EVALUER LA FIABILITE HUMAINE : QUELLE(S) METHODE(S) CHOISIR ?

Romuald PERINET,
INERIS

Parc Technologique ALATA BP2
F-60550 Verneuil-en-Halatte

Tuan Nghiem VU
ALTRAN

2 rue Paul Vaillant Couturier
F-92300 Levallois-Perret cedex

Résumé

Les situations de travail tendent en permanence des pièges aux hommes leur faisant courir le risque de faillir par exemple dans l'exécution de leurs plans d'actions ou dans le choix des priorités ou exigences à satisfaire. Plus de quarante ans après les premières évaluations de la fiabilité humaine dans le domaine du nucléaire, la question reste posée de savoir comment analyser au mieux ces situations de sorte d'améliorer l'évaluation et la maîtrise des risques. A partir d'une analyse de 8 méthodes sélectionnées, parmi les plus populaires, l'objectif de cette communication est de tenter de rendre compte et de mettre en perspectives les différentes alternatives méthodologiques disponibles à chaque étape des évaluations de la fiabilité humaine. Cette communication tente de mettre en discussion le niveau de compatibilité entre la plupart des démarches actuelles pour évaluer la fiabilité humaine et les pratiques largement mises en œuvre dans le domaine des sciences humaines.

Summary

The work situations tend permanently to trap men by placing them at risk of producing errors, for example in implementing their action plans or selecting the priorities or requirements to be met. Over forty years after the first estimates of human reliability in the nuclear field, the question remains how best to analyze these situations in order to improve the assessment and control of risks for associated safety. By an analysis of eight selected methods from the most popular ones, the aim of this paper is to try to appreciate and put into perspective the different methodological alternatives available at each stage of the human reliability assessment (HRA). This paper attempts to debate the level of compatibility between most current approaches for assessing human reliability and practices widely implemented in the human sciences.

Introduction

On emploie souvent le terme d'« erreur humaine » pour expliquer l'origine des accidents majeurs. Il est désormais évident que les facteurs humains et organisationnels jouent un rôle important dans l'occurrence de la plupart des accidents, qu'il s'agisse par exemple d'erreurs humaines dans l'exécution d'une action, d'une mauvaise gestion des interfaces entre services, d'installations insuffisamment robustes aux erreurs humaines (révélatrices d'erreurs de conception), ou bien d'erreurs dans la prise de décision et l'organisation introduisant des défauts latents. Dans son inventaire 2009 des accidents technologiques, le BARPI [1] mentionne que seul ou associé à une défaillance matérielle, le facteur organisationnel et humain prime en 2008 dans au moins 61 % des accidents répertoriés (la part de cette cause dans les accidents était de 49% en 1992). Le BARPI souligne que ces facteurs restent sans doute encore sous-évalués dans nombre de cas d'accidents en ajoutant que leur prise en compte suppose une certaine profondeur d'analyse qui n'est pas toujours atteinte. En réalité, tous les accidents peuvent être attribués à l'erreur humaine, due à des erreurs dans la conception, organisation, construction, opération et maintenance [2].

Suite à la catastrophe de Toulouse survenue le 21 septembre 2001, le rapport parlementaire Loos – Le Déaut [3], a mis en évidence la nécessité de « réhabiliter la place de la dimension sociale et humaine dans l'analyse des risques face à l'approche purement technique souvent privilégiée dans des secteurs caractérisés par la complexité des procédés et le haut niveau technologique des installations. ». Ce rapport mentionne également l'importance de prendre en compte les aspects organisationnels dans l'évaluation des risques (Partie 1 ; § 1.C.3a, p. 31). Subséquemment, la loi du 30 juillet 2003 (loi Bachelot) a introduit une nouvelle exigence en matière d'évaluation des risques. Cette loi impose aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation d'évaluer la probabilité d'occurrence des accidents susceptibles d'être générés par leurs installations, en évaluant la performance des barrières techniques et humaines mises en place pour prévenir l'occurrence de ces accidents. Ainsi, depuis cette évolution, l'exercice obligatoire de démonstration de maîtrise des risques auquel doivent se livrer les exploitants d'installations dangereuses implique d'évaluer la fiabilité de certaines tâches humaines.

Objectifs

Dans le cadre de ses missions, l'INERIS contribue à la conception ou à l'adaptation d'outils méthodologiques visant à accompagner les industriels du domaine des installations classées, les bureaux d'étude et les autorités de contrôle dans leurs activités respectives en rapport avec l'évaluation de la fiabilité humaine. Dans ce cadre, l'INERIS a d'abord conçu la méthode Oméga 20 [4] d'évaluation de la fiabilité des barrières humaines de sécurité. Aujourd'hui, l'objectif est de développer une démarche permettant de mieux évaluer, selon une approche moins forfaitaire qu'actuellement, la probabilité d'occurrence des événements initiateurs d'origine humaine pouvant conduire aux accidents majeurs. Pour la conception de cette méthode, nous avons entrepris d'analyser et de comparer les méthodes existantes d'évaluation de la fiabilité humaine, qu'elles résultent de travaux scientifiques ou de l'expertise et des pratiques développées par les industriels ou bureaux d'étude [5].

