

EUROTUNNEL : EVALUATION DE L'IMPACT FACTEUR HUMAIN DANS LE DECLENCHEMENT D'UNE PROCEDURE DE SECURITE AUTOMATISEE. EUROTUNNEL: EVALUATION OF THE IMPACT OF THE HUMAN FACTOR IN TRIGGERING AN AUTOMATED SAFETY PROCEDURE

Christine-Louise LASBAREILLES

EUROTUNNEL

UK Terminal, P.O. Box 2000,

Kent CT18 8XY

FOLKESTONE

Grande Bretagne

00441 303 272 222, 00441 303 850 360

Christine-Louise.Lasbareilles@eurotunnel.com

Jean-François BARBET

SECTOR

12 av. Du Québec, BP 636

Villebon sur Yvette

92965 COURTABOEUF Cedex

01 69 59 27 27 - 01 69 59 27 28

jean-francois.barbet@sector-sa.com

Henri FANCHINI

ARTIS FACTA

51 rue Amiral Mouchez

75013 PARIS

01 43 13 32 33, 01 43 13 32 39

henri.fanchini@artis-facta.com

Résumé

Dans l'objectif d'augmenter le trafic dans le Tunnel sous la Manche et parmi les différentes dispositions prises afin de maintenir (voire améliorer) le niveau de sécurité, en particulier vis à vis du risque incendie, EUROTUNNEL a défini un nouvel algorithme de mise en sécurité, qui se mettrait en place lorsqu'une navette HGV (transports de poids lourds) présenterait des difficultés de circulation (ralentissement) ou en cas d'alarme incendie HGV. Dans le cadre des différentes analyses de sécurité menées sur ce projet, EUROTUNNEL a souhaité disposer d'une évaluation spécialisée sur les aspects facteurs humains de la partie "sensible" du déclenchement de la procédure vis-à-vis de la sécurité. La communication présente les principales étapes et les résultats de cette évaluation.

Summary

With the aim of increasing traffic through the Channel Tunnel and as one of the different measures taken to maintain (and where possible raise) safety levels, particularly as regards fire risk, Eurotunnel has defined a new safety algorithm, which would be put in place whenever a Heavy Goods Vehicle (HGV) Shuttle had running difficulties (i.e. deceleration) or in the event of an HGV fire alarm. Within the context of different safety analyses conducted on this project, Eurotunnel sought a specialist evaluation of the human factor aspects of the "sensitive" part of triggering the procedure, vis-à-vis safety. This communication presents the main stages and the results of that evaluation.

Mots clés :

Activité humaine, analyse de risque, analyse fonctionnelle, automatisme, comportement utilisateur, ergonomie, facteur humain, retour d'expérience

Domaines : Facteurs humains, Impacts des organisations, Maîtrise des risques

Contexte

Conformément à ses objectifs stratégiques et commerciaux, EUROTUNNEL a eu pour objectif d'augmenter le trafic dans le tunnel sous la Manche en passant de 12 à 15 trains par heure dans les deux sens.

Or, la possibilité d'augmenter ce trafic était limitée par l'existence d'une protection spéciale contre le risque d'incendie, à l'arrière des navettes HGV (navettes transportant des camions). Cette protection imposait une distance permanente de séparation à l'arrière de ce type de navettes, garantissant un espacement minimum de 4 kilomètres après arrêt, avec le train suiveur en cas d'incendie.

Pour maintenir (voire améliorer) le niveau de sécurité souhaité, tout en augmentant progressivement le niveau de trafic HGV, EUROTUNNEL a défini un nouvel algorithme de mise en sécurité, qui se mettrait en place lorsqu'une navette HGV présenterait des difficultés de circulation (ralentissement) ou en cas d'alarme incendie HGV. Cet algorithme installerait alors une distance de protection supérieure ou égale à la protection précédente et devait donc permettre de maintenir un niveau de sécurité au moins équivalent (GAME) au niveau précédent.

Ce nouvel algorithme, appelé Protection HGV 2, se différencie entre autres de la version précédente par une automatisation de l'essentiel des opérations de mise en sécurité du tunnel et sa mise en service a été réalisée en décembre 2003.

