évidence aussi bien la variabilité des logiques et des critères de conception, que la variabilité des impacts sur l'activité des opérateurs.

Nous avons examiné comment l'analyse de l'activité permet, en anticipant les écarts entre le modèle des concepteurs et celui des utilisateurs, d'alimenter le processus de conception pour offrir aux opérateurs les moyens de régulation appropriés.

Nous avons précisé que la conception selon une logique orientée Facteurs Humains, relève d'une démarche de complémentarité entre les connaissances techniques des ingénieurs, l'expertise d'opérateurs issus du terrain et les connaissances sur le fonctionnement de l'opérateur en situation de travail, apportées par le spécialiste Facteurs Humains.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Sous la direction de J.Arlat ; J.P. Blanquart, A Costes, Y. Crouzet, Y. Deswarte, J.C. Fabre, H. Guillermain, M. Kaâniche, K. Kanoun, J.C. Laprie, C. Mazet, D. Powell, C. Rabéjac, P. Thévenot ; *Guide de la sûreté de fonctionnement*. Laboratoire d'Ingénierie de la Sûreté de fonctionnement, 2^{ème} édition, Cépaduès Editions, Toulouse, 1996, pp.265-270.
- [2] : C. Mazet, H. Guillermain ; La tolérance aux erreurs : contribution à la fiabilité des systèmes socio-techniques. *Ergonomie et ingénierie*. Actes du XXIVème congrès de la SELF, Paris, Eyrolles, 1994, pp.335-344.
- [3] : M. Mazeau ; *L'ergonome, un ingénieur comme les autres*. Actes des journées de la pratique en ergonomie, Bordeaux, 21-23 mars 2001.
- [4] : M. Mazeau, E. Hermann ; *Intégration des analyses ergonomiques dans la conception d'un appareil Propulsif Nucléaire ou d'un réacteur à terre*. Document interne Technicatome Ref. TA-503659, octobre 2002.
- [5] : E. Hermann, L. Soria ; *Atelier de maquettage FH – méthode d'utilisation du maquettage dans une démarche de conception-validation centrée utilisateur*. Document interne Technicatome Ref. TA-287708 indA, avril 2003.

**DE LA PRESCRIPTION A LA SECURITE :
REFLEXION SUR LES AJUSTEMENTS A LA SNCF**

**Alain NOIZET,
Jean PARIES,
Corinne BIEDER**

DEDALE SA, 15 place de la Nation
75011 PARIS, www.dedale.net

Résumé : Le contexte d'ouverture européenne, l'évolution de la sociologie de recrutement (embauches massives de jeunes agents), et le constat répété de l'existence d'ajustements par rapport à la réglementation ont amené la SNCF à s'interroger sur son référentiel de sécurité dans un double objectif : le rendre compréhensible, accessible, utilisable par des opérateurs d'une autre " culture " nationale ou socioprofessionnelle et améliorer son " efficacité ", c'est à dire améliorer l'adéquation finale entre le règlement et les pratiques sur le terrain. Pour la soutenir dans cette réflexion, la SNCF a fait appel à une équipe de consultants extérieurs dont les travaux se sont concentrés sur le développement d'une compréhension des ajustements de terrain pour nourrir un regard critique sur la philosophie générale de sécurité, et finalement proposer des pistes d'évolution de la réglementation et de son rôle dans la sécurité.

L'originalité de la démarche mise en œuvre réside dans le croisement de deux perspectives sur cette problématique. En amont d'une analyse du travail, basée sur des observations de terrain et des entretiens avec les acteurs opérationnels, l'équipe sollicitée s'est attachée à expliciter les attendus ou hypothèses des concepteurs de la réglementation quant au rôle de celle-ci dans la sécurité, et plus généralement à identifier la philosophie de sécurité sous-jacente au système de sécurité (au sens large) en place aujourd'hui à la SNCF. C'est ainsi que la démarche a croisé une approche top-down, partant des concepteurs pour comprendre leur vision du rôle de la réglementation de sécurité, et une approche bottom-up, partant du terrain pour comprendre la réalité de la sécurité, et le rôle réel de la réglementation dans la gestion des situations opérationnelles. Le présent article résume la démarche et les principaux résultats obtenus.

Mots clés : sécurité, réglementation, ajustements

PARTIR DU HAUT POUR EXTRAIRE LA PHILOSOPHIE DE SECURITE DE LA SNCF

L'écriture d'une réglementation de sécurité repose sur un modèle du fonctionnement de la sécurité ou plus globalement sur une philosophie de sécurité. En effet, selon cette philosophie de sécurité, le statut de la réglementation, le périmètre couvert, ou encore son niveau de détail varient. Ainsi, pour expliciter la philosophie de sécurité de la SNCF, comprendre le rôle que devrait y jouer, selon ses concepteurs, la réglementation et identifier comment la réglementation actuelle supporte/soutient cette philosophie, l'équipe de recherche a conduit une série d'entretiens auprès des cadres qui élaborent ou incarnent à un titre ou un autre le modèle de sécurité : concepteurs et rédacteurs du RGS en Direction, et leurs correspondants dans les régions et établissements ; formateurs ; auditeurs du système de sécurité.

Douze personnalités ont ainsi été rencontrées et interviewées selon une grille d'entretien articulée autour de trois thèmes : le fonctionnement de la sécurité à la SNCF, les évolutions historiques des supports réglementaires et leur approche personnelle de ces questions et des pratiques d'ajustement.

L'analyse des informations recueillies lors de ces entretiens et d'un ensemble de documents relatifs à la réglementation de sécurité à la SNCF a permis de dégager une philosophie de sécurité dominante à la SNCF, sous-jacente au système de sécurité en place à ce jour à la SNCF, qui considère que : *la sécurité est garantie par un système technique performant, de bonnes prescriptions opérationnelles et une application stricte de ces prescriptions.*

Il s'agit d'un modèle de sécurité fortement normatif donnant une place centrale à la réglementation qui, associée à la conception d'un système technique performant, garantit la sûreté de son fonctionnement opérationnel, à la condition qu'elle soit strictement appliquée. Elle constitue en effet un réseau de prescriptions qui se veulent exhaustives (couvrant toutes les situations possibles) et optimales (tout autre chemin est considéré comme moins sûr). Avec un tel modèle de sécurité, les ajustements sur le terrain sont alors nécessairement synonymes de moindre sécurité et deviennent par-là même intolérables.

