



Société d'Ergonomie
de Langue Française

www.ergonomie-self.org



Texte original.*

Contribution de l'ergonomie à la maîtrise des risques industriels pour la conception des moyens de conduite d'un nouveau réacteur

Jean-Paul LABARTHE, Cecilia DE LA GARZA et Louis GRAGLIA

EDF R&D MRI, 1 Av. Général de Gaulle, 92140 Clamart Cedex, France
jean-paul.labarthe@edf.fr ; cecilia.de-la-garza@edf.fr ; louis.graglia@edf.fr

Résumé. Ce papier propose une réflexion sur l'ergonomie et la maîtrise des risques industriels en partant d'un projet de conception d'un nouveau réacteur : l'EPR. Sans avoir la prétention de faire une analyse exhaustive, il s'agit de montrer l'apport de la démarche à l'analyse des risques a priori au travers d'études à dire d'expert, de normes et connaissances en ergonomie, des connaissances de l'existant permettant d'avoir un retour d'expérience et d'un processus itératif d'évaluation des moyens de conduite à différentes étapes du projet de conception. Concrètement cette démarche est illustrée ici par le cas d'un automatisme ayant un impact fort sur la sûreté et l'activité de conduite incidentelle/accidentelle. Cependant, pour être plus efficace, l'ergonomie nécessite de participer à une démarche intégrée d'analyse des risques associant d'autres disciplines telles que la fiabilité humaine, la sûreté de fonctionnement, ainsi que les différentes entités d'ingénierie et l'exploitant impliqués dans le projet. Les apports et limites de l'approche ergonomique sont discutés.

Mots-clés : conception, analyse a priori de risques, maîtrise de risques, ergonomie.

The ergonomics contribution to the risk management in the design of a future control room

Abstract. This paper shows the links between ergonomics and risk management in a new reactor design project. The aim is to highlight, without being exhaustive, how ergonomics contribute to risk analysis i) by judgement, ii) with the use of norms and ergonomics understanding, iii) through the experience and the feedback of the existing situations, iv) and through an iterative evaluation process of the design choices in the different design steps. This approach is illustrated by an automated case which has a serious impact on dependability and the emergency operation activity. But, to be efficient this ergonomics approach should be associated with other disciplines such as human reliability, dependability, and the different engineering units involved in the design project.

Key words: equipment design, human reliability and system reliability.

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Paris du 14 au 16 septembre 2011. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante : Labarthe J.-P., De la Garza C., & Graglia L. (2011). Contribution de l'ergonomie à la maîtrise des risques pour la conception des moyens de conduite d'un nouveau réacteur. In A. Garrigou & F. Jeffroy (Eds.), *L'ergonomie à la croisée des risques, Actes du 46^{ème} Congrès de la SELF* (pp. 271-276). Paris : SELF.
Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord de la SELF

INTRODUCTION

Cet article montre comment, dans un projet de conception d'une installation nucléaire, l'EPR, l'ergonomie contribue à anticiper et à maîtriser des risques industriels liés à l'utilisation d'un nouveau système sociotechnique de conduite.

Au travers d'un programme de type ingénierie des Facteurs Humains (FH), un processus itératif, classique en ergonomie de conception, est suivi depuis 10 ans pour concevoir des moyens de conduite adaptés aux différentes situations de conduite envisageables. Pour montrer comment l'ergonomie contribue à la maîtrise des risques, un parallèle est fait avec un processus dédié au management des risques. Si l'on se réfère à l'International Standard Organisation (ISO), l'objectif d'un processus de maîtrise des risques est d'arriver à un risque tolérable, c'est-à-dire accepté par les différentes parties prenantes, par une démarche itérative d'appréciation régulière du risque (identification, analyse et évaluation) et de réduction du risque (dispositifs de prévention et de protection pris en compte lors de la conception ou mis en œuvre lors de l'exploitation) [ISO Guide 51].

Après avoir présenté les principales caractéristiques du système sociotechnique de conduite étudié, nous donnerons un éventail des risques pris en compte par l'ergonomie. Nous poursuivrons par l'analyse de principes directeurs communs entre processus de prise en compte de l'ergonomie en conception et processus de management des risques. Puis, la démarche sera illustrée au travers d'un exemple lié à l'introduction d'un nouveau type d'automatisme.

