

## Conception des machines

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

*Elodie Falconnet<sup>1</sup>, Elie Fadier<sup>4</sup>, Bruno Daille-Lefèvre<sup>3</sup>, Jacques Marsot<sup>4</sup>, Rémy Roignot<sup>2</sup>*

CETIM

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

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

INRS

<sup>3</sup>Département Ingénierie des Equipements de  
Travail

<sup>4</sup>Département Expertise et Conseil Technique  
1 rue du Morvan  
54519 Vandœuvre cedex, France

*Mots-clés :*

Conception - Sécurité des machines – Ergonomie - Analyse des risques – Analyse fonctionnelle

### **Résumé :**

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 (Bainbridge, 1982 ; Neboit et al., 1998 ; 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.
- Tout système sociotechnique se caractérise par une migration naturelle 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).
- L'opérationnalisation de ce concept de migration à travers une vision diachronique du cycle de vie d'un système (Falconnet 2001, Fadier, Neboit et Ciccotelli, 2003,) a permis de montrer que pour pallier la survenue d'aléas et de dysfonctionnements techniques dégradant les performances de production, les opérateurs mettent en place des activités spécifiques appelées Activités Limites tolérées par l'Usage (ALU). La particularité de ces activités est qu'elles fragilisent le système sociotechnique.
- Le processus de conception ne se limite pas à la seule phase de création et de développement (phase classiquement appelée phase de conception). Il comprend la "conception-phase", l'implantation et l'exploitation (Fadier, De la Garza et Didelot, 2003).

- Les analyses ergonomiques de l'activité des concepteurs soulignent la limite des modèles prescrits de la conception. De plus, tout écart à ce modèle est vécu par les concepteurs comme une erreur (Darses et Falzon, 1997) alors que c'est souvent une nécessité.
- Le retour d'expérience (les informations venant des utilisateurs) 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 considérant le plus souvent que ceci est hors de son champ d'action.
- La conception d'équipements industriels est une conception technique sous-tendue par de forts critères de performance.
- L'évolution des méthodes et approches de conception permettent aujourd'hui une meilleure intégration de la santé/sécurité/ergonomie (Joffroy, 1999, Hassan 2002, Fadier et al. 2003). Ainsi, l'organisation de la conception collective est passé d'un engagement simultané mais non conjoint des acteurs à une situation de co-conception renforçant une activité de coopération et d'apprentissage croisé (Darses et Falzon, 1996 ; Hatchuel, 1996).
- Cette réorganisation conduit à une situation de compromis, qui rend la nature des activités de coopération complémentaire.

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 les normes techniques en vigueur. 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 :

- 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.

Cette communication présente les travaux menés par le CETIM et l'INRS (Daille-Lefèvre et al. 2012), à la fois d'un point de vue méthodologique et au travers différentes études de cas. Ces travaux montrent l'apport d'une réelle coopération entre le concepteur et l'utilisateur, dans le but d'intégrer au plus tôt la sécurité et la santé dans la rédaction du cahier des charges fonctionnel.

Dans cette communication les auteurs présentent :

1. Une méthodologie permettant le croisement de l'analyse des risques et de l'analyse fonctionnelle afin de :

- intégrer la sécurité et la santé au plus tôt dans le processus de conception (machine conforme et sûre)
  - 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).
2. Un exemple d'application sur un cas réel.
  3. Les perspectives de développement ultérieures.

### **Bibliographies:**

1. AMALBERTI, R., (2001) "The paradoxes of almost totally safe transportation systems". *Safety Science*, 2001, 37, 109-126.
2. BAINBRIDGE L. (1982). Ironies of automations. In: Duncan K. et Leplat J. "New Technology and Human Error". Chichester, Willey & Sons, 1982, 271-286.
3. DAILLE-LEFÈVRE BRUNO, MARSOT JACQUES, ROIGNOT RÉMY, FADIER ELIE, FALCONNET ELODIE : Sécurité des MACHINES : proposition d'une démarche de spécifications basée sur l'analyse fonctionnelle du besoin et la notion de situations de travail, Congrès LM 18, Tours France, octobre 2012
4. DARSES 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.
5. DARSES 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.
6. Directive machine 2006/42/EC
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. (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.
12. 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.
13. 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.
14. 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.

15. 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.
16. NF EN ISO 12100-1 : 2004, Safety of machinery — Basic concepts, general principles for design —Part 1: Basic terminology, methodology
17. RASMUSSEN J. (1997). Risk Management in a dynamic society: a modeling problem. *Safety Science*, 1997, 27(2-3), 183-213.