



HAL
open science

Conception des Machines: Intégrer la sécurité et la santé dès la rédaction du cahier des charges

Elie Fadier, Elodie Falconnet, Bruno Daille-Lefevre, Jacques Marsot, Rémy Roignot

► **To cite this version:**

Elie Fadier, Elodie Falconnet, Bruno Daille-Lefevre, Jacques Marsot, Rémy Roignot. Conception des Machines: Intégrer la sécurité et la santé dès la rédaction du cahier des charges. QUALITA2013, Mar 2013, Compiègne, France. <hal-00823137>

HAL Id: hal-00823137

<https://hal.science/hal-00823137v1>

Submitted on 16 May 2013

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.



HAL Authorization

Conception des machines

Intégrer la sécurité et la santé dès la rédaction du cahier des charges

Elodie Falconnet¹, Elie Fadier⁴, Bruno Daille-Lefèvre³, Jacques Marsot³, Rémy Roignot²

CETIM

¹Pôle Performance Industrielle et Durable
52 avenue Félix Louat - B.P. 80067
60304 SENLIS cedex

²Pôle Innovation Conception Simulation
7 rue de la Presse - B.P. 802
42952 Saint-Etienne cedex 9

Institut national de recherche et de sécurité
³Département Ingénierie des Equipements de Travail
⁴Département Expertise et Conseil Technique
1 rue du Morvan
54519 Vandœuvre cedex, France

Résumé—Dans un cadre réglementaire assez strict, la conception d'une machine fait appel à de nombreuses démarches afin de mettre à disposition du futur utilisateur une machine répondant à la fois à des caractéristiques techniques spécifiques et des critères de sécurité ; on peut citer parmi ces démarches notamment l'analyse fonctionnelle et l'analyse des risques. Le constat industriel est fait qu'aujourd'hui ces démarches sont souvent juxtaposées dans le processus de conception.

En conséquence, il semble important que le concepteur s'attache à anticiper le travail de l'opérateur dans le futur contexte d'utilisation et donc les potentiels « scénarios à risques » selon les trois principes suivants :

- Approfondir l'analyse fonctionnelle par l'analyse des risques ;
- Compléter l'approche purement fonctionnelle par une approche centrée sur l'opérateur ;
- Développer le partenariat entre le concepteur et l'utilisateur.

Aussi, les travaux menés par le Cetim et l'INRS, à travers différentes études de cas, veulent montrer l'apport, à la fois pour le concepteur et l'utilisateur, d'intégrer au plus tôt la sécurité et la santé dans la rédaction du cahier des charges fonctionnel. En effet, le croisement de l'analyse des risques et de l'analyse fonctionnelle permet :

- d'intégrer la sécurité et la santé au plus tôt dans le processus de conception (machine conforme et sûre)
- de mutualiser les éléments de l'analyse fonctionnelle et ceux de l'analyse des risques (gain méthodologique)
- d'intégrer l'activité de l'opérateur dans une démarche fonctionnelle (adéquation conception/utilisation).

Mots clés—Conception, Sécurité des machines, Ergonomie, Analyse des risques, Analyse fonctionnelle

I. INTRODUCTION

Le marquage CE permet la libre circulation des produits dans l'Union Européenne en attestant que ceux-ci sont conformes aux exigences essentielles de sécurité. En effet, dans un cadre réglementaire assez strict (directive machine, JOUE L157 du 9 juin 2006 avec une date d'entrée en application : 29/12/2009), la conception d'une machine fait appel à de nombreuses démarches afin de mettre à disposition du futur utilisateur une machine répondant à la fois à des caractéristiques techniques spécifiques et des critères de sécurité ; on peut citer parmi ces démarches notamment l'analyse fonctionnelle et l'analyse des risques. Le constat industriel est fait qu'aujourd'hui ces démarches sont souvent juxtaposées dans le processus de conception. De plus, l'analyse des situations industrielles révèle qu'un taux résiduel non négligeable de problèmes de fiabilité, de sécurité et de conditions de travail subsiste.

