

Evaluation des barrières humaines de sécurité : Vers une méthodologie conciliant mieux les approches techniques et humaines

Elodie Miche, Romuald Perinet

▶ **To cite this version:**

Elodie Miche, Romuald Perinet. Evaluation des barrières humaines de sécurité : Vers une méthodologie conciliant mieux les approches techniques et humaines. Maîtrise des Risques et de Sûreté de Fonctionnement, Lambda-Mu 16, Oct 2008, Avignon, France. pp.Com 3B-4. ineris-00973316

HAL Id: ineris-00973316

https://ineris.hal.science/ineris-00973316

Submitted on 4 Apr 2014

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.

EVALUATION DES BARRIERES HUMAINES DE SECURITE : VERS UNE METHODOLOGIE CONCILIANT MIEUX LES APPROCHES TECHNIQUES ET HUMAINES
ESTIMATING RELIABILITY OF SAFETY BARRIERS : TOWARDS A METHODOLOGY RECONCILING BETTER TECHNICAL AND HUMAN APPROACHES

MICHE E. et PERINET R.
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS)
Parc Technologique ALATA
BP2
60550 Verneuil en Halatte
Tél. : 03 44 55 66 77
Fax : 03 44 55 66 99

Résumé

La loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 (dite loi Bachelot) a introduit une nouvelle exigence en matière d'évaluation des risques. Cette loi impose aux installations classées soumises à autorisation d'évaluer la probabilité d'occurrence des accidents susceptibles d'être générés par leurs installations, en évaluant la performance des mesures techniques et humaines de maîtrise des risques mises en place pour prévenir l'occurrence de ces accidents. Cette évolution implique un effort d'homogénéisation des approches utilisées jusqu'alors pour appréhender les performances des mesures techniques et humaines de maîtrise des risques permettant de déterminer la probabilité des accidents potentiels. Elle est également l'occasion de simplifier les méthodes existantes afin de les rendre compatibles avec les ressources en temps et en compétences disponibles pour les ingénieurs chargés de leur application. Dans ce contexte, l'INERIS a développé, en partenariat avec différents industriels, deux méthodes d'évaluation probabiliste des mesures de maîtrise des risques : la méthode « Oméga 10 » ([1]) pour les mesures techniques de maîtrise des risques et la méthode « Oméga 20 » ([2]) pour les mesures humaines de maîtrise des risques. S'inspirant de l'Oméga 10, l'Oméga 20 propose une démarche structurée, s'articulant bien avec les démarches classiques d'analyse de risques, reposant sur un ensemble de critères permettant de vérifier et de justifier la performance des mesures humaines et le cas échéant d'identifier des axes d'amélioration de ces mesures. Les premiers éléments de retour d'expérience sont encourageants. Ils montrent notamment que les critères d'évaluation retenus permettent de traiter certaines questions de sécurité qui n'auraient pas été abordées et que le rapprochement effectué entre les mesures techniques et les mesures humaines présente un réel avantage sur le plan pédagogique.

Summary

The law n°2003-699 of July 30th, 2003 introduced a new requirement related to risks assessment. This law requires that hazardous industrial installations assess the probability of potential major accidents susceptible to be generated, by assessing the performance of the technical and human safety measures. This evolution implies an effort of homogenisation of the approaches used until now to assess the performances of the technical and human safety measures so that they eventually can be used to determine the probability of the potential accident. It is also the occasion to simplify the existing methods and to make them more compatible with the time resources and with the skills of the engineers in charge of their application. In this context, INERIS has developed, in partnership with various manufacturers, two probabilistic methods aiming at assessing the technical and human safety measures : « Omega 10 » for the technical safety measures and « Omega 20 » for the human safety measures. Being inspired by Omega 10, Omega 20 proposes a structured approach, articulating well with classic risk analysis methods. Both are based on a set of criteria allowing to verify and to justify the performance of the human safety measures and if necessary to identify potential improvements for these measures. The first elements of user feedback are encouraging. They show that the set of criteria allow to treat certain safety problems which would not have been managed and that the link between the technical measures and the human measures presents a real advantage on the educational point of view.

1. Introduction

Deux ans après la catastrophe survenue le 21 septembre 2001 dans le dépôt de nitrate d'ammonium de l'établissement AZF à Toulouse, la loi n°2003-699 du 30 juillet 2003 (dite loi Bachelot) relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages (JO du 31 juillet 2003) demande aux installations classées soumises à autorisation, la réalisation d'une étude de dangers « *qui prend en compte la probabilité d'occurrence, la cinétique et la gravité des accidents potentiels selon une méthodologie qu'elle explicite* » (article 4). Il est également stipulé que cette loi doit définir et justifier « *les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents* » (article 4). En complément, l'article 4 de l'arrêté du 29 septembre 2005 précise que pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, des mesures de maîtrise des risques doivent être « *efficaces, avoir une cinétique de mise en œuvre en adéquation avec celle des évènements à maîtriser, être testées, maintenues de façon à garantir la pérennité du positionnement précité* ».

Dans ce contexte, et dans le cadre d'un programme d'étude financé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT), l'INERIS[1] a développé, en partenariat avec différents industriels, une démarche d'évaluation probabiliste des mesures de maîtrise des risques. Cette démarche comprend deux méthodes : la méthode Oméga 10 ([1]) visant à évaluer les mesures techniques de maîtrise des risques et la méthode Oméga 20 ([2]) visant à évaluer les mesures humaines de maîtrise des risques. Soumises à des impératifs d'applicabilité par des analystes de sûreté au profil technique, les méthodes Oméga 10 et Oméga 20 sont fondées sur une même approche de la sécurité, accordant une place de première importance au concept de mesure de maîtrise des risques désigné par ci-dessous par « barrière de sécurité ». Ces méthodes présentent également des similitudes relatives aux différentes étapes qu'elles comportent.

L'objectif de cette communication est de présenter une analyse croisée des modalités d'application des méthodes Oméga 10 et Oméga 20 ; il est également d'apprécier l'homogénéité de ces approches, compte-tenu de la nécessaire agrégation des composantes techniques et humaines du système socio-technique analysé en vue de l'évaluation globale de son niveau de sécurité. L'enjeu est enfin de repérer les

[1] L'Institut National de l'Environnement et des Risques Industriels est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial placé sous la tutelle du MEEDDAT. L'INERIS a pour mission de réaliser ou faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif.

avantages et limites de la méthode Oméga 20 développée pour intégrer les facteurs humains dans l'analyse et la maîtrise des risques et de dégager des perspectives d'évolution.