Cette étude porte pour le moment sur un échantillon de huit méthodes (THERP, TESEO, HEART, SLIM, HCR, ATHEANA, MERMOS, CREAM) choisies principalement pour leur originalité et leur popularité, c'est-à-dire en fonction de l'abondance des informations disponibles dans la littérature et dans la pratique.

Dans cette communication, nous proposons dans un premier temps de définir l'évaluation de la fiabilité humaine en la repositionnant dans le cadre plus général de la prise en compte des facteurs humains dans la gestion des risques. Nous proposons ensuite une présentation succincte des critères habituellement mis en œuvre dans la littérature pour comparer les différentes méthodes existantes. Puis, sur la base d'une modélisation générique du processus et des différentes étapes d'évaluation de la fiabilité humaine, nous proposons une réflexion sur les différentes alternatives existantes, à partir des différentes méthodes analysées. En conclusion, nous tenterons de dégager des pistes visant à progresser dans la qualité de ce type d'évaluation.

Qu'est-ce qu'une évaluation de la fiabilité humaine ?

Swain et Guttmann [6] définissent la fiabilité humaine comme la probabilité qu'une personne :

- exécute correctement une activité requise dans un délai requis (si le temps est un facteur limitant) et,
- ne réalise aucune activité complémentaire (sans rapport avec la tâche) qui pourrait dégrader le système.

La méthode d'évaluation de la fiabilité humaine (Human Reliability Analysis) est celle par laquelle la fiabilité humaine est estimée [6].

Alors, qu'est-ce qu'une évaluation de la fiabilité humaine ? Pour répondre à cette question, considérons la mission humaine suivante : « Redémarrer un four suite à un arrêt ». Quelles activités implique l'évaluation de la fiabilité humaine pour cet exemple ? Examiner la procédure de redémarrage et évaluer les compétences de l'opérateur est-il suffisant ? Faut-il identifier les erreurs possibles et les conditions conduisant à l'échec et estimer leur probabilité d'occurrence ? Faut-il également prendre en compte la qualité des interfaces de commande et de surveillance ? Le stress joue-t-il un rôle important ? La pénibilité ? Le travail en équipe ? L'organisation du travail ? Existent-ils des valeurs de références ? En réalité, l'évaluation de la fiabilité humaine peut s'envisager de différentes manières selon les objectifs poursuivis, les résultats à produire, les données et ressources à disposition et les connaissances mobilisables sur les facteurs humains par l'analyste.

L'évaluation de la fiabilité humaine peut être réalisée dans le cadre du développement des interfaces homme-machine pour la conception d'un poste de travail, pour la redéfinition des fiches de poste et des compétences associées, ou bien dans le cadre des études probabilistes de sûreté et de risque pour analyser les causes des incidents/accidents et leur probabilité d'occurrence. L'évaluation de la fiabilité humaine est souvent une activité intégrée dans une étude probabiliste de risque et de sûreté [7]. L'évaluation de la fiabilité humaine tente d'évaluer le potentiel et le mécanisme des erreurs humaines qui peuvent affecter la sûreté des installations. L'analyse de tâche est souvent une étape centrale de l'évaluation de la fiabilité humaine.

Quelles sont les principales étapes d'une évaluation de la fiabilité humaine ?

La ***Figure 1*** suivante, inspirée des travaux de Kirwan [8], présente une description simplifiée d'une démarche d'évaluation de la fiabilité humaine.

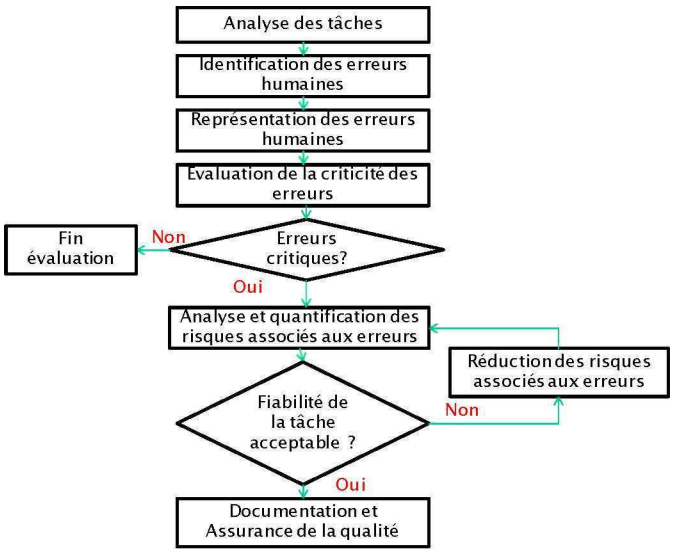


Figure 1 : *Démarche générale d'évaluation de la fiabilité humaine*

Cette représentation du processus d'évaluation de la fiabilité humaine présente une vision relativement séquentielle d'un processus composé de 7 principales étapes. Toutefois, ces différentes étapes n'ont pas toutes le même poids dans les différentes méthodes analysées dans le cadre de notre état de l'art. Par exemple, les méthodes TESEO, SLIM et HCR ne comportent pas explicitement d'étape d'identification des erreurs humaines. Les méthodes HEART, SLIM, HRC et TESEO ne proposent pas de système de représentation graphique des résultats de la démarche.