Si le système de sécurité en place traduit effectivement cette philosophie de sécurité, des doutes sont exprimés en interne à la SNCF quant à son réalisme et par suite sa possible efficacité. En effet, parmi les

“penseurs” de la réglementation de sécurité, certains évoquent le caractère nécessairement imparfait de la règle et, par conséquent, l’inéluctabilité des écarts qu’il conviendrait de reconnaître et de gérer plutôt que d’en nier l’existence ou de chercher à les réduire à tout prix. L’analyse des entretiens a ainsi permis de mettre à jour un double discours à la SNCF : le premier est relatif à une adhésion affichée et revendiquée à la philosophie de sécurité dominante, le second relève d’une prise de conscience “silencieuse” des limites de cette philosophie. Dans l’attente d’une philosophie alternative incarnée dans la pratique, la SNCF se trouve ainsi en position d’“hypocrisie nécessaire” : l’impossibilité de décrire les marges de sécurité et d’actions des opérateurs, pour éviter que les pratiques d’ajustement ne glissent vers plus de risque.

PARTIR DU TERRAIN POUR ETUDIER LA REALITE DES PRATIQUES D’AJUSTEMENT

Le terme de "*pratiques d’ajustement*" inclut l'ensemble des comportements qui constituent un écart par rapport à ce que préconise la réglementation, qui ne relèvent pas de l'erreur involontaire (et sans jugement préalable de leur impact sur la performance, ni sur leur efficacité). Le terme englobe les notions, utilisées dans d’autres contextes, de transgression, de violation, d’adaptation de la règle qui peuvent être dues à des raisons diverses. Vecteurs d’efficacité ou de fragilisation du système, ces pratiques d’ajustement sont difficiles à observer en situation car leur succès masque les processus qui les ont produites. Aussi, pour étudier la réalité des pratiques d’ajustement à la SNCF, et par là même, chercher à mieux comprendre la réalité de la sécurité, deux approches complémentaires ont été mises en œuvre par l’équipe de recherche : des observations dans le cadre d’accompagnements sur train et de visites de postes d’aiguillage en région Paris-Nord, et une approche par auto-confrontations croisées de ces pratiques. Les principes des deux approches sont résumés avant d’en présenter les apports en terme de compréhension de la réalité des pratiques d’ajustement à la SNCF.

ENQUETE AUPRES D’UNE POPULATION D’AIGILLEURS ET DE CONDUCTEURS

La première démarche mise en œuvre a procédé comme un sondage des pratiques d’ajustement de conducteurs et d’aiguilleurs : onze observations d’une demi-journée ont ainsi été réalisées, en poste

d'aiguillage et en cabine, sur les réseaux banlieue, Grande Ligne et FRET de la région Paris-Nord.

L'analyse des informations recueillies dans le cadre de cette enquête s'est déroulée en deux temps :

Tout d'abord, les événements observés commentés ou non par leur acteur, les histoires ou anecdotes évoquées par les agents observés, ou leurs remarques et/ou critiques vis-à-vis de la sécurité et de la réglementation ont été extraits des comptes-rendus d'observations et d'entretien. Par la suite, le discours sur les pratiques d'ajustement des aiguilleurs et des conducteurs rencontrés a été reconstruit à partir de leurs *verbatim* et des exemples d'ajustement observés ou évoqués eux. Pour chaque point soulevé par les observations ou le discours des agents observés, nous nous sommes attachés à déterminer en quoi cela pouvait favoriser/motiver ou non une pratique d'ajustement.

Étude des pratiques d'ajustement à travers les auto-confrontations croisées

Afin de compléter en profondeur l'enquête présentée ci-dessus, le laboratoire "Clinique de l'activité" du CNAM a adapté sa méthode d'auto-confrontation croisée (Clot & al, 2000 ; Clot & Faïta, 2000) pour étudier une situation de travail particulière : le train-formation. Ce train met en jeu et en scène les risques quotidiens de la conduite de train pour faire agir les jeunes agents dans diverses situations d'incidents et accidents, critiques du point de vue de la sécurité et impliquant le recours aux documents réglementaires.

La méthode des auto-confrontations croisées est basée sur la co-analyse de l'activité de travail par un chercheur et des opérateurs volontaires. Elle s'appuie sur la distinction entre activité réalisée et réel de l'activité. Dans un premier temps, chaque opérateur participant est confronté à l'enregistrement vidéo de son activité qu'il est invité à commenter. Dans un second temps, deux opérateurs participants sont réunis et l'un des opérateurs est confronté au film de l'activité de l'autre opérateur. Lors de cette confrontation, ils s'engagent dans des controverses professionnelles permettant, d'une part, d'évaluer l'appropriation du règlement par les opérateurs et, d'autre part, de conduire des analyses sur le lien existant entre la sécurité gérée collectivement et individuellement par les opérateurs et l'application du règlement.

Dans le cadre de l'étude réalisée pour la SNCF, le dispositif mis en place pour conduire les analyses a mis face à face deux conducteurs expérimentés, formés sur une version antérieure des documents métier des conducteurs (le PGM), et deux jeunes conducteurs en fin de formation dont les connaissances sont bien plus théoriques qu'incarnées dans l'expérience. Leur formation s'appuie par ailleurs sur les derniers documents métier à l'usage des conducteurs (le mémento et le référentiel conducteur).

