



HAL
open science

Intégration d'une tâche de contrôle dans l'activité d'opérateurs de fabrication : le cas d'un atelier d'électronique.

D. Lievin, M. Francois

► To cite this version:

D. Lievin, M. Francois. Intégration d'une tâche de contrôle dans l'activité d'opérateurs de fabrication : le cas d'un atelier d'électronique.. [Rapport de recherche] Notes scientifiques et techniques de l'INRS NS 153, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). 1997, 28 p., ill., bibliogr. hal-01420138

HAL Id: hal-01420138

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-01420138v1>

Submitted on 20 Dec 2016

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.

AVRIL 1997

N° ISSN 0397 - 4529

153

SERVICE ERGONOMIE ET
PSYCHOLOGIE INDUSTRIELLE

INTEGRATION D'UNE TACHE DE CONTROLE DANS L'ACTIVITE D'OPERATEURS DE FABRICATION : LE CAS D'UN ATELIER D'ELECTRONIQUE

D. LIEVIN - M. FRANCOIS

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE

SIEGE SOCIAL :
30, RUE OLIVIER-NOYER, 75680 PARIS CEDEX 14

CENTRE DE RECHERCHE :
AVENUE DE BOURGOGNE, 54501 VANDŒUVRE CEDEX

RESUME

Le niveau de qualité exigée aujourd'hui des fabricants met en cause le compromis habituel entre le coût du contrôle et le bénéfice attendu par l'entreprise. De plus en plus, le contrôle du processus de fabrication tend à se substituer, lorsque c'est possible, au contrôle final du produit. Les opérateurs de fabrication se voient ainsi confier des tâches de contrôle en plus de leurs tâches de surveillance du processus. Les effets de ces réorganisations sur l'efficacité et la charge de travail des opérateurs sont encore mal connus.

Quelles conséquences ce choix a-t-il sur l'activité de l'opérateur et sur l'efficacité du contrôle ? N'y a-t-il pas conflit entre les objectifs du contrôle et ceux de surveillance du processus ? Quel effet cela a-t-il sur la charge de travail ?

Autant de questions abordées lors d'une étude dans un atelier d'électronique où est mis en place le "juste-à-temps". Elle montre l'importance des échanges entre services et leurs incidences sur la charge de travail et la qualité. Elle suggère une adaptation de la fonction de contrôleur-qualité plutôt que sa suppression.

Mots-clés : Contrôle-qualité - Juste-à-temps - Partage des tâches - Surveillance de processus - Charge de travail

ABSTRACT

The level of quality demanded nowadays by manufacturers brings the traditional compromise between the cost of quality control and the profits expected by the firm. It is observed that the monitoring and control of the manufacturing process is being substituted for the control of the product whenever possible. Workers in a manufacturing plant now find themselves entrusted with control task in addition to their regular jobs. The effects of this new form of task reorganisation on the efficiency and work load of the operators is still poorly understood.

What will be the consequences of this choice on the activity of the operator, and on the efficiency of the control task ? Is there a conflict between the product control objectives and those of process control ? What effect will this have on the work load ? Such were the questions addressed during a study in an electronics workshop where they had just installed « just-in-time delivery ». This study demonstrates the importance of exchanges between the different departments, and their incidence on both work load and quality.

The results led us to suggest that the functions of the quality controller be adapted rather than suppressed.

Key-words : Quality control - Just-in-time - Work sharing - Process monitoring - Workload subjective assessment

SOMMAIRE

INTRODUCTION

- 1 - POSITION DU PROBLEME
- 2 - L'ENTREPRISE ET SON PROCESSUS DE FABRICATION
 - 2.1 - Le secteur "Insertion"
 - 2.2 - L'organisation du travail et le contrôle-qualité
- 3 - METHODES D'ETUDE
- 4 - RESULTATS OBTENUS
 - 4.1 - Contrôle et exigences de fabrication
 - 4.1.1 Type de contrôle et relevé des défauts
 - 4.1.2 Perception des défauts
 - 4.1.3 Facteurs à l'origine des différences constatées
 - 4.2 - La charge de travail liée à la tâche de contrôle
 - 4.2.1 Les postes de contrôle
 - 4.2.2 L'environnement physique de travail
 - 4.2.3 L'évaluation de la charge de travail

DISCUSSION ET CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Malgré l'automatisation, le contrôle visuel des produits reste primordial dans de nombreux secteurs industriels pour maintenir la référence qualité des fabrications. En réponse à une demande diversifiée et de plus en plus exigeante sur le plan qualité, les entreprises ont adopté des modes d'organisation où les délais de fabrication sont de plus en plus courts et les spécifications de qualité de plus en plus précises.

L'incidence de ces contraintes sur l'efficacité du contrôle préoccupe de plus en plus d'entreprises. Certaines hésitent entre le maintien ou la suppression du contrôle traditionnel en fin de ligne au profit d'un contrôle intégré à chaque étape de la fabrication. Dans certains cas, la nature du processus physico-chimique de fabrication (par exemple apparition de certains défauts après refroidissement de la pièce) exige un maintien des deux modes d'organisation. Ces changements peuvent remettre en cause la tâche de contrôle aussi bien dans son contenu, par les nouvelles exigences perceptives et décisionnelles qu'elle implique, qu'au niveau de la charge de travail résultante.

Confrontée à ce problème, une entreprise A a sollicité l'INRS pour se faire préciser les critères utiles à l'amélioration de l'efficacité du contrôle visuel et optimiser la charge de travail de ses contrôleurs.

Après avoir procédé à des enregistrements du mode d'exploration visuelle de ses contrôleurs-qualité (technique des mouvements oculaires), l'entreprise a mis au point un module de formation "inspection qualité" qu'elle souhaite valider avec l'INRS.

En effet, soumise à une demande de produits de plus en plus différenciés, l'entreprise met en place une organisation "en juste-à-temps" [1] qui doit remplacer progressivement l'ancienne organisation taylorienne. Dans la logique de cette nouvelle organisation, l'entreprise envisagerait de confier le contrôle-qualité aux opérateurs de fabrication après les avoir formés à l'aide de ce module de formation et de supprimer alors les postes d'inspection visuelle situés en fin de ligne.

Après une première visite, il est apparu que la demande de validation du module "formation" formulée par l'entreprise, n'était pas pertinente par rapport aux problèmes rencontrés. Une étude plus systémique des lignes d'insertion était nécessaire pour poser un diagnostic correct de la situation et envisager des solutions adaptées.

1 - POSITION DU PROBLEME

Le contrôle-qualité des produits industriels peut être défini à la fois comme l'activité d'un opérateur humain et comme une fonction d'un système industriel [2].

a) En tant qu'activité, le contrôle-qualité — ou inspection visuelle — met en jeu des mécanismes :

- perceptifs : détection et discrimination des défauts éventuellement présents sur le produit,
- cognitifs : mécanismes liés à la décision et aux stratégies de recherche,
- d'action, qui traduisent physiquement le choix opéré.

Les mécanismes perceptivo-cognitifs mis en jeu dans le contrôle-qualité, impliquent une connaissance des défauts et l'intériorisation d'une norme. Cette norme est le résultat d'un compromis entre les considérations techniques et commerciales de l'entreprise et les exigences du client [2]. Mais l'une des caractéristiques essentielles des tâches d'inspection est relative à l'incertitude dans laquelle se trouve l'opérateur quant aux lieux et moments d'apparition d'un défaut. Cette incertitude spatiale et temporelle l'oblige à explorer d'une façon continue le produit. En fait, cette systématisation est rarement utilisée chez les contrôleurs expérimentés [3] ; ces derniers orientent plutôt leur inspection sur telle ou telle partie du produit en tenant compte d'indices autres que la nature des défauts. L'efficacité de cette recherche de défauts dépend des stratégies mises en œuvre par le contrôleur et repose sur l'élaboration de modèles mentaux qui tiennent compte de la probabilité d'apparition des défauts, de la nature de ces derniers et de leurs conséquences sur la qualité. Elle dépend aussi de la connaissance qu'a l'opérateur du fonctionnement du processus de fabrication [4, 5].

Mais le contrôle-qualité d'aspect, qu'il soit systématique ou par sondage, s'effectue sur des périodes longues où se pose le problème du maintien de l'attention du contrôleur [6]. Les connaissances psychophysiologiques actuelles montrent que l'attention ne peut être maintenue à un niveau d'efficacité optimale au-delà de 30 à 40 minutes [7]. A ce titre, on retrouve une similitude entre les tâches d'inspection et celles de surveillance. Ce maintien de la vigilance devient d'autant plus crucial que les technologies mises en œuvre produisent de moins en moins de défauts.

b) En tant que fonction, ce que recouvre le contrôle-qualité dépend du modèle de gestion utilisé. Dans une logique déterministe, comme celle de l'Organisation Scientifique du Travail (OST) ou du Taylorisme [2], le concept du contrôle-qualité appliqué à la production de masse, s'entend le plus souvent dans le sens d'éliminer ou de déclasser l'objet (1er ou 2ème choix) après sa réalisation. Ce modèle est, par ailleurs, générateur de stocks et occasionne des délais qui peuvent être importants. Le contrôle d'aspect introduit alors un goulot d'étranglement dans le processus de fabrication.

