

MÉTHODOLOGIE DE RE-CONCEPTION ERGONOMIQUE D'UNE SALLE DE CONTRÔLE D'UNE CIMENTERIE

MOULDI SAGAR

Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis
Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielles et Humaines (UMR CNRS 8530)
F-59313 Valenciennes Cedex 9
Tél : (33) 03 27 51 14 36, e.mail : mouldi.sagar@univ-valenciennes.fr

Résumé

Cette étude se situe dans le cadre d'un projet de re-conception de la salle de commande de la plus grande cimenterie belge (Projet RENAISSANCE). Elle a pour objectif d'exposer un certain nombre de résultats permettant d'évaluer les potentialités de l'approche ergonomique que nous proposons de développer dans ce projet en collaboration avec le service d'ingénierie local, un sous-traitant en informatique et les futurs fournisseurs. Le résultat de cette étude constitue un démonstrateur d'ergonomie s'appuyant sur une étude de cas réel « la conduite du four 3 » qui illustre notre méthodologie d'intervention ergonomique. Celle-ci devrait être suivie par le concepteur pour réaliser les différentes étapes de projet de re-conception de la nouvelle salle de commande.

Cette intervention ergonomique a donc été réalisée au moyen d'une approche empirique centrée sur l'activité des utilisateurs. Plusieurs méthodes ont été développées dans cette approche et publiées dans un rapport LAMIH-CNRS-CCB. Dans cette communication, l'accent sera mis sur la méthodologie de recueil et d'analyse des données pour la conception du prototype de Four 3 et sur quelques résultats de l'étude qui s'est déroulée dans un cadre pluridisciplinaire.

Mots clés : Conduite de projet, conception d'imagerie, maquettage-prototypage.

METHODOLOGY OF ERGONOMIC RE-DESIGN OF THE CONTROL ROOM OF A CEMENT COMPANY

Abstract

This study is within the project of re-design of the control room from the largest Belgian cement factory (REBIRTH Project). It aims to expose a certain number of results allowing the evaluation from the potentialities of the ergonomic approach. We have proposed in this project to develop a collaboration with the local engineering service, a subcontractor in data processing and the future providers. The result of this study constitutes an ergonomic demonstrator dealing with the "furnace # 3 " case study, which illustrates our methodology of ergonomic intervention. This one should be followed by the designer to carry out the various stages of re-design of the new control room.

This ergonomic intervention was performed through an empirical approach centred on the users' activity. Several methods were developed in this approach and were published in a LAMIH-CNRS-CCB report. In this communication, we deal more particularly with a part of the methodology : data gathering and analysis for the design of a prototype. At least, some general results coming from the multi-field framework approach will be presented.

Key words : Project management, supervisory interface design, Rad-prototyping.

INTRODUCTION

Cette étude se situe dans un contexte d'évolution technologique et économique d'un grand cimentier belge qui souhaite rénover profondément la salle de commande afin d'améliorer les conditions de travail des opérateurs et fiabiliser le système de production. Ce projet de « re-conception » est capital pour cette entreprise compte tenu de l'investissement financier et humain qu'il représente.

Au niveau pratique, le problème majeur qui apparaît lors de la conception d'une salle de contrôle est de penser à intégrer l'ensemble de contraintes liées aux caractéristiques de l'activité des opérateurs et au fonctionnement de l'installation dans le projet de conception et ceci en rapprochant les points de vue des concepteurs et des utilisateurs (2, 5). Pour ce faire, nous proposons une méthodologie ergonomique centrée sur l'analyse de la tâche et de l'activité des opérateurs. Cette méthodologie est basée sur une collaboration étroite entre concepteurs, opérateurs et ergonomes pour anticiper l'activité future des opérateurs au cours du processus de conception et proposer des apports ergonomiques pour la conception.

La première partie de cette communication présentera la méthodologie générale d'intégration de l'ergonomie dans les différentes phases du projet de re-conception de la salle de commande. La deuxième partie présentera l'évaluation ergonomique de la version finale de l'imagerie de prototype du Four 3 dans une situation de conduite très proche de la réalité. En effet, pendant la simulation, nous avons pu brancher le prototype directement aux automates du processus de production.