Quelles sont les principales différences entre les méthodes ?

Il existe un grand nombre de méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine. Les études de Bell et al. [9] identifient 72 méthodes. Salmon et al. [10] mentionnent une quarantaine de méthodes. Stanton et al. [11] dénombrent environ 70 méthodes. Nos études [5] confirment la présence d'au moins 70 méthodologies relatives à l'évaluation de la fiabilité humaine.

Quelles sont les principales différences entre ces méthodes ? Dans la littérature, il est fréquent de classer ces méthodes en 2 ou 3 familles ou générations de méthodes selon les modèles théoriques sous-jacents [9], [12], [13], [14], [16].

Les méthodes de 1ère génération sont centrées sur « l'erreur humaine » assimilant l'individu à un élément parmi d'autres du système technique (modèle mécaniste de l'individu). Ces méthodes visent à identifier les défaillances humaines, dépendantes d'un contexte. Ces méthodes proposent une démarche de caractérisation simple des contextes des missions humaines en référence à un ensemble de tâches génériques et/ou de facteurs de contexte (exemples : défauts de procédures, ou de formation ou d'indications) auxquels sont associés des coefficients ou probabilités d'échec.

Exemples de méthodes de 1ère génération :

- THERP (Technique for Human Error Rate Prediction), Swain,1963 [6], [15]
- TESEO (Technica Empirica Stima Errori Operatori), Bello et Colombari, 1980, [17]
- SLIM (Success Likelihood Index Method), Embrey, 1983, [18]
- HEART (Human Error Assessment And Reduction Technique), Williams, 1985 [19]
- HCR (Human Cognitive Reliability), Hannaman et al., 1984 [20]

Les méthodes de la 2ème génération s'intéressent davantage aux processus cognitifs permettant d'expliquer et de prédire les défaillances humaines. Basé sur une approche plus systémique, ces méthodes permettent davantage de prendre en compte l'existence d'une certaine dépendance entre les différents facteurs de contexte.

Exemples de méthodes de 2ème génération :

- CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method), Hollnagel, 1998 [12]
- ATHEANA (A Technique for Human Event ANAlysis), Cooper et al., 1996 [21], [22]
- MERMOS (Méthode d'Evaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté), Le Bot et al., 1998 [23]

Une 3ème génération de méthodes commence à apparaître, se distinguant des deux autres par une prise en compte plus importante de l'environnement organisationnel de travail susceptible de conduire et contraindre l'individu à l'erreur [14].

Exemples de méthodes de 3ème génération :

- WPAM (Work Process Analysis Model), Davoudian, 1994 [24]
- Tripod, Groeneweg et al., 1986-1998 [25]
- I-Risk, Bellamy et al., 1999 [26]
- FRAM (Functional Resonance Analysis Method), Hollnagel, 2004 [27]
- BORA (Barrier- and Operational Risk Analysis), Aven et al., 2004 [28]

Quels sont les choix possibles pour analyser les tâches ?

Une tâche est définie comme une action ou ensemble d'actions à réaliser pour atteindre l'objectif du système de travail dans des conditions déterminées. Ce que recouvre ici le terme de terme de tâche concerne le travail tel qu'il est prescrit aux opérateurs, par distinction avec le travail tel qu'il est effectivement réalisé.

L'analyse d'une tâche peut être réalisée de manière plus ou moins détaillée, par exemple selon la méthode d'analyse hiérarchisée de tâche [29]. Le niveau de décomposition dépend des ressources disponibles et de l'objectif de l'étude.

Les méthodes tentent d'analyser des tâches et d'identifier les paramètres qui influencent la performance humaine et donc la probabilité de réussite de la tâche. On peut recenser deux paramètres principaux:

- le type d'activité,
- et les facteurs de performance.

Les méthodes essaient souvent d'attribuer une tâche à une activité cognitive prédominante. S'il existe plusieurs activités cognitives dans une tâche, il est recommandé de décomposer cette tâche en des sous-tâches. Les méthodes SLIM [18], HCR [20] sont basées sur le modèle « Skills Rules Knowledges » de Rasmussen [30]. Ce modèle distingue les activités humaines basées sur les habiletés, des activités basées sur les règles et des activités basées sur les connaissances. THERP [6] spécifie les différentes activités, telles que la lecture, l'enregistrement, la vérification, la sélection, la détection, etc.

La méthode CREAM [12] introduit en plus la notion de contrôle de la situation par l'opérateur. Selon CREAM, la performance humaine est le résultat de l'utilisation contrôlée des compétences adaptées aux exigences de la situation, plutôt que le résultat d'une séquence prédéterminée de réponses à l'événement. Autrement dit, la cognition ne correspond pas à un enchaînement d'étapes, mais plutôt à une utilisation contrôlée des compétences disponibles (habiletés, procédures, connaissances) et de ressources.

