



HAL
open science

Evaluation d'un dispositif d'assistance a l'operateur dans le secteur industriel.Ergonomie du dialogue,processus de traitement d'information,organisation socio-technique

P. Alengry

► To cite this version:

P. Alengry. Evaluation d'un dispositif d'assistance a l'operateur dans le secteur industriel.Ergonomie du dialogue,processus de traitement d'information,organisation socio-technique. RR-0437, INRIA. 1985. inria-00076119

HAL Id: inria-00076119

<https://inria.hal.science/inria-00076119>

Submitted on 24 May 2006

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.

IRIA

CENTRE DE ROCQUENCOURT

Rapports de Recherche

N° 437

**ÉVALUATION D'UN DISPOSITIF
D'ASSISTANCE À L'OPÉRATEUR
DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL**

**ERGONOMIE DU DIALOGUE,
PROCESSUS DE TRAITEMENT
D'INFORMATION,
ORGANISATION
SOCIO-TECHNIQUE**

Pierre ALENGRY

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
BP105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél (3) 954 90 20

Août 1985

EVALUATION D'UN DISPOSITIF D'ASSISTANCE A L'OPERATEUR
DANS LE SECTEUR INDUSTRIEL:
ERGONOMIE DU DIALOGUE,
PROCESSUS DE TRAITEMENT D'INFORMATION,
ORGANISATION SOCIO-TECHNIQUE

Pierre ALENGRY

Juillet 1985

Ce rapport de recherche constitue une version condensée d'un rapport interne :
"Evaluation d'un dispositif d'assistance à la conduite et au dépannage de
"chaînes de fabrication automatisées" (Senach, B. et Alengry, P, février 1985

Résumé

Cette étude constitue une évaluation d'un dispositif d'assistance intégré sur des chaînes de fabrication automatisées de l'industrie automobile. Les méthodes usuelles d'analyse du travail ont été utilisées (observation et entretien sur la position de travail) ainsi qu'une méthode particulière: la méthode des Incidents Critiques.

L'identification des inadaptations du système homme-machine ainsi que l'analyse du travail des utilisateurs du dispositif d'aide (conducteurs de chaîne et techniciens de maintenance) ont fourni les données nécessaires à l'évaluation qui a été menée dans trois directions: le dialogue homme-machine; les processus de traitement d'information élaborés par les opérateurs; l'organisation socio-technique.

Les données mettent en évidence que la tâche la plus complexe est la tâche de diagnostic. Les principales difficultés de diagnostic proviennent de l'hétérogénéité des machines: les procédures et les connaissances utilisées pour le dépannage d'une machine donnée ne sont pas toujours efficaces pour le dépannage d'une autre machine. Ceci conduit à poser la question de l'expertise dans un environnement caractérisé par l'hétérogénéité du matériel et à envisager des perspectives d'amélioration de l'aide automatisée au diagnostic. Une direction de recherche consiste à réaliser une synthèse des connaissances construites par les opérateurs expérimentés sur des machines qui leur sont familières, l'objectif étant de concevoir un système d'aide qui soit efficace pour tous les types de machines.

Mots-clés: Contrôle et régulation de processus; assistance à l'opérateur; dialogue homme-machine; processus de traitement de l'information; organisation socio-technique; diagnostic de panne; expertise.

Summary

This study was realized in the car industry. Two types of operators are using the computer-aided system: manufacturing operators and maintenance operators. The techniques used were interviews and observations at the work place. The identification of man-machine dysfunctioning and the analysis of the users' task provided data for the evaluation on three different topics: man-computer dialogue; human information processing; socio-technical organization.

The data suggest that the complexity of the failure diagnosis is partly related to the heterogeneity of the machines on which the diagnosis is established. The main difficulty is that the procedures and the knowledge acquired for failure diagnosis on a given machine are not always effective to execute the same task on another machine. This leads to the problem of defining the characteristics of expertise and on how to improve computer-aided diagnosis. One possible research direction will be to gather the knowledge and procedures utilized on each different machine by experienced operators, and to identify a common structure with the aim of designing a computer-aided system that would not be machine-specific.

Key-words: Process control; computer-aided system; man-machine dialogue; human information processing; socio-technical organization; failure diagnosis; expertise.



S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	9
I - CARACTERISTIQUES DE L'ASSISTANCE A L'OPERATEUR DANS LES PROCESSUS DE FABRICATION AUTOMATISES.....	11
1. Automatisation et complexification des tâches.....	11
2. Assister pour rentabiliser.....	11
II - OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	12
1. Objectif.....	12
2. La méthode.....	12
3. Les dimensions d'analyse.....	13
3.1 Ergonomie du dispositif d'aide.....	13
3.2 Les processus de traitement d'information.....	14
3.3 L'organisation socio-technique.....	15
4. Organisation du rapport.....	16
III - STRUCTURE DU SYSTEME DE PRODUCTION.....	16
1. Un processus discontinu.....	16
2. Structure du processus de fabrication.....	17
2.1 Structure d'une unité de fabrication.....	17
2.1.1 Les machines transferts.....	17
2.1.2 Les automates programmables.....	18
2.2 Les moyens de contrôle/commande.....	18
2.2.1 Le pupitre centralisé.....	18
2.2.2 Les contrôles/commandes décentralisés.....	18
3. Structure des équipes.....	19
PREMIERE PARTIE: ERGONOMIE DU DISPOSITIF D'ASSISTANCE.....	21
INTRODUCTION.....	23
I - RESULTATS.....	23
1. Structure de la procédure d'appel des images.....	23
2. Technique d'affichage à la demande.....	25
3. Mauvais fonctionnement.....	26
4. Fiabilité des informations.....	26
5. Temps de réponse.....	26
6. Densité des informations.....	27
7. Hétérogénéité du matériel.....	27
7.1 Hétérogénéité des procédures de commande.....	27
7.2 Hétérogénéité des affichages.....	27
8. Difficultés de compréhension des codes et des messages.....	28
8.1 Limpidité.....	29
8.2 Homogénéité des règles de codage.....	29
8.3 Consistance des codes.....	30

II - ELEMENTS DE SOLUTION.....	31
1. Présentation des informations sur l'interface.....	31
2. Extension des fonctions.....	33
DEUXIEME PARTIE: DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION.....	35
INTRODUCTION.....	37
I - CONDUITE DU PROCESSUS ET DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION.....	38
1. L'activité du conducteur.....	38
1.1 Changements d'état sans interruption de la fabrication.....	38
1.2 Changements d'état avec interruption de la fabrication.....	40
1.2.1 Cotes hors-tolérance.....	40
1.2.2 Changement d'outil géré par automate.....	41
1.2.3 Dysfonctionnement de la machine.....	41
2. Les difficultés rencontrées.....	41
2.1 Identification d'un dysfonctionnement.....	41
2.2 Contrôle des cotes.....	43
2.3 Gestion des outils.....	45
3. Amélioration de la flexibilité du système.....	46
II - RESOLUTION D'INCIDENT ET DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION.....	46
1. Le diagnostic de panne: modèle de la tâche.....	47
1.1 Identification du poste concerné par l'avarie.....	47
1.2 Identification des causes du dysfonctionnement.....	48
1.2.1 Identification d'une macro-opération non réalisée.....	48
1.2.2 Identification d'une opération intermédiaire non réalisée.....	50
1.2.3 Identification des conditions non remplies dans le programme de l'automate.....	51
2. Structure de l'activité: utilisation du dispositif d'assistance et difficultés rencontrées par les dépanneurs.....	55
2.1 Identification de la cause du dysfonctionnement.....	55
2.1.1 Identification d'une macro-opération.....	56
2.1.2 Identification d'une opération intermédiaire.....	56
2.1.3 Identification des conditions non remplies dans le programme de l'automate.....	59
TROISIEME PARTIE: ELEMENTS DE DIAGNOSTIC DE L'ORGANISATION SOCIO-TECHNIQUE.	61
I - LES DIFFERENTS PROBLEMES.....	63
1. L'organisation du travail.....	63
1.1 Absence de mise à jour de certaines informations.....	63
1.1.1 Modification de programme et mise à jour des informations.....	63
1.2 Difficultés de coordination.....	64
1.2.1 Coordination exploitation/maintenance en situation dégradée.....	65
1.3 Modèle de l'organisation du travail et inadéquation de structures de coordination.....	66
2. Structures de outils de travail.....	67

2.1 Augmentation de la charge physique.....	68
2.2 Augmentation de la charge mentale.....	68
2.3 Utilisation de procédures peu adéquates.....	69
3. Formation des opérateurs.....	69
II - ELEMENTS DE SOLUTION.....	69
1. Aspects posturaux et difficultés d'accès aux machines lors des opérations de maintenance.....	69
1.1 Sécurité et traitement d'information.....	70
2. Difficultés d'accès aux informations et aux commandes nécessaires à la réalisation du travail.....	70
2.1 Exigences.....	70
2.2 Les solutions envisageables.....	71
2.2.1 Panneaux synoptiques.....	71
2.2.2 Banalisation des postes de travail.....	72
3. Formation des opérateurs.....	73
3.1 Formation et dispositif d'assistance.....	73
3.2 Assistance et acquisition d'information.....	74
3.2.1 Coordination et circulation des informations.....	74
3.2.2 Archivage et historique.....	74
3.2.3 Guidage.....	75
CONCLUSION.....	77
1. Une assistance pour quelle activité?.....	79
2. L'adéquation du dispositif à la tâche et aux connaissances des opérateurs.....	79
2.1 Connaissances préalables et difficultés des sujets.....	80
2.2 Un exemple de difficulté de diagnostic.....	80
3. Dispersion des connaissances.....	82
3.1 Limites de compétence des conducteurs.....	82
3.2 Existence d'une expertise dans le cadre du système de travail?.....	83
SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	87
ANNEXE I.....	89
ANNEXE II.....	93
ANNEXE III.....	97

INTRODUCTION

I - CARACTERISTIQUES DE L'ASSISTANCE A L'OPERATEUR DANS LES PROCESSUS DE FABRICATION AUTOMATISES

1. Automatisation et complexification des tâches

L'automatisation des procédés de fabrication a contribué à complexifier les tâches des opérateurs. En effet, sur les chaînes "classiques" (non automatisées) les tâches sont morcelées et réparties entre de nombreux opérateurs: ceux-ci n'ont en général la maîtrise que d'une unité élémentaire du processus de production, à savoir une opération très spécifique sur le produit. L'automatisation des chaînes de fabrication a permis d'intégrer plusieurs opérations spécifiques en sous-systèmes que contrôlent en général un nombre restreint d'opérateurs. A l'exercice répétitif d'une même opération se substitue un travail de contrôle et de régulation d'un système dynamique complexe du fait de la multiplication des variables à prendre en considération à la fois pour assurer le fonctionnement correct de l'unité de fabrication et pour atteindre les objectifs de production (vitesse et qualité de la fabrication). Des dispositifs d'aide automatisés sont développés pour assister les opérateurs confrontés à ces systèmes complexes.

2. Assister pour rentabiliser

Généralement, c'est la préservation de la sécurité des hommes et des installations qui détermine l'implantation d'un système d'aide à l'opérateur. Ceci est vrai particulièrement dans le cas de processus technologiques dits "à haut risque" (1) comme par exemple l'industrie du transport (navigation aérienne, maritime, ferroviaire), la production électrique, l'industrie chimique, sidérurgique. Cependant, dans le contexte des processus de fabrication (et de montage, d'assemblage) automatisés, le critère prédominant est un critère de productivité.

(1) C'est-à-dire dont la dégradation peut avoir des implications graves sur le matériel (destruction de l'outil de production, comme à Three Miles Island) ou sur les hommes (comme à Seveso ou à Bophal).

En effet, l'occurrence de dysfonctionnements ne se traduit pas essentiellement par un risque pour le matériel ou pour les opérateurs mais surtout par un arrêt de la production, autrement dit par une pénalisation du taux d'engagement des machines. Dans ce contexte industriel, la finalité de la conception d'un dispositif d'aide est de réduire la fréquence et la durée des arrêts engendrés par des dysfonctionnements. Cela implique d'intégrer au moins les quatre fonctions suivantes au dispositif:

- assistance à la conduite des machines;
- assistance à la détection et à la localisation des anomalies;
- assistance au dépannage (diagnostic et récupération);
- stockage, archivage des informations permettant l'analyse et l'exploitation des incidents.

L'étude préalable à la conception de ces quatre fonctions doit permettre de concevoir un outil d'aide qui soit réellement performant, c'est-à-dire qui permette à l'opérateur au mieux d'anticiper sur la dégradation de l'état du processus et au moins de réduire les délais nécessaires à la résolution des incidents. L'assistance à l'opérateur peut alors être considérée comme un facteur de l'amélioration du rendement global des installations au même titre que des facteurs plus classiques tels que la fiabilité des dispositifs technologiques, la qualification des opérateurs ou l'organisation du travail.

II - OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

1. Objectif

L'étude présentée ci-dessous constitue une analyse diagnostique d'un dispositif d'assistance intégré sur des chaînes de fabrication automatisées de l'industrie automobile.

2. La méthode

Par stratégie, l'étude a été focalisée sur des unités critiques du système de production, c'est-à-dire caractérisées par un faible taux d'engagement, des arrêts fréquents, une production en-deçà des objectifs fixés. L'objectif étant de recueillir un corps de données suffisamment étendu pour être exploitable par les concepteurs, dans la perspective d'une évolution de l'assistance à l'opérateur.

L'évaluation du système d'assistance a été réalisée à partir de l'analyse de l'activité des différents opérateurs intervenant dans le système de production (conducteurs des machines, régleurs, techniciens de maintenance). Les méthodes usuelles d'analyse du travail (entretiens, observations) ont été utilisées ainsi qu'une méthode particulière: la méthode des Incidents Critiques (Flanagan, 1954).

Un instrument classique de l'analyse des situations de travail consiste à identifier les dysfonctionnements, les inadaptations du système homme-machine. La méthode des Incidents Critiques constitue un outil particulièrement puissant car elle permet de passer au crible un système de production donné (voir par exemple Bisseret et Cohen, 1978; Senach, 1980).

On entend par Incident Critique "tout événement observable de la situation de travail présentant un caractère d'anomalie dans le cadre d'un déroulement habituel connu" (Leplat et Cuny, 1977).

La méthode consiste à recueillir par observation directe et par entretien la description d'anomalies survenues pendant le travail. Ces anomalies ne sont pas interprétées en termes de "responsabilité" ou bien de "faute" de l'opérateur et n'expriment en aucun cas un jugement de valeur mais traduisent des inadaptations du système homme-machine. Par exemple, l'utilisation d'une procédure inadéquate peut relever d'un problème de formation des opérateurs ou de conception des machines.

Les Incidents ont été codés en fonction de l'ordre dans lequel ils ont été recueillis (IC 1; IC 2, ...). Ils ont ensuite été catégorisés (cf. Annexes). La catégorisation des Incidents constitue un début d'interprétation des difficultés rencontrées par les opérateurs et la synthèse de ces difficultés fournit les éléments d'un diagnostic du système homme-machine établi en fonction des trois dimensions d'analyse suivantes:

- ergonomie du dispositif d'aide;
- processus de traitement d'information;
- organisation socio-technique.

3. Les dimensions d'analyse

3.1 Ergonomie du dispositif d'aide

Une exigence minimale que l'on doit se fixer est que le dispositif n'impose pas de contrainte d'utilisation à l'opérateur. La finalité d'une assistance étant d'aider l'opérateur là où il rencontre des difficultés, il est

paradoxal de concevoir des systèmes d'assistance qui soient une source de difficultés supplémentaires. Le critère principal de l'analyse est ici l'accès à l'information pour l'utilisateur: cet accès doit être aisé et rapide. Les modalités d'accès à l'information sont déterminées par la structure du dialogue présentée par l'interface: procédures de commande, gestion des menus, temps de réponse, technique d'appel d'image, codage des informations, libellé des messages.

L'évaluation de ces différents points est effectuée en observant les caractéristiques de l'utilisation du dispositif par l'opérateur pendant son activité; les difficultés observées, l'inadéquation du dialogue aux objectifs poursuivis par l'opérateur constituent les référents pour spécifier les modifications permettant d'améliorer l'accès aux informations nécessaires à la réalisation du travail.

Outre les conditions d'accès aux informations, le contenu de ces dernières doit également être évalué. C'est en effet sur la base des informations présentées par le dispositif d'assistance que les opérateurs réalisent l'analyse de la situation et prennent leurs décisions. L'évaluation nécessite d'identifier les processus de traitement d'information élaborés sur la position de travail.

3.2 Les processus de traitement d'information

Les opérateurs disposent de connaissances sur la structure et le fonctionnement du processus contrôlé acquises par la pratique professionnelle. Certaines des difficultés d'utilisation d'un dispositif d'aide peuvent provenir du fait que les opérateurs ne parviennent pas à mettre en relation leurs connaissances avec les informations affichées par le dispositif: on parle dans ce cas d'inadéquation des représentations fournies par le système d'aide avec les représentations élaborées par les opérateurs, d'incompatibilité entre deux systèmes de traitement d'information (Falzon, 1982; Senach, 1984).

L'étude des processus de traitement d'information nécessite d'identifier les classes de situations que l'opérateur est amené à rencontrer dans le cadre de son travail et d'explicitier, pour chacune des classes:

- les buts poursuivis par l'opérateur;
- la nature des informations (valeurs de variables, paramètres, schémas, alarmes, états de la machine, messages, codes) traitées par rapport aux caractéristiques d'une situation donnée;
- les relations que l'opérateur construit entre ces informations;

- les critères de décision que se donne l'opérateur;
- les actions entreprises en fonction du critère utilisé.

Une telle description constitue un outil de compréhension du fonctionnement cognitif de l'opérateur. Il s'agit ensuite de distribuer les incidents (erreurs, oublis, difficultés) par rapport aux classes de situations et de chercher à identifier ce qui, dans les caractéristiques d'une situation donnée (1), en est à l'origine (par exemple: absence de l'information utile, non pertinence d'une information, charge de travail mental élevée, connaissances lacunaires de l'opérateur).

L'identification précise de l'origine des incidents constitue un corpus de référence pour définir les spécifications concernant la nature des informations qui doivent être implémentées dans le dispositif d'aide.

Par ailleurs la cause des difficultés d'utilisation d'un dispositif d'aide peuvent être recherchées dans son environnement socio-technique.

3.3 L'organisation socio-technique

Un dispositif technologique ne peut être évalué indépendamment de son contexte. Des éléments externes au dispositif d'aide peuvent affecter ses conditions d'utilisation. Par exemple, une formation lacunaire (incompréhension des messages de l'assistance), des difficultés de coordination (mauvaise transmission de consignes lors des relèves, absence de mise à jour des informations de l'assistance) ou une structure inadaptée des outils de travail (localisation inadéquate des moyens de contrôle et de commande) peuvent constituer des obstacles pour une utilisation optimale du système d'assistance.

Lorsque des dysfonctionnements de cet ordre ont été identifiés, il s'agit ensuite de déterminer si des solutions appropriées peuvent être définies au niveau du dispositif d'assistance (par exemple, une fonction d'apprentissage intégrée au dispositif peut permettre de résoudre certains problèmes de formation).

(1) Une situation est définie ici comme l'interaction entre les caractéristiques de l'opérateur et les caractéristiques du système (état du processus, structure de l'assistance) à un moment donné.

Ce qui ressort de cette étude, c'est que l'évaluation d'un dispositif d'assistance ne peut pas s'en tenir uniquement au niveau d'analyse de l'ergonomie du dispositif. Il est nécessaire de descendre à un niveau d'analyse plus fin: les processus de traitement d'information élaborés par les opérateurs, et de prendre en compte des éléments plus généraux, propres à l'environnement socio-technique du dispositif. Cette méthodologie d'analyse doit permettre de déboucher sur des spécifications susceptibles de réaliser les conditions d'une compatibilité maximale entre l'outil d'assistance et l'activité des opérateurs.

4. Organisation du rapport

Nous donnons ci-dessous une description générale du système de production dans lequel nous avons réalisé l'étude. Nous présentons ensuite les trois dimensions de l'analyse organisées de la façon suivants:

Première partie: Ergonomie du dispositif d'assistance

Deuxième partie: Difficultés de traitement d'information

Troisième partie: Eléments de diagnostic de l'organisation socio-technique

En conclusion, nous envisageons les perspectives de recherche concernant le développement du système d'assistance dans la perspective d'une amélioration de la fonction d'aide au diagnostic.

