



HAL
open science

GEESSTe, UN OUTIL POUR EVALUER ET PALLIER LES RISQUES DANS LA CONCEPTION DES SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES

Christian Blatter, Fabrice Ardeois, Stella Duvenci-Langa

► **To cite this version:**

Christian Blatter, Fabrice Ardeois, Stella Duvenci-Langa. GEESSTe, UN OUTIL POUR EVALUER ET PALLIER LES RISQUES DANS LA CONCEPTION DES SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES. Congrès Lambda Mu 21, “ Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces ”, Oct 2018, Reims, France. hal-02066256

HAL Id: hal-02066256

<https://hal.science/hal-02066256v1>

Submitted on 13 Mar 2019

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

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

GEESSTe, UN OUTIL POUR EVALUER ET PALLIER LES RISQUES DANS LA CONCEPTION DES SYSTEMES SOCIOTECHNIQUES GEESSTe, A TOOL FOR ASSESSING AND MITIGATING RISKS IN THE DESIGN OF SOCIO-TECHNICAL SYSTEMS

Christian BLATTER

Consultant FOH
18 rue Caroline
75017 Paris
cblatter@sfr.fr

Fabrice ARDEOIS

Expert Synapses (FOH)
Référént éthique et
QVT
SNCF Mobilités
Direction du Fret
fabrice.ardeois@sncf.fr

Stella DUVENCI-LANGA

Experte Synapses (FOH)
SNCF
Direction Générale Sécurité
stella.duvenci-langa@sncf.fr

Résumé

Les auteurs spécialistes du domaine Facteurs Organisationnels, Humains et Sociaux (FOHS) ont conçu un outil, GEESSTe, qui permet d'aider les concepteurs dans l'évaluation et la conception de systèmes sociotechniques plus adaptés aux utilisateurs et plus fiables. L'outil repose sur l'évaluation comparative de différents systèmes par des ingénieurs et exploitants à partir d'un certain nombre de questions basées sur les connaissances en ergonomie, psychologie et fiabilité humaine. Cet outil a été expérimenté sur plusieurs cas d'application et a fait l'objet de formations.

Summary

Specialists in the field of Organizational Human and Social Factors (OHSF), the authors developed a tool, GEESSTe, which helps designers in the evaluation and design of socio-technical systems more responsive to users and more reliable. The tool is based on the comparative evaluation of different systems by a collective of engineers and operators from a number of questions based on knowledge in ergonomics, psychology and human reliability. This tool has been tested in several application cases and has been the subject of training

Objectifs

Cette communication a pour but de présenter l'outil GEESSTe, acronyme de Grille pour l'Evaluation et l'Evolution des Systèmes SocioTechniques. Cet outil permet d'évaluer des systèmes sociotechniques existants du point de vue des facteurs, organisationnels, humains et sociaux (FOHS). Il aide aussi à envisager leur évolution vers des systèmes compatibles avec les caractéristiques des opérateurs humains chargés de les exploiter.

GEESSTe est issu des réflexions et des besoins recueillis auprès d'ingénieurs, de chercheurs et d'experts du domaine ferroviaire participant au cluster Sécurité-Système lancé par la Direction de l'Innovation & Recherche SNCF. Il s'appuie sur un certain nombre de connaissances scientifiques dans le domaine de l'ergonomie cognitive, de la psychologie, de la psychosociologie et de la fiabilité humaine. Il est construit comme une grille de questions permettant aux concepteurs de guider l'évaluation et la réflexion innovante dans les projets. Il ne peut donc pas, à ce titre, être mis en concurrence avec les méthodes et techniques des sciences de l'ingénieur (approches probabilistes, matrices de risques,...). Il peut en revanche parfaitement les compléter...

Contexte

Alors que la défaillance humaine et organisationnelle représente de 60 à 80% des causes d'événements sécurité, de nombreux dysfonctionnements, des situations anormales ou non prévues sont anticipés et rattrapés par les opérateurs humains grâce à leur compétence et leur motivation. Dans ce contexte qu'entend-on par FOHS ? Comment considérer les FOHS en amont des changements organisationnels, techniques et opérationnels pour une meilleure maîtrise de la sécurité de manière à éviter les erreurs et favoriser la contribution positive de l'homme au travail ?

Les FOHS désignent l'ensemble des connaissances sur les facteurs qui influencent l'activité humaine. La mise en œuvre de ces connaissances contribue à la performance du système. Les principaux facteurs d'influence des comportements sont : les caractéristiques internes à chaque individu, les tâches, les outils, les installations et techniques, les procédures et les règles, le collectif de travail, l'organisation et le management, l'environnement physique, psychosocial et culturel.

Dès sa naissance à la SNCF en 1980, l'ergonomie avait contribué à concevoir divers dispositifs depuis des machines-outils jusqu'à des systèmes pour la gestion des roulements de rames, la distribution des billets, le contrôle-commande et la gestion opérationnelle des circulations. Après les catastrophes ferroviaires des années 80 et la parution en 1989 du « rapport de la commission d'experts chargée d'un audit sur les systèmes de sécurité de la SNCF », dit rapport Monnet, diverses études ont permis d'améliorer la présentation des prescriptions de sécurité, la qualité ergonomique des pupitres de commande des trains, la signalisation,... A partir des années 2000, les FOHS ont été intégrés à la politique de la SNCF au sein des démarches d'enquête Facteurs Humains après incident ou accident et des outils de Retour d'Expérience dans le but d'améliorer la sécurité. A partir des années 2016, à la suite des accidents de Brétigny et Eckwersheim, le Groupe Public Ferroviaire décide de former les membres des trois COMEX, les cadres dirigeants, l'encadrement opérationnel à la prise en compte des FOHS dans la sécurité mais aussi les concepteurs. Ainsi 6 000 cadres ont été formés aux FOH sur une période de 14 mois (Duvenci-Langa, S. *et al.*, 2017). Cependant, l'utilisation des connaissances dans le champ des FOHS s'avère moins habituelle et plus complexe pour les concepteurs que pour les exploitants. La complexité vient notamment du fait qu'il faut anticiper le comportement des hommes dans une situation nouvelle qui n'existe pas encore. Plusieurs méthodes et outils permettent de pallier

cette difficulté : l'analyse de situations de référence, le maquettage-prototypage et les tests utilisateurs, la simulation de l'activité future, les méthodes préconisées par la Méthode de Sécurité Commune.

