

L'ERGONOMIE ET LA PERFORMANCE D'INSTALLATIONS AUTOMATISÉES

THIBAUT JEAN - FRANCOIS

Laboratoire d'Ergonomie des Systèmes Complexes, U.F.R. Santé Publique, Université Victor Segalen Bordeaux 2, 146 rue Léo-Saignat, 33076 Bordeaux Cedex, France.
Jean-Francois.Thibault@ergo.u-bordeaux2.fr

Résumé

A partir d'un exemple d'accompagnement d'un investissement industriel, cette communication pose la question de la mesure de la performance d'installations automatisées. En effet, les repères issus d'analyses de l'activité des opérateurs montrent les limites des outils de gestion utilisés et surtout ils vont permettre de construire de nouveaux outils en modifiant les représentations de la performance de l'atelier automatisé. Conjointement à l'élaboration et la mise au point de ces nouveaux outils de gestion, l'exploitation des premiers résultats couplée à des analyses complémentaires de l'activité ont permis de lancer et de mesurer l'impact de transformations techniques et organisationnelles dans l'atelier.

Mots clés : performance / automatisation / critères de gestion

ERGONOMICS AND THE PERFORMANCE OF AUTOMATED FACILITIES

Abstract

The purpose is to show how ergonomics practice can improve automatic workshop by developing other criteria of output efficiency. As a matter of fact, activity analysis reveals the limits of traditional management tools and allows creating new indicators with the plant managers. With this new boarding chart, everyone can have the same representation of the workshop efficiency. It has been used in technical and organisational changes. Some changes improving health, for instance those minimizing operator's stress, have been validated by the new facility efficiency model.

Key words: efficiency / automation / management indicators

INTRODUCTION

Depuis les années 80, l'industrie manufacturière ne cesse de chercher des gains de productivité par le biais de l'automatisation des installations de production. En visant des augmentations de capacité et des diminutions de coût de main d'œuvre, ces démarches d'automatisation ont techniquement généré divers niveaux d'équipements automatisés qui vont du manipulateur asservi aux ateliers flexibles en passant par les cellules robotisées. L'impact de l'automatisation sur l'activité de travail des opérateurs a fait l'objet de nombreuses recherches et publications montrant, entre autres, les risques de parcellisation des tâches, d'augmentation des contraintes temporelles et d'accidents liés, par exemple, aux interférences opérateurs-installations automatiques. Ainsi, les démarches d'accompagnement en ergonomie des projets d'automatisation (4-7), permettent dès la conception d'anticiper et de prévenir les problèmes liés aux interventions humaines dans de tels systèmes (10). Cependant, au-delà de l'implication des ergonomes dans la conception et la mise en œuvre de ces systèmes automatisés, se pose la question du positionnement de l'ergonomie vis à vis de la performance à terme de ce type d'installation.

L'objet de cette communication est de montrer, en s'appuyant sur un exemple, comment une démarche en ergonomie peut servir d'une part à objectiver la performance et développer des outils de pilotage d'un atelier automatisé pour d'autre part accompagner les transformations du dit atelier en considérant conjointement les questions de santé et de performance des installations.

LE CONTEXTE ET LA DEMANDE

Afin d'étayer notre propos, nous allons nous reporter en particulier à un projet d'automatisation d'une usine de processus continu qui produit des bobines de fil. L'usine s'articule autour de 3 secteurs principaux : un four, un atelier de fibrage et un atelier de finissage. L'automatisation a principalement touché l'atelier de fibrage qui élabore des bobines de fil et l'atelier aval de finissage qui conditionne sous forme de produits finis ces bobines. Parallèlement aux transformations techniques importantes de ces deux ateliers (robotisation complète des deux ateliers), l'usine a mis en place un système informatique industriel de supervision et de gestion de la production.

L'objectif majeur du projet était d'augmenter la capacité de production de l'usine ainsi que sa productivité.

Dans ce projet, nous¹ sommes intervenus sur une période de trois ans : des études préliminaires du projet technique en 1997 jusqu'à la mise au point des nouvelles installations début 2000.