III - STRUCTURE DU SYSTEME DE PRODUCTION

1. Un processus discontinu

Il s'agit d'un processus automatisé discontinu: le processus global (1) est décomposé en phases de transformation distinctes prises en charge par des unités de fabrication reliées entre elles par des convoyeurs qui assurent le transport des pièces.

(1) C'est-à-dire, la séquence des transformations que subit une pièce à partir de son entrée jusqu'à sa sortie.

Ces unités sont autonomes les unes par rapport aux autres. En effet, l'arrêt d'une unité ne pénalise pas les unités situées en amont et en aval (1): la gestion des flux de pièces (stockage/destockage) est assurée par des portiques automatisés qui permettent de réguler les flux et d'éviter que les unités soient saturées ou au contraire n'aient plus de pièce à usiner.

2. Structure du processus de fabrication

Les pièces brutes sont amenées en entrée par un système de chariots filoguidés puis sont acheminées sur chacune des stations d'usinage jusqu'à la sortie où les pièces usinées sont dirigées vers l'atelier de montage. Le processus est constitué de LIGNES TRANSFERTS, elles-mêmes décomposables en unités de fabrication.

2.1 Structure d'une unité de fabrication

Une unité de fabrication comprend une partie opérative (le procédé de transformation proprement dit: ici des MACHINES TRANSFERTS) et une partie commande (le dispositif technologique qui gère le fonctionnement de la partie opérative: ici, des AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS).

2.1.1 Les machines transferts

Les machines transferts sont constituées de stations d'usinage effectuant différents types de transformation: taraudage, alésage, perçage, fraisage et de stations auxiliaires: lavage, retournement, contrôle automatique de la qualité. Une barre transfert achemine les pièces sur chacune des stations. Le fonctionnement d'une machine transfert consiste en l'exécution d'un cycle, c'est-à-dire d'une séquence d'actions successives ou simultanées organisée

(1) Il s'agit bien entendu d'une autonomie relative du fait qu'au-delà d'un certain délai, les portiques peuvent être eux-mêmes saturés ou n'avoir plus de pièces à déstocker. Cependant, la possibilité qu'a le processus de s'arrêter localement a une conséquence notable du point de vue de l'activité des opérateurs: les contraintes temporelles jouent un rôle moins important sur l'activité de résolution d'incident que dans les systèmes dynamiques continus.

selon une chronologie établie (1). Chaque action doit être réalisée en son temps dans la chronologie du cycle; autrement elle est considérée comme "anormale" et entraîne l'arrêt automatique de la machine.

2.1.2 Les automates programmables

L'architecture informatique qui gère le fonctionnement du procédé est constituée:

- d'automates esclaves qui animent les mouvements de chaque station, détectent les anomalies et communiquent les informations à l'automate maître;
- d'un automate maître qui anime la barre transfert, détecte les anomalies et envoie les informations nécessaires à l'assistance;
- d'un automate gestion qui gère l'écran vidéo du dispositif d'assistance.

Les techniciens de maintenance ont la possibilité de consulter les programmes de commande pour établir un diagnostic, à l'aide d'un terminal "pocket" ou console de programmation).

2.2 Les moyens de contrôle/commande

2.2.1 Le pupitre centralisé

Un pupitre centralisé est équipé d'un écran vidéo affichant les informations nécessaires à l'assistance. Les informations sont présentées en mode textuel. Des boutons d'appel d'image permettent de gérer l'affichage des différentes pages. En outre, des voyants lumineux indiquent l'état de certaines conditions générales et des étapes principales du cycle de la machine. Des commandes permettent de démarrer la machine, de l'arrêter et d'exécuter certaines étapes du cycle en mode manuel.

2.2.2 Les contrôles/commandes décentralisés

Des boîtiers de commande locale sont répartis sur chacune de stations d'usinage, en divers endroits de la machine transfert. Des voyants de contrôle sont placés sur les armoires des automates.

(1) Une action ne correspond pas forcément à un mouvement: il peut s'agir d'une montée en pression ou en température, ou de la détection d'une pièce par un capteur.

3. Structure des équipes

Les équipes de conduite comprennent un ou deux agents d'exploitation (conducteurs) par machine transfert et un régleur qui supervise un ensemble de machines. Les conducteurs doivent surveiller le bon fonctionnement de la machine ainsi que la qualité de la production.

Les équipes de maintenance sont composées de techniciens (hydrauliciens, mécaniciens, électriciens); ceux-ci sont appelés par les conducteurs lorsqu'une machine est arrêtée et qu'aucune intervention n'a pu permettre sa remise en route. Les techniciens (dépanneurs) ont pour tâche d'identifier l'anomalie qui est à l'origine de l'arrêt (diagnostic) et de la récupérer (réparation, correction du défaut).

Les contremaîtres supervisent plusieurs équipes de conduite et ont une fonction d'animation.

Nous nous intéresserons plus particulièrement au travail des opérateurs qui ont recours au dispositif d'assistance, c'est-à-dire les conducteurs et les dépanneurs. L'organisation de leur activité est décrite dans la seconde partie de ce rapport.

PREMIERE PARTIE

ERGONOMIE DU DISPOSITIF D'ASSISTANCE

INTRODUCTION

Le dispositif d'assistance est constitué d'un écran et de boutons d'appel d'images intégrés dans le pupitre de commande de la machine.

Il ressort de l'étude que ce dispositif est sous-utilisé: les opérateurs n'exploitent pas toutes les fonctions qui sont à leur disposition.

Cette attitude peut s'expliquer par les difficultés que rencontrent les opérateurs lorsqu'ils ont recours au dispositif. Ces difficultés proviennent en partie du fait que certains aspects de la structure du dialogue ne sont pas satisfaisants du point de vue ergonomique: ces aspects sont examinés ci-dessous.

Nous présentons ensuite quelques perspectives d'évolution de l'assistance et d'amélioration de l'interface.

I - RESULTATS

1. Structure de la procédure d'appel des images

Le menu principal présente la liste des images spécifiques qui peuvent être affichées. L'affichage s'effectue en deux temps:

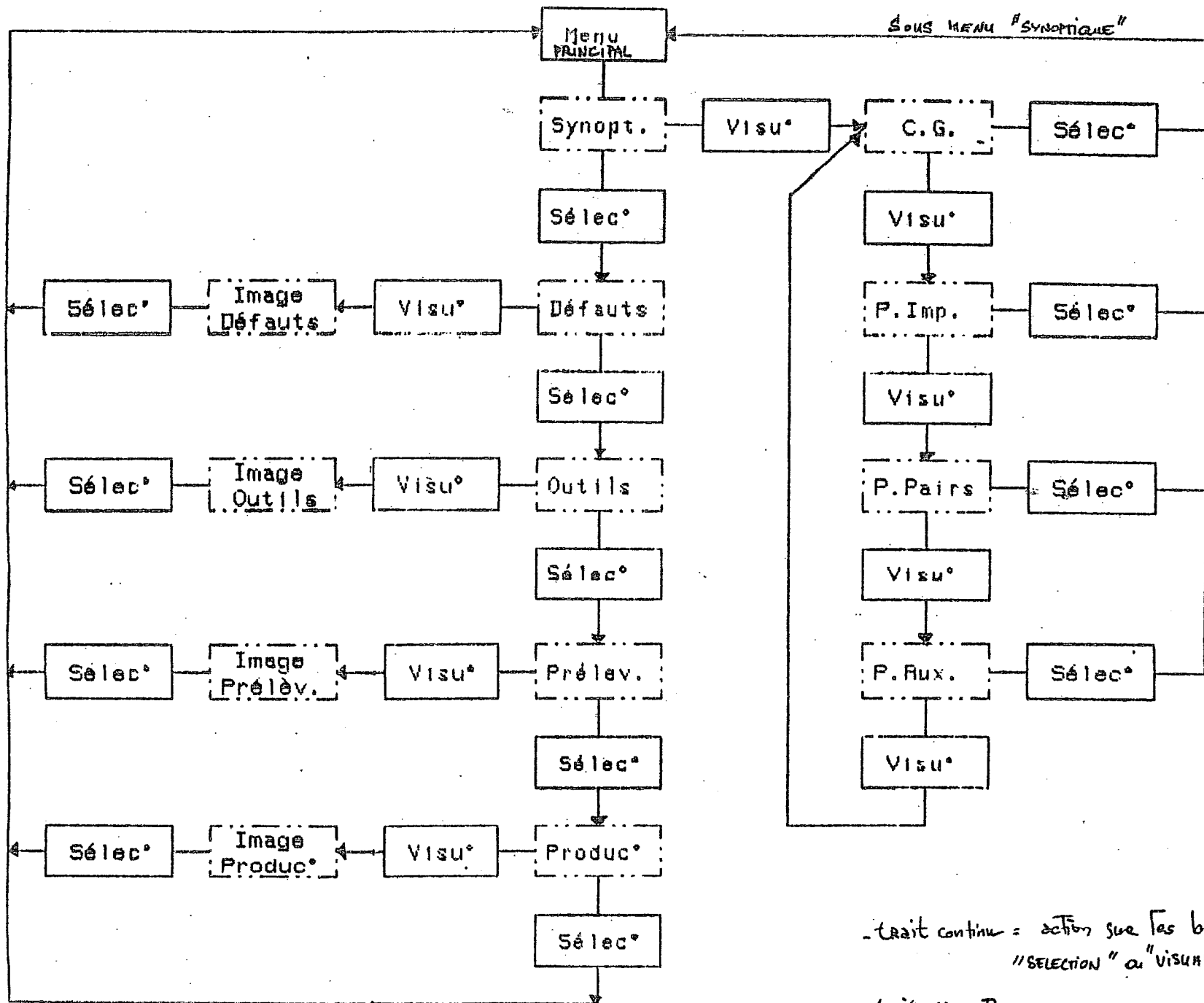
- positionnement du curseur devant la rubrique désirée: une touche "SELECTION PAGE" assure la gestion du curseur;
- appel de l'image: une touche "VISUALISATION PAGE" permet l'affichage de l'image désirée.

La représentation graphique reportée à la page suivante décrit les procédures de gestion du menu principal et du sous-menu "SYNOPTIQUE".

Une première remarque qui doit être faite est que l'accès aux informations est séquentiel et que la rigidité de la procédure est très contraignante.

En outre, ce schéma fait ressortir deux points criticables dans l'architecture du dialogue: l'hétérogénéité des procédures de gestion des menus et l'ambiguïté liée à la double fonction des touches "SELECTION" et "VISUALISATION".

La gestion du sous-menu (images "SYNOPTIQUE") se fait d'une façon différente de celle du menu principal. Lorsqu'on se trouve dans le sous-menu, le



- trait continu = action sur les boutons
"SELECTION" ou "VISUALISATION"

- trait discontinu = position du
- sur menu principal = curseur sur
les différents
rubriques

passage d'une image à l'autre se fait directement par appui sur la touche "VISUALISATION"; par contre, dans le menu principal, le passage d'une image à l'autre s'effectue par appui sur la touche "SELECTION".

Cette hétérogénéité des procédures de gestion de l'écran sur un même pupitre limite le recours au dispositif d'aide. Les opérateurs débutants font de fréquentes erreurs de manipulation qui peuvent être coûteuses au point de parfois entraîner l'abandon.

La touche "SELECTION" constitue un moyen de gérer le curseur lorsque l'on se trouve sur le menu principal mais a une fonction d'appel d'image sur toutes les autres images: cette touche permet le retour au menu principal. Cette double fonction crée une ambiguïté qui augmente la durée de l'apprentissage et détermine de fréquentes confusions de commandes.

2. Technique d'affichage à la demande

On peut regretter que la philosophie qui sous-tend la conception de l'interface repose sur le principe d'un affichage de l'information à la demande de l'opérateur. Cette technique d'affichage est généralement utilisée lorsqu'on a identifié les objectifs poursuivis par l'opérateur et que l'on connaît les procédures qui peuvent être utilisées mais que l'on ne sait pas très bien dans quelles conditions elles sont mises en jeu. C'est lorsque l'opérateur dispose des critères de décision (c'est-à-dire, qu'il est seul en mesure de savoir ce qui doit être réalisé) qu'il est intéressant de lui offrir les différentes possibilités de choix.

Dans le cas de l'assistance à la fabrication, la situation diffère sensiblement. Dans le cas des alarmes, par exemple, on peut remarquer que les données élémentaires (celles qui permettent de localiser et d'identifier le défaut) doivent être recherchées par l'opérateur alors qu'on sait très bien qu'il va en avoir besoin.

La présentation d'information à la demande est dans ce cas une technique qui entraîne des difficultés d'accès à l'information et donc qui augmente les délais de localisation et d'identification des pannes: elle ajoute des contraintes supplémentaires à l'exécution des tâches.

3. Mauvais fonctionnement

Le délai d'accès à l'information recherchée est augmenté du fait du mauvais fonctionnement du dispositif (échos, superpositions d'images, incrustations). Non seulement l'information est difficile à acquérir mais elle peut devenir totalement inutilisable (IC 14, IC 15, IC 31, Annexe I).

Ces problèmes sont du ressort des constructeurs qui ne respectent pas toujours les cahiers des charges.

4. Fiabilité des informations

Certaines des informations affichées sont aberrantes et ne correspondent à aucun état réel du processus (IC 39, IC 63, Annexe I). Ceci peut être dû au fait que les unités de fabrication considérées ne sont pas encore stabilisées: sur d'autres unités, ces problèmes ont été résolus. Cependant, il demeure un problème important: celui de la pertinence des informations, de leur adéquation à la logique du travail des opérateurs. Ce point est abordé plus en détail dans la deuxième partie du rapport.

5. Temps de réponse

Le temps de réponse peut atteindre 37 secondes et entraîner parfois l'abandon des opérateurs. On considère dans la littérature ergonomique qu'un temps de réponse acceptable du point de vue de l'opérateur doit être inférieur à 2 secondes. Lorsque le temps de réponse est supérieur à ce seuil, il est nécessaire d'afficher des messages indiquant les raisons du délai ainsi que l'étape qui est en cours de réalisation, sans quoi l'opérateur est dans l'impossibilité d'analyser la situation et de savoir si le dispositif fonctionne ou non (IC 37, Annexe I).

Par ailleurs le temps de balayage de l'écran est lui-même trop long. Il en résulte une augmentation des délais d'accès à l'information recherchée. L'opérateur peut être contraint d'attendre plusieurs secondes avant d'obtenir l'information qui lui permet de localiser le poste concerné par le dysfonctionnement.

Les solutions techniques à ces problèmes sont développées par le concepteur des automates.

6. Densité des informations

Certaines images présentent de nombreuses données qui s'avèrent totalement inutiles car elles n'apportent aucune information supplémentaire: l'image qui renseigne sur l'état de la production présente par exemple des valeurs qui restent nulles.

7. Hétérogénéité du matériel

Les difficultés d'utilisation du dispositif sont en partie déterminées par l'hétérogénéité du matériel; la principale conséquence du point de vue de l'opérateur est la difficulté qu'il rencontre pour réaliser le transfert des connaissances qu'il a acquises. C'est-à-dire que pour effectuer le même travail sur deux machines différentes, les opérateurs sont obligés de réaliser un apprentissage supplémentaire et ceci du point de vue des commandes comme des affichages.

7.1 Hétérogénéité des procédures de commande

Les procédures d'appel d'image ne sont pas identiques sur toutes les machines. Les difficultés se traduisent par une confusion des commandes qui peut entraîner l'abandon (IC 16, annexe I). L'hétérogénéité des procédures peut de plus conduire l'opérateur à réaliser une mauvaise analyse de la situation (IC 26, annexe I) ou bien à interpréter un fonctionnement normal comme un dysfonctionnement (IC 18, annexe I).

7.2 Hétérogénéité des affichages

Ce ne sont pas les mêmes informations qui sont présentées sur toutes les machines. Le problème le plus important est lié au fait que certaines images indispensables pour réaliser le diagnostic d'une situation dégradée sont fournies par certains dispositifs et pas par d'autres. Les images "SYNOPTIQUES" permettent d'identifier l'étape du cycle et de localiser les postes sur lesquels des mouvements n'ont pas été effectués: ces images ne sont pas présentées lorsque le pupitre dispose d'un synoptique à voyants lumineux du fait de la redondance supposée entre les deux présentations.

Or il se trouve que les synoptiques à voyants sont jugés par les débutants plus complexes à traiter que les images vidéo. Un opérateur qui s'en sort bien avec les images vidéo peut se trouver complètement démuni devant les synoptiques à voyants lumineux.

Cette hétérogénéité finit par placer les opérateurs dans une situation paradoxale de résolution de problème: pour assurer la marche normale de la machine, ils doivent découvrir quelle est la procédure adéquate (IC 13, Annexe I).

8. Difficultés de compréhension des codes et des messages

Une analyse systématique de la compréhension des codes et des messages a été réalisée. La méthode a consisté à afficher chaque image en présence d'un opérateur et à lui demander de reconstruire chaque code. Il lui était également demandé d'indiquer l'utilité de ces images. Le sondage a été effectué auprès de 5 opérateurs.

Le résultat global montre d'une part que les images utilisées de façon privilégiée par les opérateurs sont celles qui permettent d'identifier le poste concerné par l'avarie et le mouvement en panne (images "SYNOPTIQUE") et celle qui indique la quantité de pièces usinées (image "PRODUCTION").

D'autre part, certaines images sont rarement utilisées (1). Les raisons de cette sous-utilisation sont diverses: il peut s'agir de la difficulté de restructurabilité des codes, de l'incompréhension des messages ou bien de l'inutilité ou de l'inadéquation des informations par rapport aux objectifs du travail. Nous examinons ci-dessous les difficultés relatives à la compréhension des codes et des messages.

Le problème du codage a été analysé dans la littérature ergonomique: des techniques et des recommandations permettent d'optimiser l'utilisation d'un code afin notamment d'éviter les confusions.

Voici quelques unes des règles élémentaires qui doivent être utilisées: pour chacune d'elle, nous donnerons des exemples de leur non-respect.

(1) Il s'agit des images qui ont les fonctions suivantes: description de l'état général du procédé, affichage des défauts, assistance à la gestion des outils et au contrôle de qualité par prélèvement.

8.1 Limpidité

Pour être aisément restructurable, un code doit être évident pour les opérateurs et il ne doit pas supposer un apprentissage "par coeur". Cela implique que les codes et les intitulés soient explicites et non ambigus. Or des messages et des codes sont peu explicites:

- sur l'image "PRODUCTION", un seul conducteur a pu expliquer la signification des codes Hner et Gner (correspondant à deux types de moteurs) en indiquant par ailleurs qu'ils n'étaient d'aucune utilité, ce qui peut être la raison pour laquelle les opérateurs ne les ont pas assimilés;
- l'image "DEFAULTS" fournit des informations permettant d'identifier un dysfonctionnement. Si cette image est sous-utilisée, c'est en partie parce que les opérateurs rencontrent des difficultés de compréhension des messages (IC 24, Annexe II).

Ces difficultés peuvent s'expliquer par les connaissances lacunaires des opérateurs. Cependant, des messages peu explicites ne sont pas toujours susceptibles d'être assimilés. Un moyen d'éviter ces difficultés consiste à étudier la terminologie employée par les opérateurs pour désigner les différents défauts susceptibles de se produire puis de les documenter sous cette forme dans le dispositif d'assistance. Cette méthode permet de concevoir des intitulés qui soient adéquats aux représentations élaborées par les opérateurs.

De plus, des messages et des codes sont ambigus:

- l'image "DEFAULTS" affiche des messages qui ne correspondent pas à l'état effectif de la machine (IC 46, Annexe II);
- certains codes sont également ambigus et entraînent des confusions chez les opérateurs: ainsi, sur l'image "CONDITIONS GENERALES", VID signifie "VIDAGE" mais est interprété "VIDEO" par certains opérateurs. De même, les codes C/C ("CYCLE PAR CYCLE") et COC ("CHANGEMENT D'OUTILS EN COURS") peuvent être ambigus.