Quelques pistes viennent étayer ce constat :

- L'introduction massive des nouvelles technologies (Fadier, 2009) fait apparaître un certain nombre de paradoxes accentuant le rôle et la place et les difficultés des activités humaines dans la gestion des performances industrielles.
- L'absence de prise en compte (ou une sous-estimation) lors de la conception, de la variabilité des situations de travail et humaines (inter et intra) se manifeste par un écart entre le fonctionnement prévu et le fonctionnement réel.
- Une migration naturelle des systèmes sociotechniques vers des frontières acceptables de performance et de sécurité, depuis la conception et jusqu'à l'exploitation. L'accident survient lorsque les seuils de tolérance du système sont dépassés (Amalberti, 2001 ; Rasmussen,

1997). Ces migrations conduisent les opérateurs à mettre en place des activités spécifiques pour pallier la survenue d'aléas et de dysfonctionnements techniques. Elles sont appelées Activités Limites Tolérées par l'Usage (ALU). Leur particularité est qu'elles fragilisent le système sociotechnique.

- Le processus de conception qui se limite trop souvent à la seule phase de création et de développement, sans totalement intégrer les phases d'implantation et d'exploitation (Fadier, De la Garza et Didelot, 2003).
- La prise en compte des informations venant des utilisateurs (retour d'expérience) n'est pas un processus systématiquement utilisé dans l'amélioration de la conception, dans sa capacité à prendre en compte les exigences d'utilisation ; le concepteur considère le plus souvent que ceci est hors de son champ d'action.

Par rapport à la dimension prévention en conception (santé/sécurité ergonomie), il a été montré que la prévention et, plus particulièrement, la sécurité n'est explicitement citée dans l'expression des besoins (le Cahier des Charges) qu'à travers l'obligation réglementaire et, dans le meilleur des cas, à travers l'énoncé des normes techniques. L'intégration de la sécurité et de l'ergonomie en conception ne fait pas partie des représentations initiales, car elles ne figurent pas en tant qu'objectifs de départ dans les cahiers des charges. Elles se greffent aux autres objectifs de conception, en particulier dans la phase de développement, comme une tentative de planification en articulant réglementation et connaissances empiriques et en réutilisant des connaissances et des solutions sans forcément avoir évalué leur impact sur le terrain.

L'analyse cognitive de l'intégration de la sécurité au cours de projets de conception peut rendre compte de la manière dont elle peut être considérée et associée au processus de conception. D'où l'importance de la mise en œuvre d'une démarche de conception prenant assise : d'une part, sur l'expression des « savoir-faire » capitalisés par la population d'utilisateurs concernée et, d'autre part, sur des éléments de connaissances scientifiques et techniques fournies par les normes existantes. Les savoir-faire et autres éléments de connaissances fournis par les normes ne peuvent prendre sens qu'à partir d'une analyse préalable du travail réel.

En conséquence, il semble important que le concepteur s'attache à anticiper le travail de l'opérateur dans le futur contexte d'utilisation et donc les potentiels « scénarios à risques » selon les trois principes suivants (Falconnet, Bossard, Grandjacques, Setier, Thibault 2012) :

- Approfondir l'analyse fonctionnelle par l'analyse des risques ;
- Compléter l'approche purement fonctionnelle par une approche centrée sur l'opérateur ;
- Développer le partenariat entre le concepteur et l'utilisateur.

II. PROBLEMATIQUE

La mise sur le marché européen d'une machine est réglementée par un ensemble cohérent de directives européennes. Ces directives visent le concepteur (au sens « fabricant ») de cette machine. Elles sont complétées par d'autres directives sociales visant à promouvoir la sécurité et la santé des personnes sur leur lieu de travail. Elles visent donc le futur utilisateur (au sens « employeur ») de cette machine.

Parmi ces directives, on trouve notamment la directive « Machines » 2006/42/CE qui fixe au concepteur de la machine¹ des exigences essentielles de sécurité et de santé à respecter. Cette directive pose comme règle clé, l'intégration de la sécurité au plus tôt dans le processus de conception d'une machine.