On peut aussi distinguer les tâches fréquentes (ex : dépotage d'un camion) des tâches rares (remplacement d'une cuve), ou bien les tâches programmées (ex : vérification périodique) des tâches non programmées (ex : arrêt d'une réaction par noyage),

etc. Néanmoins, la méthode HEART [19] retient 9 tâches génériques, parmi lesquelles les tâches A et H sont présentées dans le ***Tableau 1***.

Tableau 1: *Exemple des tâches distinguées par la méthode HEART*

Type	Tâches	Probabilité d'erreur humaine nominale (Incertitude de 5% - 95%)
A	Tâche totalement non-familière et réalisée en cas d'urgence avec aucune idée sur les conséquences éventuelles	0.55 (0.35 – 0.97)
H	Répondre correctement à la demande du système lorsqu'il y a un système de supervision automatisé qui fournit des indications précises sur l'état de système.	0.00002 (0.000006 – 0.009)

Les méthodes proposant des modèles de tâches différents, le choix d'une de ces méthodes dépendra de la nature de la tâche à évaluer. Par exemple, si la tâche considérée implique une part significative de d'interprétation, de raisonnement, ou de calcul et que par cette dimension cognitive paraît joué un rôle important dans la fiabilité humaine, la méthode HEART ne sera pas la méthode plus adaptée. Il s'agirait dans ce cas de préférer la méthode CREAM qui modélise mieux cet aspect de la réalisation des tâches grâce au modèle COCOM (Contextual Control Model) basé sur l'idée que la performance humaine est le résultat de l'utilisation contrôlée (d'un point de vue cognitif) de certaines compétences liées à la mise en œuvre d'habiletés, de procédures et de connaissances. Si dans la réalisation de la tâche, le collectif de travail constitue un facteur important, la méthode MERMOS pourra être employée grâce au concept de Configuration Importante de la Conduite Accidentelle (CICA), correspondant aux choix, stratégies ou conduites effectivement adoptés et mis en œuvre par un collectif de personnes.

Les facteurs de performance sont les facteurs qui caractérisent les conditions de réalisation des tâches, l'opérateur ou l'équipage, les conditions environnementales et organisationnelles. Dans la littérature, il existe un grand nombre de termes qui désignent ces facteurs de performances. Par exemple, le terme « facteur de performance » PSF (Performance Shaping Factor) est utilisé dans les méthodes THERP, SLIM, ATHEANA ; le terme « condition conduisant aux erreurs » EPC (Error Producing Condition) est utilisé par la méthode HEART ; ou le terme « condition de performance commune » CPC (Common Performance Condition) est employé par CREAM. La méthode MERMOS emploie l'expression de propriété de situation sans en dresser une liste prédéfinie.

La fiabilité humaine est ainsi évaluée selon ces facteurs de performance. Le ***Tableau 2*** présente une synthèse des facteurs de performance les plus utilisés dans les méthodes étudiées.

Tableau 2: *Les facteurs de performance utilisés pour évaluer la fiabilité humaine*

Facteur de performance	Méthodes						
	THERP	TESEO	HEART	SLIM	HCR	ATHEANA	CREAM
Caractéristiques de tâches	5 PSF externes sur tâche & équipements	Facteur K1	EPC-10, 25, 28, 34, 35	1 PSF	SRK	PSF-6, 13, 15	
Expérience, formation ou compétence	1 PSF interne	Facteur K3	EPC-15	1 PSF	PSF-1		
Adéquation entre la tâche et la compétence de l'opérateur			EPC-1, 20, 24, 27, 38	1 PSF		PSF-1, 6, 7	CPC-8
Caractéristiques physiques et psychologiques de l'opérateur	1 PSF interne et 1 PSF stress	Facteur K4	EPC-29, 30	1 PSF	PSF-2		
Contraintes de temps	1 PSF stress	Facteur K2	EPC-2	1 PSF		PSF-4, 7	CPC-6
Facteur ergonomique, environnemental et l'interface homme-machine	4 PSF externes sur situation et sur tâche & équipements, 1 PSF stress	Facteur K5	EPC-6, 22, 23, 33	1 PSF	PSF-3	PSF-3, 10, 12, 16	CPC-2, 3
Organisation, équipage et effectifs	4 PSF externes sur situation et sur tâche & équipements, 1 PSF stress		EPC-8, 31, 36, 37	1 PSF		PSF-7, 8, 9	CPC-1, 7, 9
Information	1 PSF externe sur instruction		EPC-3, 4, 5	1 PSF		PSF-4, 14	

Facteur de performance	Méthodes						
	THERP	TESEO	HEART	SLIM	HCR	ATHEANA	CREAM
Procédures	2 PSF externes sur instruction		EPC-16, 21, 26, 32	1 PSF		PSF-2	CPC-4
Autres supports ou aides fournies	1 PSF externe sur instruction		EPC-7, 13, 14, 17				
Culture	1 PSF externe sur situation		EPC-9				
Risque perçu	1 PSF stress		EPC-12	1 PSF			
Clarté et comptabilité des objectifs fixés			EPC-11, 18				

PSF : Performance Shaping Factor ou Facteur de performance

EPC : Error Producing Condition ou Condition Conduisant aux Erreurs

CPC : Common Performance Condition ou Condition de Performance Commune

K_i : Coefficient ou Facteur de Performance

Quels sont les choix possibles pour identifier les erreurs ?