Après 6 mois de fonctionnement, le responsable de l'usine a demandé une nouvelle intervention afin d'éclairer du point de vue de l'ergonomie certaines disparités de fonctionnement importantes de l'atelier de finissage. L'atelier étant organisé en 5 équipes postées, ces disparités nous ont été présentées sous la forme de graphiques représentant les variations de production par équipe c'est à dire le nombre de bobines produites par équipes. Et, en effet, l'analyse mathématique des courbes relatives aux cinq équipes montrait d'importantes variations intra-équipe durant ces 6 mois ainsi que des tendances inter-équipes différenciant celles-ci.

¹ En plus de l'auteur, Carballada G. et Daniellou F. ont participé aux études préliminaires et aux études de base (1997-1998).

DE LA MESURE DE LA PERFORMANCE À LA CONCEPTION DE NOUVEAUX INDICATEURS.

Comme le soulignent Demeestère R. et coll.(5), " le système de mesure des performances dépend des orientations stratégiques retenues : il est construit en grande partie en fonction de celles-ci afin de suivre leur mise en œuvres... "(p.13). De plus la mesure de la performance relève de trois pôles fondamentaux à savoir Objectifs – Résultats – Moyens qui constituent de part leurs interactions et leurs dynamiques la base du contrôle de gestion (1).

Dans le cas présent, la représentation des responsables de la performance de l'atelier s'inscrit nettement dans le double objectif initial du projet à savoir l'augmentation de la capacité de production soit le nombre de bobines produites, et la productivité au travers d'une diminution des coûts de main d'œuvre. Ainsi, les indicateurs initiaux de la performance ont été principalement basés sur le ratio « nombre de bobines produites par opérateur ». Ce biais offert par cette vision réductrice de la performance réside en une référence exclusive à la notion d'efficacité du système de production c'est à dire à la capacité de l'organisation à atteindre ses objectifs. En rapport avec les travaux de F. Hubault (8) et en effectuant un rapprochement avec la problématique des troubles musculosquelettiques (2), nous avons basé notre intervention sur l'explicitation de l'atteinte, du maintien et surtout du coût de la performance du point de vue de l'activité réelle de travail des opérateurs ; l'objectif visé étant là encore de réintroduire dans le tableau de bord des gestionnaires les notions d'efficience et de pertinence (9).

La particularité de notre modèle théorique réside dans la mise en œuvre de mesures de la performance qui s'intègre dans un espace tridimensionnel agençant :

- une dimension quantitative qui reflète un résultat physique à un moment donné comme par exemple le nombre de bobines produites, les temps d'arrêts, etc. Très souvent ces indicateurs sont bruts et difficilement exploitables tels quels de par la multitude de résultats.
- une dimension analytique qui à partir de combinaisons d'indicateurs physiques fournit des tendances, des évolutions du système de production comme par exemple le rendement matières, le taux de rebut, etc. Le risque de ce type d'indicateur est de privilégier dans l'analyse un critère par rapport à un autre.
- une dimension orientée pilotage qui donne aux intéressés (nous verrons plus loin que la notion d'intéressés peut largement dépasser les seuls gestionnaires et par exemple intégrer les opérateurs sur ligne) les leviers sur lesquels ils doivent agir afin d'atteindre et de maintenir la performance de l'atelier. Dans ce cas, les actions s'opèrent sous forme de régulations « chaudes » ou « froides » (3), et s'orientent par exemple vers des décisions d'allocation de ressources mais elles peuvent aussi remettre en cause les moyens voire les objectifs.

L'INTERVENTION EN ERGONOMIE

Ainsi, nous avons axé notre intervention sur le "cœur" de l'atelier de finissage à savoir les quatre îlots automatisés qui fonctionnent en parallèle et sur lesquels interviennent trois opérateurs : les éplucheurs. Ces opérateurs ont pour mission de conditionner unitairement chaque bobine en "l'épluchant" c'est à dire en éliminant systématiquement la partie de fil non conforme de la bobine et aussi tous éventuels défauts résiduels par un ou des " épluchages " complémentaire(s).