MÉTHODOLOGIE ERGONOMIQUE DE CONDUITE DE PROJET

Objectifs de la méthodologie

L'intervention ergonomique, que nous avons menée, a pour objectif de se focaliser sur un seul atelier de la salle de commande « le four 3 » afin de fournir aux concepteurs un « échantillon des vues » et des travaux ergonomiques qui seront effectués ultérieurement sur l'ensemble du processus de fabrication en suivant la même méthodologie.

Suite à une analyse globale de la situation, la focalisation de cette étude sur le four 3 permet à l'entreprise d'évaluer concrètement les caractéristiques de la démarche ergonomique adoptée telles que :

- les réactions des opérateurs face aux méthodes d'analyse utilisées (entretiens, enregistrements audio et vidéo, verbalisations en autoconfrontation, etc.) ;
- les éventuelles perturbations entraînées par l'étude ergonomique et notamment au niveau de la mobilisation du personnel durant les phases d'analyse de la tâche, de l'activité et du maquettage-prototypage ;
- l'estimation des moyens et du temps nécessaire à l'analyse (chiffrage des ressources d'ergonomie en homme-jour) ;
- les réactions des concepteurs et des fournisseurs suite à l'appel d'offres.

Différentes étapes de la méthodologie ergonomique

Durant le processus de conception, les actions ergonomiques concernent globalement les différentes situations suivantes :

- Clarification de la demande pour le besoin du cahier des charges.
- Analyse de la tâche et de l'activité.
- Intégration des données ergonomiques au cours du processus de conception par l'intermédiaire de l'expérimentation ergonomique (maquettage-prototypage).

- Détermination de la population d'utilisateurs et de leur besoin en formation.
- Préparation de la documentation nécessaire et des manuels d'utilisation.
- Évaluation des résultats de l'analyse ergonomique au cours de la conception.
- Évaluation du produit final avec les opérateurs.

La contribution de l'ergonomie aux différentes étapes de la conception se fait par le biais d'une démarche itérative cherchant à prévoir ce que sera l'utilisation de la nouvelle situation au fur et à mesure de sa réalisation. Cette démarche de conception est centrée essentiellement sur l'analyse de la tâche et l'activité des opérateurs en passant par deux phases :

- Une phase de diagnostic ergonomique basée sur l'analyse de la situation de « référence » qui est la situation actuelle faisant l'objet de l'automatisation et ceci afin d'en faire l'état des lieux, modéliser la tâche et l'activité et les projeter par la suite vers le futur.

- Une phase de pronostic ergonomique basée sur l'expérimentation pendant laquelle on tente de créer des maquettes et des prototypes afin d'évaluer leur utilisation par les opérateurs. Elle permet de valider la pertinence des premières spécifications des vues et d'en déduire d'autres.

Le diagnostic ergonomique

Le diagnostic ergonomique est composé de deux analyses complémentaires :

- *Une analyse fonctionnelle de l'installation qui repose sur la logique de fonctionnement des systèmes techniques avec deux types d'analyse :*
- *Une découpe technique de l'installation utilisant des données issues des groupes de travail organisés par les services de production et d'ingénierie. Cette découpe indique le schéma fonctionnel de l'ensemble d'ateliers composant l'installation. Dans cette communication nous donnerons un exemple des différents éléments qui concernent le four 3 tels que : unité four, alimentation farine, échangeur voie sèche, refroidisseur clinker, etc. »*
- *Analyse des tâches prescrites utilisant des données issues des entretiens avec les ingénieurs et des manuels de l'opérateur et des procédés. Ainsi, pour les principales tâches prescrites, nous disposons d'un modèle qui nous indique le paramètre concerné, le réglage à effectuer, les conséquences sur le processus et les conditions restrictives par exemple pour l'augmentation de débit combustible ou pour la formation d'un collage en zone de cuisson, etc.*

Le résultat de cette analyse est important, notamment pour la première version de l'imagerie. Les éléments à intégrer dans les vues de conduite doivent répondre à une logique de fonctionnement incontournable pour réussir les premières maquettes.