L'identification des erreurs humaines est probablement la partie la plus difficile de l'étude d'évaluation de la fiabilité humaine [8]. En effet, les erreurs humaines se produisent dans nombreuses situations sous quelques formes limitées, cependant certaines sont détectées difficilement. Les principales familles d'erreurs sont le plus souvent considérées (Swain [6], [31]) :

- les erreurs d'omission :
  - omission d'une tâche entière
  - omission d'une étape dans une tâche
- les erreurs de « *commission* » (erreurs de réalisation ou erreurs d'action) :
  - erreur de sélection
  - erreur de séquence
  - erreur de temps
  - erreur qualitative

La méthode CREAM, propose une typologie détaillée d'erreurs basée sur un modèle cognitif comprenant quatre fonctions cognitives : observation, interprétation, planification et exécution. Le ***Tableau 3*** présente cette typologie.

Tableau 3: *Les défaillances des fonctions cognitives*

Fonctions cognitives	Défaillances potentielles des fonctions cognitives	
Observation	O1	Observer le mauvais objet. La réponse est donnée au mauvais stimulus ou événement.
	O2	Réaliser une mauvaise identification, due à un signal erroné ou à une identification partielle.
	O3	L'observation n'est pas faite (omission), manquer un signal ou une mesure.
Interprétation	I1	Défaut de diagnostic (mauvais diagnostic ou diagnostic incomplet).
	I2	Erreur de décision (ne pas prendre de décision ou en prendre une mauvaise ou incomplète).
	I3	Interprétation retardée (au mauvais moment).
Planning	P1	Erreur de priorité (sélectionner un mauvais but)
	P2	Elaborer un plan inadapté (plan incomplet ou mauvais).
Exécution	E1	Mauvais exécution relative à la force, la distance, la vitesse ou la direction.
	E2	Action réalisée au mauvais moment (trop tôt ou trop tard).
	E3	Action réalisée sur le mauvais objet (objet voisin, similaire ou non lié).
	E4	Action réalisée selon une mauvaise séquence, telle que répétition, saut en avant, et inversion.
	E5	Action manquée, n'est pas faite (i.e. omission), inclut l'omission des dernières actions dans la série.

Cette typologie est similaire à d'autres listes présentées dans des méthodes dédiées à l'identification des erreurs (par exemple SHERPA [32], TRACEr [33]). D'autres méthodes ne proposent aucune typologie précise d'erreur. C'est le cas de la méthode MERMOS. Cette méthode propose d'imaginer, en groupe de travail, des scénarios d'écart par rapport à des tâches

requises d'un point de vue technique, en s'intéressant aux représentations, aux choix et aux stratégies d'un collectif plutôt qu'à ceux d'un individu isolé (ex : focalisation excessive de l'équipe sur un aspect de la conduite d'un réacteur).

Certaines méthodes prennent également en compte les défaillances pouvant intervenir lors de la récupération d'erreurs (THERP, MERMOS, ATHEANA). La plupart du temps, aucun outil précis n'est proposé pour aider réellement à l'identification et à l'analyse de ces mécanismes de récupération. D'une manière plus générale, les méthodes analysées prennent assez peu en compte les capacités humaines d'anticipation et de récupération des erreurs. Cette caractéristique relativement commune aux différentes méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine montre la difficulté pour ces méthodes d'intégrer des modèles plus écologiques comme par exemple, le modèle du « compromis cognitif » d'Amalberti [34] référant particulièrement aux efforts d'anticipation et de contrôle mis en œuvre par les opérateurs pour maintenir un niveau de risque acceptable au cours de leur activité.

La représentation des erreurs humaines est aussi un facteur important dans le processus d'évaluation de la fiabilité humaine. Une bonne représentation permettra de bien comprendre le mécanisme des erreurs et donc de mieux résoudre les problèmes. Elle facilitera aussi l'identification, la vérification et la quantification des erreurs. L'arbre d'événement du type HRAET (Human Reliability Analysis Event Tree) de la méthode THERP [6] est un bon exemple de la représentation des erreurs humaines. Les erreurs humaines peuvent aussi être représentées et incorporées dans les études probabilistes de sûreté et de risques à l'aide des arbres de défaillances classiques et des arbres d'événement utilisés dans le domaine de nucléaire. Des exemples d'application sont donnés dans le guide d'application de la méthode ATHEANA [22]. Les guides de l'INERIS, tels que l'Oméga-9 - l'étude de dangers d'une Installation Classée [35], et le guide PPRT (plan de prévention de risques technologiques) [36] donnent des exemples des barrières humaines de sécurité intégrées dans un modèle de nœud de papillon.

Quels sont les choix possibles pour estimer la fiabilité d'une tâche?

De façon globale, toutes les méthodologies d'évaluation de la fiabilité humaine se reposent plus ou moins sur les jugements d'expert pour renseigner certaines formules mathématiques de calcul de probabilité parfois très sophistiquées.

La probabilité de réussite ou d'échec d'une tâche peut être estimée via l'évaluation du type d'activité et des facteurs de performances présentés ci-dessus. Il faut distinguer deux types de calcul :

- de la probabilité d'erreur ou d'échec d'une action ou d'une étape élémentaire,
- et de la probabilité d'échec d'une mission ou d'une tâche globale comprenant plusieurs actions.