8.2 Homogénéité des règles de codage

Dans la mesure où cela ne nuit pas à la restructurabilité des codes, il est recommandé qu'une règle de codage soit homogène de manière à ce que l'opérateur l'assimile définitivement: il convient autant que possible de ne pas

créer d'exception et de l'appliquer à tous les cas de figure. Les règles utilisées pour le codage des mots sur l'image "CONDITIONS GENERALES" sont les suivantes:

- l'omission des lettres après la troisième pour le codage d'un mot (VID pour "VIDAGE", MAN pour "MANUEL");
- la préservation de la première lettre du mot pour le codage d'une séquence de mots (FRT pour "FIN RETOUR TRANSFERT").

Or, sur la même image, il existe une exception à cette règle: "AUTOMATIQUE GENERAL" est codé AUG.

Une recommandation générale en ce qui concerne le codage est de rendre explicite pour l'opérateur la règle de codage utilisée.

8.3 Consistance des codes

Il est recommandé que le choix d'un code pour le même objet soit respecté d'une image à l'autre. Or des codes différents sont utilisés sur l'image "CONDITIONS GENERALES" et sur les images synoptiques:

- AUT sur "CONDITIONS GENERALES" et AUTO sur "SYNOPTIQUE"
- CRU - - - et SARU - -
- CFU - - - et FU - -

Une règle très générale que l'on peut se donner pour respecter ces contraintes est de faire en sorte que les codes et les intitulés soient adéquats aux modes opératoires élaborés par les opérateurs: cela signifie que les informations qu'il faut présenter comme les règles de codage doivent trouver leur origine dans les processus de travail (1).

(1) Dans la mesure où il existe un code informel et non structuré, il est intéressant de s'en servir pour déterminer quels objets doivent être codés et comment. Cela suppose d'analyser les communications inter-opérateurs et la terminologie qu'ils emploient dans le cadre de leur activité pour désigner les objets qui doivent être codés. Une technique complémentaire consiste à proposer aux opérateurs des tests de reconstruction sur les codes qui ont été choisis pour s'assurer qu'ils sont parfaitement compris.

Or certains codes sont totalelement artificiels:

- sur l'image "CHANGEMENT D'OUTILS", un seul conducteur a pu expliquer la signification du code couleur qui est utilisé pour le repérage de la fréquence théorique d'usure des outils. L'apprentissage de ce code ne servirait pas à grand chose car il se révèle non significatif: il est impossible d'identifier un référent à ce code dans les processus de travail élaborés par les opérateurs.

II - ELEMENTS DE SOLUTIONS

1. Présentation des informations sur l'interface

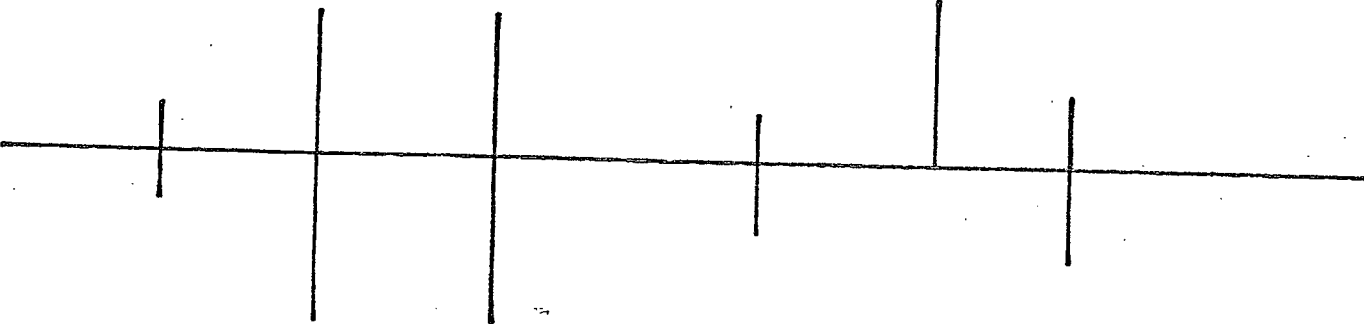
Les difficultés d'accès aux informations est l'aspect le plus important du point de vue de l'architecture du dialogue. Les informations nécessaires à la réalisation du travail doivent en effet être recherchées sur différentes images et de fait actuellement l'opérateur ne dispose d'aucun moyen pour contrôler aisément l'état actuel de la situation.

Cet état est décrit par un certain nombre de variables:

- production
- valeur des cotes
- mode de fonctionnement
- défauts
- alarmes

Une amélioration sensible du dispositif pourrait être réalisée à partir d'une IMAGE DE SYNTHESE (cf. page suivante) qui serait constituée d'une image mère permettant à l'opérateur de disposer de toute l'information nécessaire à la conduite du processus. Cette image s'efforce de répondre aux principaux problèmes de présentation d'information qui ont été soulevés. Des principes de conception dérivés de la littérature traitant de l'ergonomie des displays et du travail de contrôle de processus ont été utilisés. Ces principes sont les suivants:

- découpage de l'écran en des zones fonctionnelles facilitant la structuration de l'image par le sujet: les différentes catégories d'information, de messages sont toujours affichées aux mêmes endroits;

PRODUCTION	ZONE DES ALARMES DEFAUTS CONDITIONS GENERALES	
IDENTIFICATION DU POSTE	IDENTIFICATION DES MOUVEMENTS NON EFFECTUES	VALEUR DES COTES
		
<p style="text-align: center;">CLAVIER VIRTUEL APPEL D'IMAGES SPECIFIQUES</p>		

- présentation simultanée sur une même image des différentes variables permettant d'évaluer l'état de la situation et d'identifier les dérives éventuelles (dérive des cotes, baisse de production, augmentation des vitesses de cycle);
- utilisation de représentations graphiques dont on sait qu'elles sont parfois plus aisées à traiter que des représentations numériques. Dans l'illustration proposée à la page suivante, il s'agit en fait d'une simple représentation de la topologie de la machine. D'autres représentations graphiques portant sur la présentation des variables pourraient être utilisées: courbes de production, schéma de principe pour le dépannage, etc.

On peut envisager d'améliorer l'interactivité du système en considérant que cette image de synthèse décrit l'état du processus à un premier niveau de généralité. L'opérateur pourrait être en mesure de consulter à la demande es images spécifiques lui fournissant des informations à un niveau de détail plus précis (par exemple la valeur du temps de cycle pour un poste donné).

L'organisation de cette image, de même que son contenu, n'est probablement pas optimale. Elle a simplement valeur d'illustration; des études plus précises des traitements d'information mis en jeu par les opérateurs seraient nécessaires pour qu'elle soit réellement adéquate aux représentations élaborées sur la position de travail.

La définition de cette image doit de plus se faire dans une perspective de standardisation: le dispositif d'assistance doit être identique sur tous les pupitres afin d'éviter les problèmes liés à l'hétérogénéité du matériel.

2. Extension des fonctions

Les aménagements envisagés dans cette perspective ne sont pas forcément compatibles avec la gestion d'une assistance par l'intermédiaire d'un automate dont le mode fonctionnement est beaucoup trop contraignant pour être adapté à l'activité de l'opérateur. Il serait préférable que la gestion de l'assistance se fasse par l'intermédiaire d'un calculateur.

Les fonctions qui pourraient s'avérer utiles sont celles qui permettent le développement des moyens de contrôle: il s'agit notamment de fonctions "STATISTIQUE" et "ARCHIVAGE".

Ces fonctions devraient faciliter le contrôle de l'évolution dynamique de la situation: il s'agit de faciliter l'acquisition par l'opérateur des connaissances sur le profil de fonctionnement de la machine.

Généralement, ces connaissances sont acquises par la pratique. Cependant, lorsque l'opérateur a terminé son service, la machine continue à fonctionner et des pannes que le conducteur n'a pas l'occasion de traiter peuvent se produire; l'expérience reste alors limitée à la seule période d'activité.

De plus, lors de la prise de service, le système se trouve dans un état qui dépend de l'évolution antérieure de la situation: il peut être important pour le conducteur de connaître les caractéristiques de cette évolution. En effet, dans les systèmes dynamiques, une valeur de variable a rarement un sens en elle-même: elle doit être intégrée dans le contexte pour pouvoir être interprétée. C'est la mise en relation de deux valeurs successives qui permet d'identifier l'état du processus.

Par exemple, une cote hors tolérance n'a pas la même signification du point de vue de l'état du système lorsque c'est la 3ème ou la 4ème fois que cela se produit.

Un autre aspect concerne les données statistiques telles que la production moyenne, la production relative des équipes, les statistiques de pannes qui peuvent contribuer à améliorer la connaissance des performances de la machine.

Enfin, l'opérateur pourrait disposer sur la position de travail de moyens de contrôle et d'analyse permettant d'anticiper les dérives et de ne pas travailler au coup par coup. L'objectif est de favoriser l'élaboration d'un modèle du fonctionnement de la machine: des représentations graphiques (courbes d'évolution, histogrammes) pourraient être utilisées à cette fin.

DEUXIEME PARTIE

DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION

INTRODUCTION

Outre les aspects relatifs à l'ergonomie du dispositif, des difficultés de traitement de l'information peuvent expliquer la sous-utilisation du dispositif d'assistance. Il s'agit d'un autre niveau de compatibilité entre l'interface et l'opérateur.

Les opérateurs disposent en effet de connaissances acquises par la pratique professionnelle et ils ont construit une représentation du fonctionnement de la machine.

Les difficultés de traitement de l'information peuvent provenir du fait que les opérateurs ne parviennent pas à mettre ces connaissances en relation avec les informations proposées par le dispositif d'assistance. On parlera dans ce cas de l'adéquation des représentations fournies par l'assistance avec les représentations élaborées par les opérateurs dans le cadre de leur travail.

On entend par traitement de l'information les processus élaborés par l'opérateur qui consistent à collecter, sélectionner et interpréter les informations (codes, messages, schémas, alarmes, états de la machine) nécessaires pour atteindre ses objectifs de travail.

Les difficultés relatives à la collecte de l'information se traduisent essentiellement par un problème d'accès à l'information utile: ces aspects relèvent de l'ergonomie du dialogue et ont été abordés dans la partie précédente. Aussi, lorsque nous parlerons ci-dessous de difficultés de traitement de l'information, nous renverrons principalement aux situations qui se traduisent par:

- la non reconstruction d'un code
- l'incompréhension d'un message
- l'interprétation erronée d'une information

C'est sur la base du résultat des processus de traitement de l'information que l'opérateur prend ses décisions: on comprend qu'une interprétation erronée ou l'incompréhension d'un message peuvent avoir des conséquences importantes et empêcher l'opérateur d'intervenir de manière adéquate.

Nous examinerons les difficultés de traitement d'information que nous avons identifiées respectivement pour les activités de conduite du processus et de résolution d'incident.

I - CONDUITE DU PROCESSUS ET DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION

Pour illustrer ce problème nous nous servirons d'un schéma (cf. page suivante) décrivant l'organisation de l'activité du conducteur.

1. L'activité du conducteur

L'objet du travail (1) du conducteur est la qualité de la fabrication. L'activité est structurée par des objectifs de contrôle: la détection d'un changement d'état dans le processus de fabrication détermine l'intervention du conducteur.

On peut distinguer deux principales classes de situations selon que le changement d'état entraîne ou non l'interruption du processus de fabrication.

Nous donnons ci-dessous une description des processus de travail mis en jeu par les opérateurs dans chacune de ces classes de situation.

1.1 Changements d'état sans interruption de la fabrication

Dans cette situation, l'activité du conducteur consiste principalement à contrôler et à récupérer les dérives du système.

Ces dérives peuvent affecter:

- la qualité des cotes usinées: l'identification de dérives aux postes de contrôle automatique peut conduire le conducteur soit à réétalonner les normes du poste de contrôle soit à régler ou changer les outils correspondants;
- le réglage ou l'usure des outils: l'identification d'indices tels que des gerbes d'étincelles lors des usinages ou bien des surfaces usinées rugueuses peut nécessiter le réglage ou le changement des outils;

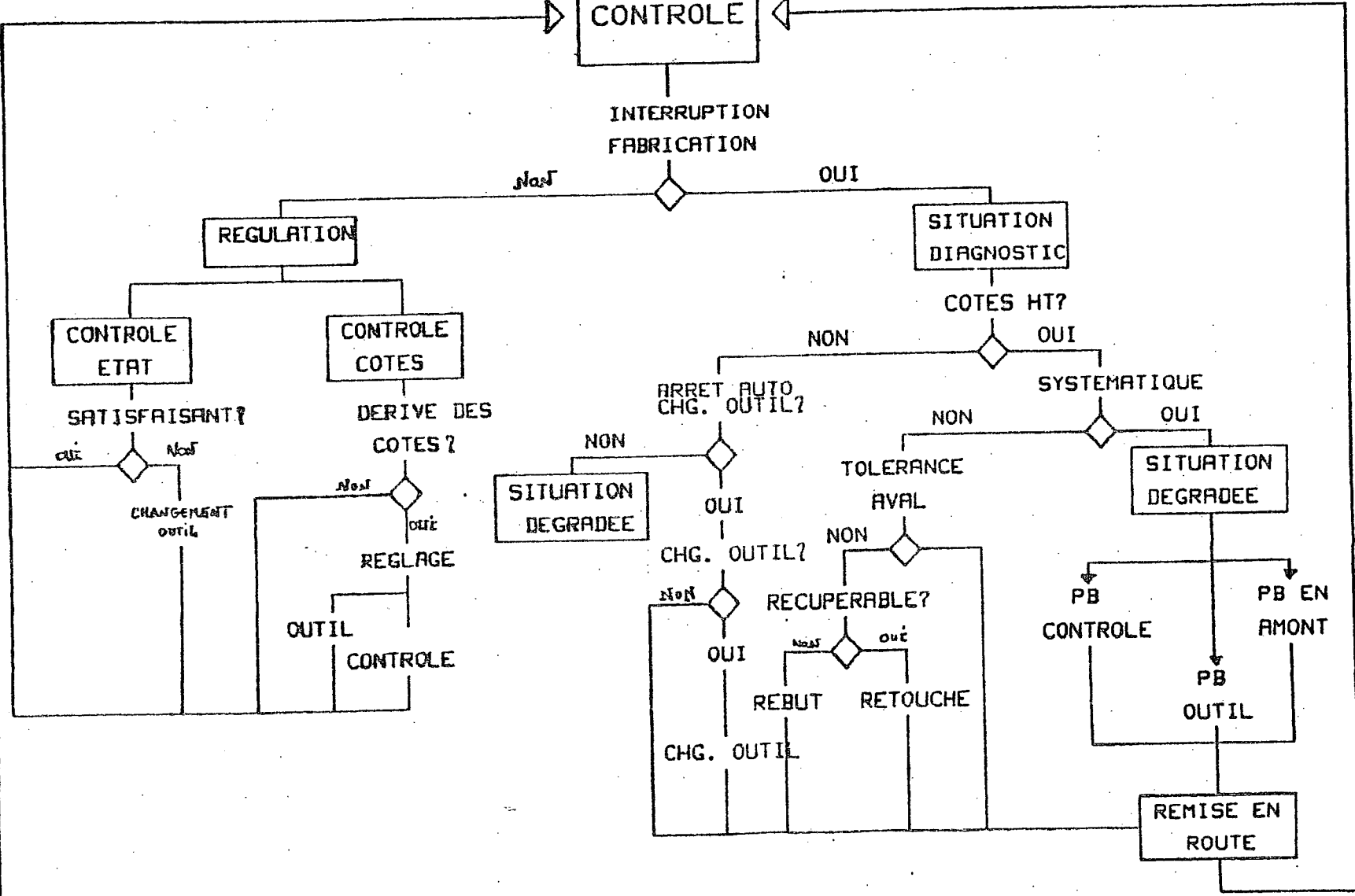
(1) Cette notion a été introduite par Bisseret et al. (1980). Elle repose sur l'hypothèse que l'on peut modéliser l'ensemble des variables que l'opérateur transforme et sur les valeurs desquelles il s'informe comme un objet unique. Définir l'objet du travail d'un opérateur consiste alors à trouver une dénomination univoque rendant compte de l'entité que celui-ci manipule.

ORGANISATION DE L'ACTIVITE CONDUCTEUR

OBJET DU TRAVAIL
QUALITE DE LA FABRICATION

CONTROLE

INTERRUPTION FABRICATION



- le fonctionnement de la machine: certains mouvements ou certaines opérations peuvent être effectués hors des normes de bon fonctionnement que s'est fixé le conducteur et nécessiter une réparation (1).

Ces processus de travail ont pour objectif d'assurer la régulation du fonctionnement du système: leur fonction consiste à anticiper sur la dégradation de la qualité des usinages et du fonctionnement de la machine, c'est-à-dire permet d'éviter que le système évolue vers la deuxième classe de situation.

1.2 Changements d'état avec interruption de la fabrication

Lorsque la machine est arrêtée, le conducteur est placé en situation de diagnostic.

Il peut être confronté à trois principales classes de problème.

1.2.1 Cotes hors-tolérance

Lorsque l'appareil de contrôle automatique détecte des cotes hors-tolérance, il provoque l'arrêt automatique de la machine. Le conducteur doit identifier l'origine du dépassement de tolérance. Il peut s'agir:

- d'un outil mal réglé, auquel cas il procède à son réglage ou à son changement;
- d'une déficience du poste de contrôle automatique qui peut nécessiter un réétalonnage ou sa vérification par des agents techniques;
- d'un défaut d'usinage provenant d'un transfert en amont qui se répercute en aval.

Le critère qui peut déterminer la mise en jeu des procédures de vérification et de diagnostic est la répétition des interruptions sur une cote identique. En effet, les conducteurs attendent que les interruptions se soient produites un certain nombre de fois (2) avant de chercher à identifier l'origine de ces arrêts.

(1) La réparation peut être effectuée par le conducteur ou par les agents techniques (dépanneurs).

(2) Il semble, selon les commentaires des conducteurs, qu'ils décident d'intervenir après trois ou quatre interruptions sur une cote identique.

Lorsqu'un arrêt se produit au poste de contrôle automatique, une procédure utilisée consiste à évaluer s'il est possible de remettre la pièce hors-tolérance en circuit. Le dépassement de tolérance peut être acceptable (lorsque par exemple une opération réalisée en aval en diminue l'importance): l'opérateur redémarre le transfert en laissant la pièce dans le circuit. Dans le cas contraire, la pièce est mise au rebut (dépotage).

1.2.2 Changement d'outil géré par automate

L'arrêt des machines à intervalles réguliers est programmé pour signaler au conducteur qu'il est nécessaire de changer les outils. Dans certains cas l'arrêt programmé correspond à l'usure effective de l'outil et le conducteur procède à son changement. Mais il arrive également que l'arrêt ne corresponde pas à une usure des outils: le conducteur acquitte alors le changement d'outil au boîtier de commande locale puis redémarre le transfert au pupitre central.

1.2.3 Dysfonctionnement de la machine

L'interruption peut provenir d'une anomalie de fonctionnement; en général le conducteur essaie d'abord d'identifier par lui-même l'origine du dysfonctionnement pour réparer. Une aide au diagnostic lui est fournie par les images "SYNOPTIQUE" et "DEFAUTS". S'il ne parvient pas à établir un diagnostic, il fait alors appel aux agents de maintenance.

2. Les difficultés rencontrées

Des difficultés relatives à l'inadéquation des informations ont été identifiées par rapport à trois phases de l'activité:

- identification d'un dysfonctionnement
- contrôle des cotes
- gestion des outils

2.1 Identification d'un dysfonctionnement

L'image "DEFAUTS" est rarement utilisée par les opérateurs pour établir un diagnostic. Une des raisons de cette sous-utilisation est que l'information affichée n'est pas toujours pertinente.

On peut distinguer trois situations où l'information présentée à l'opérateur n'est pas pertinente (IC 65, IC 38, IC 34, annexe II):

- l'image affiche un défaut alors que la machine fonctionne correctement;
- la machine est arrêtée et aucun défaut n'est affiché;
- la machine est arrêtée et le défaut affiché ne correspond pas au dysfonctionnement réel.

La conséquence de ces affichages non pertinents est que les opérateurs accordent peu de crédibilité aux informations affichées par l'image "DEFAUTS". Or il se trouve que cette image affiche parfois le dysfonctionnement responsable de l'arrêt de la machine. Le problème réside dans le fait que les opérateurs risquent de faire systématiquement l'économie de l'image "DEFAUTS" alors qu'elle peut afficher des informations pertinentes.