LA CONCEPTION D'UN SYSTEME DE CONDUITE

La maîtrise de la complexité de conception d'une installation nucléaire s'appuie, entre autres, sur un découpage en sous systèmes. Nous allons plus particulièrement nous intéresser ici à la conception du système sociotechnique de conduite du réacteur.

Ce système a pour mission principale de piloter de façon sûre et efficace l'installation nucléaire afin de répondre aux objectifs de production liés à la demande du réseau électrique. Il fonctionne 24h/24 et doit être capable de gérer tous types de fonctionnement de l'installation : normal (production et maintenance), incidentel et accidentel (pouvant conduire à la gestion d'une crise).

Nous limiterons son périmètre à celui de la conduite centralisée réalisée par l'équipe de conduite depuis la salle de commande. Ce système de conduite est en interface directe avec des entités locales (supports logistiques, maintenance, direction...) ou nationales (réseau électrique, équipes de crise...).

La conception de ce système de conduite renvoie à plusieurs « objets » de conception pris en charge, dans la conduite de ce projet, par des spécialités métiers et entités organisationnelles différentes : l'aménagement

des postes de travail et de la salle de commande, les interfaces homme-machine et les fonctionnalités du contrôle commande, l'imagerie de conduite, les procédures de travail, l'organisation de l'équipe de conduite et celui du programme de formation. Dans le cadre du projet présenté, toutes ces composantes font l'objet d'évolutions importantes par rapport aux installations existantes.

La performance de ce système de conduite va s'appuyer sur le bon couplage entre tous ces « objets » de conception. Nous voyons ici apparaître le rôle transverse de fédération et d'intégration que va jouer l'ergonomie tout au long du processus de conception, avec son angle d'analyse sur la globalité des futures situations de travail, sur l'interaction entre leurs différentes composantes et sur l'analyse de leurs impacts sur l'atteinte des objectifs du système.

INTEGRATION A LA CONCEPTION DE PARADES AUX RISQUES GENERES

La fiabilité de ce système de conduite s'appuie alors en exploitation sur plusieurs lignes de défenses techniques et organisationnelles qui viennent « encadrer » et éventuellement récupérer les actions de pilotage réalisées (ou non réalisées) sur le process. Ces lignes de défense peuvent s'appuyer sur des dispositifs techniques, sur des actions de contrôle individuelles ou croisées, ou encore sur des actions organisationnelles beaucoup plus macro pour la gestion de crise. Nous citerons ici les principales :

- un système d'alarme, avec 4 niveaux de gravité qui alertent sur les conséquences potentielles (il reste encore des lignes de défense actives) ou réelles d'un dysfonctionnement ;
- des automatismes, avec 5 familles : i) des automatismes de protection et de sauvegarde du réacteur, qui réagissent instantanément, ii) des fonctions de limitation qui récupèrent automatiquement certains dysfonctionnements, iii) des régulations et des séquences de conduite automatisées, prenant en charge des actions de pilotage, iv) des outils d'aide à la surveillance, configurables afin d'alerter et/ou de montrer des évolutions pour des suivis particuliers, v) un outil d'aide au diagnostic pour la Conduite Incidentelle et Accidentelle (CIA) ;
- une première ligne de défense organisationnelle de contrôle, avec un acteur de l'équipe de conduite différent de celui qui a réalisé les actions, qui permet de s'assurer que ce qui a été réalisé est conforme à la conduite prévue et requise ;
- une seconde ligne de défense organisationnelle de vérification de la sûreté, par un acteur indépendant de l'équipe de conduite (l'Ingénieur Sûreté), avec des moyens qui lui sont dédiés. Par rapport à la première ligne de défense organisationnelle, celle-ci introduit une indépendance humaine contrôleur/contrôlé et pour la CIA une indépendance technique avec une procédure et une IHM diversifiées ;

- des procédures spécifiques en CIA qui guident et définissent la conduite à appliquer en fonction de l'état de dégradation de l'installation. Le but est de faire un diagnostic régulier de cet état (boucle diagnostic / orientation / conduite / surveillance), ce qui permet éventuellement de récupérer des actions erronées ou non réalisées ;
- le grément d'une organisation de Crise apportant son expertise technique à l'équipe de conduite, en CIA, pour la gestion de situations non optimisées par la conception ou pour la gestion des accidents graves, lorsque les critères de déclenchement d'un PUI (Plan d'Urgence Interne) sont atteints. Cette organisation de crise implique aussi des renforts locaux opérationnels sous 1 heure et nationaux en moins de 2 heures (avec une mobilisation des pouvoirs publics à l'échelon local et national).