2. Quelques éléments réglementaires et méthodologiques

La loi n° 76-663 du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (intégrée dans le code de l'environnement depuis 2000) et son décret d'application n° 77-1133 du 21 septembre 1977 codifié au livre V titre 1 partie réglementaire du code de l'environnement prévoient que les installations industrielles d'une certaine importance[2] doivent, dans un souci de protection de l'environnement, préalablement à leur mise en service, faire l'objet d'une autorisation prise sous la forme d'un arrêté préfectoral qui fixe les dispositions que l'exploitant devra respecter pour assurer cette protection. Dans ce cadre, l'exploitant doit constituer un dossier de déclaration comportant une étude de dangers (EDD) justifiant que le projet permet d'atteindre, dans des conditions économiquement acceptables, un niveau de risque aussi bas que possible, compte tenu des connaissances et des pratiques et de la vulnérabilité de l'environnement de l'installation.

Une étude de dangers a pour objet de « *rendre compte de l'examen effectué par l'exploitant pour caractériser, analyser, évaluer, prévenir et réduire les risques d'une installation ou d'un groupe d'installations, autant que technologiquement réalisable et économiquement acceptable, que leurs causes soient intrinsèques aux produits utilisés, liées aux procédés mis en œuvre ou dues à la proximité d'autres risques d'origine interne ou externe à l'installation.* […] *Elle précise l'ensemble des mesures de maîtrise des risques mises en œuvre à l'intérieur de l'établissement, qui réduisent le risque à l'intérieur et à l'extérieur de l'établissement* » ([3]). Son contenu doit permettre de « *servir de base à l'élaboration des servitudes d'utilité publiques, des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) et à la définition de règles d'urbanisation…*[et] *élaborer les plans d'urgence: les plans d'opérations interne (POI), les plans particuliers d'intervention (PPI)* » ([3]).

La figure n°1 présente, à titre d'exemple, les différents scénarios susceptibles de conduire à un nuage toxique et pour chacun d'eux les Barrières Techniques de Sécurité (BTS), ou Barrières Humaines de Sécurité (BHS), prévues pour en maîtriser le risque. Cet exemple est issu du domaine de la chimie fine. La réaction dont il s'agit met en œuvre des composés toxiques et présente un potentiel d'emballement thermique. Ce phénomène correspond à la perte de contrôle de la température qui se traduit par une augmentation de la vitesse de réaction et une augmentation en température et pression dans l'enceinte du réacteur.

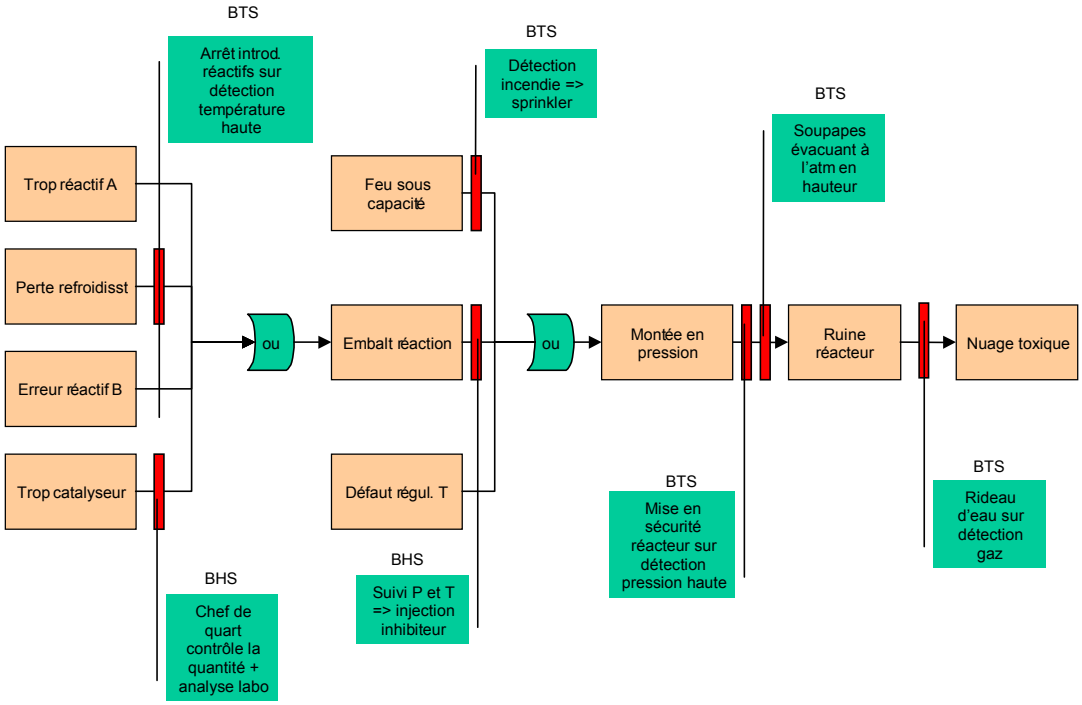


Figure n°1 : Exemple d 'évaluation des risques

L'article 3 de l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation (JO n° 234 du 7 octobre 2005) précise que « la probabilité [des accidents potentiels] peut être déterminée selon trois types de méthodes : de type qualitatif, semi-quantitatif ou quantitatif ». Ces méthodes doivent permettre « *d'inscrire les phénomènes dangereux et accidents potentiels sur l'échelle de probabilité à cinq classes définie en annexe 1 du présent arrêté* ».