Dans la conception actuelle de "qualité totale", la logique de gestion est d'essayer de maîtriser l'aléatoire et donc de mettre en place des actions préventives en amont et tout au long du processus de production pour éviter l'apparition des défauts [8]. De plus, la recherche d'une plus grande flexibilité pour s'adapter à la variation de la demande et au renouvellement rapide des gammes de produits,

oblige à une décentralisation des décisions vers les unités de production et à un retour partiel de la maîtrise de la production dans l'atelier au détriment des services fonctionnels. Il est donc logique que, pour répondre à ce mode de gestion, on cherche à intégrer le contrôle à la fabrication et à supprimer les postes spécifiques de contrôle.

En corollaire de cette responsabilisation, il apparaît que le besoin de partager l'information et de communiquer entre opérateurs devient prépondérant [9], et est d'autant plus nécessaire que ce partage sert à pallier les défaillances du système, situation inévitable malgré les différentes techniques organisationnelles mises en place pour essayer d'anticiper les aléas ([10].

Face à ce changement, on peut s'interroger sur les conséquences de ce choix organisationnel sur l'activité de l'opérateur et sur l'efficacité de son contrôle.

En effet, cette efficacité dépend des objectifs de qualité fixée par l'entreprise mais aussi de la fonction exercée par la personne qui contrôle [5].

Dans l'optique où une même personne a la responsabilité de la conduite d'un processus et de la qualité des produits, n'y aura-t-il pas conflit entre ces deux objectifs ? Et dans ce cas, comment va-t-elle réguler sa charge de travail ?

2 - L'ENTREPRISE ET SON PROCESSUS DE FABRICATION

L'entreprise, en plus de son activité de recherche pour l'ensemble du groupe auquel elle appartient, fabrique, dans le domaine des télécommunications, des téléphones, des répondeurs, des commutateurs électroniques (standards téléphoniques).

Son effectif est d'environ 1.500 personnes, dont 400 en fabrication et 300 en recherche.

L'unité concernée par l'intervention insère des composants électroniques sur des cartes à circuits imprimés, les assemble et les monte pour fabriquer des téléphones. Cette unité est organisée en trois grands secteurs : - insertion,
- montage-assemblage,
- emballage-stockage.

Chacun de ces secteurs a son propre contrôle, mais seul le secteur insertion concerné par l'étude sera décrit.

2.1 - Le secteur "Insertion"

Ce secteur a pour fonction d'implanter et de souder, sur des circuits imprimés, des petits composants (résistances, condensateurs, circuits intégrés...) nécessaires au fonctionnement des cartes électroniques. Les différentes opérations sont effectuées par des machines à commande numérique qui mettent en œuvre deux technologies :

- l'une, destinée aux produits de fin de vie (2 ou 3 lignes de fabrication) et qui utilise des composants discrets traditionnels (composants axiaux, radiaux, intégrés...), dont les pattes sont

implantées dans des trous d'un circuit imprimé et soudées au contact d'un bain d'alliage d'étain en fusion (soudage à la vague) ;

- l'autre, plus récente, appelée Technologie de Montage en Surface (TMS) et qui doit remplacer à terme l'ancienne technologie. Elle consiste à déposer sur un circuit imprimé des composants très petits (quelques millimètres), appelés Composants Miniatures de Surface (CMS). Ces composants ne comportent plus de pattes de fixation mais des contacts qui sont soudés, par l'intermédiaire d'une crème à braser déposée au préalable par sérigraphie, après passage dans un four (procédé par refusion) (cf. figure 1).

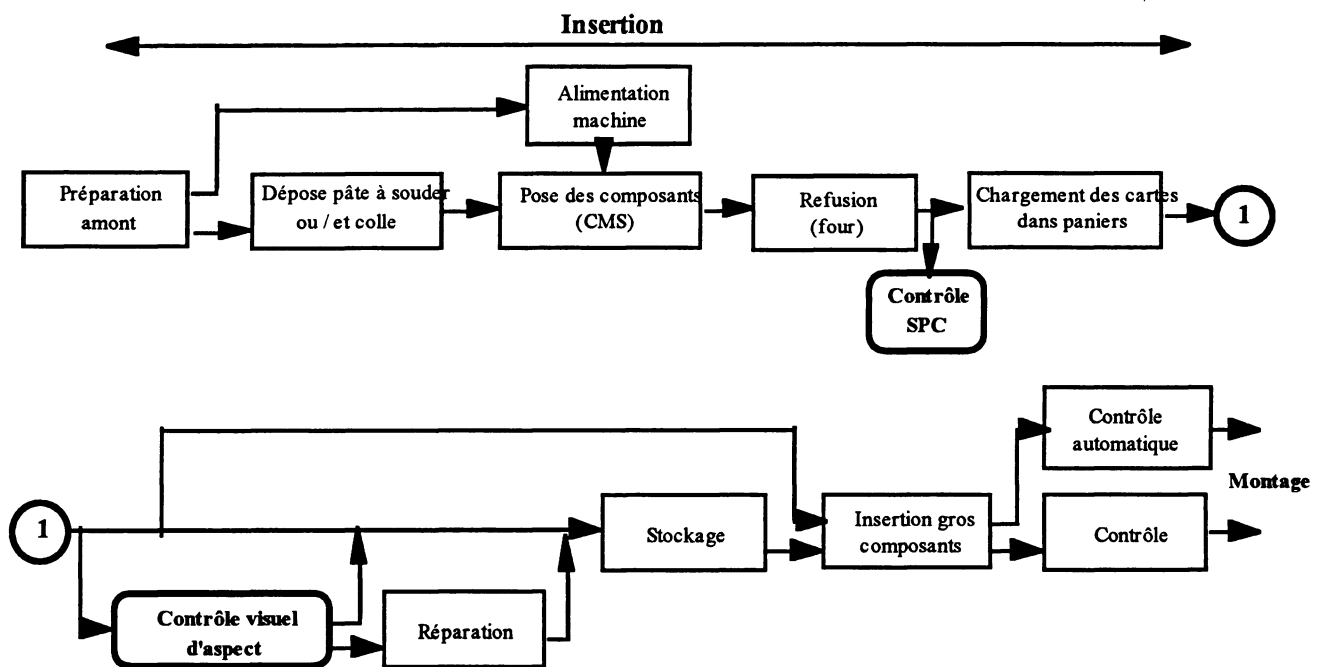


Figure 1 — Représentation schématique des différentes étapes d'insertion (CMS) de contrôle et de montage des cartes électroniques

Selon le type et la taille des composants (CMS, éléments traditionnels...) ou la nature du circuit imprimé (simple ou double face), plusieurs filières existent :

- CMS seuls, sans colle, réservés aux petits composants déposés sur la face supérieure de la carte et soudés par refusion : trois lignes de fabrication sont en service ;
- CMS collés et soudés ultérieurement à la vague : deux lignes de fabrication sont en service ;
- mixtes, pour l'insertion de CMS de plus grandes tailles, comportant un collage et un soudage par refusion : une ligne est en service.

2.2 - L'organisation du travail et le contrôle-qualité

Les opérateurs des lignes d'insertion travaillent en deux équipes de jour et une équipe fixe de nuit, soit un effectif d'environ 30 personnes, dont les horaires de travail sont :

- 5 h 30 / 13 h 30 et 13 h 30 / 21 h 30 pour les équipes de jour ;
- 21 h 30 / 5 h 30 pour l'équipe de nuit.

Les contrôleurs-qualité sont au nombre de deux et travaillent en horaire de jour.

Le personnel est mensualisé et intéressé à la production, intéressement lié à la qualité et à la quantité de travail fourni.

Les cartes réalisées sont soumises à différents types de contrôle (contrôle visuel, contrôle électrique) tout au long de leur fabrication. Dans l'ancienne organisation, un contrôle d'aspect par échantillonnage (25 % des cartes, mais si trop de défauts, contrôle à 100 %) était réalisé hors ligne par des contrôleurs-qualité à la sortie des lignes d'insertion (cf. figure 1). Ce mode de contrôle, générateur de stocks, s'avère peu adapté au fonctionnement en "juste-à-temps". Pour remédier à cette situation, l'entreprise a mis en place un contrôle automatique réalisé en fin de ligne, complété par un contrôle effectué en ligne par les opérateurs d'insertion, appelé Statistics-Process-Control (SPC*) [10]. Au moment de notre intervention, cette transformation n'étant pas réalisée, nous avons pu étudier ces deux modes de contrôle.

3 - METHODES D'ETUDE

La coexistence dans l'atelier de deux modes de contrôle, en ligne et hors ligne, sur les mêmes produits, nous a orientés vers une analyse comparative de ces deux situations. Nous avons analysé l'activité des 13 opérateurs de production (moyenne d'âge : 34 ans ; ancienneté dans le travail : 1,5 an) et des 2 contrôleurs-qualité (moyenne d'âge : 37,5 ans ; ancienneté dans le travail : 5,5 ans), ainsi que les résultats de leur activité. Parallèlement, nous avons essayé d'évaluer la charge de travail dans ces deux situations.

L'analyse de l'activité des opérateurs a été réalisée à l'aide :

- d'observations directes du travail et d'enregistrements vidéo ; le traitement statistique des observations a été fait avec le logiciel KRONOS [12] ; les enregistrements ont été soumis aux opérateurs afin qu'ils puissent commenter leur travail et les aléas rencontrés (méthode d'autoconfrontation) ;
- d'entretiens guidés auprès des 13 opérateurs, des 2 contrôleurs et de leurs responsables ; la fréquence et la difficulté de perception des défauts ont été évaluées à l'aide d'échelles bipolaires.