Il est nécessaire de fiabiliser les informations fournies par cette image.

Une autre limitation de l'aide fournie pour le processus d'identification d'un dysfonctionnement provient du fait que le dispositif d'assistance ne tient pas compte des interactions entre les machines.

Nous avons observé une situation de ce type où un défaut arrête par intermittence la machine au poste de contrôle automatique. Un certain nombre d'hypothèses ont été testées en vain par les opérateurs (démontage et nettoyage des appuis sur les postes d'usinage; changement et réglage des outils; vérification du poste de contrôle automatique; croisement entre les machines).

La décision des opérateurs de contrôler la pièce sur un marbre leur a permis d'identifier que des usinages défectueux réalisés trois machines en amont était responsable des arrêts intermittents au poste de contrôle.

Il résulte de ces situations une augmentation considérable des difficultés de diagnostic pour le personnel d'entretien: dans cet exemple il a fallu trois jours d'interruption intermittente de la fabrication pour identifier l'origine du dysfonctionnement.

Dans la mesure où les critères utilisés pour le contrôle automatique des pièces ne sont pas en cause, le dispositif doit être en mesure de fournir une aide à l'opérateur lorsque des arrêts de la fabrication sont dus à un dysfonctionnement situé sur un transfert en amont.

L'alternative est la suivante:

- soit il est technologiquement possible de répertorier les défauts survenus sur un transfert en amont et il convient alors de les implémenter dans la documentation des défauts affichés par l'assistance;

- soit cela n'est pas possible auquel cas il est nécessaire que le dispositif d'assistance permette à l'opérateur de générer et de tester plus rapidement cette hypothèse.

2.2 Contrôle des cotes

Un appareil de contrôle automatique des cotes définit les normes à l'intérieur desquelles les pièces sont considérées comme étant correctement usinées. Les dépassements en-deçà ou au-delà de ces normes arrêtent automatiquement le transfert et l'opérateur doit théoriquement déposer les pièces concernées.

Les opérateurs utilisent dans certains cas des normes de tolérance qui diffèrent des normes officielles et qui conduisent à juger bonne une pièce refusée au poste de contrôle automatique ou à modifier les normes de ce dernier dans le sens d'une plus grande tolérance (IC 55, IC 56, annexe II).

La question de la validité des procédures informelles utilisées par les opérateurs doit être traitée: s'il s'avère que la procédure utilisée par le conducteur pour évaluer qu'une pièce mauvaise peut rester dans le circuit (IC 55) est adéquate, il est nécessaire de modifier officiellement la norme de tolérance de la cote concernée pour éviter d'arrêter inutilement le transfert. Si cette procédure est inadéquate, il convient de l'indiquer aux opérateurs par des consignes strictes.

La procédure de modification des normes de tolérance (IC 56) est réalisée en général à la suite d'un réglage d'outils.

On peut distinguer deux interprétations qui renvoient à la notion de régulation de l'activité des opérateurs:

- les modifications des marges de tolérance ont pour fonction de permettre l'usinage des premières pièces et de réguler en fonction de l'usure progressive des outils; les valeurs normales sont ensuite remises en vigueur. Dans ce cas, cette procédure souligne l'aspect opératif de la régulation.
- une seconde interprétation est possible: elle renvoie cette fois à un autre niveau de régulation de l'activité qui serait fonction de la charge de travail. La modification des limites de tolérance constituerait une procédure prohibée mais permettant de limiter les interruptions de la fabrication; dans ce cas, le critère déterminant serait un critère de production et non plus de qualité.

Selon l'interprétation que l'on privilégie, les aménagements sont différents:

- l'activité de l'opérateur peut constituer un référent. Dans la mesure où les normes qu'il se fixe ne nuisent pas à la qualité de la production il convient alors d'aménager le dispositif de manière à ce que les informations fournies soient adéquates aux procédures effectivement utilisées. Si l'on reconnaît à l'opérateur la possibilité de se fixer, dans une certaine mesure, ses propres critères de tolérance, on doit envisager que des consignes précises (spécifiant les conditions strictes dans lesquelles les normes officielles peuvent accepter des écarts) lui soient présentées explicitement sur la vidéo. De même, comme on va le voir plus loin, il est nécessaire que cette flexibilité soit prise en compte du point de vue de l'automatisation du comptage des pièces usinées.

Cette normalisation de procédures informelles doit permettre d'éviter:

- * toute charge de travail supplémentaire (limitation des déplacements inutiles),
 - * des arrêts inutiles de la fabrication,
 - * l'installation de procédures informelles non contrôlées susceptibles de varier considérablement d'un opérateur à l'autre.
- si au contraire on considère que les exigences de qualité doivent être étroitement respectées il est alors nécessaire de fournir à l'opérateur des consignes explicites permettant de faire disparaître le recours à des procédures inadéquates.

Par ailleurs, l'utilisation de normes informelles a des répercussions sur le comptage des pièces usinées. En effet, lorsqu'une pièce est détectée comme hors-tolérance à un poste de contrôle automatique, elle est systématiquement comptée comme mauvaise sur l'image "PRODUCTION" et ceci que le conducteur la mette effectivement au rebut (dépotage) ou qu'il la remette dans le circuit parce qu'il estime que le dépassement de tolérance est acceptable.

La conséquence est qu'en fin de journée les opérateurs ne peuvent utiliser les informations affichées par l'image "PRODUCTION" (totaux pièces bonnes/pièces mauvaises) pour reporter sur leur cahier de bord le nombre de pièces correctement usinées (IC 50 annexe II).

De fait, pour évaluer la production journalière, les opérateurs n'utilisent pas les informations "pièces bonnes" et "pièces mauvaises" affichées par l'image "PRODUCTION" mais ils soustraient du nombre total de pièces usinées le nombre de pièces qu'ils ont réellement mises au rebut (dépotées).

2.3 Gestion des outils

Le dispositif présente des informations qui doivent théoriquement aider l'opérateur à planifier l'activité de changement des outils (1): l'image "OUTILS" fournit le nombre de cycles effectués par les outils ainsi que leur fréquence théorique d'usure.

Ces fréquences officielles ne correspondent pas aux fréquences effectivement utilisées par les opérateurs qui évaluent l'usure des outils sur la base d'indices informels tels que: un bruit anormal, des étincelles, une surface usinée rugueuse. La nature de ces indices informels varie en outre entre les équipes qui élaborent des stratégies différentes: pour certains, il s'agit de pousser l'usure des outils jusqu'à un maximum alors que pour d'autres le changement intervient dès les premiers symptômes d'usure.

L'utilisation de critères différents pour l'usure des outils peut être à l'origine des conflits observés lors des relèves, lorsque par exemple une équipe accuse la précédente de lui avoir laissé la charge du changement des outils (IC 25, IC 26, Annexe III). De même l'utilisation de critères différents de ceux en vigueur au centre de gestion des outils peut également expliquer les situations où les opérateurs ne trouvent pas d'outil neuf pour procéder à un changement.

L'origine de cet écart entre les informations fournies par le dispositif et celles utilisées par les opérateurs est liée à la grande variabilité de l'usure des outils. En effet l'usure est fonction de différents paramètres:

- dureté de la matière travaillée,
- qualité des outils (usure préalable ou non),
- nature des critères utilisés pour le réglage des outils.

Cette variabilité est telle que la possibilité de trouver des critères qui puissent satisfaire tous les opérateurs est a priori mise en cause. Les opinions sont partagées sur ce point de vue: certains pensent que ces critères existent et qu'on peut les formaliser. D'autres indiquent qu'il est impossible de mettre en place des règles objectives.

(1) Lorsqu'on parle d'outils, il s'agit ici des outils d'usinage effectuant le travail des pièces.

Ce qui ressort de ces observations c'est en fait l'absence de flexibilité du système.

3. Amélioration de la flexibilité du système

Certaines tâches sont difficiles à automatiser a priori parce qu'il n'est pas possible de dégager des critères objectifs qui soient communément admis par les opérateurs. Dans ce cas, une solution consiste à laisser à l'utilisateur le soin de définir lui-même le choix du niveau d'automatisation et la nature des critères devant être pris en compte.

Ainsi, tant que l'on n'est pas parvenu à définir des normes précises pour les fréquences d'usure des outils, l'opérateur doit pouvoir choisir l'automatisation ou non de la gestion des outils.

Par ailleurs le système gagnerait en flexibilité par l'augmentation de l'interactivité de l'interface: l'opérateur pourrait être ainsi en mesure de déterminer lui-même les valeurs qu'il estime pertinentes pour provoquer le recul automatique des têtes d'usinage. Or actuellement les valeurs fixées pour le recul des têtes provoquent des arrêts inutiles de la fabrication car il arrive peu fréquemment qu'il corresponde effectivement à la nécessité de changer les outils.

Enfin, on peut envisager que des interventions soient archivées automatiquement par le système en même temps que l'opérateur fournit des valeurs à différents paramètres tels que, par exemple: dureté ou non de la matière, critères de réglage des outils. Ceci doit permettre de constituer des statistiques et un profil des outils de manière à approximer avec plus de précision les fréquences réelles d'usure.

II - RESOLUTION D'INCIDENT ET DIFFICULTES DE TRAITEMENT D'INFORMATION

Les équipes de conduite (conducteurs et régulateurs) sont parfois en mesure de traiter une anomalie de fonctionnement et de remettre eux-mêmes en route une machine-transfert arrêtée. Lorsqu'ils n'y parviennent pas, ils ont recours aux techniciens du service de maintenance (dépanneurs).

L'arrêt d'une machine constitue pour le dépanneur un problème dont la résolution va permettre la remise en route (1). Pour parvenir à cette solution, les dépanneurs doivent tout d'abord établir un diagnostic, c'est-à-dire identifier l'anomalie qui a provoqué l'arrêt de la machine.

Cette identification se fait parfois sans difficulté: c'est le cas lorsque les dépanneurs sont confrontés à des pannes qu'ils connaissent. Par contre, lorsque la situation est inconnue et que les procédures utilisées ne sont pas efficaces, le délai de remise en route peut devenir très important. La durée d'immobilisation des machines lors d'une intervention de dépannage peut ainsi atteindre plusieurs heures voire même quelques jours.

Nous avons tenté d'identifier plus précisément les raisons des difficultés de diagnostic mises en évidence par l'importance des délais de dépannage et d'indiquer dans quelle mesure le dispositif d'assistance pourrait permettre de les réduire.

1. Le diagnostic de panne: modèle de la tâche

Lorsqu'un dysfonctionnement se produit, la machine s'arrête automatiquement et le cycle en cours est interrompu. Le diagnostic consiste à identifier:

- le poste concerné par l'avarie;
- les raisons pour lesquelles certaines opérations n'ont pas été réalisées.

1.1 Identification du poste concerné par l'avarie

Les informations nécessaires pour identifier le poste concerné par le dysfonctionnement sont fournies par les images "SYNOPTIQUE" des postes: les chiffres correspondants aux inversions vidéo permettent de localiser un poste de la façon suivante:

- un nombre pair ou impair indique qu'un poste se situe du côté droit ou gauche du transfert;

(1) La remise en route nécessite la récupération des éléments défectueux. Il peut s'agir d'une réparation mécanique ou de la modification de la valeur d'une variable du programme de l'automate.

- la valeur du nombre indique que le poste se situe plutôt vers l'entrée ou la sortie du transfert.

1.2 Identification des causes du dysfonctionnement

L'élaboration du diagnostic peut être plus ou moins complexe: trois niveaux de complexité peuvent être distingués selon que l'origine du dysfonctionnement doit être recherchée:

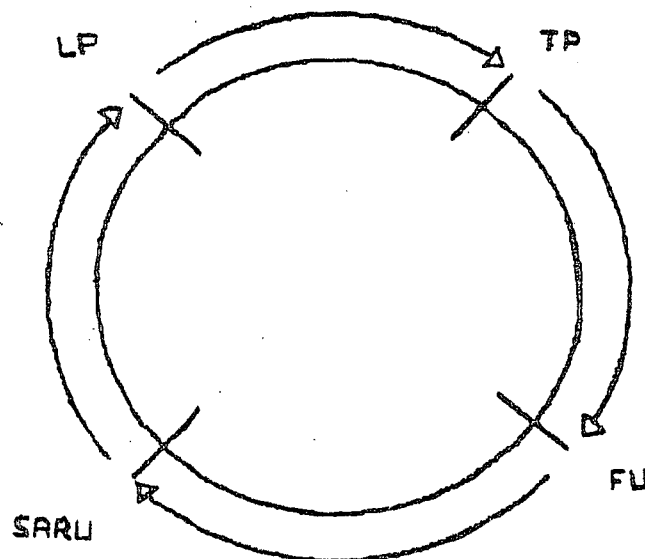
- au niveau d'une "macro-opération" (opérations TP - LP - FU - SARU);
- au niveau d'une opération intermédiaire;
- au niveau des variables du programme de l'automate.

1.2.1 Identification d'une macro-opération non réalisée

Le fonctionnement d'une machine-transfert consiste en l'exécution d'un cycle d'actions successives ou simultanées qui se reproduit selon une chronologie déterminée. On appelle "cycle de la machine" la séquence des opérations qui sont exécutées pendant cette durée.

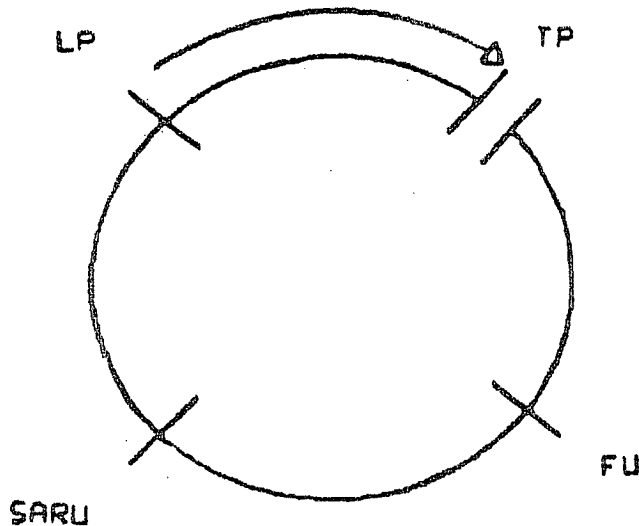
On peut décrire le cycle de la machine à partir des macro-opérations qui constituent l'aboutissement des quatre étapes principales.

Le schéma suivant décrit ce cycle:



Les flèches décrivent la succession des quatre macro-opérations. Celles-ci sont: LP (Lâché Pièce ou débridage), TP (Tenu Pièce ou bridage), FU (Fin d'Usinage ou usinage terminé), SARU (Sécurité Arrière Retour Usinage ou retour des têtes après usinage).

Voici un exemple où une macro-opération (Tenu Pièce) n'a pas été réalisée:



Cette macro-opération non réalisée est signalée en inversion-vidéo sur l'image "SYNOPTIQUE" correspondante au poste.

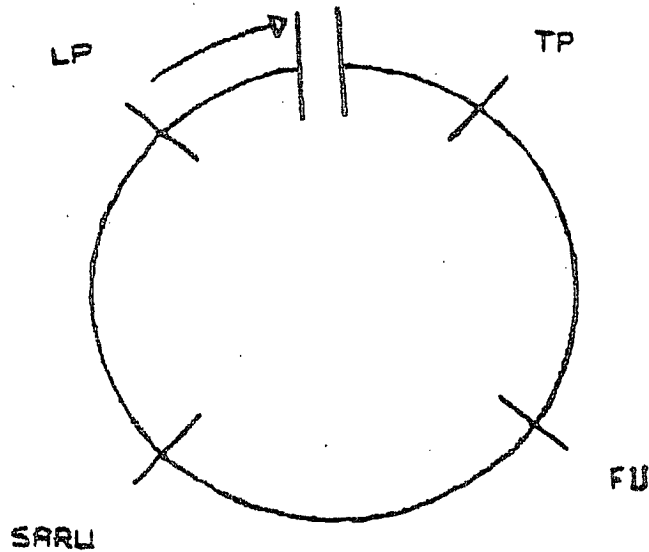
La procédure utilisée par le dépanneur est la suivante: la consultation de l'image "SYNOPTIQUE" (TP en inversion vidéo) conduit à faire l'hypothèse qu'une bride déficiente est à l'origine de la non-réalisation du Tenu Pièce. L'inspection du poste concerné permet de valider cette hypothèse (une bride a du jeu).

L'information concernant la non-réalisation d'une macro-opération est suffisante pour permettre l'identification de l'anomalie lorsque celle-ci est directement en relation avec la macro-opération non réalisée.

Il s'agit là du cas de figure le plus simple. Dans d'autres situations, le dysfonctionnement n'est pas directement reliée aux macro-opérations mais concerne les opérations intermédiaires.

1.2.2 Identification d'une opération intermédiaire non réalisée

L'anomalie peut provenir d'une opération intermédiaire réalisée entre deux macro-opérations. Voici un exemple:



La non-réalisation d'une opération intermédiaire interrompt le cycle entre les macro-opérations LP et TP.

Dans ce cas, l'image "SYNOPTIQUE" du poste peut indiquer la même information que dans l'exemple précédent (non réalisation Tenu Pièce). En effet, le fonctionnement séquentiel des machines implique que lorsqu'une opération intermédiaire n'a pas été réalisée, l'exécution de la macro-opération qui se situe en aval n'a pas pu être autorisée. L'image "SYNOPTIQUE" ne permet alors que de localiser la panne sur le poste concerné et de circonscrire la recherche de l'anomalie sur l'une des quatre étapes délimitées par les macro-opérations.

Pour continuer sa recherche, le dépanneur doit utiliser une autre image: celle qui affiche les défauts.

a) L'image "DEFAULTS"

Lorsque le dépanneur n'a pas identifié d'anomalie sur la macro-opération non réalisée (1), la recherche consiste alors à remonter la séquence des

(1) Et lorsque il n'existe pas de défaut général.

opérations intermédiaires antérieures à la macro-opération non réalisée pour identifier la cause du dysfonctionnement. Ces opérations intermédiaires sont regroupées dans une catégorie de défauts: les Défauts en Cours de Cycle.

L'information fournie par cette catégorie de défauts permet au dépanneur de faire l'économie d'une recherche en amont de la macro-opération non réalisée: l'opération intermédiaire en panne est affichée sur l'écran vidéo.

b) Un exemple

L'exemple qui suit (cf. page suivante) illustre une situation où un dépanneur a recours à cette image pour établir un diagnostic.