[2] « *Sont soumis aux dispositions de la présente loi les usines, ateliers, dépôts, chantiers et d'une manière générale les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments* ». (Article 1er de la loi du 19 juillet 1976 codifié à l'article L 511-1 du code de l'environnement) ; « *Les dispositions de la présente loi sont également applicables aux exploitations de carrières aux sens des articles 1er et 4 du code minier* ». (Loi n° 93-3 du 4 janvier 1993)

Classe de probabilité / Type d'appréciation	E	D	C	B	A
qualitative[1] (les définitions entre guillemets ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants)[2]	« événement possible mais extrêmement peu probable » : *n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années installations..*	« événement très improbable » : *s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.*	« événement improbable » : *un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité.*	« événement probable» : *s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation.*	« événement courant » : *s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.*
semi-quantitative	**Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte des mesures de maîtrise des risques mises en place, conformément à l'article 4 du présent arrêté**				
Quantitative (par unité et par an)		10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}

Figure n°2 Echelle de probabilité

3. Problématique

L'évolution de la réglementation implique deux principales améliorations des méthodologies actuelles :

- **Amélioration de l'homogénéité des méthodes** : l'évaluation de la probabilité des accidents potentiels implique de se doter d'une méthodologie permettant d'agréger à la fois les résultats issus de l'évaluation probabiliste des barrières techniques et ceux issus de l'évaluation probabiliste des barrières humaines. De la sorte, l'évolution de la réglementation implique un effort d'homogénéisation des approches utilisées jusqu'alors pour appréhender les performances des barrières techniques et humaines.
- **Amélioration de l'utilisabilité des méthodes** : compte tenu du nombre de barrières de sécurité présentes sur les installations industrielles à risques (jusqu'à plusieurs centaines pour une raffinerie par exemple), le travail d'évaluation de la performance de ces barrières dans le cadre de l'étude détaillée des risques peut vite s'avérer colossal et donc coûteux. Toutefois, il semble qu'aucune des méthodes d'évaluation de la fiabilité humaine existantes n'ait véritablement emporté l'adhésion des industriels au point d'être utilisée pour démontrer la sécurité de leurs installations.

Tirant le bilan des limites et difficultés des outils existants, l'INERIS s'est donc donné comme objectif de développer des méthodes les plus génériques possibles, applicables conjointement pour les BTS et BHS et autant que possible par des non-spécialistes de ces deux disciplines (fiabilité technique et fiabilité humaine), donc des méthodes les plus pragmatiques possibles, applicables avec les informations, les compétences et les ressources mobilisables par un site industriel. C'est dans ce contexte que l'INERIS a développé les méthodes Oméga 10 et Oméga 20 permettant respectivement de traiter de l'évaluation des performances des barrières techniques et humaines de Sécurité.

4. Caractéristiques des barrières de sécurité

La réglementation accorde une place de première importance aux barrières de sécurité, à la fois techniques et humaines. D'abord utilisé pour designer des systèmes techniques, le concept de « barrière » a été progressivement utilisé également pour désigner des actions humaines. Cette évolution est révélatrice de l'évolution du regard porté sur le rôle des hommes vis-à-vis de la sécurité. A la lumière d'analyses approfondies d'accidents industriels majeurs, et notamment de celui de Three Mile Island (1979), le comportement des hommes est apparu d'autant plus important que celui des systèmes techniques apparaissait moins fiable qu'on ne le pensait.

Le « Glossaire Technique des Risques Technologiques » (référence [4]), conçu par le MEEDDAT et destiné à éclairer la lecture des textes réglementaires, définit une barrière de sécurité comme un *ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité*. Les barrières de Sécurité se définissent par la fonction de sécurité qu'elles assurent vis-à-vis d'un scénario d'accident majeur. Les fonctions de sécurité peuvent être exprimées par l'intermédiaire de verbes d'actions à accomplir, comme : «éviter » ou « prévenir l'occurrence d'un événement ». Par exemple, une fonction de sécurité peut être « prévenir une fuite », « contrôler la montée en température ». Les fonctions de sécurité peuvent être assurées à partir de BTS, de BHS, ou plus généralement par la combinaison des deux.

Les BTS peuvent être divisées en trois catégories : les dispositifs passifs qui ne nécessitent ni action humaine, ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction (cuvettes de rétention, disques de rupture, arrête-flammes, murs pare-feu) ; les dispositifs actifs qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressort, levier…) pour remplir leur fonction (soupapes de décharge ; clapets limiteurs de débit, …), et les Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) qui sont des combinaisons de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous-fonction de sécurité.

Les BHS sont fondées sur une intervention humaine, composée d'une ou plusieurs tâches conçues pour assurer la maîtrise des paramètres de sécurité. La mise en œuvre des BHS relève principalement de la surveillance ou de l'action sur les éléments de sécurité ou agresseurs de l'installation. Dans cette perspective, la méthode Oméga 20 décompose les BHS en trois tâches : détection, traitement de l'information et action.

La figure n°3 présente de manière simplifiée la structure et le fonctionnement des SIS et des BHS. L'installation dangereuse est modélisée sous la forme de deux états : état normal et état anormal. Les SIS et les BHS ont pour fonction de maintenir l'installation dans un état normal à partir d'une surveillance permanente ou périodique.

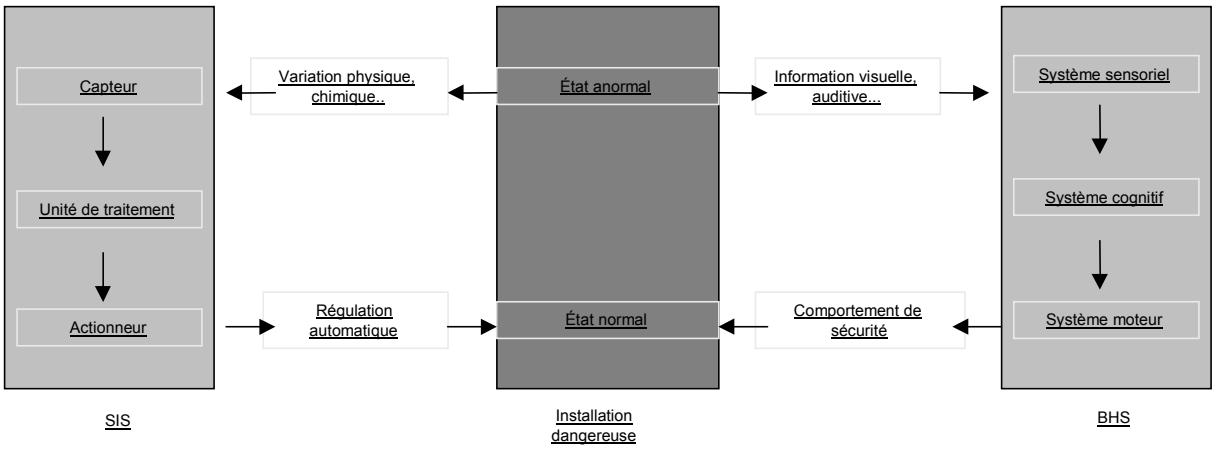


Figure n°3 : Représentation structurelle et fonctionnelle des SIS et des BHS

5. Analyse comparée des modalités d'évaluation des méthodes Oméga 10 et Oméga 20

Les méthodes Oméga 10 et Oméga 20 se fondent sur une démarche commune comportant deux étapes distinctes :

- La sélection des barrières de sécurité,
- L'évaluation de leur niveau de confiance.