La démarche de « Prévention intégrée », qui consiste à appliquer au plus tôt des principes de conception sûre à un futur équipement de travail, est depuis le début des années 90 partagée par l'ensemble des pays européens (Directive, 1989). Elle est centrée autour de l'estimation a priori des risques (NF CEN ISO 12100 : 2010) et elle fixe comme objectif au concepteur d'équipements de travail d'obtenir dès la conception le niveau de risque résiduel le plus faible possible compte tenu de l'état de la technique.

Ainsi, la conception d'une machine se repose sur la base d'un cahier des Charges (CdC) contenant essentiellement des spécifications techniques et accessoirement des données en préventions des risques. Cependant, les différents acteurs en conception (ingénieurs, techniciens, chefs de projets, etc.) n'étant pas des spécialistes de la « prévention » et ne disposant pas des moyens formels utiles, d'outils adaptés à leur métier, se trouvent dans l'incapacité de faire les choix voulus au moment opportun sans pénaliser les coûts et délais de leurs projets. Par conséquence, la principale modalité d'intégration de la sécurité repose pour l'essentiel sur les connaissances individuelles des concepteurs (expertise, retour d'expérience plus ou moins formel, etc.).

Afin de fournir aux concepteurs des pistes sûres optimisant l'intégration des données de prévention (santé, sécurité et ergonomie) dans la conception d'une machine, l'INRS et le CETIM proposent une démarche commune dont l'objectif premier consiste à amener le binôme « donneur d'ordre/concepteur » à définir, dans une dynamique de dialogue, l'ensemble des données nécessaires pour la mise en application des principes de conception sûre et les intégrer de façon imbriquée dans les spécifications fonctionnelles.

Par ailleurs, sur la base d'une collaboration avec l'ANACT², le CETIM a déjà, mis en évidence trois principes pour intégrer l'ergonomie à la conception.

¹ Machine : « ensemble équipé ou destiné à être équipé d'un système d'entraînement autre que la force humaine ou animale appliquée directement, composé de pièces ou d'organes liés entre eux dont au moins un est mobile et qui sont réunis de façon solidaire en vue d'une application définie ». (Extrait Art.2 §a – Directive 2006/42/CE)

² Anact : Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail

Ce travail propose d'aller dans le même sens et de reprendre ces trois principes dans une démarche amont cette fois pour intégrer la sécurité et la santé au plus tôt dans ce même processus de conception étendu.

Il montre notamment comment l'analyse des risques est un élément central dans la démarche de conception.

Dans ce travail, le terme « utilisateur » sera employé de manière générique comme le terme « concepteur », afin de différencier, de fait, celui qui conçoit la machine et celui qui l'utilise.

III. L'OBLIGATION D'ANALYSE DES RISQUES

Depuis le 29 décembre 2009, l'évolution de cette directive impose qu'une analyse des risques soit réalisée (analyse déjà imposée dans la version précédente) et qui restera incluse dans le dossier technique de la machine au titre de l'annexe VII : « la documentation sur l'évaluation des risques, décrivant la procédure suivie, y compris :

i) une liste des exigences essentielles de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine;

ii) une description des mesures de protection mises en œuvre afin d'éliminer les dangers recensés ou de réduire les risques et, le cas échéant, une indication des risques résiduels liés à la machine ; »

La réglementation fixe en ce sens une obligation de résultats au concepteur : « Le fabricant d'une machine ou son mandataire doit veiller à ce qu'une évaluation des risques soit effectuée afin de déterminer les exigences de santé et de sécurité qui s'appliquent à la machine. La machine doit ensuite être conçue et construite en prenant en compte les résultats de l'évaluation des risques. ». Pour atteindre ces résultats, le concepteur peut s'appuyer sur des normes harmonisées (à caractère non obligatoire), dont la mise en œuvre peut apporter présomption de conformité à la directive « Machines ». A ce titre, la norme NF EN ISO 12100 : 2010 (Sécurité des machines - Principes généraux de conception - Appréciation du risque et réduction du risque) qui spécifie la terminologie de base, les principes ainsi qu'une méthodologie en vue d'assurer la sécurité dans la conception des machines, est devenue la base de cette étape d'appréciation des risques. Dans ce sens, cette norme aide les concepteurs à spécifier les principes de l'appréciation du risque ainsi que la réduction du risque. Ces principes sont fondés sur la connaissance et l'expérience issues de la conception, de l'utilisation, ainsi que des principaux événements marquant de la vie de la machine (incidents, accidents et risques associés). Les procédures qui y figurent permettent l'identification des phénomènes dangereux, ainsi que l'estimation et l'évaluation et la suppression des risques au cours des phases pertinentes du cycle de vie des machines. Dans le cas où ceci s'avère difficile, elle permet alors de réduire suffisamment et significativement le niveau des risques.