Une meilleure compréhension des pratiques d'ajustement à la SNCF

Les deux approches de terrain engagées ont mis en évidence qu'une grande partie des ajustements observés ou relatés consistent à ne pas sortir les documents métiers pour gérer des situations qui en relèvent, bien que le recours physique explicite aux documents métiers soit prescrit. En réalité, les documents métiers sont perçus par un grand nombre d'opérateurs, souvent expérimentés, comme une dénégation de leurs compétences et de leurs savoir-faire. Les autres types d'ajustements observés, plus rares, correspondent à des écarts à la réglementation générale dans des situations non traitées par un document métier ou encore à une utilisation détournée ou partielle des consignes ou documents métiers réglementaires préconisés pour traiter les situations incidentelles ou particulières. Au-delà d'une catégorisation des pratiques d'ajustement, les approches de terrain se sont attachées à tenter d'expliquer ces pratiques. Plusieurs facteurs motivant les pratiques d'ajustement ont pu être mis à jour :

- Au niveau individuel, l'impression de maîtriser la situation, la récurrence (parfois quotidienne : par ex. signal d'alarme sur réseau RER) de certaines situations incidentelles ou encore le temps nécessaire à l'utilisation prescrite de documents.
- Au niveau du collectif, la culture professionnelle, qui associe aux différentes situations rencontrées un catalogue de pratiques acceptables, dérivées des prescriptions réglementaires par pondération du risque perçu et des contraintes d'efficacité intériorisées.
- Au niveau organisationnel, la conception et l'ergonomie des documents, l'insuffisance de la formation à l'utilisation des documents métiers, ou encore des pressions de productivité poussant à favoriser par exemple le respect des horaires. Les documents métier font preuve d'une assez forte hétérogénéité dans leur contenu et dans leurs modalités d'utilisation. Ils contiennent par exemple aussi bien des instructions à lire avant mise en œuvre, que des

instructions à mettre en œuvre sans ouvrir le document du fait de leur caractère d'urgence, puis à lire *a posteriori*, en vérification des actions menées. Ils contiennent certaines instructions dont la granularité est mal adaptée, avec des détails sur des manières de faire perçues comme le B.A.-BA du métier, et en même temps des éléments indispensables à l'action (abaques et autres consignes non mémorisables par les agents). Certaines procédures comportent des ambiguïtés, voire des contradictions, ou sont en conflit avec les savoir-faire acquis par expérience.

L'émergence d'un diagnostic lors de la confrontation de l'activité à la philosophie de sécurité

Un constat émerge de la confrontation des deux regards proposés : la philosophie de sécurité de la SNCF et les documents métier d'aujourd'hui présentent des incompatibilités inévitables :

- La philosophie de sécurité postule l'exhaustivité et la perfection des procédures opérationnelles, mais l'examen approfondi des documents métiers, mis en situation, met en évidence certaines difficultés ou lacunes, dans leur contenu, l'ergonomie ou la définition de leurs contextes de mise en œuvre.
- Certaines situations d'exploitation se révèlent non couvertes par les documents métier actuels, et la consigne d'utilisation des procédures adressée aux agents, en forme d'ultime consigne 'parapluie', est alors de se retourner vers le RGS, ou au moins les référentiels métiers, introduisant par là même une nouvelle hétérogénéité, plus importante encore que celle existant au sein même des documents métier.
- Au-delà de ces ajustements 'forcés', liés à une forme d'imperfection des procédures actuelles, les analyses réalisées mettent en évidence des ajustements motivés par d'autres facteurs, par exemple, le gain de temps ou la continuité de pratiques antérieures aux documents métier contredites par les nouvelles prescriptions ou non reprises dans ces nouvelles prescriptions.

Ces incompatibilités ont un double effet : un effet direct sur l'utilisabilité des procédures et un effet indirect (négatif) sur la confiance des opérateurs dans la réglementation. Elles leur fournissent ainsi une justification objective aux résistances qu'ils peuvent développer par ailleurs vis-à-vis de règles venues d'en haut, qui prétendent organiser toute leur activité et qu'ils perçoivent en partie comme un déni ou une dépossession de leur savoir-faire. Deux grandes stratégies opposées,

caricaturales dans leur présentation, sont alors envisageables pour réagir à la situation actuelle et entre elles, toutes les nuances sont possibles :

- Renforcer la philosophie de sécurité actuelle en affinant les moyens de sa mise en œuvre : éliminer les ajustements, réduire les écarts aux procédures en jouant sur la qualité des procédures et sur la garantie de leur suivi strict.
- Adopter une philosophie alternative, plus en phase avec la réalité ; abandonner l'idée d'un cadre ne proposant qu'un chemin unique pour garantir la sécurité et aller vers une reconnaissance et une gestion de la variabilité de la performance humaine.

Des recommandations en phase avec le modèle "écologique" de gestion des risques. Les recommandations formulées ci-dessous vont à la fois dans le sens d'une amélioration des règles opérationnelles et de leur acceptabilité et dans le sens d'une évolution de la philosophie de sécurité vers une vision plus réaliste du rôle de la règle. Trois axes de recommandations ont ainsi été formulés avec pour objectif de s'appuyer sur les mécanismes naturellement mis en œuvre par les individus pour gérer les risques auxquels ils sont confrontés au quotidien (modèle "écologique" de la gestion des risques : Amalberti, 2000 ; Noizet, 2000).

Concernant le premier axe, il s'agit de **décentraliser** en cascade, du management de haut niveau au terrain, la conception, l'accompagnement et le suivi de la mise en œuvre de documents réglementaires. Le but est de produire des documents plus efficaces, car hiérarchisés et centrés sur la gestion des situations opérationnelles. Une décentralisation conduit en effet à des documents : proches de leur terrain d'application donc opérationnels et réalistes ; compatibles avec la reconnaissance d'une marge de manœuvre "contrôlable" au niveau des utilisateurs, avec une délégation de responsabilité clarifiée ; modulables pour une variété d'utilisateurs (profils et expertise) ; facilement adaptables/ajustables ; et révisables lorsque des limites sont mises en évidence.

Concernant le second axe, il s'agit d'abord de redonner une légitimité à la règle, dans son champ d'application. Quelle que soit la règle, il existe une marge de manœuvre, d'interprétation, irréductible. Cependant, la règle, conçue comme cadre, guide et assistant de l'action et non plus comme contrainte de l'action, joue un rôle primordial dans une gestion écologique du risque. Paradoxalement, plus on reconnaît une autonomie résiduelle aux acteurs, plus la règle doit leur paraître légitime. Il faut donc **augmenter la lucidité** de tous les acteurs impliqués dans la sécurité sur la réalité, à tous les niveaux depuis le haut management

jusqu'aux acteurs de première ligne sur le terrain, de la gestion des risques, et sur le pouvoir et les limites de la règle dans cette réalité.