Les étapes de sélection et d'évaluation du niveau de confiance sont successivement présentées ci-dessous à partir d'exemples tirés de l'utilisation de ces méthodes. Cette présentation vise à donner une compréhension globale de la démarche et a pour ambition d'illustrer les modalités d'application de certains des principes et critères de performance envisagés, sans passer en revue de façon exhaustive l'ensemble des critères de chacune des méthodes.

5.1. Première étape : Sélection des barrières

Pour être sélectionnées, les barrières de sécurité doivent satisfaire les trois exigences suivantes :

- Indépendance : les barrières de sécurité doivent être indépendantes vis-à-vis de la cause du scénario d'accident ; l'objectif est de s'assurer de la disponibilité de la barrière indépendamment de l'origine et des conséquences de l'événement initiateur.
- Efficacité : la barrière de sécurité doit être conçue et "dimensionnée" afin de remplir sa fonction de sécurité et résister aux éventuelles agressions extérieures.
- Temps de réponse : la barrière doit agir dans un laps de temps en adéquation avec la cinétique du phénomène dangereux considéré.

5.1.1. Vérification de l'indépendance de la barrière de sécurité

Pour une barrière technique de sécurité (Oméga 10), la vérification de ce principe est plutôt simple. Par exemple, si un capteur de niveau est employé pour détecter la fin du remplissage d'un réservoir, il ne pourra assurer la détection d'un surremplissage si celui-ci est causé par la défaillance du capteur lui-même. C'est pourquoi, dans le cas évoqué ici, on exigera un capteur dédié à la sécurité, en plus d'un capteur dédié à l'exploitation. Dans le même ordre d'idée, on exigera de ce capteur qu'il soit conçu pour une utilisation en sécurité : il doit présenter un certain nombre de caractéristiques (exemple : conception simple et robustesse).

Pour une barrière humaine de sécurité (Oméga 20), l'objectif est d'assurer un certain degré d'indépendance entre l'activité de sécurité et l'activité génératrice du scénario d'accident afin que la cause du scénario d'accident ne constitue pas un mode de défaillance de l'activité de sécurité. Un moyen d'assurer cette indépendance est d'exiger que l'activité de sécurité (par exemple un contrôle de paramètre d'exploitation) soit réalisée par un autre opérateur que celui qui pilote le process exploité. Toutefois, si ce moyen constitue probablement le moyen le plus adapté pour assurer une certaine indépendance de la barrière, l'expérience montre que cette organisation, coûteuse en ressource, n'est pas toujours compatible avec les contraintes économiques de l'exploitation.

L'observation des pratiques opératoires par l'INERIS a permis de proposer une alternative pour dépasser cette difficulté. En effet, les modes opératoires comportent une succession de tâches, certaines participant à l'exploitation du système, d'autres étant spécifiquement dédiées à la sécurité. Exemples : phases de contrôle de paramètre, de vérification d'un montage, d'auto-contrôle,… Un autre moyen d'assurer l'indépendance de la barrière consiste à dissocier dans le temps les tâches pouvant être considérées comme des actions de prévention dédiées à la sécurité et les tâches d'exploitation potentiellement génératrices d'erreurs que l'on cherche à éviter (critère de séparation temporelle). Ainsi, la vérification de la position d'une vanne n'aura pas de statut de tâche indépendante si elle est réalisée dans la même séquence que sa manipulation : il sera exigé de réaliser une étape de vérification d'un ensemble de paramètres, dont la position de la vanne, à l'aide d'outils de type check-list par exemple) qui constituera un jalon entre la disposition d'un circuit et sa mise en service. L'objectif de la barrière étant ici de détecter une vanne ouverte à la place d'une vanne fermée.

5.1.2. Vérification de l'efficacité de la barrière de sécurité

L'efficacité est évaluée en référence à la fonction de sécurité assurée. La barrière doit être étudiée en fonctionnement nominal dans son contexte spécifique d'utilisation. L'évaluation de l'efficacité repose en premier lieu sur les principes de « dimensionnement adapté » et de « résistance aux contraintes spécifiques ».

5.1.2.1. Dimensionnement adapté

Par exemple, l'efficacité d'un disque de rupture d'un réacteur dépend de la valeur de pression de rupture et du diamètre de décharge : c'est la vérification du dimensionnement adapté au scénario à maîtriser. Pour une vanne de sécurité située dans une cuvette de rétention où est

susceptible d'apparaître un feu (feu de cuvette), l'efficacité de la vanne pourra être remise en cause si celle-ci n'est pas conçue pour résister aux effets thermiques du feu.
Qu'en est-il de l'efficacité d'une activité de sécurité réalisée par l'homme ?
Le concept de dimensionnement adapté se transpose relativement aisément en questionnant l'adaptation des éléments techniques aux capacités physiques et physiologiques humaines : l'alarme est-elle audible ? La vanne est-elle manœuvrable ? Des questions apparemment triviales mais qui peuvent parfois permettre de détecter des insuffisances datant de la phase de conception des installations (exemple : une alarme devant alerter l'opérateur reportée avec l'ensemble des alarmes de défaut dans un local technique fermé et accessible uniquement au personnel de maintenance) ou des difficultés apparues avec la modification des installations au fil du temps (exemple : une vanne de sécurité déplacée pour faire de la place à un nouvel équipement sans que son accessibilité en urgence ait été prise en compte comme critère impératif).