L'efficacité de ces différentes parades techniques et organisationnelles devra être régulièrement réinterrogée et prise en compte dans les analyses de risques réalisées le long du processus de conception, puis en exploitation. Dans la suite nous allons plus particulièrement préciser la nature des risques pris en compte par l'ergonomie et tentant de les situer par rapport à un processus général de management des risques.

RISQUES ET EVALUATION DES RISQUES : QUELLES PRISES EN COMPTE PAR L'ERGONOMIE ?

L'ISO donne plusieurs définitions du risque qui ont chacune leur utilité en fonction de l'objet d'étude ou de la discipline qui contribue à l'analyse des risques.

De façon générique, le risque est défini comme « l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs » [ISO Guide 73]. Les objectifs peuvent recouvrir différents aspects : sécurité, santé, environnement, finance... et concerner différents niveaux : organisme, projet, installation, produit, processus... L'incertitude caractérise un défaut d'information sur la connaissance d'un évènement, de ses conséquences ou de sa vraisemblance.

Lorsqu'on s'intéresse à la sécurité industrielle, le risque est plus communément défini comme la « combinaison de la probabilité d'un dommage et de sa gravité » [ISO Guide 51]. Pour une installation nucléaire, des risques spécifiques nécessitent d'être pris en compte, l'évènement redouté le plus grave étant la fusion du cœur, avec des conséquences sur l'environnement et la population. La gravité des risques associés à la sûreté nucléaire⁹¹ est souvent

⁹¹ La sûreté nucléaire est l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base, ainsi qu'au transport des substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets.

présentée en faisant référence aux 8 niveaux de l'échelle « médiatique » INES⁹².

En s'intéressant à la conception de nouvelles situations de travail, impliquant des innovations technologiques importantes, nous préférons la définition élargie du risque car l'ergonomie se trouve à la croisée de la prise en compte de plusieurs familles de risques en lien avec les objectifs du système étudié à atteindre en exploitation (sécurité et santé du personnel, sûreté et préservation de l'environnement, performances de production) et ceux liés à la conduite d'un projet (faisabilité technico-économique, démonstration et obtention des autorisations, respect du planning directeur du projet). Par ailleurs l'ergonomie n'a pas développé de méthodes ou d'outils spécifiques, comme l'ont fait les fiabilistes, pour mesurer précisément des probabilités par rapport à la survenue d'un risque. Elle cherche plutôt à identifier des situations et à caractériser les facteurs qui pourraient engendrer une « incertitude sur l'atteinte des objectifs » décrits ci-après.

Identifier les risques intrinsèques aux activités de conduite futures

Pour aller à l'essentiel dans la conception de ce nouveau système sociotechnique, l'ergonomie va s'intéresser aux risques liés aux activités de conduite qui peuvent avoir un impact sur :

- la sûreté de l'installation
- la productivité (et la préservation de l'outil de production)
- la sécurité et la santé du personnel
- l'environnement

Dans un but d'anticipation des risques et des difficultés, les analyses vont se centrer sur les interactions « équipes de conduite - moyens de conduite » dans les différentes phases d'exploitation de l'installation : conduite normale, incidente ou accidentelle. La mise en œuvre simultanée des objets de conception qui composent les futures situations de conduite permet de vérifier leur utilité et leur adéquation aux besoins d'exploitation et d'évaluer leur couplage pour pouvoir faire un retour aux concepteurs sur les évolutions à réaliser. Les analyses ergonomiques vont aussi tester et analyser l'efficacité des lignes de défenses techniques et organisationnelles intégrées au système par le concepteur.