Une étude de risques globale très complète avait été menée par EUROTUNNEL afin d'apprécier le plus complètement possible l'évolution du niveau de risques pour la situation projetée correspondant à l'augmentation du trafic avec le nouvel algorithme de sécurité (Protection HGV 2) et les procédures associées, par rapport à la situation précédente. Cette étude de risques a conclu à l'amélioration du niveau de sécurité. Cette amélioration s'explique notamment par :

- une amélioration des conditions pour tous les trains suiveurs (arrêt automatique de l'ensemble de ces trains / rebroussement facilité),
- une amélioration complémentaire pour les trains en avant du train incidenté (éloignement plus rapide / nouvelles protections arrière),
- l'utilisation d'un écran d'urgence permettant d'automatiser les actions réflexes initiales de l'opérateur et de le guider tout au long du déroulement de la procédure.

Néanmoins, cette étude de risque n'avait pris en compte le facteur humain dans les algorithmes existants et proposés qu'à travers une modélisation sommaire alors qu'une réflexion et une action humaine restent nécessaires et essentielles pour le déclenchement de la nouvelle protection incendie.

C'est pourquoi EUROTUNNEL a souhaité disposer d'éléments sur le rôle de ces actions humaines vis à vis du niveau de sécurité global et disposer également d'une évaluation spécialisée sur les aspects facteurs humains de la partie "sensible" du déclenchement de la procédure.

EUROTUNNEL, ayant démontré que la procédure proposée est plus sécuritaire que la procédure actuelle, souhaitait disposer d'éléments sur "l'entrée en procédure" (période entre une détection alarme feu et le déclenchement de la procédure), en particulier sur la prise en compte du facteur humain dans cette période.

Méthode

La démarche adoptée par SECTOR et ARTIS FACTA s'est articulée autour des étapes suivantes :

- un « état des lieux » pour disposer de l'ensemble des informations nécessaires relatives à la fois aux éléments techniques décrivant la situation précédente et la situation proposée, et relatifs aux différentes études déjà réalisées sur l'évaluation des risques associés,
- un travail de terrain de recueil d'informations complémentaires ainsi que d'observation, de discussion avec les acteurs concernés, et sur simulateur
- un travail d'analyse proprement dite : analyses fonctionnelle et dysfonctionnelle, analyse facteur humain qualitative pour évaluer le caractère GAME ou non de la situation proposée,
- un travail de validation des hypothèses et conclusions qui comprenait également une part de validation par le terrain.

Pour ce faire, SECTOR et ARTIS FACTA avait constitué une équipe mixte d'ergonomes et d'ingénieurs réunissant chacun une importante expérience en matière d'analyse du facteur humain et d'analyse de sûreté/sécurité.

Etat des lieux

La supervision du système de transport d'EUROTUNNEL est réalisée depuis une salle de commande dénommée RCC (Rail Control Center).

Acteurs du RCC

Le RCC se compose de plusieurs acteurs :

- Superviseur : chef de salle et coordonnateur,
- Contrôleur RTM : s'occupe de la circulation des trains,
- Contrôleur EMS : s'occupe des installations techniques des tunnels, des matériels fixes et électriques,
- Contrôleur FDC : s'occupe des alarmes incendie issues des détecteurs fixes, des mouvements des véhicules routiers dans le tunnel de service, des services de secours,
- Contrôleur information : s'occupe d'entrer les informations générales dans le système concernant les retards de train,...
- Contrôleur Equipages (hors RCC mais présent dans la salle pour communiquer avec le superviseur et pour avoir la vision du TCO) : s'occupe de l'équipement en personnel des trains.

Horaires de travail, effectifs

Chaque équipe travaille en 3x8 (6h30-15h / 14h30-23h / 22h30-7h) sous la forme 6/4 (2 matins - 2 après-midi - 2 nuits / 4 jours de repos). Un poste dure donc 8h30 dont 30 min de pause non formalisée et 30 min pour la passation de consignes à l'équipe montante.

L'effectif se monte à 35 personnes dont 8 sont en cours de formation.

La moyenne d'âge est de 30-35 ans. L'ancienneté moyenne est de 4 ans.

L'environnement multilingues fait que les opérateurs sont, pour l'essentiel, bilingues.

Aménagement du RCC

Le RCC "principal" se situe aujourd'hui côté britannique du tunnel avec un SRCC (Stand by RCC) côté français qui constitue une salle de repli en cas de problème dans le RCC "principal".