Le dernier axe consiste à **développer et entretenir** une visibilité, une conscience du risque et du rôle de la réglementation dans sa gestion pour augmenter la compréhension des enjeux du respect de la réglementation par les opérateurs. La gestion écologique des risques est en effet conditionnée par la visibilité risque ayant donné lieu à prescription. Parmi les moyens utilisables figurent : la conception dans l'environnement de travail d'artifices susceptibles d'amplifier la perception du risque par les opérateurs de première ligne ; une prescription par objectifs plutôt que par moyens favorisant la perception et la compréhension du risque et de sa gestion ; la formation des agents au contrôle de la situation ; et l'utilisation du retour d'expérience pour discuter des pratiques courantes et diffuser une culture de sécurité au sein des différents métiers et des unités.

CONCLUSION

Les travaux réalisés ont montré, à travers le double regard top-down/bottom-up, que la prise en compte des Facteurs Humains dans l'évolution des documents réglementaires avait une portée qui dépassait largement la seule question de la réglementation de la sécurité. Aujourd'hui, une évolution de la philosophie de sécurité vers un modèle écologique de la gestion des risques s'impose comme une voie de progrès considérable, susceptible de lever un grand nombre des difficultés et incohérences actuelles. Une voie de progrès sur laquelle la SNCF pourra choisir de s'engager en tenant compte de la difficulté de ces évolutions, concernant notamment leurs impacts sur la culture de la SNCF, l'environnement technique et opérationnel et la responsabilité juridique des différents acteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Amalberti, R. (2000) La maîtrise des situations dynamiques. *Psychologie Française*, 4.
- Clot, Y., Faïta, D. (2000). Genres et styles en analyse du travail. Concepts et méthodes. *Travailler*, n°4.
- Clot, Y., Faïta, D., Fernandez, G., & Scheller, L., (2000). Les entretiens en autoconfrontation croisée : une méthode en clinique de l'activité. *Pistes*, n° 2, www.unites.uqam.ca/pistes.
- Noizet, A. (2000). *Le contrôle cognitif des activités routinières : Le cas des interventions de terrain familières en centrale nucléaire*. Thèse de Doctorat. Doctorat de Psychologie des Processus Cognitifs. Saint Denis, Université Paris 8, décembre 2000.

**SITUATION REELLE ET SITUATION SIMULEE :
DIFFERENCES ET SIMILITUDES**

Valérie GOUIN*,
Jean-Claude SAGOT*,
Tony DUBOIS*,
Christian BLATTER**,
Sylvain LE DOARÉ***

* Université de Technologie de Belfort-Montbéliard,
Laboratoire Systèmes et Transports (SeT),
Équipe d'ERgonomie et de COncption des Systèmes (ERCOS), 90010 Belfort

** SNCF, Direction de la Recherche et de la Technologie,
Unité "Sciences humaines et sociales "
45, rue de Londres, 75379 Paris cedex 08

*** SNCF, Direction Déléguée à la Traction
Immeuble ZEUS, 40, rue des Terroirs de France, 75611 Paris cedex 12

Résumé : Les problèmes liés aux états de fatigue ou d'hypovigilance sont récurrents dans le transport en raison du coût non négligeable qu'ils constituent pour la société (Léger, 1994).

L'objectif du présent travail est d'étudier l'impact des situations de conduite prolongée sur le comportement dans deux types de situation : réelle et simulée, afin d'identifier les différences et similitudes concernant les ajustements comportementaux, les modifications éventuelles de l'activité de conduite et les répercussions de la réalisation de cette activité sur le sentiment subjectif de fatigue.

Les résultats montrent que l'activité de conduite en situation simulée présente des modifications par rapport à la situation réelle et qu'elle demande aux conducteurs un effort attentionnel plus important en raison de la nouveauté de la situation.

Mots clés : Conduite ferroviaire, analyse de l'activité réelle, simulation.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'une étude commanditée par la SNCF, nous avons été amenés à nous interroger sur les effets des étapes de conduite longues sur le sentiment de fatigue souvent exprimé par les conducteurs. En effet, avec l'extension des réseaux ferroviaires et leur modernisation (augmentation des portions de Ligne à Grande Vitesse), les conducteurs de TGV sont soumis à des temps de conduite souvent de plus en plus long, pouvant dépasser les six heures de conduite.

Les problèmes liés aux états de fatigue ou d'hypovigilance sont récurrents dans le transport en raison du coût non négligeable qu'ils constituent pour la société (Léger, 1994).

L'objectif était donc d'étudier l'impact des situations de conduite prolongée sur le comportement dans les deux types de situation : réelle et simulée, afin d'identifier les différences et similitudes entre elles concernant les ajustements comportementaux, les modifications éventuelles de l'activité de conduite et les répercussions de la réalisation de cette activité sur le sentiment subjectif de fatigue.

Dans cette communication, nous nous focaliserons en particulier sur l'activité de conduite elle-même et compte tenu de sa nature, activité essentiellement mentale, à l'impact de la conduite prolongée sur les capacités mentales fonctionnelles.

NATURE DE L'ACTIVITE ETUDIEE : LA CONDUITE DE TRAIN GRANDE VITESSE

La conduite de train est une activité principalement cognitive de recherche et de traitement de l'information, de mémorisation des caractéristiques de la ligne et d'anticipation des événements de manière à organiser les différentes actions à réaliser (régulation de la vitesse en fonction des limitations, acquittement, changement de tension,...). En résumé et en accord avec les travaux de Lamonde (1994) nous pouvons dire que l'activité de conduite est une détermination progressive de l'action en fonction de l'état de la situation qui demande donc au conducteur de faire des diagnostics réguliers en vue d'adapter ses stratégies de conduite en fonction des conditions de réalisation (le train est en retard ou non, la machine présente des dysfonctionnements ou non, la marche est normale ou non,...) et de son état interne.