Dans notre programme d'ingénierie des FH l'identification des risques ne constitue pas une finalité et une activité d'étude dédiée, comme dans la sûreté de fonctionnement avec les outils d'analyse et d'évaluation a priori des risques (AMDEC, diagramme nœud papillon, arbre de défaillances, etc. cf. Villemeur, 1988), ou dans la fiabilité humaine avec des études focalisées sur des risques impactant la sûreté, l'analyse détaillée de certaines « missions facteurs humains » qui vont alimenter les études probabilistes de sûreté (Le Bot et al., 1998 ; Gallet et

⁹² International Nuclear Event Scale

al., 2003). Schématiquement en ergonomie, l'identification des risques est intégrée dès les phases les plus en amont d'une part, via un ensemble de connaissances portées par un (ou des) expert(s) FH au sein des équipes de conception et, d'autre part, au travers d'un processus itératif d'évaluation des moyens de conduite tout au long du projet.

Cependant, l'identification des risques liés à de futures activités de conduite est une phase délicate surtout en début de projet, où toutes les tâches de conduite et les composantes des futures situations de travail ne sont que très approximativement connues au niveau du cahier des charges (introduction de nouveaux concepts de conduite, reconduction d'une partie de l'existant mais dans un cadre différent...).

La première étape va consister à préciser et à s'entendre avec les différentes parties prenantes (futur exploitant, ingénierie, ergonomes) sur un modèle des grandes familles de tâches à réaliser en salle de commande (prise de poste, surveillance, suivi d'interventions de maintenance, réalisation d'essais périodiques...) et sur une première déclinaison opérationnelle des moyens de conduite qui permettront de réaliser ces tâches. On portera des efforts d'analyse plus particuliers sur les évolutions majeures par rapport aux installations actuelles.

L'identification des risques va être réalisée : i) à dire d'experts en s'appuyant sur la connaissance des situations de conduite existantes, des normes ergonomiques (ISO 11064, ISO 9241, CEI 60964...) ou référentiels de conception propres au nucléaire (NUREG 0700...) et de façon plus générale sur les connaissances dans le domaine des sciences humaines et sociales ; ii) dans le cadre de groupes de travail pluridisciplinaires, constitués pour décliner et spécifier les concepts de conduite en lien avec les différents objets de conception (postes de travail, IHM, imagerie, documentation, organisation).

La démarche consiste à se projeter par rapport à la connaissance de situations analogues sur les installations existantes. Elle porte sur deux niveaux d'analyse : un niveau micro ciblant l'interaction entre l'utilisateur et l'objet de conception étudié, afin d'identifier des risques liés à des difficultés d'utilisation, et un niveau macro ciblant l'intégration au sein du système sociotechnique, afin d'identifier des risques d'interférence entre objets de conception ou d'inefficacité du collectif de conduite et des lignes de défense organisationnelles et techniques.

Cette analyse peut être ensuite complétée par une approche prospective, d'une part descendante de type « causes-effets », afin de mettre en évidence les conséquences imaginables sur le comportement du système de conduite : « qu'est ce qui se passe si je perds tel moyen de conduite ou tel automatisme ? », « si je fais telle erreur de saisie ? », « si je ne détecte pas telle information ? », « si en conception je ne peux présenter les informations que de cette façon ? », « si en conception la fonctionnalité d'IHM du produit

sur étagère ne peut répondre que partiellement à mon besoin ? », « si je modifie mon organisation d'équipe ? ». Et, d'autre part remontante en s'appuyant sur des mises en situation avec de futurs exploitants dans le cadre d'évaluations réalisées sur maquette ou simulateur : « dans cette situation de conduite, qu'est-ce qui a conduit à tel défaut de surveillance ? A la non détection et récupération d'actions de conduite inappropriées ? A des erreurs de représentation et à la réalisation de diagnostics erronés ? Les conséquences auraient-elles pu être plus graves dans un autre contexte ? ».

Cette première phase d'identification des risques va ensuite pouvoir être régulièrement réinterrogée et consolidée en avançant dans le projet, lors des phases de conception détaillée et lors des évaluations réalisées sur maquette ou simulateur.