IV. IMPREGNATION DES ANALYSES DES RISQUES DANS L'ANALYSE FONCTIONNELLE DU BESOIN

Sur la base des principes cités précédemment et pour aider le concepteur à réaliser son analyse des risques, les préventeurs ont développé et mis à disposition des concepteurs des méthodes d'identification et d'analyse des risques : IDAR, (Falconnet 2013) MAFERGO (Neboit et al. 1990 ; Didelot et al 2001) etc... Toutefois, toutes ces méthodes ne s'intègrent pas facilement dans la norme op-citée, hormis la méthode IDAR, qui a été développée par le CETIM. C'est une méthode d'analyse des risques dans le cadre de la directive « Machines ».

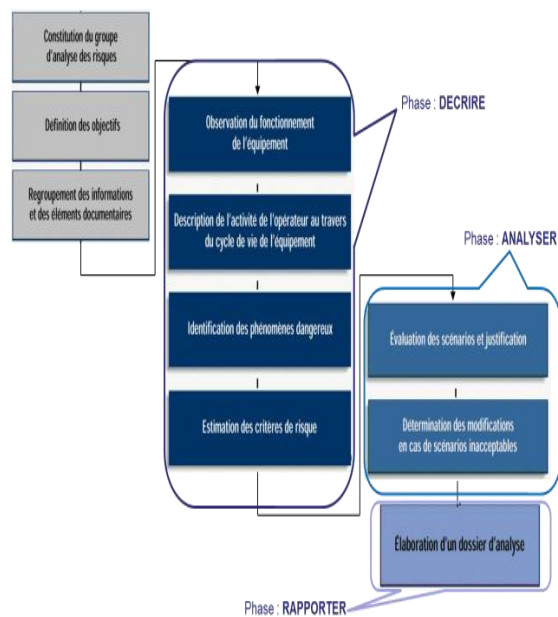


Fig. 1. IDAR, une méthode d'analyse des risques dans le cadre de la directive « Machines »

IDAR est une méthode simple, basée sur le travail d'un groupe d'analyse créée spécialement pour cette activité. IDAR n'est pas un simple énoncé de risques (mécaniques, électriques, liés au non-respect des principes ergonomiques, etc.), le groupe de travail s'interroge sur ce que feront les futurs opérateurs à travers la description et la cotation de scénarios à risques. Chaque scénario a pour élément central « l'opérateur ». Elle présente ainsi l'intérêt de décomposer l'activité (ou la tâche) de l'opérateur au travers du cycle de vie de l'équipement étudié tout en respectant les principes d'intégration de la sécurité pour le choix des solutions les plus adéquates, à savoir, et dans l'ordre indiqué (Falconnet, Lubineau 2010) :

- A. « éliminer ou réduire les risques dans toute la mesure du possible (intégration de la sécurité à la conception et à la construction de la machine),
- B. prendre les mesures de protection nécessaires vis-à-vis des risques ne pouvant être éliminés,
- C. informer les utilisateurs des risques résiduels dus à l'efficacité incomplète des mesures de protection adoptées, indiquer si une formation particulière

est requise et signaler s'il est nécessaire de prévoir un équipement de protection individuelle. »