La conduite nécessite donc une gestion des ressources attentionnelles qui vont devoir être partagées entre plusieurs sources d'information (voie, tachymètre, ampèremètres,...) et qui vont également fluctuer en fonction

des moments du trajet (par exemple : conduite en ligne Grande Vitesse ou non).

L'analyse fine de la tâche et de l'activité menée au préalable (Bollon et al., 1992) a permis de mettre en évidence que le conducteur de train va avant tout chercher un équilibre, un compromis entre cinq objectifs principaux :

- Aller d'une gare A à une gare B,
- Assurer la sécurité (Respect de la signalisation),
- Respecter les horaires,
- Economiser l'énergie électrique,
- Assurer le confort des passagers.

Pour réaliser ces cinq objectifs simultanément, **sa tâche principale est de réguler la vitesse** en tenant compte des contraintes que vont lui imposer chacun des objectifs cités. Cette tâche de régulation de la vitesse va nécessiter une activité de surveillance afin de contrôler les informations extérieures (signalisations sur la vitesse réglementaire, les points kilométriques, les préannonces de gare, etc...), les informations en cabine (vitesses, niveau de tension de la ligne, etc..) et les alarmes sonores qui indiquent des incidents qui peuvent entraîner la mise en oeuvre de procédures particulières. L'activité du conducteur est donc avant tout une activité de recherche d'information et de traitement de cette information qui va nécessiter une **attention soutenue** tout au long du parcours effectué. Ce parcours est par ailleurs parfaitement connu du conducteur qui possède en mémoire à long terme différents détails concernant le parcours qu'il effectue (niveau de déclivité, changement de type de ligne, les gares,...). Cette représentation cognitive du parcours constitue une partie importante de l'expérience du conducteur qui va pouvoir grâce à cette connaissance de ligne anticiper une bonne partie de ces actions et réguler de ce fait sa charge de travail en fonction de ce qu'il connaît de l'exigence du parcours à tel ou tel moment (" je sais qu'à tel moment je peux laisser aller et je serais bon par rapport à la vitesse de consigne"). Ce point est important en ce qui concerne notre problématique d'impact d'une conduite prolongée sur le vécu de la situation, car Brown (1994) souligne que cette possibilité de réguler ou d'alterner des moments d'attention intense avec des moments qui sollicitent moins l'attention est un facteur important pour pouvoir lutter contre les effets de la fatigue.

ACTIVITE REELLE ET ACTIVITE SIMULEE

La simulation offre un champs d'investigation intéressant lorsque l'on s'intéresse à des milieux de travail ouverts et lorsque l'on travaille sur des situations dégradées pouvant avoir des répercussions en terme de sécurité. Certains auteurs, bien que peu nombreux ont travaillé sur des problématiques de conduite longues durées en vue de déterminer des indicateurs fiables de détection de baisse de vigilance (Rogé et al., 2000 ; Millemann, 2001 ; Thiffault et Bergeron, 2003). Dans l'ensemble de ces études revient systématiquement le problème de la validité de ces situations de conduite simulée. Les situations simulées, si elles permettent de maîtriser la reproductibilité des scénarios étudiés (contrôle du trafic, des conditions météorologiques, ...) sont néanmoins des reproductions infidèles du réel. Ainsi, l'activité développée dans le cadre des simulations est sujette à des transformations plus ou moins importantes.

L'étude que nous présentons a permis de réaliser ce que Rogalski (1997) appelle une procédure de validation directe, en reproduisant en simulé le même trajet que celui étudié en situation réelle, en reproduisant le même protocole de mesure et ce sur le même groupe de conducteurs. Il sera donc possible en comparant les résultats issus des deux expérimentations de connaître quelles sont les compétences qui sont transférables de la situation réelle à la situation simulée, et de voir quels sont les modes de régulations adoptés par les conducteurs dans les deux types de situations.

METHODOLOGIE

L'expérimentation qui a été conduite en situation réelle avec cinq conducteurs volontaires, s'est déroulée sur le trajet de la ligne Paris-Nice qui représentait à l'époque (1998) le parcours le plus long au monde, en terme de durée, avec une durée de 6 heures 40 minutes. Dans le sens Paris-Nice, nous avons étudié 3 durées de trajet : 2 heures, 4 heures, et le trajet complet (6h40). Dans le cas des trajets de 2 et 4 heures la relève du conducteur était assurée par un deuxième conducteur.

Les indicateurs qui ont été relevés et étudiés, décrits dans une précédente communication (Sagot et al., 1998), sont les suivants :

- *Indicateurs psychologiques* : Au départ et à l'arrivée de chacun des trajets, il a été réalisé une batterie de tests psychomoteurs afin de caractériser l'impact éventuel de la conduite prolongée sur certaines capacités mentales impliquées dans la conduite, telles que l'exploration visuelle et l'attention, la mémoire de travail, la

concentration dans une tâche de codage simple et le raisonnement logique.

- *Indicateurs de l'activité* : Pour chaque trajet, l'activité du conducteur était filmée en continu grâce à 4 caméras placées dans la cabine de manière à enregistrer la posture, les actions sur les commandes, le tachymètre et la voie. Sur ces films ont été dépouillées en continu l'activité visuelle (en particulier la fréquence de changements des directions de regard), la posture et les activités collatérales. Nous détaillerons ici, les résultats relatifs à l'activité de conduite (manipulation des commandes et activité visuelle).
- *Indicateurs subjectifs* : La conduite prolongée peut entraîner un sentiment de fatigue et de monotonie qui s'exprime avant tout de façon subjective. Nous avons donc construit un questionnaire à partir d'entretiens réalisés au préalable avec les conducteurs, afin de connaître leur façon de qualifier la fatigue dans le cadre de leur activité professionnelle et de mieux en comprendre les facteurs. Ainsi, un questionnaire leur était proposé avant et après le trajet afin de vérifier si le sentiment de fatigue évoluait en fonction de la durée du trajet.
- *Indicateur physiologique et indicateurs biochimiques* : La fréquence cardiaque était enregistrée en continu, chaque conducteur étant équipé au départ d'un cardiofréquence-mètre portable. Enfin, toutes les deux heures, un prélèvement salivaire a permis de doser le cortisol et le recueil des urines a permis de mesurer les métabolites des catécholamines. Ces résultats ne seront pas présentés dans la présente communication.