Evaluer les risques en ergonomie : une démarche qualitative

Dans un processus de maîtrise des risques, la phase d'identification des risques est suivie par une phase d'évaluation pour décider si les parades mises en place sont efficaces et si les risques sont tolérables ou pas. Cette phase d'évaluation permet également de hiérarchiser les différents risques entre eux, ce qui permet ensuite de définir des priorités de traitement.

L'ergonomie va surtout s'intéresser à l'évaluation globale d'une situation de travail ; Il n'y a pas d'évaluation risque par risque. C'est le risque comme résultat des interactions « équipes-moyens de conduite ». Ce sont des mises en situation construites par l'ergonome en collaboration avec les différentes parties prenantes (exploitant, concepteur, formateur) et mettant en œuvre l'ensemble des objets de conception qui permettent de déceler des risques ou des difficultés non identifiés auparavant.

Il est ici souvent difficile pour l'ergonome de définir pour chaque risque identifié une criticité, au sens de la sûreté de fonctionnement et des fiabilistes, en donnant une mesure précise de la probabilité et de la gravité, c'est-à-dire de l'impact d'un problème d'utilisation d'un objet de conception sur les activités de conduite ayant pour conséquence un événement redouté au niveau du système sur la sûreté, la productivité ou la santé/sécurité. Cela se traduit plus souvent par l'affichage des impacts potentiels avec une priorité de traitement et au mieux à l'utilisation de 3 à 4 niveaux qualitatifs pour qualifier la gravité et la probabilité.

L'évaluation des risques, leur hiérarchisation et l'identification des parades à mettre en œuvre fait ensuite l'objet d'une mise en débat et d'un consensus entre les différentes parties prenantes (exploitant, ingénierie, ergonomes).

ERGONOMIE DE CONCEPTION ET PROCESSUS DE MAITRISE DES RISQUES

Le programme d'ingénierie des facteurs humains, qui définit le processus de leur prise en compte dans

la conduite du projet, prévoit différentes étapes d'intervention de l'ergonomie. Comme dit précédemment, il n'y a pas d'activité clairement dédiée au processus de maîtrise des risques dans ce programme, mais nous allons voir comment le processus de prise en compte du FH en conception partage des principes directeurs communs avec le processus de management des risques et comment ils peuvent s'alimenter l'un l'autre.

Intervenir le plus en amont possible pour profiter de marges de manœuvres plus importantes

L'identification et l'appréciation précoce des risques dans un projet de conception permet, en profitant des marges de manœuvre disponibles au début d'un projet, d'identifier au plus tôt des parades qui pourront être intégrées à la conception (qu'elles soient relatives à la prévention ou à la mise en place de dispositifs de protection).

Il en va de même pour l'ergonomie et l'analyse précoce des futures activités et situations de travail, afin de détecter et de corriger au plus tôt les difficultés d'utilisation et les problèmes de conception associés.

Ce principe directeur classique en ergonomie de conception est néanmoins difficile à organiser et à intégrer dans les projets et on est confronté au paradoxe de la conception : on dispose encore des marges de manœuvre pour faire évoluer les choix de conception, mais l'ergonome ne dispose pas encore forcément de l'ensemble des connaissances sur le travail, sur les impacts des choix de conception sur l'activité future, etc. pour être suffisamment précis, certain et exhaustif dans ses recommandations. Il en va de même pour une évaluation des risques associés.

Et cependant, plus le projet avance, plus les possibilités de remettre en question les choix de conception se rétrécissent.

Des itérations pour réinterroger les analyses et réduire les incertitudes

Une façon de réduire progressivement les incertitudes sur les analyses réalisées (risque ou ergonomie) est de mettre en place des phases d'évaluation itératives avec des situations de simulation qui vont approcher au mieux les futures activités et situations de travail. Ces évaluations peuvent prendre des formes distinctes selon l'état d'avancement de la conception (maquette statique, maquette dynamique, simulateur partiel, simulateur pleine échelle), avec un niveau de représentativité sur tout ou partie des différentes composantes du système sociotechnique étudié.

A l'issue de chaque phase d'évaluation, des revues techniques décisionnelles, en présence des différentes parties prenantes, permettent de statuer sur les évolutions devant être apportées au titre de l'amélioration de l'ergonomie et sur l'acceptabilité des risques résiduels.