Elaboration d'un outil

L'outil GEESSTE a pour finalité de compléter, dès les phases amont, les réponses à ces problématiques de conception de nouveaux systèmes. Il s'adresse principalement :

- aux concepteurs de différents systèmes (techniques, informatiques...),
- mais aussi aux évaluateurs (auditeurs, inspecteurs...),
- et aux enquêteurs des REX.

Le spectre d'utilisation est donc assez large et dépasse celui des services d'ingénierie.

L'outil porte sur les systèmes sociotechniques, c'est-à-dire des systèmes plus ou moins complexes associant les hommes et les dispositifs techniques. Il a pour objectifs :

- d'évaluer des systèmes existants afin d'identifier les éventuelles failles et points de fragilité du point de vue de la compatibilité homme-système technique ;
- d'affiner et enrichir le cas échéant les apports du REX à l'issue de divers événements pour faciliter l'élaboration de plans d'actions ;
- et enfin d'aider à imaginer des systèmes sociotechniques innovants et à anticiper l'activité afin de parer en amont à la survenue de défaillances.

Globalement il doit permettre aux équipes de conception de se poser les bonnes questions pour :

- évaluer la prise en compte des FOHS dans le projet ;
- et le cas échéant prendre la décision de faire appel à un spécialiste pour des études en sciences humaines et sociales plus poussées (ergonome, psychologue, sociologue).

L'outil se présente sous forme d'une matrice Excel décomposée en 3 onglets :

- Le premier onglet sert au paramétrage : Il permet de nommer le ou les systèmes à évaluer (par exemple antérieur, actuel et futur ; actuel, futur proche, futur lointain). Il n'a pas été jugé utile d'aller au-delà de 3 possibilités.
- Le second onglet comporte la grille d'évaluation des systèmes sociotechniques. C'est le cœur de l'outil. Il reprend les sept thèmes ci-dessous qui seront détaillés au chapitre suivant :
 1. Centré opérateurs
 2. Variabilité / Résilience
 3. Tolérance
 4. Collaboration
 5. Mémoire
 6. Visibilité du système
 7. Pertinence des informations

Chaque thème se décompose en une série de 3 à 6 questions dont les modalités de réponses sont réparties en 3 catégories :

- La question s'applique de manière positive au système (« oui »)
- La question s'applique de manière partielle au système (« en partie »)
- La question s'applique de manière négative au système (« non »)
- Le troisième onglet comporte un radar et un tableau : C'est, d'une part, la représentation graphique des résultats obtenus pour chaque système évalué sous forme de radar : le système existant, le système prévu à court terme, le système prévu à moyen-long terme. Trois représentations graphiques au maximum peuvent se chevaucher avec une couleur chacune,

ce qui permet d'identifier les axes de progrès à développer pour chaque thème. D'autre part, c'est un tableau qui reprend les actions de transformations concrètes attendues dans différents domaines en fonction des sept thèmes : les équipements, les outils et IHM ; les compétences et les métiers ; l'organisation et le management.

Au cœur de l'évaluation : les critères FOHS

1. Systèmes centrés opérateurs :

1.1 Des systèmes conçus selon une logique purement technique peuvent induire une mauvaise utilisation, des erreurs, voire être rejetés par les opérateurs.

Les systèmes centrés opérateurs humains (« human centered ») sont des systèmes conçus en tenant compte de la logique de leur usage.

Par exemple pour les systèmes d'information, on veillera :

- à séparer l'interface utilisateur des couches profondes des traitements et données ;
- à rendre l'IHM compatible avec le fonctionnement perceptif, cognitif et manuel des utilisateurs, en tenant compte des connaissances théoriques sur le sujet, mais aussi des pratiques et savoir-faire ;
- à concevoir des langages de commande naturels et des écrans de réponse conformes aux représentations mentales des personnes ;
- à rendre le système maîtrisable en permanence par l'opérateur, même quand des automatismes sont présents.

1.2 Les questions relatives au système à évaluer ou à concevoir se posent en termes de capacité :

- à s'adapter aux caractéristiques des opérateurs selon qu'ils sont débutants ou expérimentés, utilisateurs occasionnels ou fréquents, homme ou femmes, susceptibles d'avoir un handicap temporaire (bras cassé,...) ou permanent, etc. ;
- à traiter l'information, par exemple en évitant les actions du système non appropriées à l'intention des opérateurs, en évitant les fossés ou distances entre utilisateur et système, que ce soit lors de la commande de celui-ci ou lors de la compréhension des informations en retour ;
- à alerter sur l'état du système, dans les situations de dysfonctionnements, selon qu'on est en mode automatique ou manuel, sur l'état de la situation gérée en fonction ou non de ses actions sur le dispositif... ;
- à renseigner, c'est-à-dire à rendre compréhensibles les informations, les messages, à les rendre cohérents par rapport aux représentations mentales des opérateurs ;
- à garder la maîtrise humaine, c'est-à-dire faire en sorte que le pilote du système demeure toujours dans la boucle, que les fonctions entre l'homme et le système technique soient bien réparties.

2. Variabilité / résilience

2.1. Un système trop rigide contraint à de coûteuses adaptations de la part des opérateurs et peut conduire à des erreurs.