Au moment de l'étude, la salle du RCC était organisée, dans sa structure matérielle, de façon à représenter les liens hiérarchiques entre les différents opérateurs. Ainsi, trois niveaux apparaissaient clairement :

- 1er niveau : le superviseur (+ le contrôleur information),
- 2ème niveau : Contrôleurs EMS + RTM,
- 3ème niveau : FDC + Contrôleur Equipages

Formation des opérateurs

Chaque opérateur est "certifié" à son poste. La formation de RTM et d'EMS dure 6 mois et est composée à la fois de théorie et de pratique en salle SRCC et de simulation. A terme elle donne droit à la certification. Cette certification est à renouveler tous les 3 ans.

De plus, les RTM, EMS, superviseurs effectuent 6 jours par an de recyclage.

Certains RTM et EMS sont polyvalents sur les deux postes.

Pour être superviseur il faut avoir été RTM ou EMS. Etant donné que la certification est valable pendant 3 ans, le superviseur doit prendre un poste de RTM ou d'EMS de temps à autre pour maintenir sa certification.

La formation initiale du FDC est de 2 semaines.

Relations entre opérateurs

Le RTM et l'EMS travaillent beaucoup ensemble ainsi qu'avec le superviseur : ils ont à peu près le même niveau de connaissances et de responsabilités.

Le FDC travaille en relation avec l'EMS pour ce qui concerne les équipements d'alarmes fixes. Le FDC informe l'EMS des alarmes de 1er niveau, et ils se concertent en cas d'alarme de 2ème niveau.

En revanche, le FDC travaille avec les agents sur le terrain et en particulier les pompiers. Il lui est donc possible de disposer en temps réel d'une bonne vision de la situation et des opérations menées à l'intérieur du tunnel de service

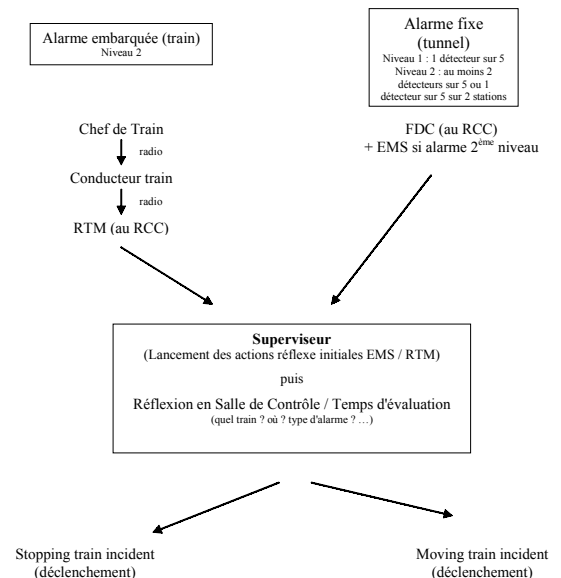
Fonctionnement de la protection incendie

Situation précédente

La protection HGV précédente est considérée comme un système "passif" qui repose sur les principes suivants :

- « pose » de protection arrière globale par une navette HGV,
- au dégagement de chaque repère par une navette HGV, l'algorithme de protection détermine un "point à protéger" situé 6 cantons en arrière de la navette (environ 3 km),
- la protection HGV se met alors en place sur le groupe de 3 cantons contenant ce point à protéger,
- le train suivant immédiatement la navette HGV reçoit des indications lui imposant l'arrêt avant ce groupe de 3 cantons.

Le déclenchement de cette protection HGV suivait le processus décrit ci-dessous :



Situation future (« HGV2 »)

La protection « HGV 2 » proposée est quant à elle un système "interactif" : elle concerne uniquement les navettes HGV.

La mise en place de ce nouvel algorithme permet de maintenir la distance de séparation souhaitée entre 2 trains (extension maximale de la protection). La procédure est globalement la même que la situation précédente mais sa mise en œuvre est maintenant formalisée : c'est principalement la façon de procéder qui est différente.

En effet, la mise en œuvre de cet algorithme dynamique se fait de façon automatique, suite à initialisation par l'opérateur RTM de la réponse à une alarme incendie, via son écran d'urgence.

Dans cette nouvelle procédure, l'opérateur est guidé et l'appel de l'écran d'urgence lui fournit toutes les questions nécessaires à la gestion d'une alarme incendie.