5.1.2.2. Résistance aux contraintes spécifiques

La vérification du concept de résistance aux contraintes spécifiques correspond à vérifier que les contraintes liées au contexte d'utilisation de la barrière (contraintes liées à l'environnement, à l'exploitation, aux produits mis en œuvre,...) ne remettent pas en question le fonctionnement des éléments constitutifs de la barrière. Pour les barrières humaines, il s'agit notamment de vérifier que les acteurs devant réaliser les actions de sécurité seront protégés du contexte accidentel du scénario : en cas d'intervention dans un nuage de gaz toxique, des équipements de protection individuels sont-ils prévus ? Sont-ils adaptés pour protéger l'opérateur devant intervenir ? En cas d'intervention pour la maîtrise d'un incendie, les moyens d'intervention sont-ils positionnés de manière à ne pas exposer l'opérateur qui devra les actionner ? C'est aussi parfois l'occasion de se reposer la question du dimensionnement adapté : si l'opérateur doit revêtir une combinaison de type scaphandre, a-t-il toujours la liberté de mouvement nécessaire à l'opération à réaliser ?

5.1.3. Vérification de l'adéquation du temps de réponse de la barrière de sécurité

Si l'action de sécurité qu'une barrière assure, aussi efficace et performante soit-elle, est réalisée une fois l'accident pleinement développé, l'utilité de cette barrière risque fort d'être réduite à néant. C'est pourquoi le temps de réponse de la barrière doit être évalué de sorte à pouvoir vérifier la bonne adéquation entre le délai de réalisation de l'action et la cinétique du phénomène à maîtriser. Le temps de réponse de la barrière doit être estimé dans son contexte réel d'utilisation : par exemple, le temps nécessaire pour fermer une vanne sur une tuyauterie est plus important pour une tuyauterie contenant un liquide visqueux.

Pour un SIS, le temps total de réponse de la barrière est la somme des temps de réponse des trois sous-systèmes, capteur, unité de traitement, actionneur. Pour une barrière humaine, le temps de réponse est également susceptible d'être une somme de temps élémentaires consacrés à chacune des actions successives réalisées par le ou les opérateurs en charge de réaliser la fonction de sécurité. Ainsi, une barrière de type « intervention sur détection d'un incendie par une ronde de surveillance » devra inclure le délai de détection du phénomène (dépendant de la périodicité de la ronde), le délai de mise en œuvre des moyens d'intervention jusqu'à réalisation de la fonction de sécurité, mais aussi un temps nécessaire au diagnostic de la situation, et, dans le cas fréquent où plusieurs personnes interagissent (un rondier, un personnel d'astreinte recevant l'alerte, des pompiers venant en intervention, …), un temps non négligeable consacré à cette étape d'échange d'informations, de coordination, de prise de décision en amont de l'intervention, voire de gestion des perturbations qui peuvent survenir en cours d'intervention.

Il est également nécessaire d'examiner les « conditions environnementales » dans la mesure où celles-ci peuvent augmenter les temps de réponse. Par exemple, si une personne doit intervenir sur une fuite de gaz toxique et fermer une vanne à l'intérieur du nuage de gaz créé par la fuite, il devra probablement mettre un Equipement de Protection Individuelle (EPI). Le temps qui lui correspond doit être inclus dans le temps de réponse global de la barrière. Autre exemple, dans des conditions ambiantes d'humidité certains nuages de gaz vont se transformer en brouillard dense. Ainsi, le manque de visibilité du à la formation de ce brouillard peut augmenter le délai nécessaire par la personne à retrouver son chemin, à lire des instructions ou des paramètres sur des panneaux d'affichage, à activer le bouton de commande correct,…

5.2. Deuxième étape : Evaluation du niveau de confiance

Le niveau de confiance d'une barrière est un indicateur de la probabilité de défaillance de la barrière de sécurité. Il correspond à un facteur de réduction du risque d'accident. Le niveau de confiance d'une barrière de sécurité est un nombre entier s'inscrivant dans une échelle discrète comme le montre le tableau n°1. Un niveau de confiance égal à 2 signifie que la probabilité de défaillance d'une barrière sollicitée est au maximum de 10^{-2}.

Tableau n°1 : Niveaux de confiance et niveau de probabilité associé

Niveau de confiance	Probabilité de défaillance à la demande
1	$10^{-2} \leq PFD < 10^{-1}$
2	$10^{-3} \leq PFD < 10^{-2}$
3	$10^{-4} \leq PFD < 10^{-3}$

Les modalités d'évaluation du niveau de confiance sont présentées ci-dessous pour les méthodes Oméga 10 et Oméga 20.

5.2.1. Barrières techniques (méthode Oméga 10)

Pour les barrières techniques de sécurité, l'évaluation du niveau de confiance nécessite en préalable d'examiner, pour chaque composante de la barrière technique, les principes suivants :

- Principe de sécurité positive : un équipement est défini à sécurité positive lorsqu'une perte du fluide moteur ou des utilités (réseau pneumatique ou hydraulique), conduit l'équipement à se mettre en situation sécuritaire stable ; la position de sécurité doit être maintenue dans le temps.
- Principe de testabilité et maintenabilité : la performance des BTS se dégrade dans le temps lorsque aucune maintenance n'est mise en place. Le maintien des performances dans le temps doit être assuré par la mise en œuvre d'une maintenance et d'une inspection adaptées.
- Principe de « concept éprouvé » : voir ci-dessous.
- Principe de bonne gestion des mises hors service : voir ci-dessous.

Chacun de ces principes est décliné en différents critères minimaux, l'évaluation s'effectuant selon une approche qualitative.

Exemple du principe de concept éprouvé :
Un dispositif utilisé à des fins de sécurité devra satisfaire au principe de concept éprouvé. Il faudra donc qu'il réponde pour cela aux exigences suivantes :

- soit l'équipement a subit des tests de qualification pour un usage précis correspondant au contexte de mise en place sur site.
- soit il est utilisé depuis plusieurs années sur des sites industriels et le retour d'expérience est bon. La qualité du retour d'expérience sera évaluée en s'appuyant sur le retour d'expérience de l'utilisateur, du fournisseur, sur l'accidentologie sur des installations similaires, sur les standards ou normes applicables.

Le concept éprouvé est un principe à utiliser avec précaution ! Il faudra s'assurer que la notion de concept éprouvé fait référence à des contextes d'utilisation similaires à ceux du site où le dispositif est mis en œuvre (contexte et historique d'utilisation, maintenance, organisation, taux de sollicitation, etc).