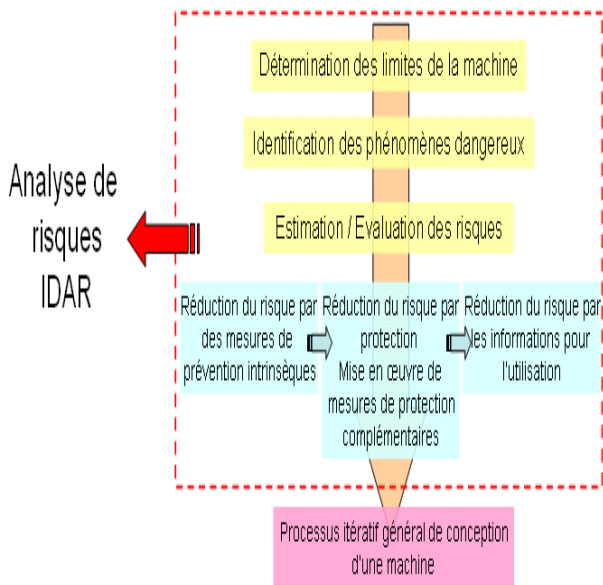


Fig. 2. Processus itératif d'analyse des risques - Cetim

De plus, la méthode IDAR répond à quatre objectifs principaux dans le cadre du marquage CE :

1. le respect des exigences essentielles de sécurité de la directive Machines,
2. l'élaboration de la notice d'instructions sur la base du descriptif du fonctionnement de l'équipement et de l'activité de l'opérateur,
3. l'élaboration du dossier technique, en réunissant au fur et à mesure de l'étude, les documents exigés,
4. la formalisation de l'analyse des risques.

V. ANTICIPER L'ANALYSE DES RISQUES DES L'ANALYSE FONCTIONNELLE

A L'intégration de la sécurité au plus tôt dans le processus de conception d'une machine implique une complémentarité entre l'analyse fonctionnelle et l'analyse des risques.

En effet, s'intéresser à l'analyse des risques au plus tôt dans le processus de conception implique d'avoir identifié au préalable les fonctions futures de la machine.

Ce travail d'analyse peut être mené sur une machine, une quasi-machine, sur une phase de vie de la machine ou une catégorie de tâches.

Démontage, mise hors service et mise au rebut.

Fig. 3. Cycle de vie issue de la norme ISO 12100 : 2010

Réglage
Essais
Apprentissage/programmation
Changement de processus/outil
Démarrage
Tous les modes de fonctionnement
Alimentation de la machine
Retrait de produits de la machine
Arrêt de la machine
Arrêt de la machine en cas d'urgence
Reprise du fonctionnement après bourrage ou blocage
Redémarrage après arrêt imprévu
Recherche de défauts/de pannes (intervention de l'opérateur)
Nettoyage et entretien
Maintenance préventive
Maintenance corrective

Fig. 4. Exemples de catégories de tâches issus de la norme ISO 12100 : 2010

Aussi, elle peut encore être menée sur une fonction ou peut intervenir aux différents stades de conception de l'équipement ; de l'avant-projet, où elle s'intéresse aux grands principes de prévention, à la validation d'un prototype, où seront détaillées les dispositions techniques.

Pour faciliter les échanges d'informations entre ces deux analyses, et à afin de gagner en efficacité au sein du bureau d'études notamment, la démarche proposée se base sur une analyse fonctionnelle classique à laquelle est jointe une série de questions, permettant de caractériser chaque fonction et reposant sur le QOOQCP :

Pourquoi - Libellé de la fonction

Quoi - Sur quoi agit la fonction ?

Qui - Qui réalise la fonction ?

Où - Dans quelle zone / environnement se déroule la fonction ?

Quand - Quand se réalise la fonction ?

Comment - Dans quelles conditions, configurations est réalisée la tâche ?