* SPC : Statistics-Process-Control = techniques statistiques de contrôle de processus pour suivre en continu les écarts par rapport à une norme.

Une analyse des relevés statistiques "SPC" de défauts d'un mois de fabrication a été effectuée selon :

- le type de produits,
- la ligne de fabrication,
- la nature des défauts,
- les dates de prélèvement.

Ces analyses ont été comparées aux résultats des contrôleurs sur les mêmes produits.

L'évaluation de la charge de travail a été réalisée à l'aide d'entretiens individuels, de relevés dimensionnels du poste de travail et d'une échelle d'auto-évaluation, la NASA-TLX [13].

L'astreinte visuelle a été évaluée par l'intermédiaire des variations du punctum proximum de convergence mesuré à l'aide d'un proximètre [14]. Ces mesures ont été effectuées :

- pour les opérateurs : en début / fin de poste et avant / après les pauses,
- pour les contrôleurs : en début / fin de demi-journée et avant / après les pauses,

Des mesures d'éclairage et de bruit réalisées aux différents postes ont également complété la méthodologie.

4 - RESULTATS OBTENUS

4.1 - Contrôle et exigences de fabrication

4.1.1 Type de contrôle et relevé des défauts

Le travail actuel du contrôleur hors ligne consiste à vérifier par échantillonnage des cartes à la sortie de l'insertion automatique, ou par un contrôle à 100 % des lots de cartes jugés non conformes par le contrôle électrique après implantation complète de la carte.

Pour réaliser son inspection, le contrôleur dispose d'une carte modèle qu'il compare à la carte à vérifier, d'un classeur de procédures avec photos, d'une loupe grossissante et éclairante et d'un microscope binoculaire. Si l'opérateur a un doute pour prendre sa décision, il a recours à son responsable.

La vérification des cartes s'effectue à deux niveaux :

- la conformité, qui consiste à contrôler l'adéquation du lot aux indications de la fiche suiveuse et à vérifier si les valeurs et l'implantation des composants correspondent bien à la carte modèle : en général, ce type de contrôle ne se fait que sur la première carte du lot, les autres cartes étant censées être identiques à la première ;
- l'aspect des soudures, contrôle plus délicat, dans la mesure où la technique de soudage par refusion est plus difficile à maîtriser et que l'expérience du contrôleur reste primordiale dans l'appréciation du défaut.

Lorsque le contrôle d'un lot est terminé, le contrôleur remplit une fiche de relevé de défauts, en

indiquant la nature des défauts constatés, le composant concerné et le nombre de fois où ce défaut a été repéré dans le lot.

Le contrôle "SPC" effectué en ligne n'est pas le seul contrôle réalisé par l'opérateur. Tout au long de la ligne d'insertion (cf. figure 2) et à plusieurs moments de son poste, l'opérateur réalise de nombreux contrôles : systématiquement à la prise de poste et lors du démarrage d'une série, à la sortie de chaque machine et avant le passage dans le four. Il n'existe pas de trace écrite de ces contrôles. Seul le contrôle "SPC" doit être effectué toutes les heures à la sortie du four et donne lieu à un relevé sur document. Ce contrôle, qui se pratique de la même manière et avec les mêmes moyens qu'aux postes de contrôle hors ligne, consiste à prélever trois cartes à la sortie du four et à réaliser sur elles, un contrôle complet (contrôle d'aspect et contrôle de conformité). La consignation écrite des défauts se fait sur un document spécifique ; elle comprend le numéro du lot de cartes concerné, le type de défauts constaté, le moment de fabrication (date, heure, quantité fabriquée, références du produit) et le nom de l'opérateur responsable de la production.

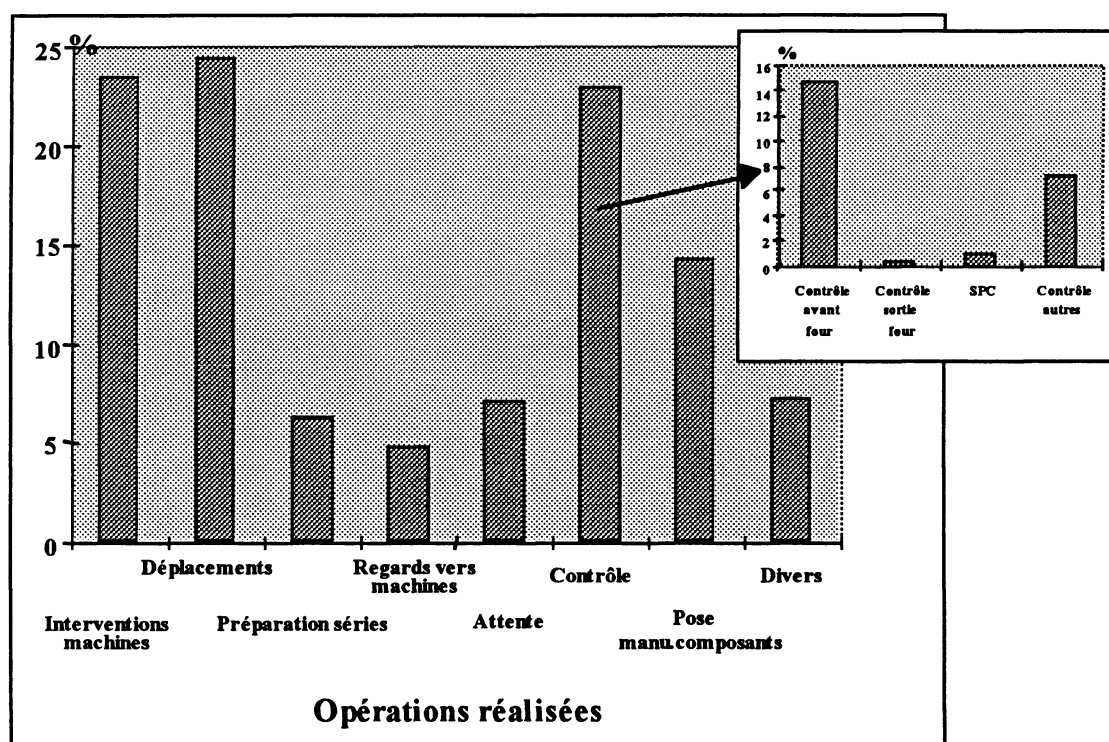


Figure 2 — Temps opératoires réalisés par les opérateurs au cours des principales opérations nécessaires au fonctionnement du processus

Le relevé d'une suite d'incidents-qualité (tableau 1) a mis en évidence une différence d'efficacité entre le contrôle "SPC" et le contrôle "hors ligne" (tableau 2).

| Réf. période | Réf. carte | Nature des défauts | Nombre de cartes | Lieu de détection | Observations |
|--------------|------------|---|------------------|-------------------|---|
| 4/05 | A, B | - Non conforme (un transistor mis à la place d'une diode) | 144 | - Test électrique | - Les cartes ne sont pas passées au contrôle visuel en fin de ligne |
| | C | - Non conforme (erreur de valeur sur une résistance) | 132 | Idem | Idem |
| | D | - Non conforme (connecteur) | ~ 2000 | Idem | Idem |
| 5/05 | E | - Non conforme | 450 | Idem | Idem |

Tableau 1 — Exemples de défauts relevés sur une période de deux jours sur deux lignes de fabrication (Source : documents usine)

| Réf. carte | Nombre de cartes | Nature des défauts | Nombre de défauts relevés en contrôle <u>hors ligne</u> | Nombre de défauts relevés en contrôle <u>SPC</u> |
|------------|-----------------------|--|---|--|
| E | 126 (22 mauvaises) | - CMS non soudés - Divers (ferrite) - Connecteurs non conformes - Connecteurs non soudés - Transformateur mal retouché | 6 10 3 2 1 | 1 1 |

Tableau 2 — Différence d'efficacité des contrôles réalisés en ligne et hors ligne suite au refus d'un lot au test électrique (Source : documents usine)

Ce résultat a conduit à vérifier la généralité de cette observation et à l'approfondir en relevant les différents types de défauts sur 4 semaines de fabrication en sortie du contrôle en ligne "SPC" (tableau 3) et du contrôle "hors ligne" réalisé par les contrôleurs (tableau 4). Les différences observées pour un même défaut, pondérées par le nombre de cartes contrôlées, confirment bien la différence précédemment constatée entre les deux contrôles.

| Défauts /1000 cartes | Nature des défauts | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|-----------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------------|-------|
| | CA cassé | DI divers | CS c.circuit | MQ manquant | NC non conforme | NS non soudé | PO mal positionné | PR pattes repliées | Total |
| Totaux | 26 | 38 | 100 | 520 | 0 | 214 | 540 | 0 | 1446 |
| % | 1.76 | 2.62 | 7.23 | 36.05 | 0 | 14.79 | 37.55 | 0 | 100 |