2.1.1. Le système doit pouvoir s'adapter aux variations « normales » dues :

- aux différences interindividuelles : la vision ou l'audition qui diffèrent selon l'âge, les aptitudes au raisonnement,... ;
- aux différences intra-individuelles : variation de la vigilance due aux horaires de travail, à la durée du travail ; charge mentale, stress qui influent sur la capacité à résoudre les problèmes,... ;
- aux fluctuations d'activité : variabilité du trafic de trains, du nombre de travaux... ;

Par exemple, le système pourra être conçu pour ajuster dynamiquement le contenu des tâches à réaliser en

fonction de la situation nominale, tendue ou perturbée pour permettre à l'opérateur d'avoir une charge mentale optimale.

2.1.2. Un système sociotechnique doit aussi permettre de gérer des situations rares, inconnues et/ou compliquées, voire "inconnues", indescriptibles :

- en limitant leur survenue,
- en permettant d'y faire face (anticipation,...),
- en ramenant le système à un mode de fonctionnement normal.

2.2 Les questions qu'on peut se poser lors de la conception d'un système portent donc sur la capacité de celui-ci :

- à s'adapter automatiquement, par exemple à faire varier le périmètre des secteurs à gérer selon la charge de trafic, à diminuer les tâches routinières pour amener l'agent à se consacrer aux tâches stratégiques lors des situations critiques ;
- à anticiper au moyen d'alertes sur les dérives temporelles, sur les risques d'incidents, par exemple en donnant la possibilité de visualiser les impacts futurs d'une décision ;
- à aider les opérateurs à gérer les situations, en fournissant des scénarios tactiques, des données issues de REX en temps réel sur des situations similaires, en recourant à des outils d'IA, comme les systèmes experts, les raisonnements à base de cas, etc. ;
- à répondre aux imprévus par des informations issues d'arbres des défaillances, par l'identification des mésusages, dérives,... dès la conception ;
- à revenir à la normale, comme le correcteur de trajectoire des automobiles ou l'optimisation en temps réel du plan de transport dans le ferroviaire. On veillera toutefois aux risques induits par un comportement automatique du système non explicite pour l'opérateur au moyen d'un dialogue système technique – homme coopératif et non directif.

3. Tolérance

3.1. Un système peu tolérant induit de nombreux contrôles au cours de l'action et des détections tardives de la part des utilisateurs. Or les erreurs humaines sont inévitables, 70% d'entre elles sont des « ratés » de l'action. Par ailleurs, certains systèmes ne laissent parfois aucune chance de récupérer des actions humaines dangereuses. Un système tolérant permet de prendre en considération l'occurrence d'erreurs humaines dans son fonctionnement sans que la stabilité du système soit remise en cause :

- en anticipant sur les erreurs pouvant être produites ;
- en corrigeant ces erreurs par lui-même si elles sont bénignes ;
- sinon en donnant la possibilité à l'opérateur de voir ses erreurs, de les corriger et de revenir en arrière.

Le système doit toujours chercher à offrir des possibilités de récupération avant qu'il ne soit trop tard.

3.2. Evaluer la tolérance d'un système nécessite de s'interroger sur sa capacité :

- à identifier les erreurs d'exploitation, par exemple à partir de la connaissance des écarts à un modèle du fonctionnement et de l'activité, si l'on est dans un environnement facilement formalisable et prévisible. Toutefois, le modèle doit aussi prévoir les ajustements, c'est-à-dire, les écarts « normaux » des opérateurs humains par rapport à un fonctionnement prescrit ;
- à détecter les erreurs de conception : dès les étapes amont de la conception on pourra recourir à des approches de type méthodes formelles, mais aussi aux approches ergonomiques comme les focus groupes d'experts, les tests utilisateurs en situation simulée, etc. ;

- à identifier des erreurs potentielles. Ainsi la méthode Préviens (DGAC-DAST, 2008), aide à anticiper les défaillances non technique de la relation cockpit-opérateur : dérives d'usage, extensions d'usage, effets de bord liés à l'introduction de la nouveauté ;
- à résorber les erreurs automatiquement : par exemple, l'architecture STAR (Self-Test And Repair) de la sonde spatiale Voyager lancée en 1977 tolère les fautes ; sur l'A320 une sécurité empêche l'appareil d'atteindre l'incidence de décrochage et le maintient ainsi pilotable ;
- à interdire au système de sortir de son champ de fonctionnement sauf dérogation possible ;
- à récupérer les défaillances par des boucles de rattrapage (barrières de défense en profondeur).

4. Collaboration

4.1 La taylorisation des tâches a souvent fortement parcellisé et individualisé le travail, au point que des erreurs perçues comme individuelles relèvent en fait de la non prise en compte du caractère collectif de l'activité : par ex., la moitié des événements sécurité liés à la protection des travaux de la voie par les agents circulation relèvent de 2 ou 3 opérateurs. De nombreux systèmes ne tiennent pas compte du caractère collectif du travail et réduisent, voire suppriment, les nécessaires coopérations, en particulier dans les situations de diagnostic et de résolution de problème.

Tout système sociotechnique doit permettre d'assurer la coproduction du service en favorisant les échanges et la collaboration :

- entre les acteurs d'une même entité ;
- mais aussi au sein de l'ensemble des entités contributives.

Le système collaboratif sera conçu en tenant compte le plus possible des pratiques collaboratives existantes, qu'elles soient formelles – par ex. échange de dépêches - ou informelles – par ex. échanges verbaux non prévus mais indispensables pour contrôler la cohérence des informations -.