Transport, montage et installation
Mise en service
Utilisation

Phase phase de production			
Caractérisation de (Fa 1.1.1) permettre le chargement de la machine à partir d'un stock amont ou aval sur palette sur le convoyeur amont ou aval			
Critère	Niveau	Flexibilité	phénomène dangereux
1	pièce(s) unitaire(s) (cônières ou L) transportable	F0	
2	dimensions max : (2x200) x 20 x 700 (Larg. épais. Long)	F0	
3	dimension mini : compatible avec le système de maintien et de convoyage et d'usinage	F0	
4	poids max : env 44 kg	F0	
5	quoi état de surface : pièce non glissante pour la préhension	F0	
6	stabilité des pièces : pièces homogène (centre de gravité identifiable)	F0	
7	température ambiante	F0	
8	conditionnement : cônières empilées sur palette au sol préparée pour dépiilage (séparation horizontale et verticale pour permettre la préhension)	F0	
9	opérateur seul - si pièces < 8 kg ? (préciser référence norme ?)	F1	
10	opérateur avec moyen externe - si pièces > 8kg ?	F0	
11	1 seul opérateur qui guide et pose la pièce	F0	
12	moyen externe de levage fourni par le client : pince auto serrante suspendue à un moyen de levage	F0	
13	visibilité pour la mise en place sur les diabolos du convoyeur d'entrée ou de sortie (auto-centrage)	F0	
14	comment accessibilité : espace nécessaire (1m) autour de la pièce pour la guider d'une seule main pour accompagner la pièce jusqu'à la dépose sur les diabolos (hauteur 1100 mm)	F0	
15	position de l'opérateur : proche de la pièce et du convoyeur pour le guidage	F0	
16	ou zone de dépose : côté opérateur des convoyeur amont ou aval de la fraiseuse hauteur 1100 mm	F0	
17	position des stocks : hors zone (2m mini des convoyeurs)	F0	
18	quand chargement et déchargement en dehors du cycle de fraisage	F0	
19	temps opérationnel suivant le mode opératoire	F2	
20	pré-chargement possible sur les convoyeurs amont et aval	F1	
21	solutions proscrites pas d'utilisation de chariot utilisateur		

Fig. 5. Questions sur l'usage de la machine dans les critères de chaque fonction

Ces différentes questions permettent d'interroger l'activité future des opérateurs concernés, en anticipant par exemple la répartition des tâches entre l'homme et la machine.

La sécurité et la santé ne sont plus alors traitées comme une fonction séparée, mais comme des caractéristiques de la fonction questionnée lui conférant une réalité concrète et pratique. Elles permettent, donc, à la fonction étudiée d'avoir une vision réaliste prenant en compte le système de travail et non plus une fonction isolée. Ces données sont alors directement exploitables sous IDAR (cf. figure 6). Dans ce sens, l'analyse des risques peut-être réalisée dès la phase de spécifications fonctionnelles des besoins, ce qui répond directement aux exigences de la directive machine d'intégrer la prévention (SSE) au plus tôt dans la démarche de conception.

cetim		Feuille d'analyse des risques		IDAR®	
Ref. Document	étude CVC-sécurité CETIM-DIRS/septembre 2012	Machine : Unité de fraisage de couvre joints	Niveau d'analyse :		
Phase Décrite					
Phase de fonctionnement	Activité de l'opérateur	Configuration de la machine	Phénomènes dangereux	Solutions / Observations	
F 0 Installer et mettre en service la	Cette phase est sous le contrôle de l'intégrateur				
phase production					
	(F 1.1) permettre le chargement de la machine à partir d'un stock amont ou aval sur palette sur le convoyeur amont ou aval	unité de fraisage à l'arrêt unité d'usage à l'arrêt	port de charges	par l'opérateur seul pour les pièces < 8kg	
				avec moyen externe pour les pièces > 8kg	
				centre de gravité identifiable	
				pièces non glissantes	
	(F 1.2) transférer les pièces		position non identifiable		
	(F 1.2.1) recevoir et positionner les pièces et bannes à fraiser fournies par la ligne d'usinage amont	mode automatique pour les pièces longues			
		mode manuel pour les pièces courtes	ergonomie : position de l'opérateur pour amener, positionner et brider la pièce face à la mise laser à l'aide du quai de la fraiseuse		

Fig. 6. Intégration des données issues de l'AF et complétées par l'Usage (QOQCPC) dans IDAR

VI. DEVELOPPER LE PARTENARIAT ENTRE L'UTILISATEUR FINAL ET LE CONCEPTEUR

Par ailleurs, ces différentes questions devraient favoriser les échanges entre le concepteur et l'utilisateur et notamment s'interroger sur les besoins des futurs opérateurs à partir, par exemple, de situations de référence issues de l'utilisation d'équipements similaires.