Exemple de la gestion des mises hors service :
La mise hors service d'une barrière peut intervenir de différentes façons qui seront à recenser en fonction de la barrière et de son contexte de mise en œuvre : suite à des interventions intempestives (erreur de manipulation, de configuration,…) ou encore par by-pass volontaire de la barrière (au cours d'essais périodiques de fonctionnement, en cas de défaillance d'un dispositif lors de sa réparation par exemple,...).
Ici, on cherchera donc à s'assurer que des mesures sont prises pour éviter des interventions intempestives ou pour gérer les périodes de by-pass. Les questions suivantes permettent de vérifier ces principes :

- Peut-on accéder facilement et manœuvrer facilement la barrière ? Peut-on modifier la configuration de la barrière ?
- Les personnes intervenant sur la barrière sont-elles aptes à le faire ?
- Existe-il un système de verrouillage de la barrière (clé, code d'accès, …) ?
- Quelles sont les procédures mises en œuvre pour gérer les shunts ?
- Comment s'assure-t-on de la remise en service de la barrière après un shunt ?

L'allocation d'un niveau de confiance se fait ensuite en fonction de caractéristiques d'architecture des composants unitaires de la barrière, selon les principes des normes de sécurité fonctionnelle NF EN 61508 et NF EN 61511 ([5] et [6]). Elle résulte de la combinaison de deux paramètres, et du type de dispositif (simple ou complexe) :
- tolérance de la barrière aux anomalies matérielles : une fonction de sécurité est dite tolérante à une anomalie si la panne d'un des composants ne perturbe pas sa réalisation ; par exemple deux détecteurs de gaz couvrant une même zone permettant d'assurer la détection d'une fuite même en cas de panne d'un des deux détecteurs,
- taux de défaillances en sécurité : c'est le taux de panne ne conduisant pas à la perte de la fonction de sécurité.

Pour les dispositifs passifs, considérés comme intrinsèquement plus fiables, la démarche repose sur une approche forfaitaire, justifiée par l'analyse du retour d'expérience de ce type de barrières. Cette approche consiste à attribuer à ces barrières, par défaut, un niveau de confiance de 2, puis à vérifier s'il existe des facteurs particuliers liés à la configuration de la barrière qui pourraient venir minorer ou majorer ce niveau de confiance.

5.2.2. Barrières humaines (méthode Oméga 20)

La transposition aux barrières humaines de sécurité de la démarche d'évaluation du niveau de confiance des SIS et des barrières actives apparaît moins évidente, même si on peut tenter par exemple de comparer la maintenance d'un dispositif technique avec la formation et l'entraînement d'un opérateur pou la réalisation d'une tâche. L'approche choisie pour l'allocation d'un niveau de confiance aux barrières humaines se rapproche davantage de l'approche valable pour les dispositifs passifs, à savoir une approche forfaitaire prudente et la minoration du niveau de confiance par identification de facteurs de fragilité ou de prédisposition à la non-fiabilité de l'activité humaine considérée. Ces facteurs sont recensés parmi des caractéristiques de la tâche et ses conditions de réalisation.

Ainsi, l'évaluation des barrières humaines de sécurité procède de l'évaluation des caractéristiques telles que : perceptibilité et intelligibilité, des signaux et informations, disponibilité de l'opérateur, complexité de la tâche… Par défaut, le niveau de confiance d'une BHS est de 2. L'approche proposée par l'Oméga 20 consiste, pour chaque tâche que comporte la barrière humaine de sécurité (détection, traitement des informations et action) à identifier, parmi trois classes de situations types proposées, celle qui correspond le mieux aux conditions présumées de mise en œuvre. Chaque classe étant associée à un niveau de décote, l'approche consiste ensuite à soustraire du niveau de confiance initial de la barrière humaine de sécurité (égal à 2) la somme des décotes issues de l'évaluation des trois tâches de la barrière.

Le Tableau 1 (extrait de la méthode Oméga 20) présente le tableau de correspondance conçu pour évaluer la composante relative au traitement de l'information des barrières humaines de Sécurité. Ce tableau comprend un ensemble d'assertions et pour chacune d'elles une valeur de décote du niveau de confiance : 0 lorsque les caractéristiques de mise en œuvre apparaissent favorables à la bonne réalisation de la barrière ; 2 dans le cas contraire ; 1 lorsque les caractéristiques sont "moyennement" favorables.

Tableau n°2 : Tableau d'évaluation de la tâche de traitement de l'information d'une Barrière Humaine de Sécurité

Décote	Caractéristiques
0	Diagnostic nécessitant peu ou pas de traitement : Information directe non sujette à interprétation sur l'état du système et la localisation de l'accident, de l'incident ou du défaut ou information indirecte (ex : une montée en pression est signalée par une augmentation de température) nécessitant un traitement trivial. Et pas de contrainte temporelle significative par rapport au déroulement du scénario. Et choix d'action facile : Une seule action envisageable.
1	Diagnostic nécessitant un traitement : Information indirecte nécessitant un traitement limité (calculs simples, réflexion simple mobilisant des connaissances fondamentales de l'activité). Et pas de contrainte temporelle significative par rapport au déroulement du scénario. et/ou choix d'action limité : Une action à retenir parmi quelques actions envisageables avec une réflexion simple.
2	Diagnostic complexe ou impossible : Informations indirectes demandant un traitement difficile (calculs complexes, réflexion importante mobilisant des connaissances fondamentales de l'activité, réflexion mobilisant des connaissances externes à l'activité) ou informations disponibles ne permettant pas d'identifier le problème. Ou forte contrainte temporelle par rapport au déroulement du scénario. Ou choix d'action difficile : Une action à retenir parmi quelques actions envisageables avec une réflexion importante ou nombre important de choix d'actions possibles.

L'évaluation des critères de sélection et celle des critères de confiance sont d'un niveau de généralité tel qu'il n'est pas d'emblée possible de les évaluer. En effet, leur évaluation suppose un effort de « traduction opérationnelle », le plus souvent en groupe de travail, consistant pour chacun de ces critères à repérer dans les situations réelles de travail, par nature complexes et toujours spécifiques, les caractéristiques permettant de renseigner ces critères. Ainsi, l'évaluation de la complexité du diagnostic nécessitera de prendre en compte, selon les cas, les outils ou procédures à disposition ou parfois la précision des informations retransmises en salle de commande.

6. Discussion

L'analyse croisée des méthodes d'évaluation des Barrières Techniques de Sécurité (Oméga 10) et des Barrières Humaines de Sécurité (Oméga 20) met en évidence plusieurs similitudes. Le Tableau n°3 présente de façon synthétique l'ossature générale commune aux barrières techniques et aux barrières humaines de sécurité adoptée dans les méthodes développées par l'INERIS. Ce tableau met ainsi en exergue les points de convergence et les transpositions effectuées sur la base des critères et principes choisis pour entrer dans l'évaluation de la fiabilité technique et humaine.