Tableau 3 — Nombre de défauts rapportés à 1000 cartes selon leur nature au contrôle en ligne SPC
Analyse réalisée sur 1827 cartes et 3 lignes de fabrication (Source : documents usine)

| Défauts/1000 cartes | Nature des défauts | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-----------|------------|-------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------------|-------|
| Composants | CA cassé | DI divers | IN inversé | MQ manquant | NC non conforme | NS non soudé | PO mal positionné | PR pattes repliées | Total |
| CD Diodes, transistores | 0 | 89 | 0 | 8 | 0 | 182 | 4 | 0 | 283 |
| CI Circuits intégrés | 0 | 143 | 0 | 2 | 3 | 37 | 1 | 0 | 183 |
| CR Cond.résistances | 17 | 0 | 0 | 6 | 0 | 33 | 78 | 0 | 134 |
| DV Divers | 2 | 8 | 0 | 7 | 0 | 149 | 0 | 0 | 166 |
| SC Supports, connecteurs | 0 | 5 | 0 | 20 | 57 | 128 | 3 | 15 | 228 |
| TR Transfo, self | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| Totaux | 19 | 243 | 0 | 43 | 57 | 532 | 86 | 15 | 997 |
| % | 1.9 | 24 | 0 | 4.4 | 5.7 | 53 | 8.6 | 1.5 | 100 |

Tableau 4 — Répartition des défauts selon leur nature et le composant concerné au contrôle hors ligne
Analyse réalisée sur 18221 cartes (Source : documents usine)

4.1.2 Perception des défauts

L'analyse des relevés précédents (en ligne et hors ligne) montre ainsi une différence d'efficacité dans la tâche de contrôle. Parmi les différents défauts consignés (figure 3), on note en particulier que pour les catégories "divers" et "non soudés", le contrôle hors ligne détecte plus de défauts que le contrôle en ligne, alors que pour les catégories "manquants et mal positionnés", c'est l'inverse.

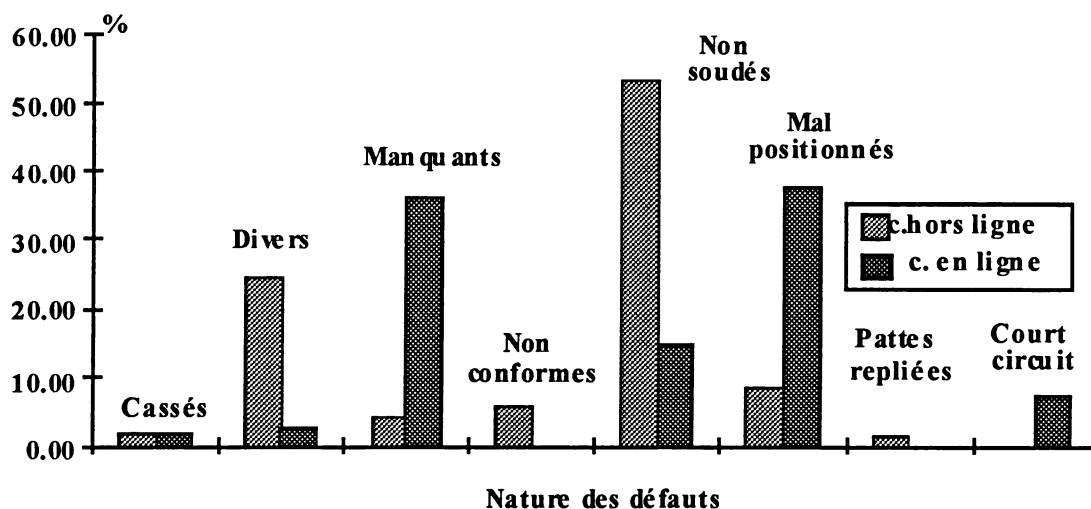


Figure 3 — Comparaison de la nature des défauts relevés au contrôle visuel final et au contrôle en ligne (SPC)

Pour mieux cerner les origines de ces différences, nous avons demandé à chaque contrôleur et à chaque opérateur de juger la fréquence d'apparition et la facilité de perception des différents défauts à l'aide de deux échelles bipolaires en quatre points (très facile, assez facile, assez difficile, très difficile).

Les résultats du tableau 5 montrent que le **jugement des opérateurs et des contrôleurs sur la perception qu'ils ont des défauts est différent**. En fonction des avis émis, trois catégories de défauts apparaissent :

- les défauts pour lesquels les avis sont les mêmes : non conforme, court-circuit ;
- les défauts pour lesquels les avis sont différents : manquant, mal positionné, absence de soudure ;
- les défauts pour lesquels les avis sont partagés : inversé, mal plaqué.

| | | Facilité de perception des défauts | | | |
|--------------------|----------------|------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| | | Assez facile à voir | | Assez difficile à voir | |
| Nature des défauts | | Avis des opérateurs | Avis des contrôleurs | Avis des opérateurs | Avis des contrôleurs |
| Composant | non conforme | | | 91 % | 100 % |
| | inversé | 91 % | 50 % | | 50 % |
| | manquant | 92 % | | | 100 % |
| | mal plaqué | | | 58 % | 100 % |
| | mal positionné | 100 % | | | 100 % |
| Absence de soudure | | 100 % | | | 100 % |
| Court-circuit | | 88 % | 100 % | | |

Tableau 5 — Avis des opérateurs et des contrôleurs sur la facilité de perception des principaux défauts

Les entretiens et les observations de l'activité réalisés aux postes de travail permettent d'avancer quatre catégories d'hypothèses explicatives sur les origines des différences constatées : apprentissage, nature de la tâche et phénomènes perceptifs, organisation du travail et aménagement du poste de contrôle.

4.1.3 Facteurs à l'origine des différences constatées

a) Facteur d'apprentissage

L'expérience professionnelle des contrôleurs est plus importante que celle des opérateurs : 5 ans d'ancienneté au poste pour les contrôleurs en continu, contre 1 an pour les opérateurs en contrôle intermittent (cf. § 2.2). Avec l'expérience, les contrôleurs acquièrent une bonne connaissance du processus et leur mode d'exploration visuelle devient plus efficace que celui des opérateurs [15, 16].

b) Facteurs liés à la tâche

L'activité de contrôle a une signification différente selon que l'on est opérateur ou contrôleur. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons observé l'activité de 9 opérateurs de fabrication (2 ou 3 par ligne) pendant 30 minutes (tableau 6).

Ces observations font apparaître une activité de contrôle importante (23 % du temps) qui s'inscrit parmi d'autres : interventions sur les machines (alimentation, dépannages, etc.) et déplacements le long de la ligne au cours desquels l'opérateur regarde fréquemment leur fonctionnement, préparation des nouvelles séries souvent en temps masqué, pose manuelle de composants, etc.

| Nature des opérations | Lignes de fabrication | | | | Total fabrication |
|------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------------------|
| | L 1 et 2 | L 3 | L 4 | L 5 | |
| Interventions machines | 20.60 | 24.80 | 21.75 | 26.80 | 23.49 |
| Déplacements | 28.60 | 16.40 | 28.10 | 24.50 | 24.40 |
| Préparation séries | 0 | 7.30 | 17.75 | 0 | 6.26 |
| Regards vers machines | 8.60 | 3.80 | 1.70 | 5.20 | 4.83 |
| Attente | 14.80 | 7.90 | 0.30 | 5.80 | 7.20 |
| Pose manu. composants | | | | 14.20 | 14.20 |
| Divers | 7 | 4.30 | 8.35 | 9.40 | 7.26 |
| Contrôle avant four | 13.60 | 20.40 | 14 | 10.80 | 14.70 |
| Contrôle sortie four | 1.20 | 0 | 0 | 0 | 0.30 |
| SPC | 0 | 3.50 | 0 | 0 | 0.88 |
| Contrôle autres | 5.60 | 11.60 | 8.05 | 3.30 | 7.14 |
| Total contrôle | 20.40 | 35.50 | 22.05 | 14.10 | 23.0125 |
| Total (%) | 100 | 100 | 100 | 100 | |

Tableau 6 — Temps moyen, exprimé en % du temps d'observation, des opérations réalisées par les opérateurs sur les cinq lignes de fabrication

Si on analyse la manière dont l'opérateur s'organise pour conduire sa ligne (tableau 6), il apparaît que les contrôles sont réalisés principalement avant le passage dans le four, là où il est encore possible de "récupérer" les défauts. En fait, l'opérateur recherche des informations qui lui permettront de réguler au mieux la conduite de sa ligne pour éviter les mauvais produits. Or le contrôle dit "SPC", qu'il doit réaliser après la phase de fusion en fin de ligne, ne lui permet plus de récupérer en temps réel les incidents de fabrication. Ce contrôle, qui ne représente que 1 % du temps de travail, est donc considéré par l'opérateur comme une tâche supplémentaire interférant avec l'activité de contrôle "utile" qu'il réalise juste avant la fusion.

Ce contrôle est réalisé lorsque la contrainte temporelle n'est pas trop forte, ce qui explique l'écart constaté entre les exigences demandées (un contrôle SPC toutes les heures) et la réalité du travail : *"On le fait trois fois par équipe... il (l'opérateur) le fait quand il a le temps... Il le fait quand il a un moment... Il le fait une fois au moins par équipe, mais quand il a le temps"* (un chef d'équipe) (tableau 7).