Une analyse opérationnelle du travail qui repose sur la logique d'utilisation des systèmes par les opérateurs avec deux types d'analyse :

- *Analyse des tâches réelles* utilisant des données issues des observations préalables et des entretiens avec les opérateurs dans la salle de commande.

Cette analyse nous amène à adopter une formalisation des tâches réelles qui permet de dépasser les données issues de l'analyse fonctionnelle et de poser les bonnes questions de conception d'interface. Pour cela il est possible de formaliser la tâche en arbre hiérarchique selon les différentes situations de conduite. C'est ainsi que nous avons passé beaucoup de temps avec tous les opérateurs dans la salle de contrôle (12 jours) pour réaliser cette analyse.

- *Analyse des activités réelles* utilisant des données issues des enregistrements audio et vidéo des opérateurs, des verbalisations en autoconfrontation et une modélisation du cours

d'actions. C'est une analyse du cours d'actions qui cherche à aller plus loin que les données issues de l'analyse de la tâche réelle en identifiant les buts poursuivis, les significations données aux informations considérées, les raisonnements et les hypothèses développées par les opérateurs, etc.

Les données issues des observations de l'activité nous ont permis de faire d'abord des analyses quantitatives sur les différentes composantes de l'activité ; c'est-à-dire des statistiques sur la fréquence et la durée des actions, des déplacements, des communications, des regards, des alarmes, etc. Elles nous ont permis ensuite de constituer des chroniques de l'activité qui donnent une idée plus précise des enchaînements des variables de l'activité.

Ces mêmes données nous ont permis surtout de faire une analyse qualitative en construisant des graphes d'actions afin de cerner l'activité cognitive de l'opérateur et en particulier en situation de gestion d'incidents. Ce graphe conduit à une description précise, systématique et rigoureuse de la structure significative de l'activité de conduite à partir des notions théoriques du cours d'actions développées par Theureau (6).

Les concepts pour la conception de l'imagerie issus du graphe d'actions se fait par exemple par l'élaboration dynamique de « points de vue » sur le processus, l'aide à la mémorisation des séries d'actions en cours, la continuité des séries d'actions au changement de poste, etc. (3).

Le pronostic ergonomique

En ergonomie, il n'est pas suffisant de connaître la tâche et l'activité des opérateurs, il faut en plus pouvoir porter un jugement sur ce qui est inadapté dans la situation de travail. Il est donc nécessaire de prévoir l'activité future probable des opérateurs (Modèle de l'activité future) en passant par deux étapes complémentaires : le maquetage et le prototypage.

- Le maquetage qui consiste en une certaine simulation de la situation future à partir de l'analyse de la tâche et l'activité. Trois types de maquettes ont été réalisés pour l'imagerie de conduite : le premier par le groupe de travail « vues de conduite », le deuxième par les opérateurs et le troisième par l'ergonome et l'automaticien. Excel a été utilisé comme outil de communication avec l'informaticien en vue de la réalisation finale du prototype à l'aide d'un logiciel professionnel de supervision.
- Le prototypage : le prototype sert à tester et à améliorer une vue de l'écran alors que celle-ci est réalisée dans un autre environnement de programmation. Pour cette étude les maquettes réalisées sous Excel ont été traduites par l'informaticien sous FactoryLink de « USDATA Corporation » pour la conception du prototype de Four 3 qui soit le plus réaliste pour la simulation finale avec les opérateurs de conduite.
- La phase de maquetage-prototypage a abouti à la conception et l'évaluation des vues de veille destinées à remplacer les grands synoptiques muraux et les pupitres ainsi que les vues de conduite du Four 3. Un exemple des vues de veille et de conduite du four 3 sera développé dans cette communication.

LA VALIDATION ERGONOMIQUE

D'une manière générale, la validation ergonomique du prototype suit une approche empirique *a posteriori*, dans le sens où il s'agit d'observations ou de mesures issues de l'utilisation d'une interface par les opérateurs suite à sa spécification à partir d'une ou plusieurs maquettes.

La réussite de l'expérimentation ergonomique sur le prototype de l'imagerie du four 3 pour une validation par les opérateurs dépend des moyens mis en œuvre pour sa réalisation au niveau informatique (prototype assez dynamique) et au niveau organisationnel (disponibilité des opérateurs, temps d'apprentissage, préparation des scénarii, etc.)