4.2. Pour évaluer ou concevoir un système collaboratif, on s'interrogera sur son aptitude à permettre la collaboration :

- entre membres du collectif de travail, par ex. en facilitant leur coordination, leur coopération et leur communication ;
- intra-métier, par exemple entre opérateurs du même métier concourant à la réalisation d'un même objectif sans être présents au même endroit (agent circulation-régulateur) ;
- inter-métiers, par ex. agents de différents métiers dont certaines tâches se complètent ou s'articulent étroitement (agents circulation - agents de maintenance de l'infra, agents de conduite) ;
- interentreprises : agents amenés à partager des espaces communs pour des finalités identiques ou différentes (par ex. agents de différentes compagnies ferroviaires utilisant un faisceau de vies de service).

Cette collaboration entre agents suppose de partager des référentiels et des supports communs aux représentations cognitives qui préservent en même temps les spécificités des métiers et les règles de confidentialité.

- Un tel système doit aussi être capable de fonctionner en mode collaboratif souple dans des styles de vie différents, que ce soit en situations nominale, de travaux ou de dérangements, styles de vie au cours desquels l'organisation peut varier pour autoriser des régulations de l'activité.

5. Mémoire

5.1 Les systèmes sociotechniques se transforment de plus en plus en systèmes de supervision en situation dynamique (contrôle-commande, pilotage,...). Les opérateurs sont chargés de gérer de multiples flux de données, et de mémoriser des masses d'informations, or

la mémoire de travail ou mémoire à court terme est limitée (ainsi, au-delà de 18 secondes en moyenne, 90% des informations courantes sont oubliées) et le rappel en mémoire à long terme est fragile.

Le système doit proposer des moyens pour soutenir voire suppléer la mémoire des opérateurs sur :

- les états du système (par ex. sur le mode courant, manuel ou automatique) et de la situation (par ex., mémoriser la position, la vitesse et le sens de différents mobiles) ;
- les actions humaines mises en œuvre (par ex. pour reprendre une activité interrompue, pour permettre le rejeu des opérations) ;
- les stratégies possibles de résolution de problèmes à partir de la gestion de situations similaires.

5.2. L'évaluation du critère mémoire repose sur la disposition du système à permettre :

- de mémoriser notamment par la traçabilité des états successifs du système, des actions opérateur, des états de la situation gérée ;
- de prévenir en les identifiant des actions inappropriées, et de les résoudre en suggérant des assistances à l'utilisateur ;
- d'apprendre aux opérateurs, en partageant les connaissances sur les ressources présentes dans l'environnement, en proposant des bonnes pratiques ;
- d'être auto-apprenant : le système apprend les réponses les plus adaptées en fonction de l'efficacité des actions antérieures.

6. Visibilité du système

6.1. Les systèmes, devenant de plus en plus étendus et complexes, ne présentent souvent qu'une vision partielle, en « trou de serrure ». Par ailleurs, ils sont dotés de sous-systèmes automatiques dont le fonctionnement demeure généralement opaque pour les opérateurs, ce qui provoque des erreurs de représentation qui induisent des décisions inadéquates.

Il est souhaitable qu'un système offre :

- une visualisation de ses états internes dans un formalisme compréhensible par des utilisateurs non techniciens ;
- une vision des actions des opérateurs et de leurs effets, en présentant leurs opérations et transformations sur la situation de travail ;
- une image globale de l'activité en train de se faire par ses différents contributeurs : amont / aval, fonctionnement en parallèle des sous-systèmes.

6.2. Pour répondre au critère de visibilité, le système doit être questionné sur sa capacité :

- à motiver, susciter la confiance, donner du sens en proposant des solutions à l'utilisateur plutôt qu'en décidant une solution unique pour lui, en explicitant le sens de la réponse ;
- à se faire comprendre, à offrir une vision systémique, transparente sur les actions de l'opérateur, les composants du système, les effets sur la situation de travail ;
- à être transparent et à se faire comprendre en profondeur en offrant une vision des états du système, notamment des automatismes, dans un formalisme compréhensible par des non-spécialistes (par ex. cartographie dynamique).

7. Pertinence des informations

7.1 Les opérateurs peuvent dépenser beaucoup de temps et d'énergie lorsque les informations que le système leur communique ne correspondent pas à leurs besoins, que ce soit lié à l'inadéquation du format ou à celle du contenu.

7.1.1 Ainsi sur la présentation des informations :

- codage absent ou inadéquat : par ex. codes couleurs inadéquats ;

- informations inutiles : par ex. cascades d'alertes superflues sur le poste de l'agent ;
- trop d'informations : par ex. densité d'information excessive masquant les informations importantes ;
- informations dispersées : obligation de consulter plusieurs sources d'information ou écrans pour accéder rapidement à une information (par ex. information de dérangement d'aiguille sur un synoptique de voies et n° de l'aiguille concernée sur une vue différente) ...

7.1.2. Sur les contenus :

- informations ne correspondant pas à la façon usuelle de travailler ;
- informations nécessitant de multiples contrôles ou des transformations mentales (vérification de la cohérence des données affichées, calculs mentaux, rotation d'un plan de voies dans l'espace,...) ;
- ordre des données inadéquat : par ex. ne respectant pas la logique de l'activité.

7.2. Pour que les informations d'un système soient considérées comme pertinentes, on évaluera celui-ci à sa capacité :

- à intégrer le fonctionnement réel ;
- à fournir les informations appropriées à la réalisation de l'activité ;
- à éviter la confusion, les données parasites ;
- à offrir des moyens de prises d'informations fiables ;
- à présenter des informations claires ;
- à fournir des informations en temps voulu.

Méthodologie

L'outil a été testé sur trois systèmes sociotechniques. Dans chaque cas, un groupe de travail a été mis en place avec des ingénieurs. Un expert FOHS posait les questions et animait les échanges.