Pour le contrôleur en fin de ligne, au contraire, l'aspect "régulation" de l'activité de fabrication n'est pas l'objectif principal (les contrôles sont réalisés au plus tôt 12 h après la fabrication). Seul l'objectif de contrôle est fixé : "ne laisser passer aucun défaut".

| | Lignes de fabrication | | | Total |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | L 2 | L 3 | L 5 | |
| Nombre de jours | 18 | 15 | 15 | 48 |
| Moyenne par jour | 12,52 | 10,67 | 14,33 | 12,52 |
| Ecart-type | 2,64 | 3,58 | 5,63 | 4,23 |
| Coeff. de variation | 0,21 | 0,34 | 0,39 | 0,34 |

Tableau 7 — Nombre de contrôles SPC observés par jour pour les lignes 2, 3 et 5 (période du 01/06 au 24/06/94)

En outre le contrôleur a besoin, pour optimiser son activité exploratoire, d'indications formelles ou informelles sur le fonctionnement de l'ensemble de la production [4]. Cette recherche d'informations lui donne une vision plus globale des problèmes et, de ce fait, le contrôleur devient une ressource pertinente pour quiconque a besoin d'informations sur l'état et la circulation des produits, sauf paradoxalement pour les opérateurs eux-mêmes (figure 4).

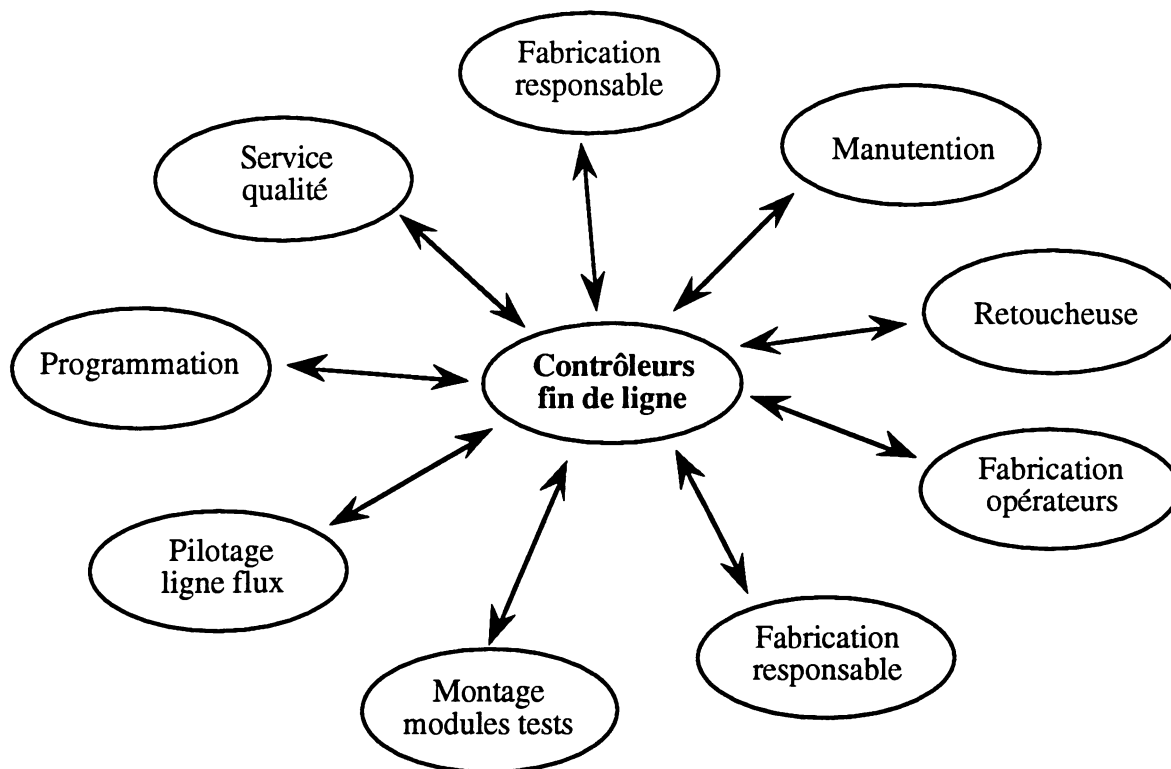


Figure 4 — Le contrôle hors ligne : centre de réception et de diffusion d'informations sur les défauts

Ce constat n'est pas aussi paradoxal qu'il apparaît dans la mesure où, comme nous l'avons montré ci-dessus, les opérateurs de production ne peuvent intégrer en temps réel le résultat de leurs contrôles dans leur stratégie de conduite de ligne.

D'autres facteurs liés à la tâche sont aussi à prendre en compte dans les différences constatées. Par exemple, les caractéristiques dimensionnelles des composants, à la limite des capacités visuelles (les dimensions des CMS sont de l'ordre de 1 x 2 mm et les inscriptions portées dessus ne sont pas toujours lisibles), ou les différences de procédures dans le recueil des défauts (tableau 8).

L'usage d'aides visuelles grossissantes comme les loupes ou les binoculaires permet de mieux discerner les défauts. Ils posent, cependant, un certain nombre de problèmes relatifs au confort visuel et postural [17] et limitent surtout la vision périphérique, mécanisme perceptif indispensable dans la recherche des défauts [18]. Ces contraintes seront abordées plus en détail dans le paragraphe sur la charge de travail (§ 4.2.2).

| Catégories de défauts utilisés en contrôle hors ligne | Catégories de défauts utilisés en contrôle en ligne (SPC) |
|---|---|
| - manquants | - absents |
| - cassés | - ----- |
| - non soudés (côté composants) | - non soudés |
| - pattes repliées (côté composants) | - ----- |
| - non conformes | - non conformes |
| - inversés | - inversés |
| - fissurés | - ----- |
| - mal positionnés | - mal positionnés |
| - excès de colle (côté soudage) | - ----- |
| - divers | - divers |
| - ----- | - C/C soudage |
| - ----- | - aspect soudure |

Tableau 8 — Comparaison des supports écrits utilisés pour les relevés de défauts au contrôle visuel hors ligne et au contrôle SPC

c) Facteur relatifs à l'organisation du travail

L'organisation mise en place au moment de l'intervention n'était pas stabilisée. Rappelons que l'objectif de l'entreprise est de relier directement les lignes d'insertion CMS à un contrôle électrique automatique. Il est prévu un retour en continu de l'information qualité en direction des lignes d'insertion, sous la forme d'un affichage lumineux. Au moment de notre intervention, cette procédure n'était pas opérationnelle mais des informations sur le fonctionnement des lignes étaient déjà données aux opérateurs sous cette forme.

Il est intéressant de noter que malgré l'intention affichée de l'entreprise de privilégier la qualité, des éléments organisationnels classiques du Taylorisme perdurent et se traduisent notamment par :

- un conflit entre qualité et quantité, qui a pour origine l'affichage des taux d'engagement des machines et qui incite les opérateurs à privilégier la quantité plutôt que la qualité des produits ; la présence d'un bonus basé sur des objectifs quantitatifs et qualitatifs conduit également à percevoir l'aspect qualité comme un frein à la production ; selon un responsable : *"on a le bonus basé sur le respect d'un certain nombre d'objectifs, aussi bien qualitatifs que quantitatifs... c'est nouveau mais pas forcément un élément qui favorise la prise en compte de la donnée qualité parce qu'on a toujours le quantitatif qui prime, c'est un peu tout ça qui rend cette prise en compte de la qualité par le personnel difficile"* ;
- des échanges d'informations entre services calqués eux aussi sur l'ancien modèle d'organisation : le processus de coordination horizontale se limite à des échanges d'informations élémentaires, minimisant les contraintes du travail réel et rendant la fabrication seule responsable de la qualité. Or nous avons constaté que cette responsabilité est à partager avec l'ensemble de la filière production.

Les défauts peuvent en effet avoir plusieurs origines :

- **L'insertion**

Les changements fréquents de série entraînent des dérives de positionnement des composants sur les machines : *"c'est pas l'idéal de changer, on dérègle, on re-règle... à force de bouger les choses, ça dérègle les machines... une fois que vous avez une machine lancée, cela marche impec... mais s'il faut changer toutes les heures les réglages..."*. D'après l'encadrement, plus les changements de série sont fréquents, plus les dysfonctionnements techniques surviennent (c'est le cas notamment de la sérigraphieuse). La technologie utilisée n'est pas adaptée aux changements fréquents de fabrication. Comme le fait remarquer un opérateur : *"les difficultés les plus importantes surviennent avec les petites séries (1 à 3 cartes) pour lesquelles la durée de changement et de mise au point est plus longue que la durée de la production elle-même : ces changements peuvent durer plus d'une demi-heure pour un temps d'insertion de 3 minutes"*. Ainsi, on multiplie les risques de dysfonctionnements au niveau des machines, d'erreurs au niveau des chargeurs qui les alimentent (donc des composants), des cartes modèles qui parfois ne correspondent plus aux spécifications demandées (absence de remise à jour des cartes ou perte de composants lorsque ces cartes sont trop fréquemment manipulées).

L'affichage en anglais de messages relatifs au fonctionnement des machines gêne la compréhension des opérateurs. Il existe bien des catalogues avec les traductions, mais tous les messages ne sont pas répertoriés. Pourtant l'identification de ces défauts par l'opérateur l'aide à corriger la dérive du processus et lui permet de les récupérer avant le contrôle SPC.