Avant l'automatisation de l'atelier, les éplucheurs conditionnaient manuellement environ 350 bobines par jour en sachant que leurs poids unitaires variaient de 15 à 20 kg. De nombreux problèmes de santé dont des pathologies dorsolombaires existaient, phénomène accentué par un atelier regroupant une population « vieillissante ». Dans la démarche de conception des îlots automatiques, les tâches des éplucheurs avaient été donc recentrées vers la conduite des îlots et surtout le suivi qualité en éliminant tout port de charge. En effet, après l'épluchage le produit est automatiquement emballé et palettisé et devient donc inaccessible avant le client final.

Du point de vue méthodologique, des analyses d'activités ont été menées auprès des cinq équipes travaillant sur les quatre îlots automatisés en utilisant, entre autres, des chronologies d'activités et en essayant de croiser des facteurs comme l'expérience des opérateurs, les divers postes de travail et les périodes dans le poste (début, fin et en cours de poste).

Ces chronologies d'activités nous ont permis d'explicitier quatre principales familles de résultats à savoir :

- a) Au-delà de la question de l'activité de travail de l'éplucheur, le fonctionnement des îlots dépend de la continuité de fonctionnement des installations automatiques amont et aval. En effet, pendant 20% de son temps en moyenne, l'éplucheur attend soit l'approvisionnement amont de son îlot en bobines soit l'évacuation aval des bobines conditionnées de son îlot.
- b) En fonctionnement stabilisé de l'îlot (c'est à dire hors perturbation amont ou aval ou dysfonctionnement majeur interne à l'îlot), l'activité de l'opérateur agence des actions de conditionnement, de suivi de la qualité, de nettoyage (50%), mais surtout des actions d'anticipations et de récupérations de micro-défaillances de l'îlot (15%) entraînant de nombreux déplacements (15%). Ainsi, l'analyse des diverses stratégies de régulation des opérateurs nous a montré une corrélation entre le niveau de régulation et la qualité des bobines conditionnées. En effet, les opérateurs dont le niveau de régulation est proportionnellement faible (<10%) peuvent atteindre les niveaux de performance supérieurs à savoir 400 bobines/jour au détriment de la qualité (taux de rebut supérieurs à 10%) alors que proportionnellement des opérateurs qui régulent beaucoup (niveau de régulation supérieur à 20%) n'atteignent pas forcément l'objectif de 400 bobines/jour mais engendrent des taux de rebut inférieurs à 6%.
- c) Il n'existe aucune corrélation entre le niveau formel de dysfonctionnements relevés par la supervision (liste des alarmes relatives aux îlots automatisés) et le niveau de régulation des éplucheurs (hormis incidents majeurs sur l'îlot entraînant son arrêt) ce qui signifie, d'une part, que les stratégies informelles d'anticipation et de récupération sont efficaces et d'autre part que l'image du fonctionnement de l'îlot remontée par les automatismes ne correspond pas à la réalité.
- d) Des critères individuels, comme la connaissance des produits, ainsi que des critères collectifs comme l'organisation du collectif de travail (à savoir la répartition des tâches entre les 3 éplucheurs pour conduire les 4 îlots automatisés) sont déterminants du point de vue du double objectif quantitatif et qualitatif de production.

La restitution de ces résultats a permis de mettre en évidence une sous-estimation du niveau de régulation de l'opérateur qui, dans ce contexte, ne peut atteindre les objectifs escomptés par la direction de l'entreprise à savoir 600 bobines par jour par éplucheur. Devant ce constat, le responsable de l'usine a engagé une démarche participative en quatre étapes engageant des groupes de travail :

- a) Redéfinition des indicateurs de performance qui puissent s'intégrer dans le système informatique de pilotage de l'atelier et qui rendent compte, en temps réel, à la fois du

fonctionnement technique des installations en termes de taux d'engagement et de fiabilité, et à la fois des quantités et de la qualité des bobines conditionnées. Ainsi le tableau de bord élaboré avec l'ergonome fournit une représentation tridimensionnelle de la performance (quantitative, analytique et orientée pilotage).