Ce protocole volontairement pluridisciplinaire avait pour ambition de décrire le comportement du conducteur dans sa globalité afin de pouvoir mettre en évidence des ajustements psychophysiologiques et comportementaux liés à la réalisation d'une activité prolongée. En effet, en raison de la nature multifactorielle du phénomène étudié, il est certain que les causes sont diverses et que les modalités de régulations elles-mêmes sont extrêmement variables et relèvent de plusieurs mécanismes associés.

Par ailleurs, ce protocole a été reproduit à l'identique sur la situation simulée. Les expérimentations se sont déroulées sur le SIMULATEUR Ferroviaire d'Etudes et de Recherches (SIMUFER) basé sur le site de la SNCF à Hellemmes.

La comparaison simulé/réel a donc porté sur 30 trajets analysés : 15 sur TGV commerciaux et 15 sur SIMUFER, reproduisant fidèlement

la ligne Paris-Nice étudiée. Les mêmes cinq conducteurs arrivaient à Lille la veille, et effectuaient leur trajet sur le simulateur le lendemain dans la même plage horaire que la réalité.

RESULTATS

Analyse du sentiment subjectif :

Les résultats issus de l'expérimentation réalisée sur le terrain concernant l'impact de la conduite prolongée sur le sentiment subjectif de fatigue n'ont rien révélé. En effet, il n'existe pas à proprement parler de sentiment de fatigue consécutif aux étapes longues, ainsi qu'en témoignent les niveaux d'auto-estimation de la fatigue, de symptômes physiques (mal de tête par exemple) et de concentration.

En situation simulée, le sentiment de fatigue n'est pas non plus exprimé par les conducteurs à travers les résultats au questionnaire. Seuls les indicateurs concernant les symptômes physiques (ex : " être groggy, avoir la tête vide ", " mal au dos ",...) semble indiquer une tendance à la hausse au delà de 4 heures.

Analyse des résultats aux tâches tests concernant les fonctions cognitives :

En situation réelle, les résultats indiquaient une stabilité des temps de réaction, quel que soit le test réalisé et quelle que soit la durée du parcours réalisé (figure 1). Il apparaît même une amélioration des performances, avec des temps de réaction plus courts à l'arrivée des trajets par rapport à la passation réalisée en début de trajet.

Seule la mémoire à court terme présente une dégradation, et ceci uniquement pour les trajets de 6 heures. En effet, l'expérimentation sur le terrain faisait état d'une augmentation du taux d'erreurs à l'issue des trajets de 6 heures (figure 1).

En situation simulée, nous constatons que les temps de réaction restent stables et que l'amélioration des temps de réponse en fin de parcours observée en réel disparaît à 4 heures et 6 heures. Au niveau des erreurs, la perte de performance observée en réel à l'issue des trajets de 6 heures disparaît également en situation simulée, les performances ne subissant aucune variation en fonction de la durée des trajets.

Résultats concernant l'activité de conduite :

Au niveau de l'activité visuelle déployée lors de la conduite, il ressort de la comparaison des résultats entre la situation réelle et simulée un point

marquant concernant l'organisation des prises d'information sur les zones identifiées comme pertinentes (voie, tachymètre,...). Ce fait marquant se traduit, ainsi qu'en témoigne la figure 2, par une différence notable entre la situation réelle et simulée entre la répartition des prises d'information sur la voie et le tachymètre. Cette différence va dans le sens d'une augmentation des prises d'information sur le tachymètre en situation simulée par rapport au réel, au détriment des prélèvements d'information sur la voie en situation simulée par rapport au réel.

Ce résultat semble être dû au manque de repères existant dans l'environnement simulé (environnement dépouillé concernant le paysage) et à la difficulté à estimer sa vitesse sur simulateur qui entraînent chez les conducteurs un comportement de compensation impliquant une surveillance plus importante du tachymètre (en terme de fréquence) afin de pouvoir réguler la vitesse conformément à la vitesse de consigne.

Par ailleurs, il semble que ces difficultés se retrouvent au niveau des stratégies de conduite qui diffèrent entre la situation simulée et la situation réelle comme nous pouvons le constater sur la figure 3, et qui nous indiquent que les conducteurs en simulation se focalisent sur un objectif : la réduction de l'écart entre la vitesse réelle et la vitesse de consigne.

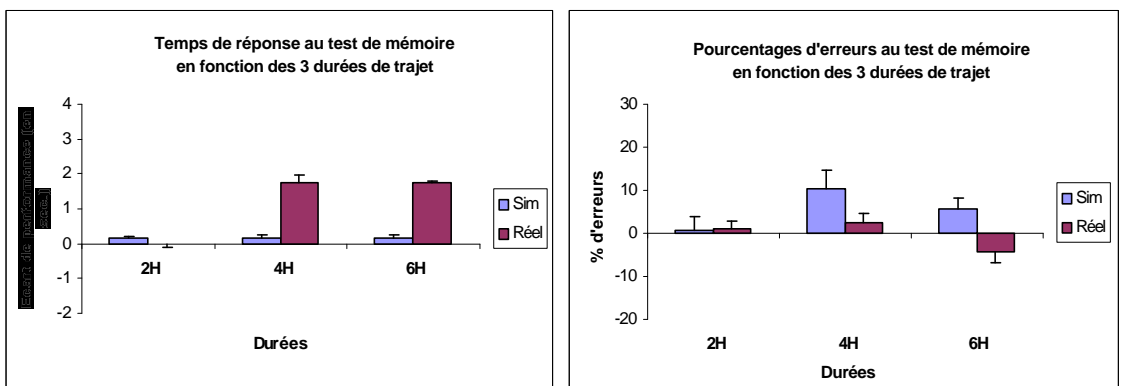


Figure 1 : Comparaison des situations réelle et simulée pour les écarts de performance entre le départ et l'arrivée

Ces résultats sont confortés par les verbalisations recueillies au cours de la démarche d'auto-confrontation que nous avons menée où les conducteurs en simulation déclarent se retrouver dans une situation de conduite de "débutant". En effet, les repères informels construits grâce à l'expérience (connaissances de ligne) étant absents en situation simulée,

les conducteurs déclarent “ conduire au tachymètre ” de manière à pallier le manque d’information pour pouvoir maîtriser la conduite en fonction du profil de ligne et en fonction de leur connaissance des réactions de leur machine.