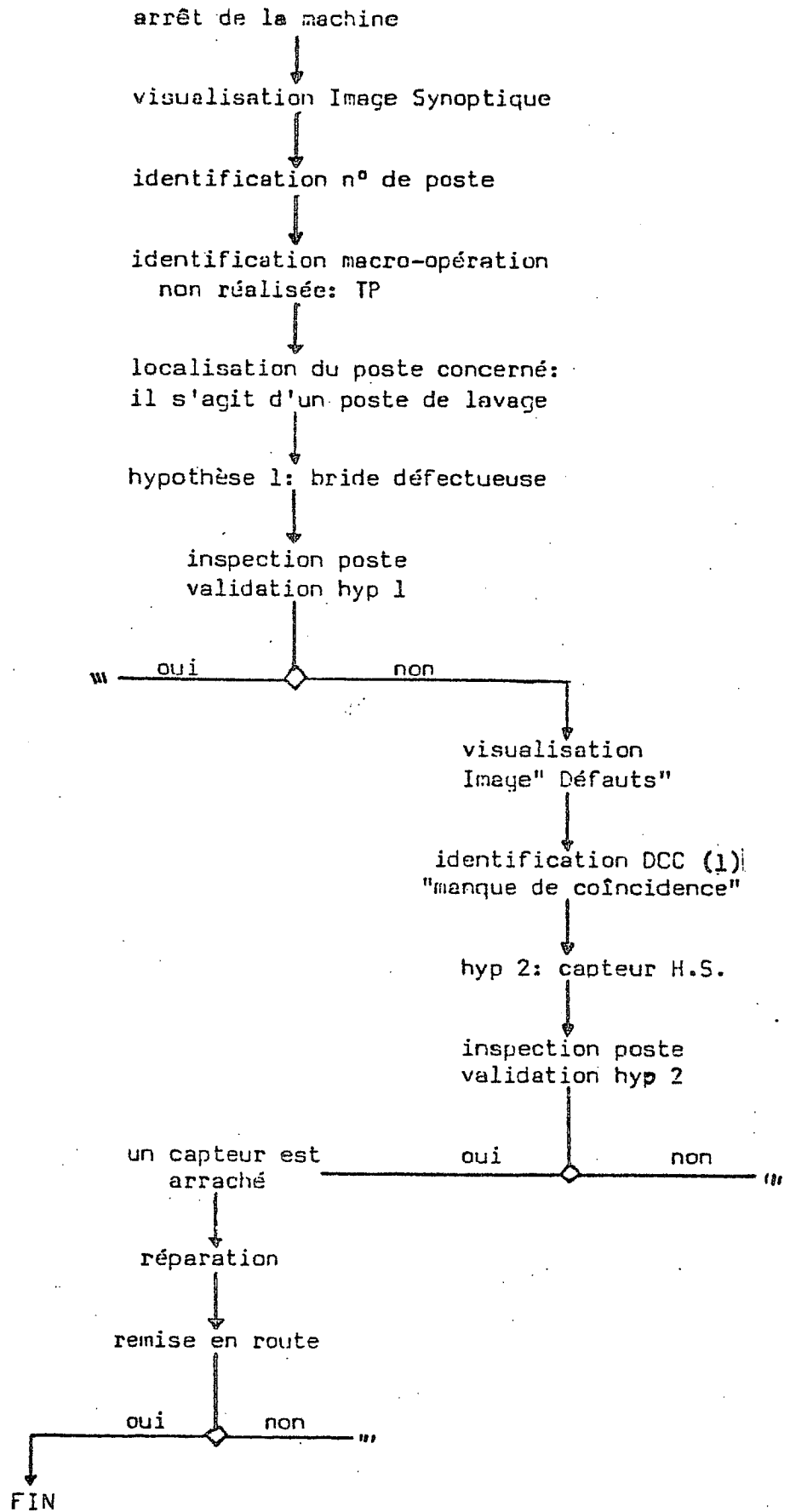
Le dépanneur a procédé de la façon suivante: dans un premier temps il visualise l'image "SYNOPTIQUE" qui indique que la macro-opération Tenu Pièce n'a pas été réalisée et fait l'hypothèse que le dysfonctionnement provient d'une bride déficiente ou d'un mauvais positionnement de la pièce. L'inspection du poste invalide cette double hypothèse. Dans un second temps, il consulte l'image "DEFAULTS" et obtient un message qui le conduit à faire l'hypothèse qu'un capteur est déficient. Une seconde inspection du poste lui permet de valider cette hypothèse et d'entreprendre la réparation.

Dans certaines situations, l'image "DEFAULTS" permet aux dépanneurs d'établir un diagnostic. Dans le cas contraire, le dépanneur peut avoir besoin de consulter le programme de commande de l'automate qui gère le fonctionnement de la partie opérative.

1.2.3 Identification des conditions non remplies dans le programme de l'automate

a) Les conditions non remplies

Le programme de commande qui gère le fonctionnement de la machine est constitué par un ensemble de séquences: chaque séquence définit une équation logique dont le résultat est associé à l'exécution d'actions. Les équations logiques sont composées de variables dont la valeur est définie en tout ou rien (0/1): il existe pour chaque variable une valeur théorique à un moment donné de la chronologie du cycle qui autorise la continuation du cycle. Lorsqu'un dysfonctionnement se produit, certaines de ces variables prennent une valeur anormale (c'est-à-dire différente de leur valeur théorique) et la machine s'arrête automatiquement.



(1) Défaut en Cours de Cycle

Les dépanneurs peuvent identifier une valeur anormale en comparant la valeur effective de la variable affichée sur un terminal (1) avec sa valeur théorique reproduite sur les folios décrivant les programmes.

L'objectif des dépanneurs consiste à identifier dans le programme:

- les séquences associées au mouvement en panne,
- les variables dont la valeur est anormale.

La recherche des séquences et des variables est orientée par les informations affichées:

- par l'image "SYNOPTIQUE" (une macro-opération non réalisée),
- par l'image "DEFAUTS" (un Défaut en Cours de Cycle).

L'identification de variables dont la valeur est anormale peut amener les dépanneurs:

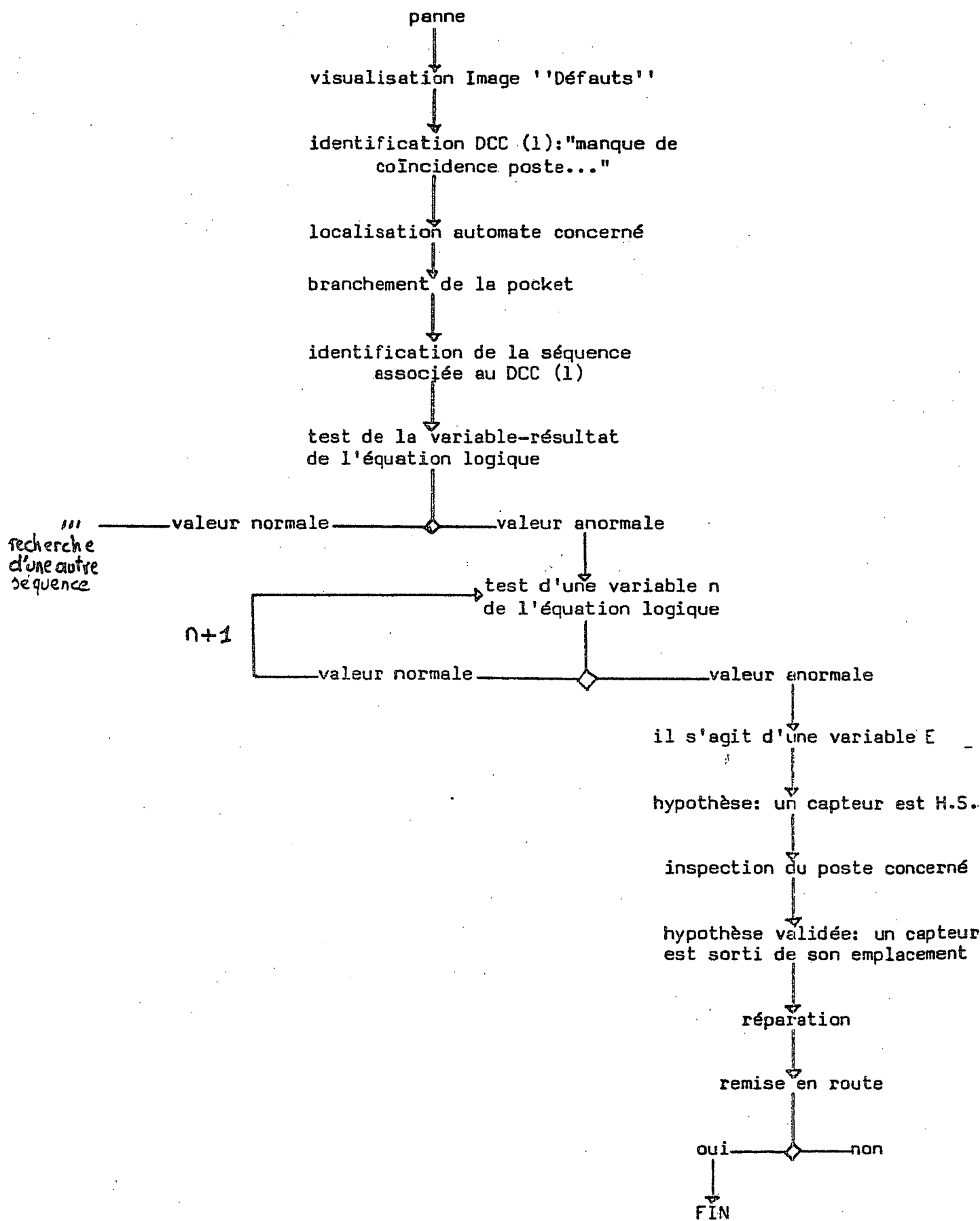
- soit à remettre ces variables à leur état théorique ("forcer un bit"),
- soit à réparer les éléments physiques de la machine auxquels elles sont associées.

b) un exemple

Le schéma reporté à la page suivante rend compte de l'utilisation de l'automate dans l'identification d'une anomalie.

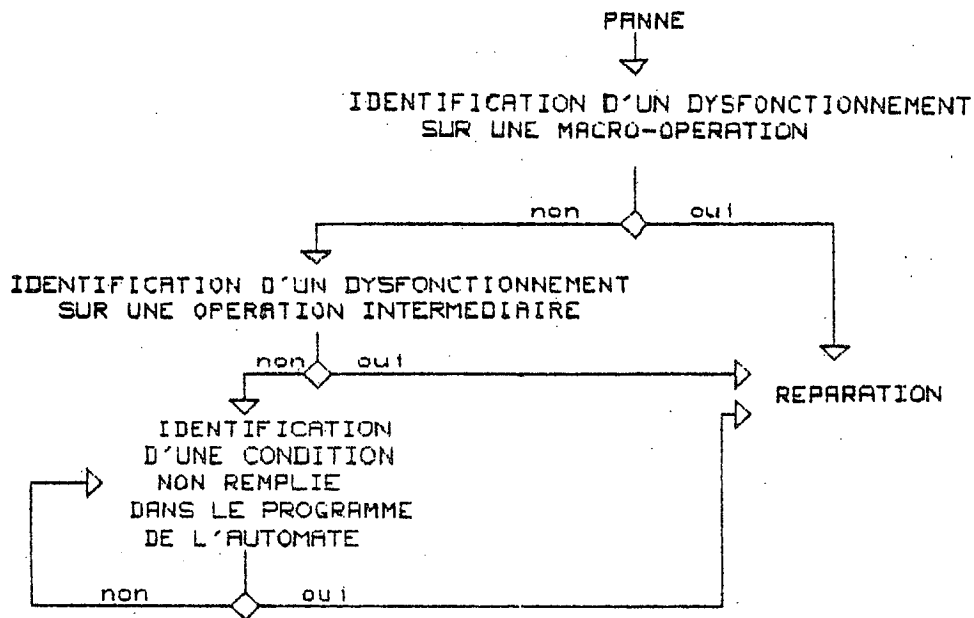
Dans cet exemple, le dépanneur a identifié une variable E dont la valeur est anormale et il fait l'hypothèse qu'un capteur est déficient. L'inspection du poste lui permet de valider cette hypothèse: le capteur correspondant à cette variable est sorti de son emplacement.

(1) Il s'agit d'une "pocket" ou d'une valise de programmation qui peuvent être branchées sur l'automate.



(1) Défaut en Cours de Cycle

Le schéma ci-dessous résume la structure générale de la tâche telle que nous venons de la décrire. Cette représentation théorique va nous permettre d'identifier quelques-uns des processus élaborés par les dépanneurs au cours de l'activité de dépannage ainsi que certaines des difficultés qu'ils rencontrent dans l'utilisation du dispositif d'assistance à chacune de ces phases.



2. Structure de l'activité: utilisation du dispositif d'assistance et difficultés rencontrées par les dépanneurs

L'objet du travail des dépanneurs a été identifié comme étant une rupture dans une séquence d'opérations.

2.1 Identification de la cause du dysfonctionnement

Lorsque les premières informations fournies n'ont pas permis d'établir un diagnostic de la panne et que les premiers essais de remise en route se sont révélés infructueux, le dépanneur s'engage dans une activité de diagnostic plus élaborée dont nous avons décrit les trois phases successives.

2.1.1 Identification d'une macro-opération

Cette identification est réalisée par l'intermédiaire de l'image "SYNOPTIQUE". La lecture de cette image ne pose aucune difficulté particulière: elle est aisément traitée par les dépanneurs et lorsque l'information est pertinente (c'est-à-dire lorsque le dysfonctionnement est directement en relation avec le mouvement en panne) elle permet l'identification de la cause du dysfonctionnement.

C'est au niveau de la seconde phase, c'est-à-dire lorsque l'information fournie par l'image "SYNOPTIQUE" n'a pas permis d'identifier l'origine du dysfonctionnement que le dépanneur commence à rencontrer des difficultés.

2.1.2 Identification d'une opération intermédiaire

L'image "DEFAUTS" permet d'identifier l'origine d'un dysfonctionnement qui se produit entre deux macro-opérations (Défauts en Cours de Cycle).

Les dépanneurs ne se réfèrent pas souvent à cette image. De manière générale les observations ont montré que lorsque l'information fournie par l'image "SYNOPTIQUE" et par l'inspection du poste n'a pas permis l'identification de l'anomalie, les dépanneurs procèdent directement à la consultation du programme de l'automate.

Les raisons de cette sous-utilisation doivent être recherchées dans les difficultés que les dépanneurs rencontrent lorsqu'ils se réfèrent à l'image "DEFAUTS".

Deux difficultés principales ont été mises en évidence:

a) Difficultés d'accès à l'information utile

L'information fournie par l'image "DEFAUTS" est décomposée en quatre catégories de défauts:

- les Défauts Généraux (DG) concernent les conditions permanentes nécessaires au fonctionnement de la machine (arrosage, graissage);
- les Défauts de Départ Cycle (DDC) indiquent les opérations à effectuer pour se replacer en conditions de départ de cycle automatique (usinages non terminés, pièces non tenues, têtes d'usinage non reculées);
- les Défauts en Cours de Cycle (DCC) indiquent les mouvements qui sont en panne lorsqu'une machine s'arrête en cours de cycle, le poste concerné ainsi que le numéro de séquence de l'actionneur du mouvement (avance rapide poste 22 S100);

- les Défauts Automate Gestion (DAG) concernent les changements d'outil, la remise à zéro du compteur journalier.

L'affichage est défini sur la base d'une hiérarchie entre ces catégories: une seule catégorie de défaut peut être affichée à la fois sur la vidéo. Lorsque deux défauts relevant de catégories différentes se produisent simultanément, c'est celui qui appartient à la catégorie la plus élevée dans la hiérarchie qui est visualisé. Le deuxième défaut n'apparaît que lorsque l'anomalie relative au premier a été résolue.

Cette hiérarchie est la suivante: Défauts Généraux - Défauts de Départ Cycle - Défauts en Cours de Cycle - Défauts Automate Gestion.

La conséquence est que les dépanneurs ne peuvent avoir accès à toute l'information concernant l'état de la machine. Or il peut se produire que l'état d'une machine arrêtée soit très dégradé sans qu'ils puissent en avoir connaissance. Les dépanneurs ne sont pas alors en mesure de planifier l'intervention en fonction de critères tels que, par exemple, l'accumulation de pannes de nature différente nécessitant l'intervention de professionnels différents.

En outre, l'information utile au dépanneur peut être écrasée du fait de certaines procédures employées par le personnel de la fabrication lors de tentatives de remise en route d'une machine arrêtée. Ainsi, si l'arrêt d'une machine provient d'un dysfonctionnement sur une opération intermédiaire, l'image "DEFAUTS" affiche un Défaut en Cours de Cycle. Or il peut se produire que les conducteurs, à la suite de cette panne, aient eu besoin de couper l'arrosage ou bien d'actionner le bouton d'arrêt d'urgence. Dans ce cas, du fait de la structure hiérarchisée de l'affichage, le Défaut en Cours de Cycle est écrasé et remplacé par un Défaut Général qui ne concerne pas effectivement une anomalie de fonctionnement.

Il est préférable de fournir aux dépanneurs toute l'information utile plutôt que de sélectionner a priori la nature et l'ordre du défaut qui doit être affiché. En effet, l'opérateur doit être informé de l'ensemble des défauts qui se sont produits afin d'être en mesure de construire une représentation adéquate de la situation et de planifier son intervention en fonction de la nature des avaries.

b) Inadéquation des informations

Il arrive que le Défaut en Cours de Cycle qui est affiché ne corresponde pas à la cause réelle du dysfonctionnement.

En effet, la non réalisation d'une opération a pour conséquence d'empêcher la réalisation d'autres opérations en aval dans le cycle et il arrive que le défaut affiché porte sur l'une de ces opérations situées en aval et non pas sur celle qui est réellement concernée par l'avarie.

Autrement dit, le Défaut en Cours de Cycle qui est affiché n'est pas concerné par l'avarie mais constitue un point de départ de la recherche du dysfonctionnement: il s'agit alors de remonter la séquence des opérations intermédiaires non réalisées à partir du Défaut en Cours de Cycle indiqué pour identifier l'anomalie.

Dans cette situation, les dépanneurs rencontrent des difficultés importantes qui sont en partie liées aux choix effectués en matière de documentation des défauts. Celle-ci est parfois effectuée a priori et ne correspond pas toujours aux besoins réels des dépanneurs. En effet, les programmeurs sont amenés à réaliser des choix arbitraires (pourquoi documenter tel défaut plutôt que tel autre?) du fait qu'ils ne disposent pas d'informations sur les besoins réels des dépanneurs. Des critères du type limites de capacités mémoire des automates sont alors utilisés.

Une solution que l'on pourrait envisager en première analyse pour traiter ce problème de documentation des défauts serait d'augmenter la capacité mémoire des automates et de tenter de documenter l'exhaustivité des défauts susceptibles de se produire sur une machine donnée.

Cependant cette solution n'est pas satisfaisante car le problème n'est pas de nature quantitative (documenter le plus de défauts possibles) mais qualitative (quels défauts faut-il documenter?). En effet, il s'agit plutôt d'un problème d'adéquation des informations à la logique de l'activité de dépannage et la question à traiter consiste à spécifier quelles sont les informations dont les dépanneurs ont besoin. Pour dégager ces critères, et aider les programmeurs à documenter les défauts de façon compatible avec les besoins des dépanneurs une étude approfondie de l'activité de dépannage est nécessaire.

S'il n'a pu établir un diagnostic à l'issue de la seconde phase, le dépanneur peut être amené à poursuivre ses recherches dans le programme de commande de l'automate. C'est dans cette troisième phase du diagnostic qu'il rencontre les difficultés les plus importantes.

2.1.3 Identification des conditions non remplies dans le programme de l'automate

a) Difficultés d'utilisation des aides au travail

Une première observation concerne les difficultés rencontrées dans l'utilisation des aides au travail pour la recherche des séquences et des variables impliquées dans le dysfonctionnement (cahier des alarmes, folios reproduisant les programmes). Ces difficultés concernent:

- la non mise à jour des informations dans l'assistance et sur les folios (ce problème est abordé dans la troisième partie);
- la compréhension des codes et des intitulés: ceux-ci peuvent être peu explicites ou ambigus et contraindre les opérateurs à de fréquents aller-retours du programme au glossaire indiquant la signification des codes et des intitulés;
- la compréhension des programmes: l'absence à la fois de règles homogènes d'écriture des programmes et de schéma explicitant leur architecture entraîne que les opérateurs ne comprennent pas parfois la logique du programme et rencontrent des difficultés pour trouver les séquences ou les variables recherchées.

La conséquence de ces difficultés est d'augmenter les délais d'accès à l'information et donc de contribuer à l'allongement de l'immobilisation des machines.

Par ailleurs, le processus de recherche de l'anomalie à l'aide du programme de l'automate n'est pas assisté et les dépanneurs rencontrent parfois des difficultés importantes.

b) Difficultés d'identification de l'anomalie

Lorsque la séquence associée au mouvement non réalisé est identifiée, le dépanneur "teste" la variable-résultat de son équation logique. Si cette valeur est anormale, il teste ensuite la valeur des variables qui composent cette équation logique. Il existe deux principaux cas de figure:

- le dépanneur identifie dans l'équation logique une valeur anormale à partir de laquelle il peut établir un diagnostic (par exemple une variable E dont la valeur anormale indique qu'un capteur est déficient);

- le dépanneur identifie une valeur anormale qui nécessite de se référer à une autre séquence et de tester les variables de l'équation logique de celle-ci (1).

Dans le deuxième cas, la recherche peut conduire à consulter plusieurs séquences avant l'identification de l'anomalie.