On observe trois principaux modes d'estimation de la probabilité d'une action, une étape de la tâche, ou un événement humain :

- en fonction du produit des facteurs de performance, par exemple les méthodes TESEO, HEART, HCR,
- en fonction de la somme des facteurs de performance, par exemple la méthode SLIM,
- en fonction du jugement d'expert, par exemple les méthodes ATHEANA, MERMOS.

La probabilité d'une mission globale est ensuite déduite selon 2 approches :

- selon l'arbre d'événement et l'arbre de défaillance, par exemple les méthodes THERP, ATHEANA, MERMOS,
- par identification de la probabilité d'échec maximum parmi des tâches élémentaires de la mission, par exemple la méthode CREAM.

De quel retour d'expérience dispose-t-on sur ces méthodes ?

En 1985, le JRC (Joint Research Centre) [37] avait procédé à une évaluation croisée de la probabilité de la défaillance humaine sur une séquence « incidentelle » identifiée sur un site nucléaire. Quinze équipes de spécialistes de 11 pays différents ont procédé à cette évaluation. Les résultats obtenus par les différentes équipes montraient que :

- la dispersion des résultats entre les équipes employant la même méthode était élevée (plus de 2 ordres de grandeur pour la méthode THERP, c'est-à-dire supérieure à 10^2),
- la dispersion des résultats entre les méthodes était de plus de 6 ordres de grandeur (c'est-à-dire supérieure à 10^6),
- la dispersion des résultats pour une équipe sur une méthode en fonction des hypothèses de calcul (pessimiste, optimiste) était de l'ordre de 2 ordres de grandeur (10^2).

Les conclusions générales de cette étude étaient plutôt pessimistes : « la prédiction du comportement humain relève plus d'un art que d'une science », « l'approche traditionnelle utilisée dans l'analyse des systèmes consistant en une décomposition, collecte des données sur les différents composants du système et intégration des données au niveau du système ne s'applique pas à l'analyse des interactions humaines. En effet, l'homme n'est pas une machine et son comportement n'est pas déterminé ou « modélisable ». Le comportement humain est en effet très dépendant du contexte et des interactions importantes ont été identifiées avec l'organisation et la culture de l'entreprise.

A ce jour, peu d'éléments de retour d'expérience sont disponibles pour apprécier la validité de ces méthodes. L'INERIS a entrepris de recueillir du retour d'expérience sur l'application de sa propre méthode Oméga 20 [4]. Les premiers résultats mettent en évidence :

- Des difficultés pour mettre en œuvre toutes les étapes essentielles de la méthode, souvent par manque de temps.
- Des difficultés pour bâtir et formuler un questionnement adapté dans le cadre de l'évaluation des situations. Ces difficultés tiennent notamment à un manque d'expertise des analystes dans le domaine des facteurs humains.
- Des difficultés pour valoriser les efforts faits en matière d'organisation par les entreprises pour fiabiliser les tâches. Ces difficultés sont certainement liées aux limites du modèle sous-tendant la méthode Oméga 20 focalisant essentiellement sur le poste de travail.

En conclusion, peu de méthodes ont été validées ou mises à l'épreuve d'études de sensibilité [8]. Lorsqu'un retour d'expérience existe, il est essentiellement issu du secteur nucléaire. En dehors de ce secteur, peu de méthodes sont effectivement mises en œuvre. Dans ce contexte, il est difficile de considérer la validité de ces méthodes comme un critère discriminant.

Conclusion

Les méthodes analysées dans le cadre de notre état de l'art accordent une place souvent centrale aux concepts de tâche, d'erreurs et de facteurs de performance. De ce point de vue, les préoccupations des auteurs de ces méthodes, la plupart étant de formation ingénieurs, rejoignent ainsi celles des psychologues ou ergonomes ou plus largement des spécialistes en sciences humaines (qui parfois ont directement contribué à l'élaboration de méthodes, comme CREAM). Néanmoins, on peut s'interroger sur le niveau de compatibilité des fondements théoriques et des choix méthodologiques de la plupart de ces méthodes avec les principes et démarches plus spécifiques des sciences humaines.

D'un côté, l'application des méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine consiste, dans les faits, souvent à réunir les informations caractérisant le mieux les tâches humaines, permettant de se constituer une certaine vision de ce qu'il est attendu des hommes, à quel moment et dans quel délai. La vision ainsi constituée correspond le plus souvent à une vision de type « photographique », prise à un moment donné, et très circonscrite du fonctionnement des BHS (barrières humaines de sécurité), tendant souvent à en « moyenner » les conditions de réalisation et les performances associées, malgré l'incertitude les caractérisant. Le rôle des hommes consiste, selon cette vision, à mobiliser et mettre en œuvre les ressources mises à disposition de manière rationnelle en respectant les procédures de travail définies a priori pour des situations de travail relativement « stables ».