Tableau n°3 : Points de convergence entre les démarches d'évaluation des Barrières Techniques (Ω10) et des Barrières Humaines (Ω20) de Sécurité

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2"></th><th colspan="2">BTS (Oméga 10)</th><th rowspan="2">BHS (Oméga 20)</th></tr>
<tr><th>SIS et dispositifs actifs</th><th>Dispositifs passifs</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Sélection de la barrière</td><td>Indépendance</td><td colspan="2">Exigences sur les matériels dédiés à la sécurité.</td><td>Exigences sur la redondance de la tâche de sécurité vis-à-vis de la tâche source d'erreur</td></tr>
<tr><td>Efficacité</td><td colspan="2">Dimensionnement adapté
Résistance aux contraintes spécifiques.</td><td>Transposition du dimensionnement adapté
Transposition de la résistance aux contraintes spécifiques</td></tr>
<tr><td>Temps de réponse</td><td colspan="2">Adéquation avec la cinétique du phénomène à maîtriser.</td><td>Adéquation avec la cinétique du phénomène à maîtriser</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Attribution d'un niveau de confiance (NC)</td><td>Critères minimaux de performance</td><td colspan="2">Principe de « concept éprouvé ».
Principe de sécurité positive.
Principe de bonne gestion des mises hors service.
Principe de testabilité et maintenabilité.</td><td>Conditions de formation, entraînements et qualité des procédures

Conditions de gestion de la communication, coordination des acteurs</td></tr>
<tr><td>Allocation du NC</td><td>Combinaison de :
– Type de dispositif.
– Tolérance de la barrière aux anomalies matérielles.
– Taux de défaillances en sécurité.</td><td>Approche forfaitaire puis, le cas échéant, prise en compte de facteurs de majoration ou de minoration du NC selon les modes de défaillance et leur gestion</td><td>Prise en compte de facteurs de minoration du NC nominal par combinaison des critères :
– Clarté ou facilité d'obtention de l'info /disponibilité de l'opérateur
– Complexité du traitement de l'information -diagnostic /pression temporelle / ambiguïté du choix de l'action
– Pression temporelle / complexité de la tâche</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pérennité du niveau de confiance</td><td colspan="2">Pris en compte par la vérification de la mise en place d'actions de maintenance et de tests</td><td>Pris en compte au travers des formations, entraînements, recyclages et procédures mis en place par l'exploitant</td></tr>
</table>

Ce tableau montre que la sélection des barrières humaines s'opère selon des critères comparables à ceux prévus pour la sélection des barrières techniques. Par exemple, il s'agit dans les 2 cas de vérifier l'indépendance des moyens, techniques ou humains, prévus pour assurer le fonctionnement des barrières. Par ailleurs, l'évaluation du niveau de confiance procède dans les deux cas de la vérification d'un ensemble de critères minimaux et de l'évaluation a priori, du comportement des barrières, à partir d'un ensemble de critères de performance. L'évaluation de la maintenabilité des barrières techniques équivaut à l'évaluation des conditions organisationnelles de gestion des barrières humaines (condition de formation, de gestion des communications,…).

Ces similitudes mettent en évidence la volonté de traiter des barrières humaines avec la même rigueur que les barrières techniques. Ces similitudes ont également pour objectif de faciliter la mise en œuvre de l'Oméga 20 par des ingénieurs de formation technique, familiers des principes relatifs à la fiabilité technique. Toutefois, l'analyse de ce tableau montre également que certains critères techniques n'ont pas été transposés aussi « mécaniquement » pour l'évaluation des barrières humaines. Par exemple, il n'apparaît dans ce tableau pas de véritables équivalents pour les critères de « testabilité » et de « concept éprouvé » alors qu'une expérimentation ou une validation des barrières humaines ou bien un retour d'expérience minimal pourraient être exigés parmi les conditions de sélection des barrières humaines.

Il est sans doute possible d'allonger la liste des critères d'évaluation des barrières humaines. Par exemple, la méthode Oméga 20 ne prend pas en compte les facteurs motivationnels et émotionnels spécifiques des comportements humains. La culture de sûreté n'est pas non plus intégrée parmi les critères d'évaluations des BHS…En effet, comme indiqué dans l'Oméga 20, les critères proposés permettent « *d'aborder les principaux facteurs pouvant dégrader la performance de la barrière humaine de sécurité […] Cette méthodologie prend en compte de façon très partielle certains facteurs excessivement difficiles à apprécier de façon simple…les dynamiques de groupes…la qualité des interfaces hommes-machines complexes…* ». Ces limites ne sont pas spécifiques de l'Oméga 20. En effet, "on est toujours amené à choisir un compromis entre un niveau de détail trop fin, qui fait exploser les ressources nécessaires au calcul, et un niveau trop grossier, qui fournit des résultats imprécis ou si agrégés que l'on ne peut y distinguer ce à quoi on s'intéresse" ([7]).

L'Oméga 20 présente l'avantage de simplifier la complexité du comportement humain. Cette même caractéristique est également parfois perçue comme un inconvénient, considérant que l'incomplétude des critères fixés ne permet pas de produire une évaluation réaliste. D'une manière plus générale, l'Oméga 20 va au-devant de critiques déjà formulées à l'égard des méthodes d'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine, relevant davantage du débat entourant l'évaluation probabiliste de la fiabilité humaine que du contenu même de ces méthodes. En voici quelques unes :

- Ces approches suggèrent la prédictibilité du comportement humain, or pour un certain nombre, les erreurs humaines sont imprévisibles…pourquoi les performances humaines le seraient ?

- Les comportements humains sont liés à de multiples variables interdépendantes qui pour partie échappent à l'observation directe et objective (mécanismes perceptifs, cognitifs,…).
- Ces approches appellent l'idée d'une certaine invariabilité des caractéristiques de l'homme, de son environnement et de son travail…perception souvent rémanente mais toujours invalidée par l'expérience.
- Ces approches suggèrent la mesure possible des performances humaines or, pour bon nombre d'acteurs concernés par la maîtrise des risques, la mesure réfère plus classiquement à une grandeur physique (longueur, surface…).
- Ces approches impliquent également une part de jugement qualitatif nécessairement assortie d'incertitudes…difficilement tolérables dans des industries à haut risques.