Les difficultés les plus importantes sont liées au fait que le processus mis en jeu n'est pas uniquement un processus de recherche d'information: à chaque étape de sa recherche, le dépanneur effectue des traitements sur le résultat des tests ou sur la nature des variables qu'il rencontre. Ainsi, il peut choisir de ne pas tester telle variable parce qu'il sait qu'elle n'est pas concernée par le dysfonctionnement (2) ou bien élaborer une nouvelle hypothèse en fonction du résultat d'un test. Autrement dit, le processus de recherche s'inscrit dans une combinatoire: à un moment donné de la recherche, plusieurs hypothèses peuvent être faites sur la nature du dysfonctionnement.

Ce processus par lequel le dépanneur est amené à élaborer et à valider des hypothèses au fur et à mesure qu'il progresse dans sa recherche n'est pas assisté et il peut arriver que le dépanneur ne parvienne pas à générer de nouvelles hypothèses lorsque celles qui ont été élaborées n'ont pas pu être validées.

Nous présentons dans la conclusion une situation qui illustre ces difficultés. Cet exemple nous permettra de discuter un point important: le rôle essentiel que peuvent jouer les connaissances des opérateurs dans l'établissement du diagnostic. Nous poserons également le problème de l'existence d'une expertise du diagnostic dans ce contexte de travail.

C'est par rapport à ces questions que nous examinerons les perspectives de développement de l'assistance à l'opérateur.

-
- (1) C'est le cas notamment lorsque le dépanneur débute sa recherche à partir d'un Défaut en Cours de Cycle qui est une conséquence d'un dysfonctionnement qui s'est produit en amont dans le cycle.
 - (2) Par exemple, un dépanneur ne va pas tester le résultat d'une équation logique concernant un mouvement de Fin de Recul Lent s'il sait que la macro-opération SARU a été exécutée: la réalisation de la macro-opération SARU implique en effet que la condition Fin de Recul Lent ait été obtenue préalablement.

TROISIEME PARTIE

ELEMENTS DE DIAGNOSTIC DE L'ORGANISATION SOCIO-TECHNIQUE

I - LES DIFFERENTS PROBLEMES

Les principaux problèmes mis en évidence par les Incidents Critiques (cf. Annexe III) concernent:

- l'organisation du travail;
- la structure des outils de travail;
- la formation des opérateurs.

1. L'organisation du travail

Certains des incidents qui ont été recueillis traduisent des difficultés d'organisation du travail (IC 4, IC 2, IC 17, IC 28, IC 9, IC 67, Annexe III).

Les dysfonctionnements observés renvoient essentiellement à des problèmes de mise à jour des informations et de coordination.

1.1 Absence de mise à jour de certaines informations

Les dépanneurs peuvent avoir besoin d'utiliser le programme de commande de l'automate pour identifier l'origine du dysfonctionnement.

Il arrive que la recherche dans le programme de commande soit allongée parce que les dépanneurs ne parviennent pas à retrouver les séquences ou les variables qui les intéressent.

Ces difficultés sont en partie liées à un problème de mise à jour des informations à la suite des opérations de maintenance qui nécessitent une modification des programmes (1).

En effet, ces opérations peuvent exiger une mise à jour:

- du programme de l'assistance;
- des supports papier des programmes.

1.1.1 Modification de programme et mise à jour des informations

Les conséquences de l'absence de mise à jour des informations sont les suivantes:

-
- (1) Les opérations de maintenance peuvent porter sur la modification d'éléments physiques (capteurs, actionneurs, moteurs) nécessitant ou non la mise à jour des programmes. Il peut également s'agir d'opérations dont l'objectif consiste uniquement à fiabiliser les programmes.

a) Indexation inexacte des séquences

Le rajout ou la suppression de séquences dans un programme rendent caduques certains numéros de séquence. Lorsque l'image "DEFAULTS" affiche un numéro de séquence correspondant au mouvement en panne, il arrive que ce numéro ne soit pas le bon. L'opérateur s'engage alors dans des recherches inutiles. De fait les dépanneurs n'accordent plus aucun crédit à ce type d'information, et les procédures de recherche d'information consistent à utiliser l'intitulé du mouvement non réalisé pour retrouver la séquence correspondante dans le programme.

b) Absence de mise à jour des supports papier des programmes

Certaines modifications de programme consistent à modifier les séquences elles-mêmes: c'est-à-dire que l'on peut soit rajouter des variables, soit en enlever ou bien complètement réécrire une séquence déjà existante. Ces modifications peuvent être réalisées directement dans le programme de l'automate et il arrive qu'elles ne soient pas reportées sur les folios (IC 60, Annexe III). On comprend que l'opérateur qui n'est pas au courant des modifications ne dispose pas, sur les aides au travail, de l'information nécessaire à l'établissement du diagnostic.

c) Absence de commentaire sur les supports papier

Les commentaires sont indispensables pour comprendre la nature des transformations introduites. Cependant les modifications ne sont pas systématiquement accompagnées de commentaires (IC 59, Annexe III).

De plus, lorsqu'un commentaire a été reporté, il est rédigé souvent sans référence à des règles d'écriture systématiques. Chaque opérateur utilise son propre code (code couleur, renvois) qui n'est pas forcément compréhensible pour les autres utilisateurs des documents.

Ces difficultés créent une charge inutile dans l'activité de dépannage et ont pour conséquence d'en allonger les délais. Il est nécessaire de standardiser les procédures de modification et de systématiser l'utilisation du système de reproduction des programmes existant pour traiter ce problème de mise à jour des informations.

1.2 Difficultés de coordination

Ces difficultés se retrouvent à différents niveaux: entre les opérateurs, entre les équipes, entre les services et entraînent des actions inopportunes

ou un allongement des délais de remise en route des machines (IC 5, IC 8, IC 27, IC 32, IC 23, IC 25, IC 26, Annexe III).

Un cas particulier de ces difficultés concerne l'échange d'information entre personnels de conduite et de maintenance lors de la résolution des incidents.

1.2.1 Coordination exploitation/maintenance en situation dégradée

Lors de la phase préliminaire de l'intervention des opérateurs de maintenance en situation dégradée, le personnel d'exploitation transmet à ceux-ci un prédiagnostic de la situation. Cette phase est caractérisée par des difficultés de transmission d'information, qui renvoient au problème général des relations "antagonistes" entre personnel de fabrication et personnel de maintenance.

Ces difficultés peuvent relever principalement du fait que les informations transmises par les conducteurs ne sont pas pertinentes par rapport aux besoins des dépanneurs. Par exemple, il faut remarquer que les premières données qui sont fournies aux dépanneurs en début d'intervention par les agents de la fabrication sont généralement de simples répétitions des messages fournis par le dispositif d'assistance.

Mais il arrive également que ces informations constituent un véritable prédiagnostic de la panne. Certains conducteurs ont en effet une connaissance approfondie des transferts dont ils s'occupent et ils sont parfois en mesure d'indiquer précisément aux dépanneurs l'origine d'une avarie.

Cependant, les dépanneurs ne se servent pas toujours de ce prédiagnostic et lui accordent peu de crédit: ils ont tendance à recommencer les procédures déjà utilisées par l'équipe de conduite pour tenter de remettre le transfert en route.

Un élément de la question de l'amélioration des relations entre entretien et fabrication est alors de savoir comment faire reconnaître la compétence des conducteurs auprès des dépanneurs. Il se pourrait que les conducteurs aient une représentation inadéquate du travail des dépanneurs et de leurs besoins en information. Une solution consisterait alors à améliorer la connaissance des conducteurs sur le travail des dépanneurs.

Une autre hypothèse renvoie à la terminologie utilisée par les conducteurs: le lexique des conducteurs pour décrire une situation dégradée peut

être très différent de celui des dépanneurs. Dans ce cas, des informations pertinentes peuvent être transmises mais les termes utilisés ne permettent pas aux dépanneurs de les exploiter.

La réponse précise à ces questions nécessite tout d'abord d'étudier quels sont les besoins en information des agents de maintenance en début d'intervention ainsi que la terminologie qu'ils utilisent. On peut ensuite envisager une solution qui consisterait à concevoir une phraséologie adaptée à la description des situations dégradées.

Les dysfonctionnements observés au niveau de l'organisation du travail s'expliquent en partie par l'importance de la charge de travail des opérateurs dans certaines situations (IC 69, Annexe III) ou par des comportements "ergocentriques" (IC 6, IC 49, Annexe III). Ce néologisme est introduit pour signifier que les représentations élaborées par les différents intervenants sur le système restent centrées sur leurs tâches respectives sans prendre en considération le travail de l'autre. D'une façon générale, chaque opérateur poursuit son objectif indépendamment des autres et les actions ne sont pas coordonnées dans un plan d'ensemble. L'interprétation la plus intéressante renvoie cependant à l'inadéquation des structures de coordination.

1.3 Modèle de l'organisation du travail et inadéquation des structures de coordination

Les dysfonctionnements pourraient trouver leur origine dans l'inadéquation des structures de coordination aux classes de situation rencontrées par les opérateurs. En effet, le modèle de l'organisation du travail sous-jacent à la conception des installations est un modèle du fonctionnement optimal du système homme-machine et l'infrastructure dans laquelle se développe l'activité des opérateurs est définie par rapport à une classe de situations qui est celle de la "production de croisière".

Cependant, la situation actuelle des unités de fabrication considérées correspond à une SITUATION DE DEMARRAGE. L'hypothèse que nous faisons est que les différentes situations de travail rencontrées par les opérateurs depuis la réception d'une machine jusqu'à l'atteinte des objectifs de production ne sont pas de même nature et ne requièrent pas les mêmes modalités d'organisation. Il n'existerait ainsi pas de continuité entre les situations de démarrage et les situations de fonctionnement optimal mais une rupture qualitative importante.

Une caractéristique essentielle des situations de démarrage est que les opérateurs découvrent les caractéristiques des machines (spécificités fonctionnelles, entretien, caractéristiques des réglages, pannes fréquentes, points faibles, nature des vérifications les plus probables) au fur et à mesure de l'expérience qu'ils font de leur conduite ou de leur dépannage (1).

Du point de vue de l'activité des opérateurs, les situations de démarrage ont deux incidences essentielles:

- la charge de travail est généralement plus élevée qu'en situation de croisière: les délais nécessaires pour diagnostiquer des dysfonctionnements inconnus ou pour réaliser un réglage satisfaisant des points sensibles des machines sont en effet plus importants;
- la nature des activités mises en jeu peut être différente: les opérateurs sont probablement davantage impliqués dans des activités de diagnostic et de résolution de problème.

Les besoins en information ne sont donc pas nécessairement identiques aux différentes phases de la mise au point des machines: lors du démarrage les opérateurs peuvent avoir besoin de davantage d'informations, plus détaillées que dans les situations normales. De même les qualifications requises sont probablement d'un autre ordre.

De manière générale, les situations de démarrage requièreraient des modalités d'organisation du travail plus flexibles et plus modulaires.

Il n'a pas été possible d'aller plus avant dans le sens de cette analyse mais des études systématiques d'organisation du travail actuellement en cours devraient permettre d'apporter des informations plus précises.

2. Structure des outils de travail

Les Incidents Critiques révèlent une inadéquation des outils de travail à la structure de l'activité des opérateurs. Certains problèmes sont liés à la conception des machines: leur architecture ainsi que les exigences des normes

(1) Les phases de démarrage constituent une situation d'apprentissage privilégiée au cours de laquelle les opérateurs acquièrent des connaissances essentielles pour la conduite ou le dépannage ultérieurs de l'installation. Lorsque dans la suite du rapport nous parlerons d'opérateurs expérimentés, il s'agira d'opérateurs qui ont participé à l'installation et au démarrage des machines.

de sécurité rendent l'accès difficile lors des opérations de maintenance (IC 1, IC 19, Annexe III). Par ailleurs aucun poste de travail n'est prévu pour certaines tâches (IC 57, Annexe III). Les points les plus importants concernent la localisation des contrôles et des commandes.

Les nombreux dispositifs de contrôle-commande sont dispersés en divers endroits: sur les machines, les armoires, le pupitre central, les boîtiers de commande locale, l'interface des automates.

Pour atteindre ses objectifs de travail, un opérateur peut avoir besoin d'utiliser des commandes situées en des endroits différents, ce qui tend à augmenter la charge de travail physique et mentale des opérateurs et contribue à affecter le taux d'engagement des machines du fait de l'allongement des délais d'intervention et de remise en route.

2.1 Augmentation de la charge physique

Une première conséquence de l'éclatement des contrôles et des commandes est la multiplication des déplacements inutiles (IC 73, IC 35, IC 42, Annexe III). Il peut se produire que les stratégies utilisées pour gérer des incidents simultanés soient déterminées par des critères de proximité plutôt que par des critères d'ordre fonctionnel ou opératif (IC 74, Annexe III).

Dans cette situation (IC 74) l'opérateur est situé de telle sorte qu'il est plus rapide de consulter le poste de contrôle automatique du transfert qui vient de s'arrêter plutôt que de remettre en route la première machine. Le choix inverse aurait considérablement allongé le parcours.

Cette augmentation de la charge physique peut remettre en question l'organisation du travail et la planification des tâches dans les situations dégradées.

2.2 Augmentation de la charge mentale

Pour des raisons de sécurité, les commandes générales sont centralisées sur le pupitre principal (arrosage, commutateur général automatique/manuel, remise en route). Il en résulte une exigence importante du point de vue de la PLANIFICATION des opérations réalisées entre l'arrêt et la remise en route d'un transfert. Les conducteurs peuvent OUBLIER d'effectuer certaines opérations essentielles (IC 71, Annexe III).

2.3 Utilisation de procédures peu adéquates

Pour pallier la charge due aux déplacements, les opérateurs développent des procédures de substitution (IC 52, IC 33, Annexe III). Ils emploieront par exemple des moyens manuels pour remplacer une procédure automatisée qui exige un déplacement supplémentaire. Ces procédures peuvent s'avérer inadéquates (parfois même prohibées).

3. Formation des opérateurs

Les connaissances lacunaires des opérateurs ont été mises en évidence par les Incidents Critiques (IC 53, IC 65, IC 70, IC 41, Annexe III); elles traduisent un problème général de formation. Ce problème trouve son origine dans le fait que l'apprentissage est réalisé en majeure partie sur le tas: dans chaque équipe, un opérateur expérimenté prend en charge la formation des débutants. Ceci présente quelques avantages (réalisme, apprentissage individuel) mais aussi un certain nombre d'inconvénients qui sont bien connus (connaissances trop spécifiques, non contrôlées, hétérogénéité des modes opératoires (voir par exemple Enard, 1965 et 1972).

Nous examinons ci-dessous la place du dispositif d'assistance par rapport au problème de la formation lacunaire des opérateurs.

II - ELEMENTS DE SOLUTION

1. Aspects posturaux et difficultés d'accès aux machines lors des opérations de maintenance

Une analyse détaillée des activités de maintenance pourrait fournir des données fondamentales lors de la conception; les données de la littérature traitant des zones de confort d'atteinte et de l'aménagement ergonomique des postes de travail doivent permettre de trouver des solutions appropriées aux problèmes posturaux observés.

Sans pour autant minimiser leur importance, nous n'examinerons pas en détail ici ces problèmes posturaux et nous nous centrerons principalement sur les difficultés d'accès aux machines liées aux exigences des normes de sécurité.

1.1 Sécurité et traitement d'information

Les solutions utilisées pour assurer la sécurité constituent parfois un obstacle à la réalisation du travail: certaines informations utiles à l'établissement d'un diagnostic de la situation ne sont pas facilement accessibles. C'est le cas par exemple lorsque le diagnostic précis d'un défaut nécessite la visualisation du mouvement des outils. Cette visualisation est souvent difficile voire impossible à cause des carters de protection des machines: ils masquent les outils et lorsque les portes sont ouvertes, la machine s'arrête automatiquement.

Des solutions plus ou moins complexes sont actuellement à l'étude. On peut en suggérer une qui repose sur l'idée que l'ouverture des postes d'usinage alors que le transfert est en marche est incompatible avec le respect des exigences de sécurité. L'objectif est alors de trouver un moyen permettant de voir les outils sans ouvrir les portes. La solution la plus évidente consiste à utiliser des carters transparents: ceci pose cependant des problèmes de résistance à long terme. Une autre solution plus originale est d'utiliser des capteurs holographiques permettant d'obtenir sur le poste de travail une image tridimensionnelle des mouvements des têtes d'usinage. Cette technologie s'est rapidement développée et permet de bonnes performances du point de vue de la définition des images.

2. Difficultés d'accès aux informations et aux commandes nécessaires à la réalisation du travail

2.1 Exigences

Dans de nombreuses situations, pour comprendre ce qui est en train de se passer, l'opérateur a besoin d'informations situées en divers endroits. C'est le cas pour la détection des changements d'état et l'analyse de la situation.

Les indices traités pour détecter les changements d'état sont habituellement des indices informels (bruit anormal ou absence de bruit); il peut donc s'écouler un certain délai avant que le conducteur ne constate qu'une machine est arrêtée. Par exemple, il peut être impliqué dans une tâche annexe sur un poste d'usinage d'une autre machine, éloignée de celle sur laquelle se produit l'incident.

Un aménagement concernant ces aspects pourrait être de faire en sorte que quelque soit l'endroit où il se trouve, l'opérateur soit en mesure d'avoir accès sans se déplacer à toutes les informations utiles:

- il doit savoir qu'il se passe quelque chose;
- il doit pouvoir identifier à quel endroit;
- il doit savoir ce qui se passe.

2.2 Les solutions envisageables

2.2.1 Panneaux synoptiques

Une solution fréquemment envisagée consiste à installer des panneaux synoptiques aériens. Ceci pose tout d'abord un problème général de définition du contenu de l'information devant être présentée. Cependant c'est la localisation même de ces panneaux qui est discutable.

L'idée sous-jacente est en effet celle de la centralisation: le principe consiste à utiliser un seul panneau pour un ensemble de machines. Ce panneau doit être visible de n'importe quel endroit. Compte tenu de la topologie des installations, cette exigence ne peut être remplie: la localisation idéale n'existe pas et en définitive, la position finale résulte d'un compromis qui n'est pas satisfaisant.

Si l'idée des panneaux devait être conservée, leur conception devrait répondre aux exigences suivantes:

- des panneaux spécifiques en des lieux spécifiques. Ces panneaux devraient être situés en es endroits fréquentés par les opérateurs et dans lesquels ceux-ci ne disposent d'aucun moyen de savoir ce qui se passe sur les autres transferts. Ce sont les endroits où les contraintes sont les plus importantes qui doivent bénéficier d'un aménagement;
- le contenu des informations devrait alors être adapté à ces postes spécifiques. C'est-à-dire que les informations présentées sont celles qui ne peuvent pas être acquises par aucun autre moyen et pour les postes auxquels on ne peut pas avoir accès. La définition précise des informations pourrait être réalisée à partir d'une analyse précise des besoins en information et notamment de la structure du prédiagnostic. Par exemple, on peut imaginer que les informations qui sont utiles sont celles qui permettent d'emblée de savoir s'il est indispensable de se déplacer sur le poste local ou bien s'il vaut mieux effectuer une tentative de remise en route.

2.2.2 Banalisation des postes de travail

A la solution des panneaux aériens nous préférons celle de la BANALISATION DES POSTES DE CONTROLE-COMMANDE. L'idée est de fournir à l'opérateur où qu'il soit l'ensemble des contrôles et des commandes lui permettant de réaliser le diagnostic de la situation ET de lancer les commandes de remise en route. Il s'agit donc de limiter les déplacements inutiles en fournissant d'emblée l'ensemble des informations nécessaires au diagnostic ainsi que les commandes utiles à la réalisation des diverses tâches.

L'ensemble des déplacements ne peut bien entendu pas être supprimé: certains demeurent indispensables tels que ceux nécessaires aux changements des outils. Par contre le type de déplacement qui peut être supprimé aisément est celui qui est lié à l'arrêt des machines du fait des dépassements de tolérance repérés par les postes de contrôle automatique. L'opérateur est contraint de se déplacer vers le poste de contrôle automatique pour vérifier que l'interruption est due à des cotes hors-tolérance, puis de revenir au pupitre pour redémarrer la machine.

Un premier aménagement pourrait consister à rapatrier les données concernant la valeur des cotes directement sur le pupitre de contrôle centralisé; l'opérateur aurait ainsi la possibilité de détecter les dérives éventuelles sans être astreint à des déplacements fréquents au poste local.