Figure 2 : Consultations en pourcentages d’effectifs vers la voie et le tachymètre (5 conducteurs, 30 trajets, moyenne+ S.E)

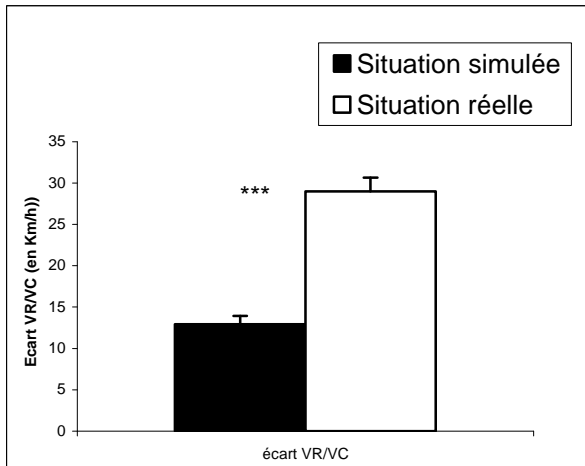
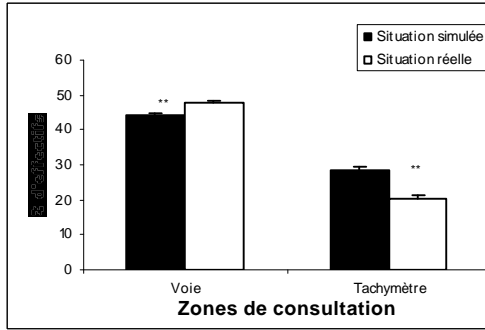


Figure 3 : Écart moyen par ½ heure entre la vitesse réelle (VR) et la vitesse de consigne (VC) en fonction de la situation de conduite.

DISCUSSION

La comparaison des résultats obtenus en situation réelle et simulée nous indique qu'il n'existe pas de différences importantes concernant l'impact de la conduite prolongée sur le sentiment subjectif de la fatigue. Si la situation simulée semble légèrement plus pénalisante, cela n'est pas exprimé fortement dans le questionnaire par les conducteurs. Le phénomène de fatigue est avant tout un phénomène psychologique et le versant subjectif s'avère donc indispensable pour l'évaluation des effets induits. De plus, l'expression du sentiment de fatigue peut être ou non directement corrélée à l'état général du sujet. En effet, Brown (1994) souligne que quelqu'un peut ne pas se sentir fatigué et avoir des dégradations de performance significatives, de même qu'il peut maintenir un haut niveau de performance alors qu'il se sent fatigué. Il existerait d'après Brown (1994) toute une phase au cours de laquelle le sujet est capable de réguler son activité en fonction des exigences de la tâche et arrive effectivement à lutter, en mobilisant souvent ses ressources de manière différente, contre les baisses de performances inhérentes à un état de fatigue trop prononcé. Ensuite si ce moment limite est dépassé, apparaissent le sentiment de débordement, le sentiment de ne plus être en mesure de faire face correctement par rapport aux objectifs que l'on s'est fixé et alors interviennent les baisses de performance.

Par ailleurs, les résultats concernant la réalisation d'une tâche test à l'issue des trajets, en vue de repérer d'éventuelles dégradations de performance dans des tâches impliquant des fonctions cognitives, ne révèlent pas de différence significative entre la situation réelle et simulée, les résultats indiquant dans les deux situations que la performance reste intacte.

Comme le souligne de nombreux auteurs (Schellekens et al., 2000 ; Meijman, 1997) l'estimation de l'effort mental consacré à une tâche est difficile et nécessite une approche multicritère. Il existe, en effet, peu d'exemple dans la littérature de détérioration de la performance à une tâche induite par l'exercice prolongé d'une activité de travail de nature mentale. La plupart du temps, les opérateurs pour faire face à leur état de fatigue vont déployer un effort plus important afin de compenser la baisse d'efficacité due à la fatigue.

Ainsi, Meijman (1997) propose d'utiliser des indicateurs psychophysologiques tels que la fréquence cardiaque et le niveau d'activation du système sympathique et parasympathique. De même, Schellekens et al. (2000) utilisent ces mêmes indicateurs et proposent en parallèle de mesurer les performances à une tâche-test mentale mettant en jeu l'attention et la mémoire de travail.

Ainsi, nous avons pu constater une activation importante du système adrénosympathique pendant la conduite simulée et cela tout au long des parcours (Sagot et al., 2003). Il semble que l'exigence de la tâche de conduite réelle et simulée soit comparable du point de vue de la mise en œuvre des régulations biochimiques (les niveaux d'activation sont effectivement comparables en situations réelle et simulée). De plus, ces régulations assurent un bon niveau de performance en ce qui concerne l'activité de conduite puisque les résultats de la situation réelle ont mis en évidence que grâce à leur expérience les conducteurs ne modifiaient pas leurs stratégies de conduite en fonction de leur état de fatigue. De même en situation simulée, il existe peu de modifications de stratégies en fonction de la durée des parcours.