Principales différences entre les 2 situations

Le tableau ci-après présente les principales évolutions des automatisations entre la procédure précédente et la procédure proposée :

	HGV	HGV 2
Fermeture accès tunnels	Commutateur	Automatique
Arrêt train suivant	Par radio A un seul train	Automatique (algorithme incendie) A tous les trains suivants
Arrêt train en feu (lorsque prévu)	Par radio Après 1 mn "estimée"	Par radio (action rappelée par prompt) Après 1 mn "systématique" (via un compteur à l'écran)
Ralentissement des autres trains (10 km/h)	Arrêt autres trains (par radio) Redémarrage individuel (par radio)	Ralentis à 10 km/h (par radio) (action rappelée par prompt)

La protection HGV précédente correspond à une protection permanente et indépendante de la situation alors que la protection HGV 2 proposée correspond à une protection dynamique et optimisée en cas de besoin.

La nouvelle procédure permet d'aider l'opérateur dans l'exécution de ses tâches réflexes de mise en sécurité des tunnels. Elle permet de réduire le nombre d'actions réflexes à mettre en œuvre en cas d'alarme incendie, et simplifie la mise en œuvre des procédures d'urgence. Cette aide est constituée d'une séquence d'actions automatiques et de demandes d'actions.

Identification du train incidenté :

Dans la procédure proposée, comme dans la procédure précédente, l'erreur qui peut être imputée à l'opérateur est notamment l'erreur dans l'identification du train incidenté. Néanmoins, du fait de l'espacement naturel entre chaque train, il y aura toujours 2 stations de détection entre chaque train (1,5 kilomètre entre chaque station). De ce fait la probabilité d'une mauvaise identification du train accidenté est négligeable. Mais, dans le cas d'une bonne identification du train incidenté, la procédure HGV 2 proposée est plus "sécuritaire".

Retour en arrière :

Lorsque l'opérateur clique sur le bouton "Ecran d'urgence", le message "Voulez vous traiter une alarme incendie ?" s'affiche à l'écran, laissant ainsi la possibilité de revenir à la situation normale.

Par ailleurs, durant tout le déroulement de l'aide, l'opérateur peut d'un simple clic sur une commande dans le bas de l'écran d'urgence, sortir de l'aide. Le message "Voulez vous interrompre l'aide par écran d'urgence ?" apparaît. Si l'opérateur clique sur "Oui", le RTM maintient toutes les actions déjà exécutées et revient en mode normal de fonctionnement. L'opérateur reprend alors le contrôle complet de la suite des opérations (continuation d'une procédure d'urgence spécifique ou retour à une exploitation normale).

Il apparaît donc qu'une possibilité de "retour en arrière" ou de "reprise de main" existe pour l'opérateur.

Perception du nouvel algorithme par les opérateurs

Après rencontres et interviews avec différents acteurs du RCC, complétées d'observations in situ et d'analyses du retour d'expérience, l'arrivée du nouvel algorithme en fait ressortir une évaluation positive.

En effet, l'automatisation de certaines opérations est ressentie comme positive dans la mesure où elle permet l'élimination de beaucoup d'erreurs "humaines" potentielles :

- oubli de fermer l'accès aux tunnels,
- oubli d'arrêter le train suiveur,
- etc.

Ces erreurs se sont déjà produites, sans conséquences graves, mais générées par le non respect de la procédure et de l'ordre des actions "réflexes". Avec le nouvel algorithme, l'opérateur sera guidé d'une action à l'autre et sera donc moins susceptible d'en omettre une par inadvertance.

La protection HGV 2 permet :

- de ne pas oublier d'actions (écran),
- d'avoir plus de temps en situation accidentelle et donc de "calmer" les opérateurs,
- de limiter les risques d'erreurs,
- de dérouler les opérations / actions dans l'ordre prévu.

Notons néanmoins que le déclenchement des actions d'urgence, dans l'algorithme actuel comme dans le nouvel algorithme, peut - en théorie - être influencé par certaines préoccupations d'ordre psychologique :

- appréhension de "rater" un feu (qui amènerait toutefois l'opérateur à réagir dans le sens de la sécurité en cas de doute),
- appréhension de déclencher "abusivement" (si ce n'est actuellement, au moins à terme si "trop d'intempestifs"),
- pression du contexte économique et social (concurrence et/ou baisse de la fréquentation, problème des clandestins,...),
- pression de la perception de la clientèle face à des évacuations de navette (phénomène de "ras le bol").