Un pas supplémentaire dans la flexibilité du poste de travail est atteint lorsque l'on fournit à l'opérateur la télécommande pour effectuer l'opération de réétalonnage du poste de contrôle.

Enfin une dernière étape est franchie lorsque l'on admet que l'opérateur peut interrompre une activité quelconque (par exemple un contrôle manuel de qualité) et relancer la machine à partir de son poste local, sans avoir à se déplacer au pupitre central.

Du point de vue du dispositif technique permettant cette souplesse, il est exclu de reproduire des pupitres de commandes générales sur tous les postes locaux. On peut par contre envisager que cela puisse être réalisé à partir de consoles. Il pourrait s'agir par exemple de consoles plasma disposant d'écrans digitaux extra-plats à partir desquels l'opérateur pourrait consulter des images synoptiques décrivant l'état du processus, appeler des images spécifiques de chacun des postes, passer des commandes locales ou générales par l'affichage de claviers virtuels.

3. Formation des opérateurs

Les inconvénients de la formation sur le tas sont suffisamment importants pour que l'on examine rapidement les possibilités d'une formation systématique. La définition du contenu de celle-ci pose un problème étant donné l'hétérogénéité du matériel: la mobilité des opérateurs suppose que ceux-ci soient opérationnels quel que soit le type de machine. On peut se demander dans quelle mesure le dispositif d'assistance à la fabrication peut être utilisé à cette fin et s'il doit inclure une fonction d'apprentissage.

3.1 Formation et dispositif d'assistance

Si l'on considère l'utilisation de l'assistance en tant qu'outil de formation des opérateurs novices, un premier aspect à prendre en compte est celui des coûts respectifs d'une formation-papier et d'une formation assistée par ordinateur. La seconde solution ne serait rentable que dans la mesure où le taux de rotation du personnel est important et que les délais de formation sur une machine particulière sont assez longs.

Un premier argument à l'encontre de l'intégration d'une fonction d'apprentissage au dispositif d'assistance est que la formation serait alors réalisée sur la position de travail. La gêne introduite par cette pratique pourrait cependant être amoindrie du fait de la banalisation des dispositifs de contrôle-commande. On peut envisager en effet que l'un des postes de travail soit doublé pour servir de façon privilégiée à la formation des conducteurs novices. Ces derniers auraient alors la possibilité de suivre ou d'assister un opérateur plus expérimenté ou même de s'entraîner.

L'entraînement suppose que l'opérateur débutant puisse lancer des commandes qui soient sans conséquence lorsqu'une erreur est commise; cette idée de simulation des procédures n'est pas compatible avec l'utilisation d'un système de gestion temps réel et le dispositif d'assistance ne semble pas pouvoir être utilisé comme un véritable système d'apprentissage.

Par ailleurs, certaines des difficultés des opérateurs relèvent de la méconnaissance des procédures à mettre en oeuvre en situation dégradée. Par exemple des hypothèses peu probables vont être mises à l'épreuve alors que d'autres, plus simples, ne sont pas testées. De plus, les novices connaissent mal les caractéristiques fonctionnelles des transferts ainsi que leurs faiblesses et leurs pannes les plus fréquentes. Ces lacunes sur le profil de fonctionnement de la machine sont à l'origine de difficultés.

Sans qu'il constitue pour autant un véritable système d'apprentissage, le dispositif d'assistance pourrait être utilisé comme un moyen d'acquérir de nouvelles connaissances sur le fonctionnement des machines. Quelques unes des possibilités allant dans ce sens sont examinées ci-dessous.

3.2 Assistance et acquisition d'information

3.2.1 Coordination et circulation des informations

Le dispositif d'assistance pourrait d'abord être utilisé pour assurer la coordination entre les différents conducteurs au moment des relèves. Cette coordination s'effectue actuellement à partir de la transmission verbale des consignes et à partir des mains courantes. L'automatisation de la gestion des documents papier (mains courantes) pourrait permettre de réduire le nombre de situations dans lesquelles l'absence de transmission d'information est liée à une charge de travail importante.

Par ailleurs, la mauvaise circulation de l'information a pour effet de considérablement augmenter les difficultés de diagnostic: les dysfonctionnements que les conducteurs savent régler ne sont pas répertoriés. Or ces pannes peuvent constituer des symptômes de problèmes plus importants ou des indices de dérive qui font que lors des interventions de maintenance, le personnel d'entretien ne dispose pas de toute l'information. Il s'agit là d'un aspect pour lequel un aménagement du dispositif d'assistance pourrait être envisagé.

Plus généralement, on peut envisager que l'opérateur puisse disposer d'informations sur le fonctionnement des machines. A l'heure actuelle, les opérateurs ne disposent pas d'un "tableau de bord" des machines qu'ils conduisent (pannes, performances, caractéristiques fonctionnelles). Il s'agirait d'établir une fiche signalétique correspondant à une carte d'identité de la machine indiquant ses modalités particulières de fonctionnement.

3.2.2 Archivage et historique

En début d'intervention, les dépanneurs ne disposent pas non plus d'un historique de l'évolution de la situation et/ou des tentatives d'intervention déjà réalisées par les conducteurs. Ces informations peuvent leur être très utiles pour émettre les premières hypothèses et pour orienter les recherches. Il s'agirait d'installer une fonction d'archivage des incidents et des diverses interventions réalisées par l'équipe de conduite.

3.2.3 Guidage

La fonction d'information pourrait être complétée par une aide à la résolution d'incident en mettant en relation les pannes répétitives et les solutions usuelles qui sont requises. Dans ce cas il s'agit d'un guidage des vérifications devant être réalisées et de la description des procédures pouvant être utilisées. L'installation d'une fonction de guidage doit permettre aux opérateurs novices d'estimer la validité des hypothèses qu'ils émettent avant d'entreprendre les procédures de vérification ainsi que de les amener à générer de nouvelles hypothèses lorsque les premières n'ont pu leur permettre d'identifier le dysfonctionnement.

On a déjà indiqué que les conducteurs expérimentés peuvent aider les novices en leur indiquant l'origine probable du dysfonctionnement. L'analyse approfondie du raisonnement et des connaissances de ces opérateurs peut fournir des renseignements précieux sur ce qu'il faut transmettre aux novices afin d'optimiser le délai nécessaire pour qu'ils deviennent rapidement opérationnels. On peut envisager, dans une version ultérieure du dispositif d'assistance, d'automatiser ces connaissances et de fournir aux opérateurs novices les procédures optimales de vérification en cas de dysfonctionnement. En allant toujours plus loin, on peut imaginer que le novice ait la possibilité de simuler une procédure sur écran-vidéo pour en constater les effets: ceci leur permettrait de se constituer une représentation plus complète du fonctionnement des machines-transfert.

CONCLUSION

1. Une assistance pour quelle activité?

Par définition l'activité qui doit être assistée est celle dans laquelle les opérateurs rencontrent les plus grandes difficultés. Nous avons vu que les tâches de diagnostic sont les plus complexes: c'est donc pour ces tâches que doit être envisagée une aide à l'opérateur. L'objectif général d'un système d'assistance au diagnostic est de réduire le temps passé à l'établissement d'un diagnostic correct: il s'agit de faire en sorte que l'opérateur pose plus rapidement un diagnostic plus sûr.

Les quelques aménagements mentionnés ci-dessus pourraient permettre de réduire certaines des difficultés mises en évidence. Nous avons vu que certaines améliorations peuvent être apportées en reportant systématiquement sur les aides au travail utilisés par les dépanneurs (folios reproduisant les programmes) une notice décrivant explicitement les caractéristiques des machines sur lesquelles ils ont à intervenir, ou encore que le dispositif d'assistance peut jouer un rôle important en fournissant un complément d'information sous la forme d'une carte d'identité de la machine (profil de fonctionnement, pannes fréquentes, points faibles).

Il s'agit ensuite de préciser la structure de l'aide devant être fournie: l'efficacité de l'assistance suppose que l'on satisfasse deux exigences:

- l'adéquation du dispositif à la tâche
- l'adéquation aux connaissances préalables de l'opérateur

2. L'adéquation du dispositif à la tâche et aux connaissances des opérateurs

Pour définir les spécifications fonctionnelles d'un système d'assistance au diagnostic, on peut considérer deux types d'aide différant selon les connaissances dont dispose l'utilisateur. Les deux situations extrêmes (débutant-expert) constituent le balisage à l'intérieur duquel doit être envisagée la question de l'assistance à l'opérateur, celle-ci doit concerner aussi bien l'opérateur expérimenté que le débutant: les difficultés rencontrées n'étant pas du même ordre, les exigences de l'assistance sont différentes.

L'adéquation du dispositif aux caractéristiques cognitives de la population des futurs utilisateurs (conducteurs et/ou dépanneurs, débutants et/ou expérimentés) renvoie à la question du rôle que jouent les connaissances préalables de l'opérateur dans l'activité de diagnostic.

2.1 Connaissances préalables et difficultés des sujets

Une caractéristique socio-technique du système de travail est le recours à une main d'oeuvre temporaire. De ce fait, des dépanneurs peu expérimentés sont amenés à intervenir sur des machines qu'ils connaissent peu voire pas du tout.

Dans ce cas, c'est l'absence de connaissances sur le profil de fonctionnement de la machine qui est à l'origine des premières difficultés de diagnostic. Ces difficultés peuvent se traduire par le fait que des hypothèses sur des causes improbables vont être mises à l'épreuve ou bien par le fait que le sujet va perdre du temps dans l'exploration de chemins sans issue alors que des hypothèses plus plausibles ne sont pas testées.

A l'opposé, les opérateurs expérimentés disposent de connaissances spécifiques acquises par la pratique professionnelle (1). Ces connaissances leur permettent d'identifier plus rapidement et plus sûrement que ne pourrait le faire un débutant la nature des avaries.

Dans le cas de l'opérateur expérimenté, les difficultés sont d'un autre ordre: les connaissances acquises peuvent constituer un handicap plutôt qu'une aide dans certaines situations. On sait par exemple que les situations dégradées sont analysées en référence aux pannes les plus fréquentes et que des événements inhabituels peuvent être traités comme des situations de routine (Senach, 1984), ce qui ne permet pas de développer des solutions adéquates et peut parfois conduire à des erreurs très coûteuses. Nous allons en donner une illustration.

2.2 Un exemple de difficulté de diagnostic

Dans la situation présentée aux pages 85 et 86, deux dépanneurs interviennent successivement après une interruption de la machine. Le premier dépanneur a cherché en vain pendant environ 1 heure 30 avant l'arrivée du deuxième opérateur qui, lui, a résolu le problème en 5-10 minutes.

(1) Il s'agit en général des opérateurs attachés en permanence à une machine particulière.

Trois remarques peuvent être faites à propos de cet exemple:

- l'affichage d'un défaut (défaut Avance Rapide) en aval de la cause réelle du dysfonctionnement n'a pas permis au dépanneur d'identifier l'anomalie (1). Ce problème illustre les difficultés liées à la documentation des défauts qui ont été décrites plus haut.

- le premier dépanneur n'est pas un débutant mais cette machine ne lui est pas familière et certaines de ses caractéristiques lui sont inconnues. Il s'agit notamment de certaines modifications réalisées par d'autres dépanneurs qui entraînent une confusion sur la signification d'une modification apportée à une séquence (2). Le deuxième dépanneur dispose par contre d'une bonne connaissance du transfert: il a participé à son installation et connaît les incidents qui peuvent s'y produire. En particulier, il a déjà été confronté à l'incident en question.

- les caractéristiques fonctionnelles de cette machine sont particulières: sur la plupart des autres transferts l'opération Avance Rapide est réalisée chronologiquement après l'opération Tenu Pièce. Or la chronologie de ces deux opérations est inversée sur la machine considérée.

Ces deux dernières remarques font apparaître le rôle des connaissances dont disposent les dépanneurs dans l'établissement du diagnostic: sur la base de la connaissance qu'il a du cycle des autres machines, le premier dépanneur a exclu l'hypothèse que la panne pouvait provenir de l'opération Avance Rapide (c'est-à-dire pour lui, le défaut Avance Rapide est une conséquence d'une panne portant sur l'opération Tenu Pièce): autrement dit, il a construit une représentation du fonctionnement de la machine qui ne lui permet pas de rechercher dans une autre direction que les séquences concernant l'opération de bridage.

(1) Il s'agit d'un capteur H.S. qui ne peut pas envoyer la confirmation qu'une pièce est bien positionnée sur le poste d'usinage.

(2) Il s'agit d'une séquence sur laquelle des conditions ont été ajoutées pour contrôler l'autorisation de démarrage d'une tête d'usinage.

Il existe certainement d'autres raisons pour lesquelles ce dépanneur n'est pas parvenu à établir un diagnostic. Cependant une des premières sources de difficultés provient de lacunes dans la connaissance des caractéristiques fonctionnelles des machines: nous avons en effet observé d'autres situations où les dépanneurs rencontrent des difficultés liées à une connaissance inexacte du fonctionnement de la machine sur laquelle ils interviennent.

Il faut aussi remarquer que le premier dépanneur n'est pas un novice: une interprétation des difficultés rencontrées en terme de formation lacunaire n'est donc pas suffisante. En effet, même s'ils disposent d'une connaissance approfondie du fonctionnement d'UNE machine-transfert, l'hétérogénéité des machines (constructeurs différents) sur lesquelles les dépanneurs sont susceptibles d'intervenir constitue un obstacle au transfert des connaissances d'une machine à l'autre.

3. Dispersion des connaissances

L'acquisition des connaissances étant réalisée à partir de la pratique professionnelle, il en résulte un inconvénient majeur du fait de la variabilité et de la dispersion des connaissances. Certaines de celles qui sont nécessaires à un opérateur à un instant donné sont possédées par un autre opérateur (1). Cette dispersion est encore augmentée du fait de l'hétérogénéité à la fois du matériel (machines, procédés, constructeurs, interfaces) et de la population (intervenants, qualification, tâches).

3.1 Limites de compétence des conducteurs

La question de la frontière entre les activités des conducteurs et des dépanneurs est une question importante. En effet, nous avons indiqué que lorsqu'il a participé à l'installation le conducteur peut avoir acquis des informations qui vont par la suite se révéler très utiles pour faire face aux différentes situations dégradées. On peut supposer qu'il a intégré un modèle du fonctionnement du transfert, il en connaît les points faibles et les pannes répétitives.

(1) Lorsque l'on parle d'opérateurs il s'agit ici aussi bien des conducteurs, des règleurs et des dépanneurs que des agents des méthodes ou des constructeurs eux-mêmes.

Dans de nombreuses situations, c'est lui qui donne au dépanneur les informations utiles, voire établit un diagnostic correct; ainsi, l'opérateur expérimenté, disposant des connaissances nécessaires pour les tâches de diagnostic peut être aussi bien un conducteur qu'un dépanneur.

Ceci suggère qu'il n'est pas possible de dégager un critère définissant a priori et de façon normative les fonctions de chaque intervenant. Un dispositif d'assistance devrait avoir entre autres fonctions celle d'une synthèse et d'une intégration des différentes connaissances.

Une autre question importante dans le cadre du système étudié est celle de l'existence d'une expertise du dépannage (1).

3.2. Existence d'une expertise dans le cadre du système de travail?

Le fait que des dépanneurs soient attachés à une machine particulière n'est pas suffisant pour que l'on puisse parler d'expertise. En effet, l'expert est un opérateur expérimenté qui a été amené à travailler sur des machines différentes et qui a été confronté à de nombreux problèmes d'ordre technique et à des procédés divers. L'expertise suppose donc qu'un opérateur soit en mesure de résoudre sans difficulté les problèmes qui peuvent se produire sur des machines différentes.

Cet opérateur a su définir ses connaissances à un niveau suffisamment général pour pouvoir s'y référer et les utiliser quelle que soit la machine sur laquelle il travaille et quel que soit le procédé.

Ce sont ces connaissances générales qui doivent être étudiées. Dans cette perspective, on peut envisager de concevoir un dispositif d'assistance élaboré à partir des connaissances de l'opérateur et qui soit cependant susceptible de dépasser les caractéristiques de surface liées aux aspects techniques du problème.

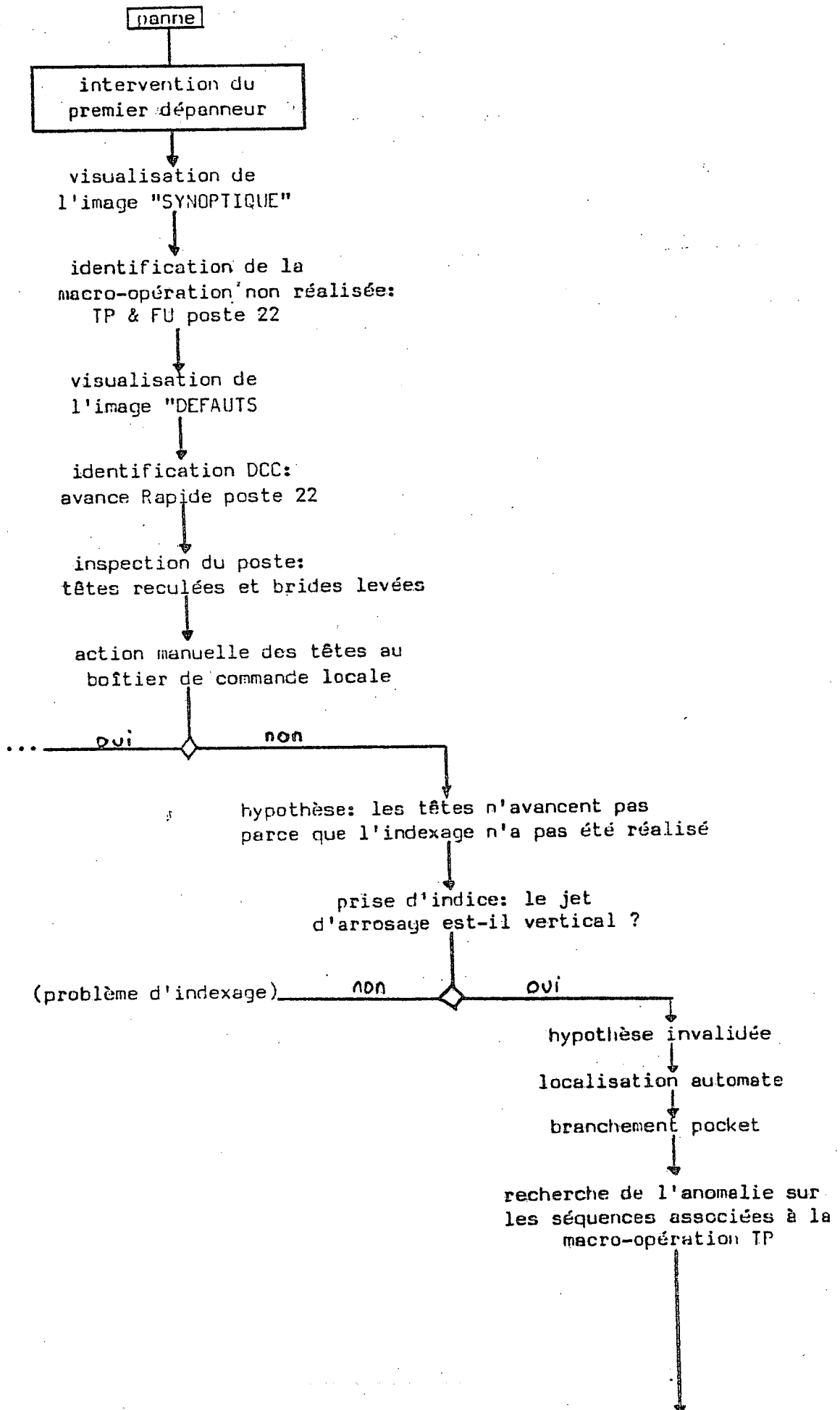
Cependant, il est possible que l'expertise n'existe pas. Dans ce cas, un opérateur expérimenté sur une machine donnée peut rencontrer des difficultés face à une machine qu'il ne connaît pas. L'étude de ces difficultés doit pouvoir mettre en évidence les limites du transfert des connaissances d'une situation connue à une situation inconnue et d'identifier les obstacles à leur généralisation.