Certaines de ces critiques pourraient également s'appliquer à l'évaluation probabiliste des systèmes techniques. Par exemple, l'évaluation probabiliste des barrières techniques implique également une part de jugement qualitatif ou « jugement d'expert » visant à compenser les limites des bases de données. Avec l'Oméga 20, l'INERIS propose de dépasser ce débat pour s'intéresser au développement d'outils pragmatiques permettant effectivement d'accompagner l'amélioration des performances de la sécurité des industries. Pour l'INERIS, l'important apparaît davantage de recueillir des données de qualité permettant de renseigner les critères fixés et ainsi de limiter l'incertitude que de multiplier ces critères. A ce titre, comme pour l'évaluation des barrières techniques, le recueil de données constitue un enjeu central de l'évaluation des barrières humaines.

La méthode de recueil de données repose dans les deux cas sur l'animation d'un groupe de travail constitué d'un ensemble de personnes chargées de la conception, de la maintenance, de la mise en œuvre des barrières ou en enfin de leur surveillance. L'Oméga 20 indique que « *la qualité de l'évaluation dépendra notamment du niveau de connaissance des participants au groupe de travail….il est important d'avoir à disposition un maximum d'éléments d'appréciation de la situation du scénario auquel la barrière est associée. Il pourra être utile, si c'est possible, de se rendre sur le lieu d'action* ». Le cas échant, la méthode encourage l'approfondissement de l'analyse et la mobilisation de connaissances supplémentaires avec l'aide de spécialistes du domaine des facteurs humains [2]. L'INERIS mène actuellement une réflexion sur les conditions de la participation des différents acteurs à la démarche d'évaluation, sur l'élaboration d'un indice de qualité des résultats d'évaluation et sur une définition plus précise des cas de figure justifiant le recours à des spécialistes du domaine des facteurs humains et organisationnels.

7. Conclusion

L'Oméga 10 et l'Oméga 20 partagent l'idée que les performances des barrières de sécurité sont étroitement liées au contexte réel de leur mise en œuvre. Autrement dit, il s'agit, à l'occasion de l'évaluation probabiliste des barrières de se préoccuper des écarts, parfois importants, entre les conditions théoriques et les conditions effectives de mise en œuvre. S'inspirant de l'Oméga 10, l'Oméga 20 propose une démarche structurée visant à accompagner la détection de ces écarts et l'évaluation de la robustesse des barrières humaines de sécurité prévues. Cette communication soutient l'idée qu'en dépit des différences évidentes qui séparent les systèmes humains des systèmes techniques, l'évaluation probabiliste des barrières Humaines de Sécurité gagne à s'inspirer des approches issues de la sûreté de fonctionnement. L'Oméga 20 propose ainsi une approche cohérente avec la méthode Oméga 10 permettant de conduire une évaluation la plus homogène possible des barrières techniques et des humaines. Plus globalement, l'Oméga 20, comme l'Oméga 10, basées sur l'animation d'un groupe de travail, s'articulent bien avec les démarches classiques d'analyse de risques.

L'INERIS a délibérément souhaité limiter le nombre de critères d'évaluation, l'objectif étant que ces méthodes restent applicables pour le plus grand nombre de barrières et que ces méthodes restent faciles à utiliser. Cette condition apparaît toujours nécessaire pour permettre une première évaluation rapide des tâches de sécurité les plus sensibles pour la sécurité. Les premiers éléments de retour d'expérience issus des formations et des expérimentations de l'Oméga 20 sont encourageants. Ils montrent que les critères d'évaluation retenus permettent de traiter certaines questions de sécurité qui n'auraient pas été abordées. Le rapprochement effectué entre les barrières techniques et les barrières humaines présente un réel avantage sur le plan pédagogique. Enfin, la démarche proposée permet conjointement de recenser et d'objectiver les éléments factuels permettant de tracer et de justifier auprès de l'Administration la confiance accordée aux différentes Barrières Humaines de Sécurité.

En outre, grâce au concept de « barrière humaine », les industriels envisagent d'une manière plus positive le rôle de l'homme dans les installations. Les pratiques d'intégration des facteurs humains dans les études de danger progressent. Focalisés sur les aspects techniques des installations, les industriels s'accordent peu à peu sur l'idée qu'une plus grande connaissance et qu'une plus grande maîtrise des activités humaines deviennent incontournables pour continuer à faire progresser la sécurité des installations. Enfin, la sécurité ne doit pas apparaître sous la seule dépendance des caractéristiques du poste de travail des acteurs de première ligne chargés de la réalisation des barrières humaines mais également sous la dépendance des efforts réalisés à tous les niveaux de l'organisation pour concevoir, maintenir et contrôler la fiabilité de ces barrières. Cette évolution montre, qu'en plus des efforts réalisés faits pour concilier les approches techniques et humaines, des efforts restent à accomplir pour coupler l'Oméga 20 avec des approches plus organisationnelles.

Remerciements

Cet article a été réalisé dans le cadre d'un programme d'études et de recherches intitulé « Evaluation des performances des Barrières Humaines de Sécurité et des Systèmes de Gestion de la Sécurité » financé par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire (MEEDDAT).

Références

1. Ayrault, N., Bouchet, S., Evaluation des dispositifs de prévention et de protection utilisés pour réduire les risques d'accidents majeurs (DRA-039) - Oméga 10 - Evaluation des Barrières Techniques de Sécurité. Institut de l'Environnement et des Risques Industriels. 2005.P4-P32.
2. Miché, E., Prats, F., Chaumette, S., Le Coze, J.C., & Capo, S. Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (DRA-35) - Oméga 20 - Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - Institut de l'Environnement et des Risques Industriels. 2006. P5-P43.
3. MEEDDAT. Principes généraux pour l'élaboration et la lecture des études de dangers des installations classées soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique.2006. P3-P5.
4. MEEDDAT. Glossaire technique des risques technologiques. 2005. P10.
5. AFNOR - NF EN 61508. Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques / électroniques / électroniques programmables relatifs à la sécurité. 2002.
6. AFNOR - NF EN 61511. Sécurité fonctionnelle - Systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur de l'industrie de process. 2005.
7. Magne, L., & Vasseur, D. (2006). Risques industriels. Lavoisier, collection EDF R&D. 2006. P26.