La culture sécurité rencontrée chez les opérateurs (voir paragraphe suivant) agit toutefois fortement et de manière positive sur les risques liés aux comportements induits par de telles perceptions.

Culture "Sécurité"

A travers les rencontres avec les différents intervenants du RCC, une culture "sécurité" relativement forte et bien ancrée dans les esprits a été perçue. Ceci s'explique par :

- une culture d'entreprise d'origine qui intègre cette dimension "sécurité",
- déjà l'expérience d'un accident "douloureux" : l'incendie de 1996,
- la "peur" de l'erreur / de la sanction : dans une situation de doute, la sécurité "l'emportera" sur d'éventuelles interprétations et la procédure sera engagée,
- enfin, cette culture est entretenue et maintenue auprès des opérateurs du RCC à travers la formation initiale et la formation continue qu'ils suivent.

Entrée en procédure

Une des différences entre les deux modes de protection se situe au niveau de l'entrée en procédure de la part de l'opérateur RTM, qui -pour le nouveau mode de protection- demande une action volontaire de sa part pour le lancement. De nombreux éléments indiquent toutefois que cette entrée en procédure « ne peut pas » être « oubliée » par l'opérateur. L'environnement de travail offre en effet une garantie de mise en œuvre du fait de l'amélioration des conditions de travail et de la perception de la procédure :

- L'entrée en procédure se fait sous instruction du Superviseur. Il faudrait donc que l'opérateur ignore cette instruction, ou l'oublie dans les secondes qui suivent.
- La culture "sécurité" fait que l'opérateur est "conditionné" pour entrer en procédure, et la probabilité d'un tel oubli est en conséquence très faible. Le co-diagnostic qui a impliqué l'opérateur dès l'apparition de l'alarme a sensibilisé celui-ci au besoin d'action immédiate.
- L'assistance évidente fournie par l'écran d'urgence est presque un geste de "protection" de la part de l'opérateur vis à vis de lui-même, puisqu'il sait qu'il va être guidé pas à pas dans la procédure, et prend ainsi moins de risque.
- Le superviseur contrôle la prise des mesures immédiates de protection par les opérateurs. L'absence d'action de la part du contrôleur RTM -essentielle à la réussite de l'opération- ne peut lui échapper (il a sur son bureau le même écran que celui du RTM, et voit ainsi à tout moment où en est la procédure). L'opérateur recevrait alors immédiatement un rappel sans équivoque.

Dans ces conditions, seul un léger retard dans l'entrée en procédure peut être envisagé, qui n'aurait aucune incidence sur le déroulement positif du reste de la procédure.

A la lecture du tableau GAME (Globalement au moins équivalent) qui suit, il ressort que l'environnement de travail et les conditions d'entrée en procédure restent globalement équivalentes entre les deux situations. Etant acquis que la procédure elle-même est meilleure et plus sécuritaire dans sa nouvelle version que dans la précédente (fiabilité des systèmes engagés, principe de protection HGV proposée, amélioration du niveau de sécurité apportée par la mise en œuvre des nouveaux algorithmes de protection), la fonction "protection HGV" (entrée en procédure + procédure elle-même) s'en trouve améliorée.

Par ailleurs, l'arrivée du nouvel algorithme apporte aux opérateurs un sentiment sécurisant et les rassure sur la réussite et le bon déroulement d'une procédure incendie. Cette confiance dans le nouvel algorithme ne peut qu'améliorer la gestion par l'équipe de l'apparition d'une alarme incendie (ce qui inclut l'entrée en procédure) et la situation d'attente.

Dans le cadre de l'entrée en procédure, il paraît important de maintenir, en support à la décision prise par le superviseur, la notion de co-diagnostic entre les différents opérateurs du RCC : face à la décision d'entrée en procédure, la dynamique de groupe reste plus efficace qu'une réflexion individuelle.

La réussite du nouvel algorithme repose donc également sur la réussite du collectif (plus d'acteurs concernés) dans la réflexion sous la responsabilité du superviseur.