- b) Elaboration des pistes de transformation des îlots automatiques existants et de l'organisation du travail afin de réduire le niveau de micro-défaillances et par voie de conséquences le niveau de sollicitations des opérateurs en termes de régulations d'incidents (modifications techniques des îlots, introduction systématique dans toutes les équipes d'une compétence en automatisme, etc.).
- c) Mise en œuvre de campagnes de mesures à l'aide de ces indicateurs couplées à des analyses qualitatives de l'activité de travail des éplucheurs. En effet, le tableau de bord fournit par exemple des tendances relatives à un niveau global de régulation des opérateurs mais seules des analyses de l'activité réelle de travail peuvent permettre d'explicitier ces actions individuelles et collectives de régulation.
- d) Engagement de transformations à la fois techniques des îlots automatisés (modifications et conception d'une nouvelle génération d'îlot), formatives par des formations complémentaires des opérateurs (par exemple formation complémentaire sur l'épluchage et ses effets sur la qualité), et enfin organisationnelles par la reconfiguration des équipes d'éplucheurs (nouvelles répartitions des tâches en fonction des compétences avec par exemple un système de compagnonnage ancien et jeune éplucheur) et la mise en place d'une maintenance préventive.

Après avoir finalisé la première étape à savoir la construction, la mise en œuvre et la validation d'un tableau de bord, les trois autres étapes ont pu être réalisées en mesurant l'impact des transformations aussi bien en termes de mesure globale de la performance que de transformations des activités réelles de travail des opérateurs.

En conclusion, cette démarche d'implication de l'ergonome dans l'élaboration d'indicateurs de performance de l'atelier a permis de construire avec l'ensemble des parties prenantes (des opérateurs aux concepteurs du système informatique industriel en passant par la maîtrise et les responsables de production et de maintenance) un référentiel opératif commun (6) de la performance. Ce référentiel apparaît sous la forme d'une nouvelle représentation partagée de la performance impliquant un usage instrumental des mesures que ce soit au niveau des opérateurs par des stratégies individuelles et collectives ou au niveau des responsables de l'atelier qui maintenant tiennent plus compte de la réalité du travail dans leur décision d'allocation des ressources.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Bescos P.L., Dobler P., Mendoza C., Naulleau G., Giraud F., Lerville Anger V., (1997). *Contrôle de gestion et management*, 553p., Ed Montchrestien, Paris.
- (2) Bourgeois F., Lemarchand C., Hubault F., Brun C., Polin A., Faucheux J.M., (2000). *Troubles musculosquelettiques et travail : quand la santé interroge l'organisation*, 252p., Ed ANACT, Lyon.
- (3) Carballeda G., Thibault J.F., (1997). Décrire l'organisation du travail, une assistance à la maîtrise d'ouvrage, in *L'ergonome, le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre*, Actes des journées de Bordeaux sur la pratique de l'Ergonomie, LESC, Bordeaux, pp. 27-40.
- (4) Daniellou F. (1987). *Les modalités d'une ergonomie de conception : introduction dans la conduite de projets industriels*. Note documentaire. ND 1647-129-87. INRS, Paris.

(5) **Demeestère R., Lorino P., Mottis N., (1997).** *Contrôle de gestion et pilotage*, 251p., Ed. Nathan, Paris.

(6) **De Terssac G. et Chabaud C., (1990).** Référentiel opératif commun et fiabilité, in Leplat J. et De Terssac G., *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, pp.109-139, Octares édition, Marseille.

(7) **Garrigou A., Thibault J.F., Jackson M., Martin C., Belliès L., Ledoux E., (1998).** Les enjeux de la constitution de collectifs de maîtrise d'ouvrage dans les projets de conception d'installations industrielles et les projets architecturaux. In *Actes du Congrès Francophone de Management de Projet*, AFITEP, Paris, pp. 297-311.

(8) **Hubault F., (1999).** Engagement du travail, engagement dans le travail, les enjeux de la mesure de la productivité du travail, in *Performance*, Hors Série Séminaire Paris I, pp.2-13, Toulouse.

(9) **Jackson M., Thibault, J.-F., Daniellou, F., (1997).** Helping managers to find a better compromise between coherence and relevance : an intervention in an industrial project. In *From experience to innovation.*, volume1, Tampere, Finlande : IEA 97. pp.70-72.

(10) **Thibault, J.-F., (2000).** Practise of ergonomics management in industrial design. in *Ergonomics for the new Millennium*, volume 2, San Diego, USA : IEA 2000. pp.297-299.