- **L'organisation du contrôle**

La technique statistique utilisée, SPC, a été mise au point, à l'origine, pour les processus stabilisés, formalisés et étalonnés (industrie manufacturière de grandes séries) [11]. Comme nous l'avons vu précédemment, l'entreprise, se voulant très réactive, met en fabrication des petites et moyennes séries dont les contraintes de fabrication sont difficilement compatibles avec les exigences statistiques du SPC. En outre, l'absence d'homogénéité entre les formulaires de recueil des défauts utilisés par les opérateurs et ceux utilisés par les contrôleurs (tableau 8) ne facilite pas les échanges d'informations.

- **Les activités en amont de l'insertion**

Erreurs de codage informatique (code barre correct, mais composant incorrect), erreurs liées à des conditionnements variables des composants selon les fabricants ou à des améliorations techniques mineures qui différencient jusqu'à trente versions d'une même carte et qui occasionnent des confusions au niveau des préparateurs et des opérateurs lors des changements de chargeurs ou des contrôles à réaliser.

Ainsi, il n'est pas étonnant que l'efficacité du contrôle des opérateurs diffère de celle des contrôleurs dans la mesure où les conditions d'exécution ne sont pas les mêmes, mais aussi que les objectifs des deux contrôles sont différents : **pour l'un, il s'agit de produire le moins possible de pièces défectueuses ; pour l'autre, c'est d'en trouver le plus possible !**

4.2 - La charge de travail liée à la tâche de contrôle

4.2.1 Les postes de contrôle

a) Les postes hors ligne

A ces postes, les deux contrôleurs se font face et contrôlent chacun sur un meuble "établi". Ils ont à leur disposition une lampe à loupe circulaire d'environ 12 cm de 4 dioptries (grossissement 2) procurant un éclairage sans ombre. Cette lampe est articulée et fixée sur un des bords de l'établi. L'usage de dispositifs grossissants (loupe, binoculaire..) limite la vision périphérique et oblige le contrôleur à déplacer la carte à examiner. Certains contrôleurs préfèrent utiliser une petite loupe qu'ils déplacent en laissant la carte fixe, en particulier si cette dernière est de dimension importante.

Un support, posé devant le contrôleur, est prévu pour recevoir la carte modèle. Un siège de bureau, réglable, est mis à leur disposition. Signalons que, pour éviter la détérioration de certains composants électroniques par accumulation de charges électrostatiques, les opérateurs sont munis de chaussures spéciales et doivent avoir les pieds sur le sol.

Les cartes à contrôler arrivent rangées dans un container et sont installées sur un support monté sur roulettes, à droite du contrôleur (figure 5).

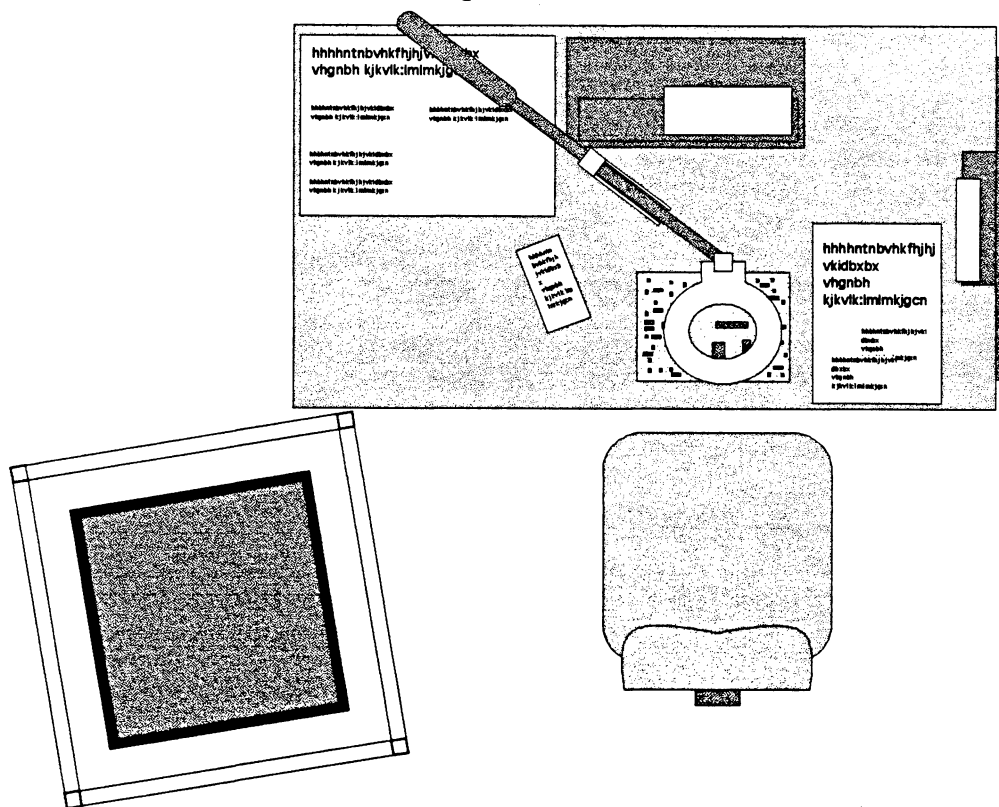


Figure 5 — Schéma du poste de travail de contrôleur

Le container est séparé en deux parties : la première partie contient les cartes à contrôler, la deuxième est prévue pour recevoir les cartes contrôlées.

b) Les postes de contrôle en ligne

Il n'existe pas d'aménagement proprement dit de poste de contrôle en ligne, mais plutôt un emplacement réservé, situé à la sortie du four où l'opérateur peut accomplir la partie administrative de l'opération. Il peut également, s'il le souhaite, utiliser une lampe rectangulaire munie d'une loupe située devant la lampe ou un binoculaire. Les contrôles qui s'effectuent à cet emplacement se font le plus souvent debout.

4.2.2 L'environnement physique de travail

Des mesures d'éclairage et de bruit ont été réalisées [19] aux postes de contrôle hors ligne et en ligne et sont résumées dans le tableau 9.

a) L'éclairage

La toiture en forme de sheds disposés suivant la largeur permet un éclairage zénithal important. L'éclairage artificiel général est réalisé par des luminaires industriels suspendus, à tubes fluorescents et dirigés suivant la largeur du local. Des lamelles verticales placées perpendiculairement aux luminaires servent de grilles de défilement.

Les éclairagements mesurés, sans éclairage d'appoint, sont compris entre 650 et 1700 Lux aux postes de contrôle en ligne et d'environ 1700 Lux aux postes de contrôle hors ligne. Ces valeurs apparaissent comme suffisantes au regard des normes consultées. Cependant, bien que l'avis général des contrôleurs et opérateurs soit en accord avec ce constat, les reflets introduits par l'usage des loupes créent une gêne et un inconfort qui perturbent la prise d'information.

b) Le bruit dans l'atelier

Les mesures ont été réalisées aux mêmes emplacements que celles de l'éclairage. Les niveaux de bruit équivalents mesurés ($L_{Aeq, T}$) sont inférieurs à 70 dB(A). Bien que le jour des mesures, les lignes d'insertion des composants traditionnels fussent à l'arrêt, ces valeurs sont largement inférieures aux valeurs limites réglementaires (85 dB(A)). Cette mesure de la composante "bruit" de l'atelier n'a pas pour objectif de vérifier le risque de traumatisme sonore, mais de savoir si ce facteur, bien que de niveau faible, occasionne une gêne dans la tâche d'inspection [20]. Comme le fait apparaître le tableau 9, les avis des contrôleurs, comme ceux des opérateurs, convergent pour dire que le niveau sonore de l'atelier est ressenti comme inconfortable.

| | Bruit | | Eclairage | |
|--|--|---|--|---|
| | Mesures ¹ (L _{Aeq} , T) | Opinions | Mesure (Lux) | Opinions |
| Opérateurs | 69 dB (A) 67,5 dB (A) | - ambiance estimée <u>bruyante pour lignes 1 et 2</u> - jugée par tous <u>inconfortable et gênante</u> dans le travail | - général : 650/ 950 Lux - poste de contrôle : > 1000 Lux | - jugé <u>insuffisant par les opérateurs</u> de jour, sauf à la sortie du four, <u>insuffisant pour les opérateurs de nuit</u> - <u>inconfortable</u> en raison des reflets, de l'éblouissement à travers la loupe |
| Contrôleurs | 66 dB (A) | - ambiance estimée <u>bruyante, inconfortable</u> pour le travail | | - jugé <u>insuffisant</u> mais <u>pas toujours confortable</u> |
| 1 Mesures réalisées lors de l'arrêt des machines d'insertion de composants traditionnels | | | | |

Tableau 9 — Mesures et évaluation subjective de l'environnement physique

4.2.3 L'évaluation de la charge de travail

Rappelons que l'évaluation de la charge de travail a été réalisée à l'aide d'entretiens avec les opérateurs et les contrôleurs, de relevés dimensionnels des postes de travail, de mesures du punctum proximum de convergence pour l'astreinte visuelle. Une synthèse a été tentée en faisant remplir une adaptation de l'échelle d'auto-évaluation anglo-saxonne, la NASA-TLX [13].

La NASA-TLX est une échelle scalaire pluridimensionnelle bipolaire pondérée à 6 dimensions :

- l'activité mentale,
- l'activité physique,
- la contrainte temporelle,
- la performance personnelle,
- la frustration,
- l'effort.