Au vu de l'ensemble des éléments donnés ci-dessus, on peut conclure que l'entrée en procédure proposée (par le biais d'une action volontaire de la part de l'opérateur RTM) se fait dans un environnement et une organisation de travail tels qu'il n'est pas raisonnable d'envisager que cette phase puisse être omise ou différée de façon pénalisante.

Evaluation GAME

Le tableau de la page suivante montre que, face à des situations dysfonctionnelles, la procédure proposée offre au moins d'aussi bonnes garanties que la procédure actuelle conférant ainsi à la fonction "protection HGV" la notion GAME. Ce tableau est le résultat de la mise en œuvre complémentaire d'analyses fonctionnelle et dysfonctionnelle sur les opérations à mener et pour les deux situations précédentes et proposées.

L'analyse FH a porté sur les différents aspects suivants : organisation, effectifs, compétences, formation, relations entre les opérateurs, culture sécurité, aménagements et ergonomie des postes de contrôle, analyse du REX, perception des changements proposés.

Résultats

L'étude a permis de convaincre la Commission Intergouvernementale (CIG) du bien fondé des dispositions retenues par EUROTUNNEL, relatives au lancement des nouveaux algorithmes et au suivi du déroulement des différentes phases de traitement de l'incident. Ces éléments du traitement d'une situation d'urgence sont essentiels dans la chaîne sécuritaire, puisqu'ils garantissent le déroulement prévu du processus, et en conséquence la mise en œuvre en toute sécurité de la proposition. Les éléments positifs relevés à l'appui de l'évaluation ont eu principalement trait à :

- L'arrivée du nouvel algorithme, de par l'automatisation de certaines actions et le formalisme de son déroulement, est perçue favorablement et positivement par les opérateurs qui reconnaissent en lui une meilleure garantie quant au bon déroulement d'une procédure incendie,
- Le scénario d'entrée en nouvelle procédure est globalement équivalent (notion de GAME : Globalement Au Moins Equivalent) au scénario d'entrée en procédure précédente et apporte même des éléments de réussite supplémentaires de par la "sécurisation des esprits" et la confiance qu'apporte le nouvel algorithme. L'état d'esprit positif ainsi généré apporte des garanties sur la fiabilisation de la fonction "protection incendie".
- Une fois l'entrée en nouvelle procédure réalisée, celle-ci améliore le niveau de sécurité par la mise en œuvre automatique du nouvel algorithme de protection incendie : la nouvelle procédure est plus sécuritaire que l'ancienne.
- L'aspect « culture de sécurité » des opérateurs et les actions de développement de cette culture menées par EUROTUNNEL viennent renforcer les éléments précédents.

TABLEAU GAME DE LA PROCEDURE DE PROTECTION INCENDIE HGV DANS LES TUNNELS

	Etat de veille au RCC		Alarme Incendie				Entrée en procédure	Identification train
	état nominal	état dégradé	embarquée (niveau 2)		fixe (niveau 1 ou 2)		SUPERVISEUR	
	(opérateurs à son poste, systèmes en état de marche,...)	(absence d'un opérateur, systèmes défaillants, sentiment de "routine")	vraie	intempestive	vraie	intempestive	type de train localisation train	
Procédure actuelle			Situation équivalente : - Risque d'erreurs (défaut système, mauvais diagnostic, mauvaise communication) dans la transmission CdT-cond-RTM	Situation équivalente	Infos transitent par le FDC et l'EMS (pour 2 ^{ème} alarme)	FDC connaît les alarmes dues à la maintenance et le trafic dans le tunnel de service. Il informe le superviseur et l'EMS en cas de véracité de l'alarme	Centralisation des infos Réflexion / Diagnostic / Décision	- Annonce identification train par le superviseur (après co-diagnostic) - Risque d'erreur mineur
Procédure proposée	"Sécurisation" des esprits (ressenti du bienfait du nouvel algorithme)	Risque inchangé (cette situation peut malgré tout exister)	- Risque de non remontée vers RTM - Pas de remontée depuis le train		Situation équivalente Valoriser le rôle du FDC dans son rôle de "gestionnaire des alarmes"		Temps de réflexion formalisée Réflexion / Diagnostic / Décision Formalisme apprécié par les opérateurs	Situation équivalente + Identification de la mission sur le nouvel écran d'urgence par clic (par le RTM)