Ainsi le regard du concepteur n'est plus seulement porté sur la machine, en tant qu'objet technique fonctionnel, mais sur le système de travail dans lequel la machine est amenée à évoluer et en particulier sur le couplage « Homme – Machine ». En d'autres termes, l'attention des acteurs de conception (y compris les opérateurs) est orientée vers les interrelations (interactions) Hommes-Machines ainsi que vers les interfaces physiques indispensables au fonctionnement de la machine.

Ceci permet de s'interroger sur les besoins des futurs utilisateurs, ainsi que les exigences de leurs tâches et activités, ..., dans un environnement particulier présentant :

- des limites d'utilisation, incluant l'utilisation normale et le mauvais usage raisonnablement prévisible, la qualification des opérateurs, etc.
- des limites spatiales
- des limites temporelles
- des contraintes environnementales,
- etc.

L'identification de ces différents critères nécessite une forte interaction entre le concepteur et le futur utilisateur ou une bonne compréhension du besoin. Cette forme de collaboration est considérée comme une phase spécifique de prescription croisée (Hatchuel 1996). Cette collaboration doit être aussi renforcée lors de la conception d'une machine spéciale.

VII. TMOIGNAGE INDUSTRIEL³

Il s'agit d'un cas d'application en partenariat avec une entreprise conceptrice de machine d'usinage de profilés en acier qui s'est portée volontaire pour participer à cette mise en œuvre.

Dans le cadre du développement d'une nouvelle option sur un modèle de machine existante, et en l'absence de cahier des charges formalisé relatif à ce projet.

Dans un premier temps, il a été réalisé un arbre fonctionnel du nouveau module. Les aspects santé-sécurité de chaque fonction ont été caractérisés selon la méthode proposée ici.

Il s'agit de définir le « qui » utilise ou participe à cette fonction, le « quand », le « comment », le « pourquoi » (cf. figure 5).

Une colonne supplémentaire « phénomène dangereux » est ajoutée afin de préparer l'utilisation de la méthode d'analyse des risques IDAR.

Dans un second temps, les analyses des risques (avec IDAR) ont été intégrées au regard des nouvelles spécifications ainsi obtenues et qui sont basées sur l'usage (cf. figure 6).

VIII. CONCLUSION⁴

Le croisement de l'analyse des risques et de l'analyse fonctionnelle présente ainsi différents intérêts pour le concepteur mais aussi pour l'utilisateur :

- caractériser les fonctions techniques par les aspects santé et sécurité venant à la fois de l'usage, évitant ainsi de les voir apparaître comme fonctions de contraintes :
 - traitées dans un second temps (tardivement) par les acteurs de conception,
 - et qui difficilement conciliables avec la productivité.
- Prendre en compte la sécurité et la santé au plus tôt dans le processus de conception (réponse réglementaire)
- mutualiser les éléments de l'analyse fonctionnelle et ceux de l'analyse des risques (gain méthodologique)
- intégrer l'activité de l'opérateur dans une démarche fonctionnelle (adéquation conception/utilisation).

BIBLIOGRAPHIE

[1] AMALBERTI, R., (2001) "The paradoxes of almost totally safe transportation systems". Safety Science, 2001, 37, 109-126.

³ La présentation complète sera développée lors du congrès

⁴ Ces travaux sont réalisés dans le cadre d'une convention de partenariat entre l'INRS et le CETIM.

Remerciements : Les auteurs souhaitent remercier l'entreprise Vernet Behringer qui participe à l'expérimentation ainsi que la société Knowledge pour le support apporté à l'utilisation du logiciel TDC Need △

[2] DAILLE-LEVEBRE B., MARSOT J., ROIGNOT R., FADIER E., FALCONNET E. : Sécurité des MACHINES : proposition d'une démarche de spécifications basée sur l'analyse fonctionnelle du besoin et la notion de situations de travail, actes du Congrès LM 18, Tours France, octobre 2012

[3] DARSEES F., FALZON P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In: G. de Terssac et E. Friedberg (Eds). *Coopération et Conception*. Octarès, 1996 : Toulouse, 330 p.