La pondération de chaque facteur est obtenue, dans la méthode d'origine, en comparant deux à deux les six facteurs ci-dessus afin d'obtenir une matrice des choix qui les hiérarchise entre eux et de fournir un coefficient de pondération pour chaque facteur et pour chaque sujet.

Pour l'étude, nous n'avons utilisé que la première partie de cette technique, l'évaluation pluridimensionnelle des facteurs de charge sans pondération. Chaque facteur a été ensuite confronté aux entretiens et aux observations ou mesures réalisées pour permettre la validation et l'interprétation.

Le tableau 10 présente les résultats comparés des opérateurs et des contrôleurs.

| Dimensions (NASA-TLX) | Opérateurs (n = 13) | Contrôleurs (n = 2) |
|---------------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Activité mentale | 5.54 | 7.92* |
| Activité physique | 4.88 | 6.79* |
| Contrainte temporelle | 5.58 | 5 |
| Performance personnelle | 1.8 | 1.71 |
| Frustration | 3.54 | 3.75 |
| Effort | 4.45 | 7.17 |
| * = différence significative P < 0.05 | | |

Tableau 10 — Evaluation subjective de la charge de travail des opérateurs et contrôleurs à l'aide de l'échelle d'auto-évaluation NASA-TLX

D'après ce tableau, on constate des différences significatives entre les deux groupes sur 3 dimensions de la charge.

a) L'activité mentale estimée

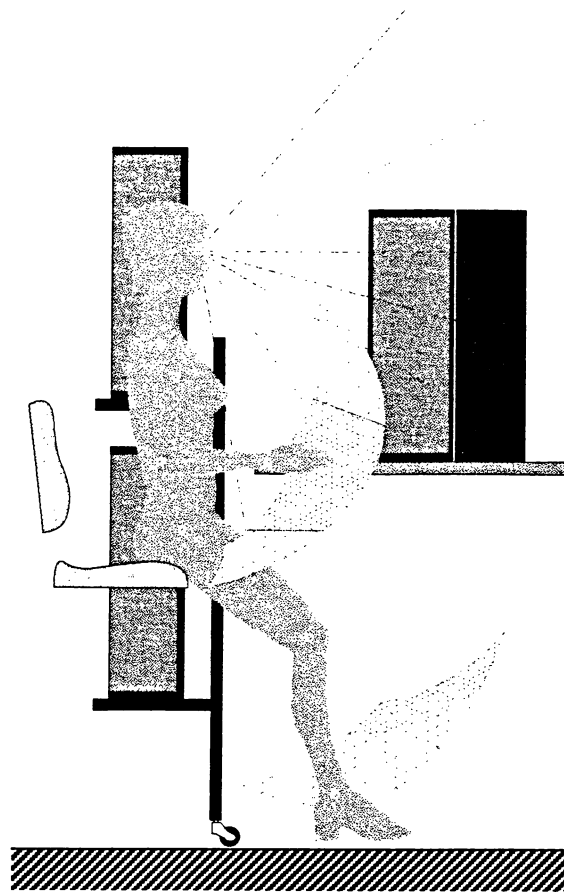
Les contrôleurs estiment leur activité mentale plus élevée que ne le font les opérateurs. Cette estimation est faite par rapport à l'évolution du travail : les contrôleurs déclarent que la qualité des produits est améliorée mais que le travail demandé est de plus en plus minutieux et exige plus d'attention qu'auparavant. L'évaluation de ces contraintes perceptives est à mettre en relation avec le jugement porté sur la charge posturale.

Les opérateurs déclarent que leur travail a aussi évolué : il est mieux organisé et plus varié. En général, ils ne trouvent pas que leur charge de travail est en augmentation mais ceux de l'équipe de nuit se disent "plus bousculés" que ceux des équipes de jour.

b) L'activité physique estimée

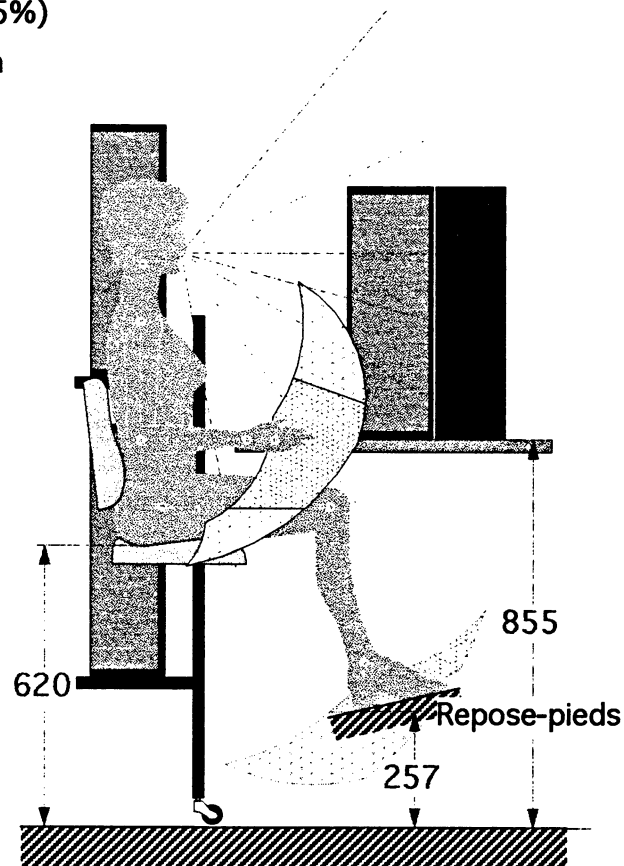
Les deux groupes se différencient également sur le plan de l'appréciation de l'activité physique. Les contrôleurs la jugent plus élevée que les opérateurs. Ils sont amenés à manipuler fréquemment des paniers de cartes et le travail de contrôle exige de tenir les cartes souvent à hauteur des yeux pour les examiner avec attention. Ce qui irait de pair avec des douleurs ressenties, pendant et après le travail, dans la nuque, dans le dos et surtout le bas du dos.

L'étude dimensionnelle du poste des contrôleurs, montre qu'il n'est pas adapté à la morphologie des personnes qui y travaillent : des améliorations, peu coûteuses comme l'installation d'un repose-pieds, permettraient à ces personnes d'avoir une posture moins contraignante (figure 6).



Poste actuel

Sujet : femme petite (5%)
taille 1510 +30 mm



Poste de contrôle
muni d'un
repose-pieds

Figure 6 — Représentation des postures adoptées par un contrôleur selon que le poste est muni ou non d'un repose-pieds

Les exigences du travail des opérateurs les amènent à travailler fréquemment debout, avec des piétinements constants le long des lignes de fabrication (85 % de leur temps de travail). Un opérateur parcourt en moyenne 423 m en 30 mn (avec des valeurs maximales atteignant 650 mètres selon la ligne et son fonctionnement). Les douleurs les plus fréquemment évoquées concernent le dos (région dorsale et lombaire). Ces douleurs sont ressenties pendant le travail, très rarement après.

Le travail de nuit est mal supporté pendant la nuit du vendredi au samedi car le temps de travail est plus important (9 heures) que les nuits précédentes, d'où des difficultés pour s'alimenter et récupérer. Mais l'ensemble des opérateurs estime ces contraintes physiques moins importantes que ne le font les contrôleurs.

c) L'effort estimé

On constate une différence significative entre les deux groupes, les contrôleurs estiment l'effort fourni, pour réaliser leur tâche, plus élevé que ne l'estiment les opérateurs.

Ce jugement est cohérent avec ceux portés sur les exigences mentales et physiques du travail : les contrôleurs déclarent fournir un effort plus élevé que la moyenne des opérateurs, pour les raisons évoquées ci-dessus (minutie du travail, stress lié à la responsabilité dont ils se sentent investis par rapport à la qualité... et sans doute aussi l'incertitude dans laquelle ils se trouvent quant à leur avenir).

Les trois autres dimensions — contrainte temporelle, performance personnelle et frustration — ne différencient pas les deux groupes. Les deux groupes estiment avoir les compétences nécessaires pour réaliser le travail demandé et trouvent qu'ils le font correctement. Seuls les opérateurs de la ligne 2 se démarquent en jugeant leur travail répétitif, moins varié que sur les autres lignes (Nasa-TLX : 7.79) : cette ligne de fabrication a une "table figée", c'est-à-dire qu'elle fabrique des séries importantes avec des cartes qui présentent peu de différences d'où la possibilité d'avoir peu de changements dans la préparation des séries ce qui introduit une certaine monotonie dans le travail.

L'astreinte visuelle a été évaluée au poste de travail à l'aide d'un proximètre en mesurant les variations du punctum proximum de convergence avant et après une heure et demie de travail pour un contrôleur et trois opérateurs.

On pouvait s'attendre avec cette technique à mettre en évidence une astreinte plus grande chez les contrôleurs que chez les opérateurs, les niveaux d'exigence visuelle n'étant pas les mêmes. Or, les différences relatives entre les deux groupes ne sont pas significatives (tableau 11). Il est vrai que, outre les contraintes du terrain qui ne permettaient pas l'application rigoureuse d'un protocole expérimental, il est bien difficile avec cette technique (avant / après) de savoir exactement ce que l'on mesure.