Dans la suite sera illustré ce processus d'analyse des risques en conception à travers l'exemple d'un

automatisme innovant et ayant un impact fort sur la sûreté et la future activité des équipes de conduite

UN EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DES RISQUES : L'INTRODUCTION D'UN NOUVEL AUTOMATISME

Dans le cahier des charges de l'exploitant, un nouvel automatisme a été introduit pour fiabiliser le choix des stratégies de conduite à appliquer en Conduite Incidentelle/Accidentelle (CIA). Il s'agit du Diagnostic Automatique (DA) qui a pour rôle de scruter en permanence l'état de l'installation en CIA. Il propose une stratégie de conduite (procédure) à appliquer selon qu'il s'agisse de conduite accidentelle ou de conduite incidentelle.

Quatre types de risques ont été identifiés à des moments distincts du projet de conception.

1) Le **premier type de risque** identifié lors des premières spécifications générales portant sur sa déclinaison opérationnelle du DA, a concerné l'analyse des modes de défaillance et l'acceptabilité ou pas des conséquences de son **dysfonctionnement ou de son indisponibilité**. Cela a conduit à trouver des parades en conception pour garantir et démontrer sa robustesse (voir risque ci-après), pour rendre accessible et vérifiable par l'équipe la logique de calcul du résultat affiché, pour proposer une solution palliative à l'équipe de conduite en cas d'indisponibilité.

2) Un **deuxième type de risque**, en lien avec la conduite du projet de conception, renvoie à la **non garantie de la robustesse** de programmation (et de sa démonstration). Ce risque a été analysé lors des phases de spécification détaillées et les parades ont, entre autres, conduit à limiter sa complexité de réalisation en réduisant son périmètre de couverture pour l'identification des stratégies de conduite à appliquer au domaine accidentel. Pour le domaine incidentel, qui concerne des états de dégradation de l'installation moins graves d'un point de vue sûreté, le choix des stratégies à appliquer reste donc à la charge de l'opérateur qui utilise pour cela une consigne d'orientation sur support papier. Ce point a alors nécessité **l'analyse d'un autre type de risque, lié à l'introduction d'un niveau de guidage différent**. En effet, en conduite accidentelle le DA propose le choix de la stratégie à appliquer et scrute en permanence qu'elle est bien appropriée, alors qu'en conduite incidentelle le DA s'assure en permanence qu'on ne relève pas de la conduite accidentelle mais laisse l'opérateur choisir la stratégie à appliquer et s'assurer régulièrement qu'elle est bien appropriée. Les parades associées s'appuient principalement sur la doctrine d'utilisation du DA et sur la formation, en s'assurant lors des phases d'évaluation successives que la charge de travail supplémentaire liée aux phases d'orientation manuelle en conduite incidentelle n'entraîne pas de dégradation de l'installation vers le domaine accidentel.

3) Un **troisième type de risque** pris en compte est lié à la **non compréhension** de la logique de conduite proposée par le DA et de son adéquation à l'état de l'installation. Il a été identifié lors de la première évaluation en 2003. **Il peut avoir pour conséquence le rejet de cet automatisme par les équipes, dans la mesure où ce sont elles qui portent la responsabilité de la conduite réalisée**, alors qu'on leur prescrit d'appliquer le DA. Tant que ce dernier est considéré comme « valide », son application ne peut être remise en cause que sur décision concertée de l'équipe de conduite (problématique du partage de responsabilité Homme - l'exploitant - vs Machine - le concepteur - avec des outils d'aide au diagnostic). Ce risque est inhérent aux conséquences de la suppression des phases anciennement « manuelles » de réalisation du diagnostic d'état et de l'orientation vers une stratégie de conduite (réalisation d'une série de tests avec recherche d'informations et identification sur les logigrammes des paramètres à l'origine de telle ou telle stratégie). Avec l'introduction du DA et sa première déclinaison, les opérateurs perdaient ainsi un accès à la construction d'une représentation mentale sur l'état de dégradation de l'installation et sur la logique d'orientation entre stratégies. Ils subissaient la logique de conduite proposée plus qu'ils ne pouvaient l'anticiper et la maîtriser. Les parades ont concerné la redéfinition du contenu et la présentation des informations sur les images du DA, ainsi que sur l'explicitation du résultat proposé, au travers d'images de décomposition de la logique suivie par la machine pour proposer une stratégie de conduite.