Si en raison de l'appauvrissement de l'environnement (caractéristique classique des environnements simulés) qui occasionne une grande monotonie nous pouvions nous attendre à des problèmes de vigilance induits par la situation simulée, les résultats obtenus nous indiquent que l'activité de conduite simulée reste malgré tout exigeante d'un point de vue attentionnel. Ceci est d'ailleurs, confirmé par la démarche d'auto-confrontation que nous avons réalisée avec les conducteurs, qui ont déclaré avoir vécu cette situation simulée comme étant difficile : “ “ *Une situation perturbée en réel est moins fatigante que la situation simulée...on est en recherche permanente de ce qui va arriver...on n'a jamais été tranquille !* ”. Cette exigence de l'activité de conduite simulée réside dans le fait que l'aspect connaissance de lignes semble disparaître. En effet, même si le trajet a été reproduit le plus rigoureusement possible sur le simulateur, les conducteurs perdent dans la situation simulée un certain nombre de repères informels qui leur sont indispensables pour pouvoir anticiper et réguler leur activité en particulier alterner des périodes d'attention focalisée avec des périodes d'attention plus diffuse. Cette possibilité disparaît en situation simulée et les conducteurs déclarent se retrouver dans une situation de découverte permanente équivalente à une situation de conducteur novice sur une ligne nouvelle qu'ils ne connaissent pas. Ils déclarent en effet “ conduire au tachymètre ” ce qui est identifié par les conducteurs comme une conduite de type “ novice ”, quand le conducteur est en apprentissage de la ligne. Ils reconstruisent donc, en situation simulée, une connaissance de ligne spécifique, ce qui exige une attention soutenue importante.

Ainsi, la situation réelle a montré qu'il existe des moments attentionnels différents avec une fenêtre plus ou moins large (Gouin et al., 2000). Les conducteurs se focalisent alors sur certains indices de la situation dont ils savent par expérience qu'ils sont pertinents. Par contre en situation simulée, cela est impossible car les conducteurs étant dans

une situation de découverte des caractéristiques de la ligne simulée, ne peuvent développer ce genre de stratégies ne sachant pas où ils doivent prendre l'information pour pouvoir être efficaces. Ils sont ainsi dans l'obligation d'appliquer des stratégies de débutants : surveillance du tachymètre et des Pk (points kilométriques). Les conducteurs s'adaptent donc à cette nouvelle situation de conduite comme ils le feraient sur une ligne nouvelle.

CONCLUSION

Si la situation simulée constitue certainement un outil intéressant dans différents domaines (formation, conception, isolement de certains processus mis en œuvre dans l'activité, étude de situations dégradées), notre étude souligne encore une fois la nécessité de faire des itérations successives entre le terrain et la situation simulée.

La simulation doit pouvoir permettre de vérifier des hypothèses issues de l'observation en situation réelle. Par ailleurs, l'emploi de la simulation nécessite de prendre quelques précautions méthodologiques telles que la sélection et la construction des scénarios en fonction d'une bonne connaissance de la situation réelle, la réalisation d'une phase de familiarisation suffisamment longue et rigoureuse, la préparation des sujets participant à l'expérimentation (explication des objectifs, mise en situation, ...).

BIBLIOGRAPHIE

- Bollon, T., Sagot, J.C. et Benchekroun, M. (1992). Analyse de la tâche et étude du comportement de conduite du mécanicien. Pré-cahier des charges. *Rapport de fin d'étude PERSEE-SNCF*.
- Brown, I.D. (1994). Driver Fatigue. *Human Factors*, 32, n°2, 298-314.
- Leger, D. (1994). The cost of sleep-related accidents : A report for the national commission of sleep disorders research. *Sleep*, 17, 84-93.
- Gouin, V., Sagot, J.C., Roussel, B. (2000a). Les étapes de conduite longues : le conducteur agent de régulation de la situation et garant de la sécurité. *Journée satellite de la SELF "Ergonomie et Facteurs Humains dans le Transport Ferroviaire"*, 19 septembre, Toulouse, 117-130.
- Gouin, V., Sagot, J.C., Roussel, B. (2000b). Study of the fatigue induced on train drivers by long driving periods. *Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics*, 25-27, octobre, Edimbourg, vol.5, 455-462.
- Lamonde, F. (1994). La détermination progressive de l'activité des conducteurs de train : contribution à l'analyse de la fiabilité d'un système ferroviaire; *Le Travail Humain*, 57, n°2, 195-200.

- Meijman, T.F., (1997). Mental fatigue and efficiency of information processing in relation to work times. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20, 31-38.
- Millemann, S., Panis, S., Loslever, P., Popieul, J.C., Simon, P., & Dillies-Peltier, M.A., (2001). Car driving activity : human and vehicle behaviour on a long monotonous journey. Actes du congrès DSC'2001, 5,6 et 7 Septembre, Sophias Antipolis, France, 1-10.
- Pichené, A., (1995). Dépistage du stress psychique chronique au moyen d'un questionnaire, *Les notes scientifiques et techniques de l'INRS*, N° Edition NS 0132, 64 p.
- Rogalski, J., (1997). Simulations : Fonctionnalités ? Validités ? Approche sur le cas de la gestion d'environnements dynamiques ouverts. In P. Béguin & A.Weill-Fassina, *La simulation en ergonomie : Connaître, agir et interagir*. Editions Octarès. Toulouse.p.55-75.
- Rogé, J., Pébayle, T. et Muzet, A. (2000). Modification du champ visuel utile en conduite automobile simulée monotone et prolongée, *Journée spécialisée INRETS : " Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité dans les transports "*, 27 Octobre, Paris.
- Sagot, J.C .,Gouin, V., Zwolinski, P. & Raimond, C., (1998). Définition d'une méthodologie en vue d'objectiver le sentiment de fatigue ressenti et exprimé par les conducteur TGV lors des étapes de conduite longues ; Chap. III ; in " Sécurité et Cognition " sous la direction de J.G GANASCIA ; Coll. HERMES, 167-183.
- Schellekens, Jan M.H., Sijtsma G.J., Vegter E. and Meijman Théo F, (2000). Immediate and delayed after-effects of long lasting mentally demanding work, *Biological Psychology*, 53, Issue 1, 37-56.
- Sagot J.C., Gouin V., Dubois T., Roussel B., Le Doaré S., Blatter C. (2003). Railway Simulator : Functionalities, Validities ? Communication acceptée au WCRR'03 Congress (6th World Congress on Railway Research), 28 september – 1 october, Edinburgh (Scotland), 12p.
- Thiffault, P., & Bergeron, J., (2003). Fatigue and individual differences in monotonous simulated driving. *Personality and Individual Differences*, 34, Issue 1, 159-176.