Néanmoins, les contrôleurs disent que le travail demandé est de plus en plus minutieux et exige de plus en plus d'attention, tout en constatant qu'avec la nouvelle organisation, la qualité des produits s'est améliorée.

| | Contrôleurs (Essais n = 2) | | | Opérateurs (Essais n = 15) | | |
|-----------------|-------------------------------|-------|------------|-------------------------------|-------|------------|
| | Début | Fin | Différence | Début | Fin | Différence |
| Moyenne (cm) | 22,27 | 23,95 | + 1,68 | 17,45 | 18,93 | + 1,48 |
| E-Type (cm) | 3,70 | 1,67 | 3,42 | 2,77 | 3,16 | 2,722 |

Tableau 11 — Evaluation du *punctum proximum* de convergence après 1 h 30 de travail

En conclusion, le niveau de charge estimée (surtout mentale) est plus élevé chez les contrôleurs que chez les opérateurs. Cette différence va de pair avec le fait que la répétitivité et le temps consacré au contrôle d'aspect sont plus importants pour les contrôleurs que pour les opérateurs de fabrication et que ces derniers alternent le contrôle avec d'autres tâches.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les études sur le contrôle-qualité concernaient classiquement, jusqu'ici, les critères et conditions d'efficacité de l'activité des contrôleurs et, éventuellement, leur charge de travail, notamment visuelle. Elles s'appliquaient essentiellement à des postes de contrôle en fin de chaîne de fabrication.

La présente étude permet de renouveler la problématique des études sur le contrôle, dans la mesure où :

- elle insiste sur l'organisation et les aléas du processus de fabrication aboutissant aux contrôles,
- elle évalue les résultats (certes provisoires) d'une évolution du contrôle dans l'entreprise, en comparant le contrôle final classique et une nouvelle forme de contrôle en ligne assuré par les opérateurs de fabrication.

L'étude permet d'explicitier les avantages et inconvénients de ces deux formes de contrôle, succinctement :

- Le contrôle hors ligne a pour objectif de détecter le maximum de défauts, ceux-ci constituant autant d'informations en retour pour les différentes étapes du processus de production ; mais les exigences de qualité augmentent et les composants à inspecter se miniaturisent, d'où une charge de travail (visuelle, posturale...) accrue à ces postes.

- Le contrôle en ligne, à l'inverse, vise à éviter précocement les dysfonctionnement et les défauts, en régulant le processus de fabrication ; or, lorsque subsiste une organisation taylorienne, la quantité prime encore la qualité ; le «juste à temps» accentue les contraintes de temps en imposant de fréquents changements de séries et des réglages incessants, eux-mêmes sources de dysfonctionnements qui influent sur la qualité, l'activité des opérateurs est alors partagée entre objectifs de surveillance des machines et contrôle des produits, cette dualité étant elle-même source de difficultés.

Un compromis, sinon une complémentarité, serait à rechercher entre ces différentes formes de contrôle.

En effet, la mise en place du «juste à temps» dans une structure existante et traditionnelle de production de masse, remet en cause l'ensemble de la filière de production et nécessite de passer d'une vision en termes d'**opérations** à une vision en termes de **produits**. Le contrôle de qualité classique, situé en fin de chaîne et dont la mission était de trier les mauvais produits des bons, se voit remis en question. Générateur de stocks et surtout peu réactif (la mise en évidence des défauts ne sert à corriger la fabrication qu'après un certain délai), des tentatives sont faites pour l'intégrer à toutes les étapes du processus de fabrication. Cependant, cette intégration reste liée au produit lui-même (dans certains cas, les défauts n'apparaissent qu'après un refroidissement du produit) et à l'expérience qu'a le contrôleur sur les défauts.

L'intégration du contrôle dans la redéfinition des tâches des opérateurs de production peut améliorer la qualité, mais elle ne se suffit pas à elle seule. La recherche de la performance maximale ne doit pas laisser à la production seule le soin de maintenir la qualité. Elle passe aussi par un compromis entre ce qui existe et ce que l'on voudrait obtenir, avec des objectifs qui ne sont pas forcément atteints au même moment par l'ensemble des services constituant la filière de production. Elle nécessite une mise en place progressive pour tenir compte des exigences de la fabrication et de la culture de l'entreprise.

Le rôle de l'opérateur de ligne dans cette nouvelle organisation est fortement modifié et exige l'acquisition de nouvelles compétences. Certes son adhésion à cette évolution est nécessaire, mais la complexification du système engendrée par l'hétérogénéité et l'évolution rapide des technologies employées, ne facilite pas sa vision globale du processus. Son efficacité est conditionnée par la pertinence des informations, sur la qualité comme sur la quantité, dont il peut disposer.

De plus, dans cette filière, l'unité d'insertion gère les problèmes de fabrication qui lui sont particuliers, mais doit aussi faire face aux problèmes générés par l'amont de la filière dont elle n'est pas responsable mais qui lui sont imputés comme transformateur final.

Les résultats obtenus confirment bien par ailleurs l'analyse faite par VELZ et ZARIFIAN :
«Les systèmes de production deviennent plus vulnérables aux aléas locaux, leur efficacité technique

dépend de plus en plus de la qualité des interfaces, et de moins en moins de la productivité des opérations élémentaires» [21].

Dans le contexte actuel de l'entreprise, la suppression du contrôle de qualité hors ligne semble difficile dans la mesure où ce dernier apparaît comme une plaque tournante de l'information qualité, cette situation d'échange permet aux contrôleurs d'avoir une vision plus sélective des défauts, d'où une meilleure efficacité. Néanmoins, les modifications en cours impliquent une redéfinition de la fonction du contrôleur qualité et surtout de la nature de l'aide qu'il peut apporter aux opérateurs de lignes.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] GIARD V. - Le juste-à-temps. In *Gestion de la Production*, Ed. Economica, 1989
- [2] LEPLAT J., CHESNAIS M. - Le contrôle des produits industriels : travaux actuels et perspectives d'étude. *Le Travail Humain*, 1973, **36**, 1, pp. 75-94
- [3] MOSCATO M., GOSZERINO P., PAPIN J.P., LEMARCHAND P. - Niveau de qualification et stratégies de prise d'informations visuelles chez trois chirurgiens intervenant sur le rachis cervical du chien. *Bulletin de Psychologie*, 1992-93, **XLVI**, 412, pp. 694-702
- [4] LIEVIN D., FRANCOIS M. - Charge perceptive et fatigue visuelle dans le contrôle qualité : étude dans un atelier d'embouteillage. *Cahiers de Notes Documentaires de l'INRS*, 1993, **150**, ND 1912, pp. 63-73
- [5] ASSENHEIM G. - Etude d'un système au travers d'un centre privilégié : un poste de contrôle en cristallerie. *Le Travail Humain*, 1969, **32**, 1-2
- [6] FLORU R., CNOCKAERT J.C. - Activation et vigilance. In *Introduction à la psychophysiologie du travail*, Ed. Presses Universitaires de Nancy, 1991
- [7] MACKWORTH N.H. - The breakdown of vigilance during prolonged visual search. In *Introduction à la psychophysiologie du travail*, Ed. Presses Universitaires de Nancy, 1991
- [8] TARONDEAU J.C., WRIGHT R.W. - La transversalité dans les organisations ou le contrôle par les processus. *Revue Française de Gestion*, 1995, **104**, pp. 112-120
- [9] GRUSENMEYER C. - Interaction langagière et représentation mentale partagée. Une étude de la relève de poste. *Psychologie Française*, 1995, **40**, 1, pp. 47-59
- [10] POMMIER G. - Gestion en juste à temps : implications et contraintes. CESI, Rapport de stage INRS, 1993, 40 p.
- [11] LORINO P. - Le déploiement de la valeur par les processus. *Revue Française de Gestion*, 1995, **104**, pp. 55-71
- [12] KERGUELEN A. - Logiciel KRONOS, version 1.3, Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail, 1990
- [13] HART S.G., STAVELAND L.E. - Development of NASA-TLX (Task Load Index) : results of empirical and theoretical research. In : Hancock P.A. et Meskel N., *Human Mental Workload North-Holland*, Elsevier, Amsterdam, 1988, 139-183
- [14] CAIL F., SALSI S. - La fatigue visuelle. *Notes Scientifiques et Techniques de l'INRS*, 1992, **92**, 57 p.

- [15] MEGAW E.D., RICHARDSON J. - Eye movements and industrial inspection. *Applied Ergonomics*, 1979, **10**, 3, pp. 145-164
- [16] MEGAW E.D. - Factors affecting visual industrial accuracy. *Applied Ergonomics*, 1979, **10**, 1, pp. 27-32
- [17] INRS - Le microscope binoculaire dans l'industrie. ED 710, 1989
- [18] HELLA F. - Contribution de l'étude du champ visuel à la connaissance de l'espace de travail. *Le Travail Humain*, 1983, **46**, 1, PP. 11-32
- [19] INRS - Compte rendu de mesure et d'analyse N/CIMPE. Rapport interne, 1994
- [20] LIEVIN D., GEORGES C., KRAWSKY G., DAMONGEOT A. - La gêne due au bruit dans le travail : problème de contenu des tâches ou de contexte professionnel ? *Travail et Emploi*, 62, pp. 40-56
- [21] VELTZ P., ZARIFIAN P. - Vers de nouveaux modèles d'organisation ? *Sociologie du Travail*, 1994, n° 1/93, pp. 3-23