D'un autre côté, les sciences humaines considèrent que le travail n'est jamais la simple exécution des procédures. Par exemple, l'ergonomie considère que le travail comporte toujours une certaine part de variabilité (panne matérielle, variations nycthémérales et saisonnières...) en conséquence de laquelle les opérateurs mettent en œuvre des ajustements quasi permanents par rapport aux procédures alors que les méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine présupposent des réponses et des environnements relativement stables. La sociologie considère par exemple que les relations de pouvoir, d'autorité et l'identité des groupes jouent un rôle important sur les décisions et comportements alors que les méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine prennent difficilement en compte voire pas du tout ces aspects.

Ainsi, une différence majeure de point de vue entre les approches traditionnellement mises en œuvre pour évaluer la fiabilité humaine (le plus souvent issues des sciences de l'ingénieur) et celles mises en œuvre dans le domaine des sciences humaines tient au niveau de prise en compte de la variabilité et de la complexité qui caractérisent le travail. Une autre différence tient aux types de dimensions humaines prises en compte. Par exemple la question du sens et du niveau de priorité accordés par un individu à une tâche donnée apparaît essentielle pour évaluer la fiabilité humaine. Or il s'agit d'une question très compliquée qu'en réalité peu de méthodes prennent réellement en compte. Prendre en compte cette dimension exigerait une approche plus globale tandis que la plupart des méthodes sont très analytiques. Prendre en compte cette dimension impliquerait de considérer que la tâche n'est qu'une partie d'un travail plus global et plus complexe tandis que la plupart des méthodes tendent à considérer les tâches indépendamment les unes des autres et à les simplifier.

Est-il possible de dépasser ces limites ? Par l'intégration de nouvelles étapes d'analyse ? De nouvelles techniques de recueil de données ? De nouveaux critères ? Ou bien s'agit-il plutôt de « moderniser » les principes mêmes de ces méthodes en intégrant de nouvelles exigences. On pourrait en citer au moins quatre :

- La nécessité d'un point de vue plus global sur la réalisation des tâches, considérant par exemple que réaliser une tâche dépasse le plus souvent le cadre de la simple réalisation en série d'un certain nombre de sous-tâches.
- La nécessité de mieux intégrer la nature collective des tâches, en intégrant mieux les liens fonctionnels qu'entretiennent les tâches et de ce point de vue l'importance des acteurs intervenants en amont et en aval des tâches.
- La nécessité de mieux prendre en compte l'effet des contradictions pouvant être vécues entre les contraintes de production et celles de sécurité et ainsi les marges de manœuvre réellement disponibles.
- La nécessité d'adopter une posture moins normative, notamment en cherchant à mieux organiser et outiller la confrontation, en groupe de travail, des points de vue différents sur les situations de travail.

Mais ces principes, visant à approcher davantage le travail réel, sont-ils adaptés aux profils et aux intérêts des utilisateurs les plus représentatifs des utilisateurs des méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine ? Explorer davantage la variabilité et la complexité qui caractérisent les tâches humaines est-il compatible avec les ressources prévues habituellement dans le cadre de l'évaluation de la fiabilité humaine ? Les résultats ainsi obtenus seront-ils compatibles avec les autres approches mises en œuvre pour évaluer les dimensions plus techniques des risques ? C'est autour de ces questions que s'orientent les travaux actuels de l'INERIS. Parmi les pistes actuellement explorées, nous tentons de mieux préciser les contours des responsabilités de chacun dans les analyses de risques (ingénieurs généralistes et spécialistes en sciences humaines) et les modalités plus concrètes d'articulation de ces compétences.

Références

[1] ARIA - BARPI, Inventaire 2009 des accidents technologiques. http://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/barpi_stats.gnc

[2] Attwood D., Baybutt P., Devlin C., Fluharty W., Hughes G., Isaacson D., Joyner P., Lee E., Lorenzo D., Morrison L., Ormsby B., 2007, Human factors methods for improving performance in the process industries, p. 3, Center for Chemical Process Safety, Wiley Ed.

[3] Loos F.et Le Déaut J.Y. - Assemblée Nationale, 2002, Rapport fait au nom de la Commission d'Enquête sur la sûreté des installations industrielles et des centres de recherche et sur la protection des personnes et de l'environnement en cas d'accident industriel majeur.

[4] Miche E., Périnet R., 2009, Programme 181 - DRA-77 : Maîtrise des risques accidentels par les dispositions technologiques et organisationnelles - Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - Ω 20. INERIS

[5] Périnet R. et Vu T.N, 2010, Programme EAT-DRA-77 – Evaluation des performances des barrières humaines de sécurité, des événements initiateurs d'origine humaine et des systèmes de gestion de la sécurité - Opération A – Etat de l'art des méthodes d'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine. INERIS

[6] Swain, A.D., Guttmann, H.E., 1983, Handbook of Human Reliability Analysis with emphasis on Nuclear Power Plant Applications. NUREG/CR-1278, Washington, D.C. : US Nuclear Regulatory Commission.

[7] O'Hara J.M., Higgins J.C., Persensky J.J., Lewis P.M., Bongarra J.P., 2004, Human Factors Engineering Program Review Model, NUREG-0711, Rev. 2, p. 33, NRC.

[8] Kirwan B., 1994, A Guide To Practical Human Reliability Assessment, London : Taylor and Francis.