Cette approche offre un certain réalisme et la prise en compte potentielle de tous les niveaux de l'interface. Malheureusement elle implique un coût et une durée élevés, mais elle est la seule capable de répondre aux questions de « l'utilisabilité » lorsque de nouveaux facteurs interviennent. En effet, l'ergonomie de la salle de contrôle ne doit pas s'arrêter aux aspects graphiques de l'interface mais doit permettre à l'opérateur d'atteindre facilement ses objectifs (savoir trouver rapidement telle ou telle information sur l'écran) et de réaliser convenablement sa tâche. Nous avons pu réaliser une expérimentation ergonomique en présence des opérateurs avec les moyens qui seront disponibles dans la situation future tels qu'un écran géant pour la vue de veille, un écran de conduite, un écran d'alarmes. La passation des opérateurs s'est déroulée selon des scénarii de conduite bien précis : démarrage du four, conduite normale, conduite en mode dégradé, arrêt du four, etc.

Nous exposerons quelques résultats de cette expérimentation ergonomique lors de notre communication.

CONCLUSION

Dans tous les projets utilisant une interface graphique il y a toujours la difficulté de trouver la meilleure solution ergonomique répondant aux méthodes de travail et exigences de tous les opérateurs. Dans le contrôle de processus les difficultés sont encore plus importantes vu l'évolution technologique croissante et l'augmentation de la charge cognitive des opérateurs. Cette étude montre que seule une collaboration à caractère pluridisciplinaire peut encore rapprocher la logique de fonctionnement et la logique d'utilisation des opérateurs.

Plusieurs auteurs ont distingué les points faibles et les points forts dans la conduite du projet de conception (1, 2) en insistant notamment sur La sous-estimation des moyens dédiés à l'ergonomie pour atteindre les objectifs fixés et le manque de communication entre les différents partenaires du projet. Cette étude insiste sur les points suivants qui favorisent l'adoption de cette démarche ergonomique :

- L'implication des opérateurs dans la démarche ergonomique les met en confiance pour affronter le changement technologique et réussir la conception de l'imagerie.
- L'intégration de la globalité de la situation de travail en associant l'analyse quantitative à l'analyse qualitative (le cours d'actions) et à la normalisation en ergonomie.
- Valorisation de la phase de maquettage en personnalisant les maquettes de chaque opérateur avant d'en tirer une synthèse nécessaire à la réalisation du prototype.
- Valorisation de la phase de prototypage avec une simulation la plus proche possible de la réalité de conduite (branchement direct du prototype de Four 3 aux automates de processus).
- Le caractère itératif du processus de conception et l'évaluation ergonomique à chaque étape de la conception.
- L'exploitation des résultats de l'analyse ergonomique pour développer d'autres préoccupations de l'entreprise telles que : l'aide à la conduite, la formation, la documentation et l'organisation du travail.
- La méthodologie suivie peut être exploitée pour la conduite d'autres futurs projets de l'entreprise.

RÉFÉRENCES

- (1) Anact (1987). Conduite de projet industriel, Lettre de l'ANACT n° 116.
- (2) Daniellou F. (1986). L'opérateur, la vanne et l'écran. Editions de l'ANACT.
- (3) Jeffroy F. ; Sagar M. (1991). Analysis of work activity and design of intelligent support system for process control. In designing for Evryone (vol.I). Queinnec & Daniellou (Eds), pp.827-829. Taylor & Francis, London.
- (4) Sagar M. (2001). Conception ergonomique de l'imagerie de conduite d'une salle de contrôle d'une cimenterie. Rapport de contrat LAMIH-CNRS-CCB, Janvier.
- (5) Spérandio J.C. (1996). L'ergonomie du contrôle de processus. In L'ergonomie dans la conception des projets informatiques.) Spérandio (Ed), pp.297-333. Octarès, Toulouse.
- (6) Theureau J. (1992). Le cours d'action : analyse sémio-logique Essai d'une anthropologie cognitive située. Edition Peter Lang, Berne.