Deux cas étaient relatifs au REX sur des événements :

- Engin moteur : la grille a permis d'identifier les points à améliorer pour fiabiliser la mise en secours entre des engins moteur de Nouvelle Génération. Une simplification des procédures a été mise en œuvre tout en réduisant le temps nécessaire pour les appliquer ;
- Système embarqué du TGV France-Espagne : l'outil a permis d'identifier les failles de la chaîne de maintenance suite à un incident dû à un mauvais paramétrage lors d'une opération de remise à niveau du système informatique embarqué.

Le troisième cas a permis d'identifier les failles potentielles relatives à la mise en service d'un nouveau système de signalisation et de suggérer des innovations :

- Mise en service d'une Commande Centralisée de Voie Banalisée de type Spécial sur la ligne Nice-Breil.

Nous allons maintenant décrire plus en détail la méthode utilisée à partir de la description détaillée d'un cas.

Cas de l'engin-moteur

Le premier cas relatif à la panne d'un nouveau type d'engin moteur (EM) dans un tunnel en 2012 illustre ici l'utilisation de l'outil. La grille GEESSTE a été mise en pratique pour l'analyse des causes de la mise en secours ratée entre 2 engins. Le secours a pris 12 heures et a immobilisé la ligne d'exploitation pendant ce laps de temps. Cette situation critique était caractérisée par le fait que les engins de même type envoyés en dépannage tombaient eux aussi en panne lors du raccordement, du fait d'une boucle électrique qui ne pouvait s'effectuer correctement.

Lors de l'analyse de l'évènement, il a été décidé de mettre rapidement en place de nouvelles mesures de fiabilisation (amélioration des procédures, compréhension des indices, création d'un Pôle d'Appui Maintenance dédié). C'est à ce moment que l'outil a été utilisé pour en évaluer les effets d'une part et ensuite trouver des marges de progression supplémentaires (mise en œuvre d'un Pôle d'Assistance Conduite et reprise de l'équipement IHM en prenant en compte tous les critères de la grille). (Cf. Tableau 1).

Nom des systèmes à évaluer

Système antérieur	EM version 2012
Système actuel	EM et organisation Pôle d'Appui Maintenance
Système futur	EM + Pôle d'Appui Maintenance + Pôle d'Appui Conducteur

Tableau 1. Désignation des engins moteurs à évaluer

Chaque dimension a été évaluée sur la base des questions types par thème dont voici un exemple sur le premier thème « centré opérateur » (Cf. Figure 1).

Le radar permet d'une part de mettre en évidence la marge de progression par critère entre les 3 systèmes, mais aussi de proposer une visualisation globale des évaluations (Cf. Figure 2) :

A l'issue des résultats ainsi présentés par l'outil GEESSTe, les ingénieurs ont réfléchi aux transformations nécessaires à mettre en œuvre pour atteindre les critères souhaités à partir des évaluations du système actuel. Ainsi, le critère « Tolérance » était à 0 sur l'EM version 2012, pour le système nouveau en cours, il était à 1. Pour le système futur, les concepteurs ont décidé de le mettre à 4 pour éviter les problèmes techniques bloquants. Le tableau 2 indique que, pour ce critère, les mesures prises relèvent du domaine technique, mais aussi organisationnel. Le critère « Pertinence de l'information » met en avant des objectifs d'amélioration technique en matière de présentation des indices de dysfonctionnement : l'analyse a en effet montré que si le système avait présenté 3 indices simultanément et non pas séparément à l'opérateur, celui-ci aurait compris que le problème ne pouvait venir que du coupleur électrique.

Système antérieur ▶	EM version	EM et organisa	◀ Système actuel	Système futur ▶	EM + PAC
Centré opérateurs					
Capacité à s'adapter aux caractéristiques des opérateurs	Non	Non	Le système est-il compatible avec les capacités (physiologiques, psychologiques, cognitives) et compétences des utilisateurs prévus ? (celles-ci étant par nature hétérogènes)	Oui	
Capacité à traiter l'information	Oui	Oui	Le système agit-il en fonction de l'information entrée par le (les) opérateur(s) (que ce soit par l'intermédiaire de langages de commande, ou d'actionneurs physiques, etc.) ?	Oui	
Capacité à alerter	Non	Oui	Le système permet-il de mettre en alerte les opérateurs sur son état propre (par ex. changement d'état, dysfonctionnement) mais aussi sur l'état de la situation gérée ?	Oui	
Capacité à renseigner	Non	Oui	Le système génère-t-il une information que les opérateurs sauraient exploiter ?	Oui	
Capacité à garder la maîtrise humaine	Oui	Oui	Le système est-il capable de laisser aux opérateurs la maîtrise de leurs actions de pilotage (quitte à prendre en charge certaines opérations de bas niveau) ?	Oui	