[9] Bell J., Holroyd J., 2009, Review of human reliability assessment methods, HSE Books.

[10] Salmon P., Stanton N.A., Walker G., 2003, Human Factors Design methods Review, HFIDTC/WP1.3.1/1, version 1/28.

[11] Stanton N.A., Salmon P.M., Walker G.H., Baber C., Jenkins D.P., 2005, Human Factors Methods : A Practical Guide for Engineering and Design, Ashgate Ed.

[12] Hollnagel E., 1998, Cognitive Reliability and Error Analysis Method, Elsevier Science Ltd, Oxford.

[13] Reer B., 2007, Human reliability analysis of errors of commission: a review of methods and applications, Paul Scherrer Institut.

[14] RSE, 2009, Erreurs humaines et défaillances organisationnelles, dans Revue Risque sécurité Environnement, n° 1, novembre – décembre 2009, Ecole des Mines de Paris.

[15] Swain A.D., 1963, A Method for Performing a Human Factors Reliability Analysis, Monograph SCR-686, Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM.

[16] Pyy P., 2000, « Human reliability analysis methods for probabilistic safety assessment », VTT publications 422, Espoo 2000.

[17] Bello G.C., Golombari V., 1980, The human factors in risk analysis of process plants : the control room model TESEO. 6th Advances in Reliability Technology Symposium, UKAEA-NCSR-R23.

[18] Embrey D.E., 1983, The Use of Performance Shaping Factors and Quantified Expert Judgment in the Evaluation of Human Reliability: An Initial Appraisal. NUREG/ CR-2986, Brookhaven National Laboratory.

[19] Williams J.C., 1985, HEART – a proposed method for achieving high reliability in process operation by means of human factors engineering technology, in « Achievement of reliability in operating plant » Safety and Reliability Society Symposium, Floral Hall, Southport, Merseyside.

[20] Hannaman G.W., Spurgin A.J., and Lukic Y.D., 1984, Human Cognitive Reliability Model for PRA analysis, Electric Power research Institute, Palo Alto, Califonia.

[21] Cooper S.E., Ramey-Smith A.M., Wreathall J., Parry G.W., Bley D.C., Luckas W.J., Taylor J.H., Barriere M.T., 1996, A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA). NUREG / CR-6350. Washingston, DC : US Nuclear Regulatory Commission.

[22] Forester J., Kolaczkowski A., Cooper S., Bley D., Lois E., 2007, ATHEANA User's Guide, NUREG-1880, NRC.

[23] Le Bot P., Desmares E., Bieder C., Cara F., Bonnet J.-L., 1998, MERMOS : un projet d'EDF pour la mise à jour de la méthodologie EPFH. Revue générale nucléaire.

[24] Davoudian K., Wu J.S. and Apostolakis G., (1994), "The Work Process Analysis Model (WPAM)", *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 45, 1994, pp. 107-125.

[25] Groeneweg J. Roggeveen V., 1998, Tripod: Controlling the human erreor components in accidents. Safety and Reliability, Lydersen, p. 809-816, Hansen and Sandtorv ed.

[26] Bellamy L.J., Papazoglou I.A., Hale A.R., Aneziris O.N., Ale B.J., Morris M.I. and Oh J.I., (1999), "I-RISK Development of an Integrated Technical and Management Risk Control and Monitoring Methodology for Managing and Quantifying On-Site and Off-Site Risks". Main Report, September 1999. Contract No. ENVA-CT96-0243.

[27] Hollnagel, E., 2004, Barriers and accident prevention. Aldershot, UK: Ashgate.

[28] Aven T., Hauge S., Sklet S. and Vinnem J.E., (2004), "Operational Risk Analysis – Total Analysis of Physical and Non-physical Barriers" Report 2004, Preventor, Stavanger, Norway.

[29] Annett J. (2004), Hierarchical task analysis, in Stanton N.A., Hedge A., Brookhuis K., Salas E. and Hendrick H. (eds), Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, Boca Raton, FL: CRC Press.

[30] Rasmussen J., 1983, Skills, rules and knowledge ; signs and symbols and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 1(3).

[31] Swain A.D., 1987, Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure, NUREG/CR-4772, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

[32] Embrey D.E., 1986, SHERPA : A Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach, International Meeting on Advances in Nuclear Power Systems, Knoxville, Tennessee.

[33] Isaac A., Shorrick S.T., Kirwan B., 2002, Human Error in European air traffic management : The HERA project. Reliability Engineering and system safety, 75, p. 257-272.

[34] Amalberti R., 1996, La conduite des systèmes à risques, le travail humain, Presses Universitaires de France, p. 183.

[35] Joly C., Descourriere S., Farret R., Debray B., 2006, L'Oméga-9 : L'étude de dangers d'une Installation Classée. INERIS.

[36] Arki F., Garry G., Rodrigues N., Guezo B., 2007, Le plan de prévention de risques technologiques (PPRT) – Guide méthodologique.

[37] Human Factors Reliability Benchmark Exercise, Reactor Safety Programme 1985-1987, Nuclear Science and Technology, Commission of the European Communities, August 1989 – EUR 12222 EN.