4) Un **quatrième type de risque** est lié aux **problèmes d'utilisation** comme la non détection d'un changement de résultat du DA ou une activation manuelle inappropriée. Il a plus particulièrement été analysé lors de la deuxième évaluation en 2005 et les évolutions de l'IHM ont porté sur des solutions techniques.

Les parades envisagées au début ont pu être testées et améliorées au cours des différentes campagnes d'évaluation qui ont été réalisées et les risques associés ont été à chaque fois réinterrogés pour considérer leur acceptabilité avant de passer à une étape suivante de la conception.

Sur les 4 campagnes d'évaluation avec des équipes de conduite où le DA a été utilisé, ce sont surtout les 2 premières itérations qui ont conduit à consolider l'analyse des risques et à définir les parades (2003 et 2005). Les campagnes suivantes (2008 et 2009) n'ont pas apporté d'évolutions particulières, mais ont permis de conforter l'acceptabilité du DA et la plus value apportée par rapport à l'activité de conduite des équipes en CIA. De façon plus relative, elles permettent également, en augmentant progressivement le volume cumulé de mises en situations, de détecter des risques liés à des phénomènes qui se déroulent sur le plus ou moins long terme, telles que des utilisations « détournées »

de certaines fonctionnalités, des catachrèses pour aller dans le sens de Leplat et Cuny (1977). Celles-ci pouvant être positives ou négatives selon le cas, i.e. pouvant aller dans le sens de la sûreté, la sécurité, l'efficacité ou pas. Ces enseignements sont également nécessaires à prendre en compte, que ce soit à la conception ou dans le cadre du programme de formation des équipes.

CONCLUSION

Si l'ergonomie contribue à la maîtrise des risques, ce processus d'analyse, comme les connaissances issues de l'ergonomie et des ergonomes, nécessitent d'être associés à d'autres connaissances et expertises.

Tout au long du projet les ergonomes ont collaboré avec les ingénieurs coordonnant la conduite du projet, les concepteurs des différentes entités impliquées pour les divers moyens de conduite (IHM, imagerie, consignes, etc.) et le futur exploitant.

Depuis quelques temps des fiabilistes y participent afin de modéliser le système de conduite, d'éclairer l'impact de certains choix de conception et d'alimenter une évaluation probabiliste de la fiabilité humaine (études dites EPFH). Cependant, les différentes approches qui contribuent à la maîtrise des risques liés à des activités humaines (ergonomie, fiabilité humaine, études probabilistes, études de sûreté) bien qu'indispensables, sont souvent menées en parallèle ou de façon séquentielle et mériteraient en conception d'être davantage intégrées les unes aux autres. Ainsi, des développements méthodologiques sont à réaliser en ce sens.

BIBLIOGRAPHIE

- ISO Guide 73 « Management du risque – vocabulaire ». 2009.
- ISO Guide 51 « Aspects liés à la sécurité – Principes directeurs pour les inclure dans les normes ». 1999
- ISO 11064 Conception ergonomique des centres de commande. 2004 (7 parties).
- ISO 9241 Ergonomie de l'interaction homme-système (différentes parties, dont partie 210 Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs). 1998.
- CEI 60964 Centrales nucléaires de puissance, Salles de commande, Conception. 2009.
- US NRC (Nuclear Regulatory Commission) NUREG 0700 (Rev. 2). Human-system interface design review guidelines. 2002.
- Villemeur, A. 1988. *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*. Eyrolles, Paris. p. 744.
- Le Bot, P., E. Desmares, C. Bieder, F. Cara, and J. L. Bonnet. 1998. MerMos: an EDF project for updating probabilistic human reliability assessment. *Revue générale nucléaire*. International edition, vol. A, 32–39.
- Gallet, M., Deriot, S., Le Bot, P., Primet, J. 2003. Les données des EPS : fiabilité des matériels ; défaillances de cause commune, facteurs humains. *Revue générale nucléaire*, n°1, 30–35.
- Leplat, J., Cuny, X. 1977. *Introduction à la psychologie du travail*. PUF, Paris.