[4] DARSEES F., FALZON P. (1997). Méandres cognitifs du processus de conception. Actes des Journées de Bordeaux pour la Pratique de l'Ergonomie, Mars 1997, 111-120.

[5] DIDELOT A., FADIER E., - 2001 : Caractérisation des situations à risque à partir d'une analyse, opérationnelle pour l'optimisation de la conception. 4ième congrès international "Qualité et sûreté de fonctionnement". 22-23 mars 2001. Annecy, France.

[6] Directive « Machines » 2006/42/EC. Journal officiel de l'Union européenne L157 du 9 juin 2006

[7] FADIER E. (2009). Automatisation et sécurité: Technique de l'ingénieur, AG 3 530 – 1(2009).

[8] FADIER E., DE LA GARZA C. (2006). Safety design: Towards a new philosophy. Safety Science, 44, 2006, 55–73.

[9] FADIER E., DE LA GARZA C., DIDELOT A. (2003). Safe design and human activity: construction of a theoretical framework from an analysis of a printing sector. Safety Science, 41(9), November 2003, 759-789.

[10] FADIER E., NEBOIT M., CICCOTELLI J. (2003) Intégration des conditions d'usage dans la conception des systèmes de travail pour la prévention des risques professionnels. Bilan de la thématique 1998 –2002. Note Scientifique et Technique, NS 237, INRS, p.39

[11] FALCONNET E. (2013).IDAR, une méthode d'analyse des risques dans le cadre de la directive « Machines ». CETIM

[12] FALCONNET E., BOSSARD P., GRANDJACQUES B., SETIER S. THIBAUT JF. (2012). S'appuyer sur l'ergonomie pour concevoir une machine. Directive « Machines » 2006/42/CE. CETIM

[13] FALCONNET E., LUBINEAU Ph. (2010). Conception des machines. Mise en application pratique des obligations de sécurité. Tome. CETIM, Edition 2010

[14] FALCONNET E. (2001). Prévention des risques (santé/sécurité) : de la conception à l'exploitation et articulation de la modélisation cognitive des activités de travail et des méthodes probabilistes de la fiabilité humaine par modélisation cognitive des activités de travail [sous la direction de J. THEUREAU et de M. SIDAHMED, UTC-Compiègne], thèse soutenue le 11 décembre 2001.

[15] HASAN R. (2002). Prise en compte de la sécurité dans le processus de conception des systèmes de fabrication [A. BERNARD, CRAN-Vandœuvre ; J. CICCOTELLI, INRS-Vandœuvre ; P. MARTIN, ENSAM-Metz], thèse soutenue le 22 mars 2002.

[16] HATCHUEL A. (1996). Coopération et conception collective : variété et crises des rapports de prescription. In: G. de TERSSAC ET E. FRIEDBERG (Eds). *Coopération et Conception*. Octarès : Toulouse. 1996, 330 p.

[17] JOUFFROY D. (1999). Vers une démarche d'intégration de la sécurité à la conception des machines à bois semi-automatisées. Mémoire de thèse de doctorat. 1999, Université Nancy 1, 181 p.

- [18] NEBOIT M., GUILLERMAIN H., FADIER E., (1990) - De l'analyse du système à l'analyse de l'interaction Opérateur - Tâche : proposition méthodologique (Chapitre 10). In LEPLAT J., DE TERSSAC G. (Ed.) (1990) - Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes, Editions OCTARES, Marseille, 1990, p. 385.
- [19] NEBOIT M., et FADIER E. (1998). Sécurité du travail sur robot : gérer les paradoxes de l'automatisation. In: A. LAROQUE (Ed) "Gestion des paradoxes dans les organisations", 1998, tome 8 : Travail approches multiples. Presses Inter Universitaires, Québec, 185-195.
- [20] NF EN ISO 12100-1 : 2010, Sécurité des machines – Principes généraux de conception – Appréciation du risques et réduction du risque
- [21] RASMUSSEN J. (1997). Risk Management in a dynamic society: a modeling problem. Safety Science, 1997, 27(2-3), 183-213.