Figure 1. Remplissage de la grille de questionnement

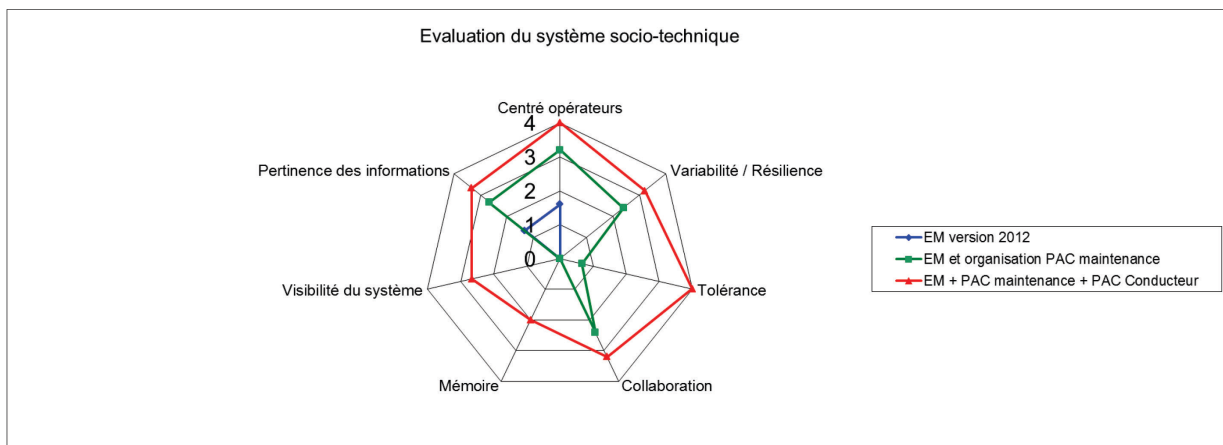


Figure 2. Evaluation de chacun des engins moteurs sur la vue radar

Critères d'évaluation	EM version 2012	EM et organisation PAC maintenance	EM + PAC maintenance + PAC Conducteur	Transformations concrètes attendues dans les différents domaines en fonction des critères		
				Equipements, outils, IHM	Compétences, métiers	Organisation, management
Centré opérateurs	2	3	4	Modifications conception engin et des indices remontées aux conducteurs	Modification du guide de dépannage Modification du manuel de conduite Formation adaptée	Création d'une procédure de secours unique
Variabilité / Résilience	0	2	3			Création d'un PAC Maintenance Création d'un PAC Conduite Prise en compte du REX
Tolérance	0	1	4	Modifications conception engin avec prises en compte de solution palliative (cablois de secours et barre d'attelage)		Création d'un PAC Maintenance Création d'un PAC Conduite Prise en compte du REX
Collaboration	0	2	3		Création de liens inter métier	Création d'un PAC Maintenance Création d'un PAC Conduite Prise en compte du REX
Mémoire	0	0	2			Prise en compte du REX
Visibilité du système	0	0	3			Création d'un PAC Maintenance Création d'un PAC Conduite Prise en compte du REX
Pertinence des informations	1	3	3	Modifications conception engin et des indices remontées aux conducteurs et maintenance	Modification du guide de dépannage Modification du manuel de conduite Formation adaptée	Création d'une procédure de secours unique

Tableau 2. Transformations attendues dans les différents domaines en fonction des critères

Résultats

1. Expérimentation des différents cas d'application

Les utilisateurs de la grille GEESSTe sur les trois cas d'application cités ont apporté des appréciations positives. Pour ce qui concerne l'exemple qui vient d'être développé, l'ingénieur en charge du retour d'expérience (REX) sur ce cas a été surpris de la pertinence des informations apportées par l'outil dans l'analyse. Il pense qu'il aurait pu lui permettre de gagner un temps précieux dans la recherche des causes profondes du dysfonctionnement rencontré lors de sa première analyse. C'est en effet en passant du temps avec les agents de maintenance pour comprendre les causes racines du dysfonctionnement qu'il a pu identifier les premiers éléments à mettre à leur disposition (Pôle d'Appui Maintenance).

Un 4^{ème} cas d'application a été présenté par la suite par deux ingénieurs de la direction de la Circulation Ferroviaire. L'évaluation avec l'outil GEESSTe a été faite après conception de l'application OLERON Voie Unique qui fournit l'ordre de succession théorique de toutes les circulations sur une zone. Elle a permis de mettre en avant l'intérêt de l'approche qui avait fait apparaître les besoins relatifs au critère « Mémoire ».

Une des questions revenant dans ce retour sur les cas d'application était celle du périmètre à prendre en compte dans l'évaluation : doit-on prendre en compte tout le système, ou seulement un de ses sous-systèmes ? Il semble que la réponse soit à adapter à la taille et à la complexité du système. Il n'en reste pas moins que l'évaluation doit surtout se porter sur les parties du système gérées par des utilisateurs humains, qu'ils soient exploitants, mainteneurs ou même usagers.

2. Formations

Deux sessions de formation ont été réalisées :

- une session test réunissant 5 chefs de projets (génie civil Transilien, validation système Ingénierie Matériel (CIM), chercheurs), 1 spécialiste Traction du CIM, 1 spécialiste Ingénierie de l'Infrastructure, 1 ergonomiste de la direction du Matériel ;
- une session avec 9 ingénieurs du CIM

Ces deux formations, conçues et animées par les auteurs du présent article, étaient constituées d'une matinée de partage des concepts et d'une après-midi d'application de la grille GEESSTe sur un cas pratique défini par les participants.

Les évaluations de ces deux sessions montrent que la formation a été jugée utile et que les FOH doivent être intégrés dans les projets. La plupart des participants se sont sentis capables d'utiliser l'outil GEESSTe à l'issue de la formation (Cf. Figure 3).

Les participants ont émis les propositions suivantes :

- préparer un cas d'application à l'avance accessible quel que soit son domaine pour faciliter la compréhension de tous ;
- améliorer l'ergonomie de l'outil Excel ;
- apporter des éclaircissements aux questions de l'outil afin d'éviter les interprétations qui peuvent évoluer lors du déroulé car on réalise la cotation période par période...

Les retours des personnes ayant expérimenté GEESSTe se sont traduits par une amélioration de l'IHM (C. Figures 4 et 5) :

- la saisie des évaluations est regroupée dans une même fenêtre sous des onglets représentant les critères. Un même critère pourra être décliné à tour de rôle pour les systèmes ;
- la saisie de commentaires approfondissant les évaluations est possible ;
- les valeurs saisies ont été affinées : « oui », « plutôt oui », « plutôt non », « non » et « non concerné » ;
- un glossaire apporte des définitions plus explicites des critères au cours de la saisie.

Conclusion

La mise en œuvre de cet outil représente un bon exemple de pluridisciplinarité, car elle a associé les sciences humaines aux sciences de l'ingénieur dans une perspective d'innovation.

Les premières expérimentations ont donné satisfaction en temps gagné dans les analyses d'événements complexes mettant en jeu les systèmes sociotechniques. En outre, elles ont permis d'anticiper des difficultés d'usage, de compréhension des dispositifs techniques par les opérateurs. Elles ont débouché sur la mise en place de mesures spécifiques particulièrement adaptées aux problématiques rencontrées.

Les formations qui ont par ailleurs été dispensées ont concouru à enrichir la connaissance des ingénieurs et exploitants en matière de facteurs organisationnels, humains et sociaux. Elles leur ont permis, au travers de l'utilisation de l'outil GEESSTe, de se rendre compte de l'intérêt d'intégrer ce questionnement très tôt dans le processus de conception.

L'usage de GEESSTe a montré que ce dernier n'était pas un outil au sens classique du terme, c'est-à-dire capable de déterminer automatiquement la marche à suivre, mais plutôt une méthode instrumentée guidant la réflexion amont sur les questions humaines et sociales dans les projets.

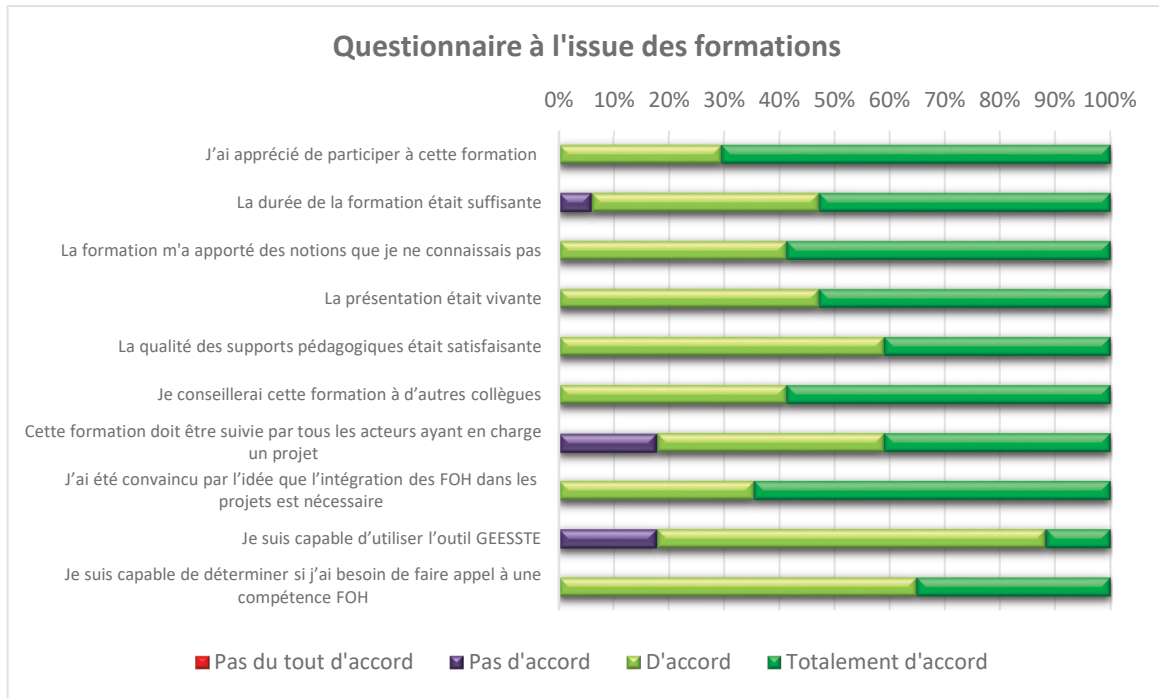


Figure 3 : Evaluation des deux sessions de formation

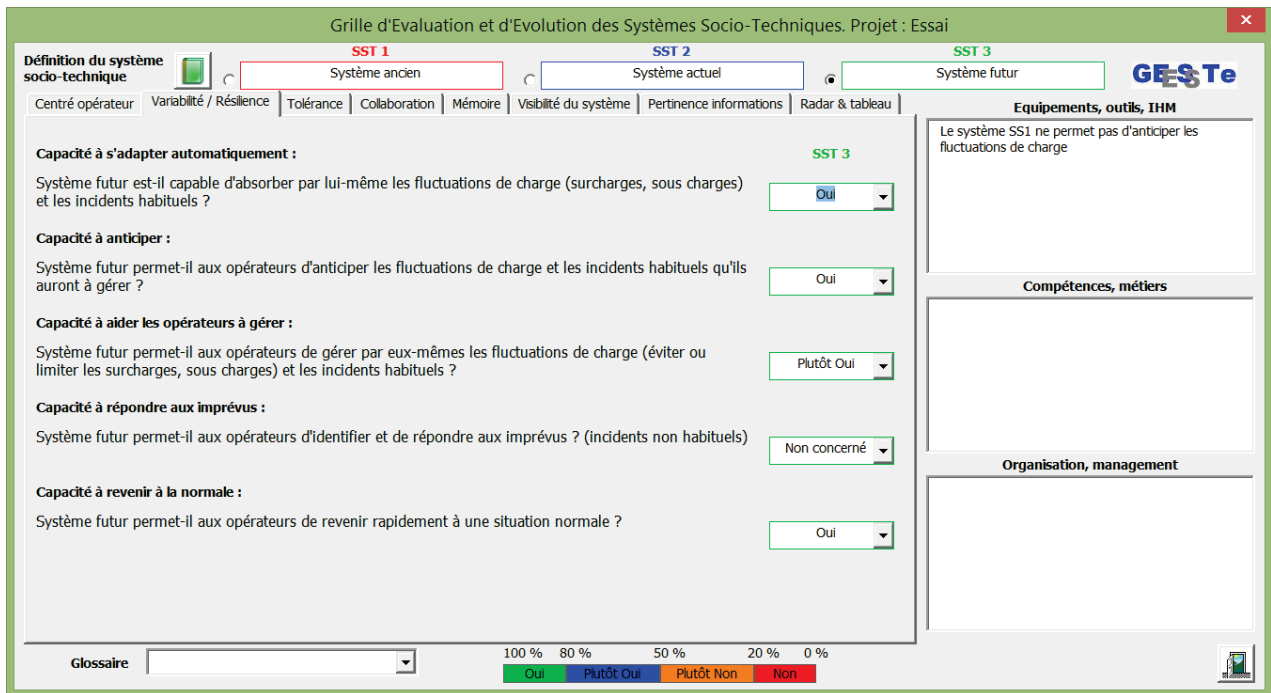


Figure 4 : Nouvel écran de saisie des évaluations par critère GEESSTE

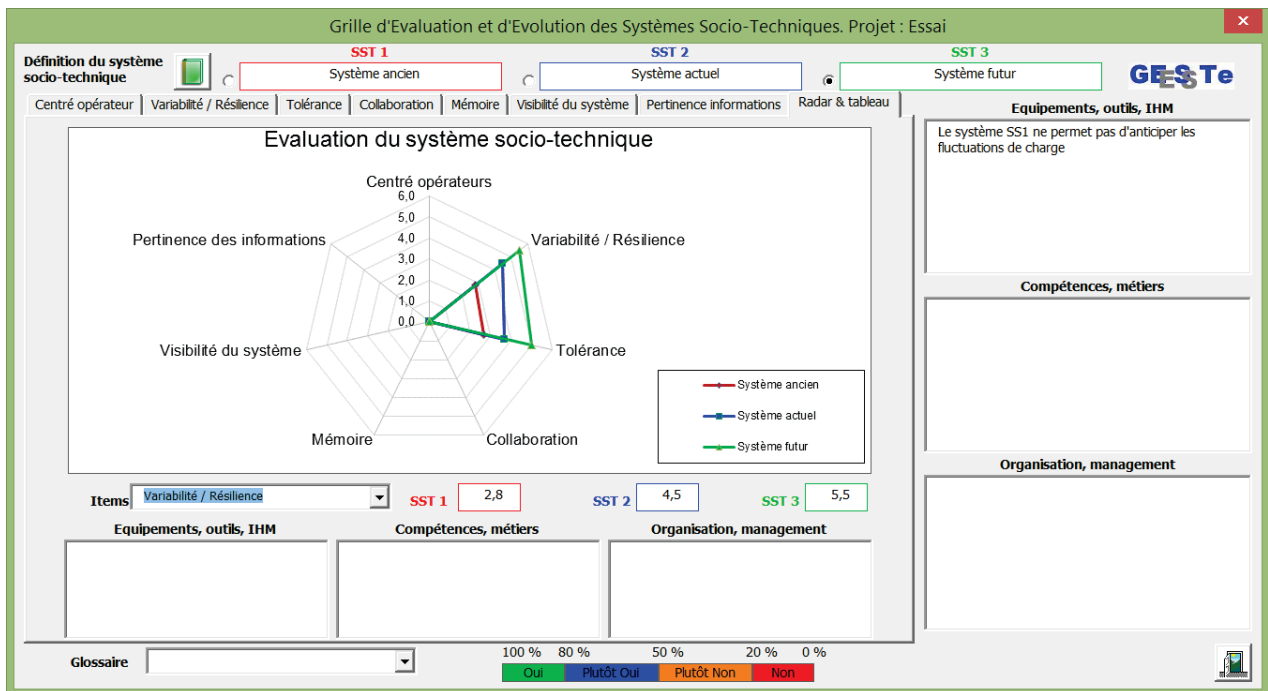


Figure 5 : Nouvel écran radar et mesures à prendre

Perspectives

Le déploiement de cet outil auprès d'un large public de « concepteurs » au sein du Groupe Public Ferroviaire est d'ores et déjà projeté dans le cadre du programme PRISME lancé en 2016. Comme nous l'avons indiqué plus haut, l'intégration des FOH dans toutes les dimensions du management de la sécurité constitue le fil rouge de ce programme.

La formation sur l'outil GEESSTe sera intégrée dans les modules de formation de l'encadrement concepteur pour compléter les formations de base FOH, l'objectif étant d'inscrire durablement la prise en compte des FOHS dans les projets au même titre que dans les autres processus de management de la sécurité (REX, audit, veille, formation...).

Remerciements

Nous remercions les membres du cluster Sécurité-Système et en particulier, ceux du groupe FOH qui nous ont accompagnés dans la conception et l'expérimentation de l'outil GEESSTe.

Références

Ardeois, F., Blatter, C., Duvenci-Langa, S. (2014). GEESSTe, une grille pour l'Évaluation et l'Évolution des Systèmes Sociotechniques. In *Revue Générale des Chemins de Fer*. Numéro 243. Novembre 2014.

DGAC-DAST. (2008). Etude des vulnérabilités humaines pour la certification d'un cockpit. Délivrable 13. Annexe « Méthode pour aborder les vulnérabilités du couplage équipage-cockpit ».

Duvenci-Langa, S., Blatter, C., Neveu, C. (2017). Formation de l'encadrement comme un levier fort pour développer une culture de sécurité basée sur les Facteurs Organisationnels et Humains. 4^{ème} congrès mondial de l'UIC sur les formations ferroviaires.

Reason J. (2013). *L'erreur humaine*. Presses des Mines.

ICSI, Facteurs Organisationnels et humains, un état de l'art. Version 3, 2010, téléchargeable sur www.icsi-eu.org

Mots clés

Facteurs Humains et Organisationnels, Approches systémiques, Evaluations des dangers et opportunités, Ergonomie de conception, fiabilité humaine