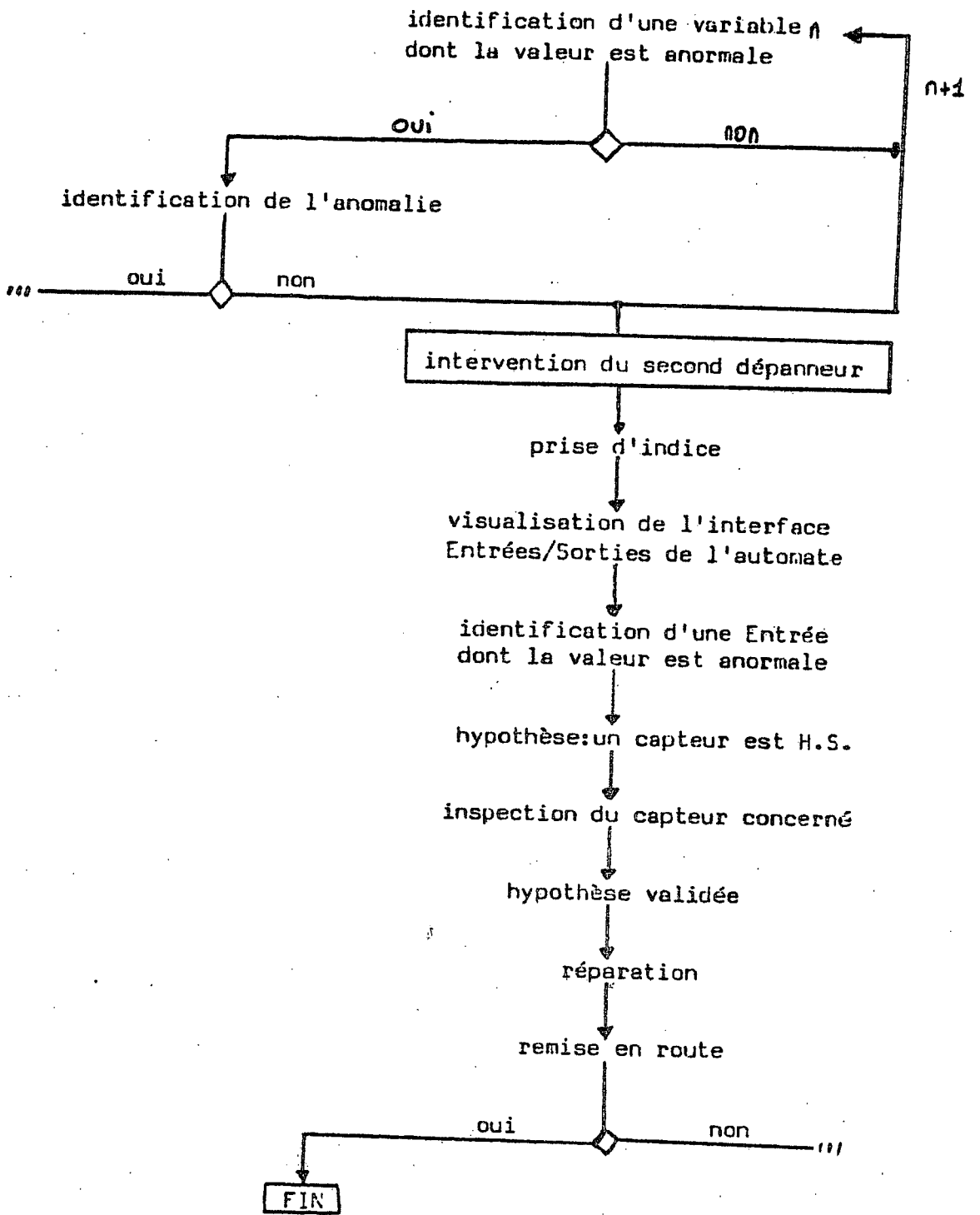
(1) Cette question pourrait être caractéristique des situations de formation sur le tas.

La poursuite des études passe par une analyse très précise des mécanismes de traitement d'information élaborés par les dépanneurs. Dans un premier temps il s'agirait de caractériser l'expertise en se focalisant sur les processus d'analyse des situations et d'identifier quelles sont les premières hypothèses qui sont émises par des sujets expérimentés lorsqu'ils sont confrontés à des arrêts des transferts. Ce sont ces procédures d'analyses qui doivent être fournies aux débutants par exemple sous la forme d'un guidage indiquant la succession des vérifications à réaliser lors du pré-diagnostic. La description des procédures devant être utilisées pourrait également être présentée.

Pour ce qui est des sujets expérimentés l'assistance aurait pour fonction de permettre à l'opérateur de générer de nouvelles hypothèses dans les situations où il ne parvient pas à résoudre les problèmes auxquels il est confronté.

Un exemple ⁸⁵ des difficultés de diagnostic





SOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bisseret, A., Boutin, P. et Michard, A. (1980) Eléments introductifs à l'ergonomie des systèmes hommes-machines. Informatique et Sciences Humaines, 44, 13-34.
- Bisseret, A. et Cohen, J. (1978) Etude préliminaire du travail de contrôle d'une ligne de métro. (Rapport INRIA CM 7806 R01). Rocquencourt: INRIA.
- Enard, C. (1965) Problèmes généraux et méthodologiques de la formation professionnelle. (Rapport CERP CO 6512 R08). Rocquencourt: INRIA.
- Enard, C. (1972) Applications de la "Méthode d'Interaction Constante des Unités Programmées" (M.I.C.U.P.) à la formation des contrôleurs des centres régionaux de la Navigation aérienne. (Rapport INRIA CO 7211 C17). Rocquencourt: INRIA.
- Falzon, P. (1982) Display structures: Compatibility with the operators' mental representation and reasoning processes. Proceedings of the 2nd European Annual Conference on Human Decision Making and Manual Control. Bonn, November 1982.
- Flanagan, J.C. (1954) La technique de l'incident critique. Revue de Psychologie appliquée, 4, 2, 165-185 et 4, 3, 267-295.
- Leplat, J. et Cuny, X. (1977) Introduction à la psychologie du travail. Paris: PUF.
- Senach, B. (1980) Analyse du travail de contrôle d'un réseau ferré: recherche des inadaptations du système homme-machine. (Rapport INRIA RER 8005 R02). Rocquencourt: INRIA).
- Senach, B. (1984) Assistance automatisée à la résolution d'incident dans les systèmes dynamiques. Réduction de l'espace problème et routines cognitives. Thèse de 3ème cycle, Paris: Université René Descartes.

ANNEXE I

1. Mauvais fonctionnement du dispositif

IC 14. Pour identifier le poste impliqué dans l'arrêt d'une machine un conducteur appelle une image "SYNOPTIQUE". Des incrustations d'une page différente rendent le message incompréhensible. L'opérateur est obligé de recommencer l'opération pour obtenir une image lisible.

IC 15. A partir du menu général, un conducteur veut obtenir une image "SYNOPTIQUE". Il positionne le curseur à l'aide du bouton de commande "SELECTION PAGE" sur la rubrique désirée puis actionne le bouton "VISUALISATION PAGE": un écho provoque l'affichage d'une autre image que celle qui est désirée.

IC 31. Un conducteur appuie sur "SELECTION PAGE" pour positionner le curseur devant la rubrique qu'il souhaite visualiser. Un écho déplace le curseur à la rubrique suivante et l'opérateur est contraint de recommencer l'opération de sélection.

2. Absence de fiabilité de certaines informations

IC 39. A la suite d'un problème de rotation de broche, une machine reste en panne pendant toute la journée. A la fin de son service, le conducteur consulte l'image "PRODUCTION" qui affiche un nombre aberrant.

IC 63. Un opérateur indique que l'image "CHANGEMENT D'OUTIL" ne sert à rien car elle n'est pas connectée. En effet le compteur de pièces usinées reste bloqué sur la même valeur.

3. Abandon du fait d'un temps de réponse trop long

IC 37. Après plusieurs essais infructueux sur le bouton "VISUALISATION PAGE" pour obtenir une image synoptique, un conducteur abandonne. L'image s'affiche quelques instants plus tard: il ne s'agit pas d'une panne mais d'un temps de réponse anormalement long.

4. Hétérogénéité des procédures de commande

4.1 Mauvaise analyse de la situation

IC 26. Un opérateur veut obtenir l'image "PRODUCTION" mais celle-ci n'apparaît pas. Il explique qu'il faut attendre un certain temps sur ce pupitre pour obtenir l'image. Un autre conducteur lui indique qu'il existe un autre moyen pour obtenir rapidement l'image (appuyer sur "APPEL OPERATEUR" ou bien passer par l'image "DEFAULTS") lorsque la procédure usuelle ne marche pas.

4.2 Abandon

IC 16. Un opérateur utilise une procédure d'appel d'image qui n'est pas valide sur cette machine mais qui est correcte sur une autre. N'arrivant pas à obtenir l'image désirée il finit par abandonner.

4.3 Interprétation d'un fonctionnement normal comme un dysfonctionnement

IC 18. Au cours de l'explication du fonctionnement du dispositif, un conducteur signale une procédure aberrante: au lieu d'obtenir l'affichage à partir de la touche "VISUALISATION PAGE" il est nécessaire de passer par la touche "APPEL OPERATEUR". Or cette procédure est celle qui est prévue par le constructeur et ne résulte pas d'un dysfonctionnement.

5. Découverte de la procédure adéquate

IC 13. Un conducteur expérimenté et un régleur indiquent qu'ils ont mis un certain temps avant de découvrir la procédure permettant de mettre la fonction "VIDAGE" hors-service sur certaines machines. Ils supposent qu'il s'agit de caractéristiques qui relèvent de la programmation de l'automate plutôt que de la construction des machines.

ANNEXE II

I - DIFFICULTES DE COMPREHENSION DES MESSAGES

1. Messages de défaut peu explicites

IC 24. Un conducteur localise une panne à l'aide du synoptique à voyants lumineux. Il se déplace vers le poste concerné mais ne parvient pas à identifier la cause de l'incident. Il revient au pupitre pour consulter l'image "DEFAUTS" mais ne comprend pas le message affiché: "MANQUE DE COINCIDENCE POSTE..." et va chercher le régleur pour l'aider à dépanner.

2. Messages de défaut ambigus

IC 46. Un opérateur signale que les messages d'alarme n'ont parfois rien à voir avec la réalité. Il montre que l'image "DEFAUTS" affiche un message "ALERTE CHANGEMENT D'OUTIL" alors que les outils ont été changés il y a peu de temps.

II - INADEQUATION A LA LOGIQUE DU TRAVAIL

2. Messages de défauts non pertinents

IC 65. Un conducteur explique que certains messages d'alarme sont inutiles puisque malgré leur affichage la machine continue à tourner; il cite en exemple le message "ALERTE PRELEVEMENT SEQUENTIEL".

IC 38. Une machine tombe en panne pendant plusieurs heures. L'image "DEFAUTS" indique qu'il n'y a aucun défaut.

IC 34. A la suite de l'arrêt d'une machine, un dépanneur visualise l'image "DEFAUTS" qui lui indique que le mouvement d'Avance Rapide est à l'origine du dysfonctionnement. Après diverses procédures de vérification impliquant la consultation de l'automate, il s'avère que la cause réelle du dysfonctionnement est due à un capteur déficient et ne porte pas sur le mouvement d'Avance Rapide.

2. Non respect des procédures formelles

IC 55. A la suite d'un dépassement de tolérance, la machine est arrêtée. L'opérateur remet la pièce en circulation et indique: "c'est pas bon mais c'est bon quand même". Il se réfère aux opérations effectuées en aval qui vont faire disparaître les défauts. Par exemple, un diamètre trop large peut être récupéré du fait de l'installation ultérieure d'une bague.

IC 56. A la suite d'un dépassement de tolérance, la machine est arrêtée. L'opérateur modifie les valeurs du dispositif de contrôle automatique pour augmenter la tolérance de telle sorte que les pièces suivantes soient acceptées.

3. Inadéquation de l'automatisation de certaines procédures

IC 50. Un conducteur indique que les totaux affichés sur l'image "PRODUCTION" permettant de comptabiliser les pièces bonnes ou mauvaises sont faux. En effet, lorsqu'une pièce est détectée comme étant hors-tolérance, elle est comptabilisée comme une pièce mauvaise; or l'opérateur peut estimer qu'elle est acceptable et la remettre en circulation.

ANNEXE III

I - STRUCTURE DES OUTILS DE TRAVAIL

1. Difficultés d'accès à la machine

IC 1. Un régleur intervient après qu'une pièce se soit mise en travers de la barre-transfert. Il démonte les carters de protection et escalade l'installation pour positionner correctement la pièce.

IC 19. Lors d'un incident, la position normale d'une tête de contrôle ne peut être obtenue à partir des commandes locales. Un opérateur intervient à six reprises pour tenter de la positionner correctement: il est obligé de pousser la tête à la main pour qu'elle achève sa course et pour cela, il doit grimper en équilibre sur les carters de protection.

2. Problèmes posturaux

IC 57. Pour consulter les schémas décrivant le programme d'un automate, un technicien est obligé de s'accroupir et d'étaler par terre les différents documents décrivant le programme.

3. Localisation inadéquate des contrôles et des commandes

3.1 Multiplication des déplacements

IC 73. Après avoir changé un outil, un conducteur est obligé de revenir au pupitre pour remettre l'arrosage en service et redémarrer le transfert pour un cycle.

IC 35. Après manipulation d'une tête d'usinage à partir d'un boîtier de commande locale, un conducteur retourne au pupitre pour remettre la machine en route. Il revient quelques instants plus tard sur le poste d'usinage pour effectuer une opération (remise en automatique) dont l'oubli verrouillait les commandes générales.

IC 42. Un conducteur débutant effectue une remise en cycle après une interruption mais la machine ne démarre pas. Il quitte le pupitre pour aller vérifier la position des pièces sur le transfert puis s'aperçoit qu'il a oublié de mettre un boîtier de commande locale en automatique.

3.2 Utilisation de procédures moins adéquates pour éviter les déplacements

IC 52. Un conducteur signale que pour poinçonner une pièce, il préfère utiliser une perceuse ou un burin à la place du boîtier de commande locale car celui-ci est situé de l'autre côté du transfert.

IC 33. Un technicien de maintenance traitant une perte de commande d'un boîtier local n'arrive pas à visualiser l'interface de l'automate correspondant. Il envoie devant l'armoire un conducteur qui lui décrit en criant les changements d'état observés lors des différentes manipulations des boutons de commande.

3.3 Oubli de certaines opérations entraînant la multiplication des déplacements

IC 71. Un conducteur arrête un transfert et le met en mode de marche manuelle à partir du pupitre pour effectuer un changement d'outil. Lorsqu'il ouvre la porte du poste concerné, il s'aperçoit qu'il a oublié de couper l'arrosage: il est obligé de retourner au pupitre pour mettre l'arrosage hors-service.

3.4 Critère de proximité vs critère opératif

IC 74. Après avoir réglé un outil, un conducteur s'apprête à remettre le transfert en route lorsqu'il s'aperçoit que le transfert suivant est arrêté. Il se dirige alors vers cette seconde machine pour identifier le problème.

II - ORGANISATION DU TRAVAIL

1. Difficultés d'organisation

1.1 Absence d'outil ou de pièce détachée

IC 4. Après avoir démonté un outil usagé, un conducteur va en chercher un pour le remplacer. Il s'aperçoit alors qu'il n'y a pas d'outil neuf dans les paniers.

IC 2. Lors de l'interruption d'une machine, un réglleur identifie facilement la cause du dysfonctionnement. Il s'agit d'une cale qui se dévisse fréquemment. Il est nécessaire de la remplacer mais l'opérateur ne dispose pas de pièce de rechange et il envoie un conducteur en chercher.

1.2 Utilisation d'outils inadaptés mais immédiatement disponibles

IC 17. Un conducteur qui veut resserrer un vérin ne dispose pas de clé à molette à proximité. Il en demande une à un conducteur qui lui donne un outil trop petit. Après plusieurs essais infructueux, il abandonne et va chercher un outil plus adapté.

IC 28. Un opérateur tente de démonter un boîtier de commande avec un tournevis trop petit. Après plusieurs essais infructueux, il interpelle un autre opérateur et lui emprunte un outil plus adapté.

1.3 Utilisation d'outils de fortune pour atteindre les objectifs de travail

IC 9. Pour pallier un incident fréquent qui arrête automatiquement la machine (mauvais positionnement d'une pièce en chargement), les conducteurs utilisent une procédure consistant à pousser la pièce avec une tige métallique ou un manche à balai disposés à proximité à cet effet.

IC 67. A la suite d'une interruption de la fabrication, un réglleur intervient sur la tête d'usinage concernée. Il constate que l'épaisseur de la pièce est insuffisante pour obtenir le bridage. Il coince alors un stylo entre la bride et la patte de la pièce pour compenser le manque d'épaisseur.

2. Mauvaise circulation des informations

2.1 Absence de mise à jour de certaines informations

IC 60. Un technicien cherche dans un programme une séquence ajoutée après une modification. Il s'aperçoit que celle-ci n'a pas été écrite. Il la rajoute au crayon et indique que ce n'est pas lui qui a réalisé la transformation mais qu'il sait de quoi il s'agit car il en a entendu parler.

2.2 Mise à jour incomplète après modification

IC 59. Un électricien illustre les problèmes de mise à jour des listings après les modifications de programme. Il en trouve un sur lequel des modifications ont été réalisées sans être accompagnées de commentaire. Il devient alors très difficile de savoir à quoi sert cette modification.

2.3 Absence de transmission d'information

IC 6. Lors d'une intervention, un technicien de maintenance arrête une machine sans en avertir le conducteur. Celui-ci croit qu'il s'agit d'un dysfonctionnement et se dirige vers le pupitre pour analyser la situation.

IC 49. Un conducteur tente sans succès de remettre un transfert en route. Un autre conducteur l'informe en passant qu'une intervention est en cours et que c'est pour cette raison que la machine ne démarre pas.

IC 69. Lors d'une relève (équipe de nuit), le nouveau régleur apprend qu'un outil de réglage (comparateur) est cassé. Occupé par un incident, il oublie de transmettre l'information à son équipe.

IC 23. En équipe de nuit, un conducteur effectue depuis quelques jours des réparations d'une durée d'une heure environ sur le même élément de la machine. Le régleur intervient pour lui suggérer d'avertir le service de maintenance afin qu'une réparation définitive soit entreprise.

2.4 Délai important avant satisfaction d'une demande

IC 5. Constatant qu'il n'y a pas d'outil de remplacement pour changer un outil usagé, un conducteur répercute l'information sur le Centre de Gestion des Outils. L'outil lui parviendra 1 heure 30 minutes après sa demande.

IC 8. Les conducteurs et le régleur ont prévenu le service de maintenance qu'une panne se produit fréquemment sur un poste. C'est après dix jours et trois tentatives de réparation qu'une intervention permet de régler le problème.

3. Mauvaise coordination entre les opérateurs

3.1 Mauvaise connaissance du travail de l'autre

IC 27. Un conducteur modifie à partir d'un boîtier de commande locale la position d'une tête d'usinage en supposant que cela facilitera le travail d'un chef d'entretien intervenant sur l'automate. Or, il s'avère que ce dernier avait besoin que rien ne bouge pour effectuer certaines vérifications.

IC 32. Un conducteur expérimenté demande à un débutant de remettre en marche le circuit hydraulique. Cet opérateur lance des commandes générales qui risquent d'agir sur la barre transfert et de faire avancer des pièces non usinées. L'autre conducteur interrompt ces opérations à temps.

3.2 Hétérogénéité des procédures de travail à l'origine de conflits

IC 25. Après une relève, un conducteur s'aperçoit avant même de mettre en service le transfert qu'il doit changer un outil (consultation des consignes). Il s'en prend aux conducteurs de l'équipe précédente.

IC 26. Lors du travail de nuit, un conducteur indique qu'il est systématiquement obligé de régler les outils d'ébauche avant de commencer à travailler. Il explique que le réglage effectué par l'équipe précédente ne lui convient pas car il entraîne une usure trop rapide des outils de finition.

III - FORMATION DES OPERATEURS

1. Désaccord sur la signification des voyants ou des messages

IC 53. Deux opérateurs discutent au sujet du clignotement d'une lampe. Pour l'un il s'agit d'un signal de changement d'outil et pour l'autre d'un défaut de graissage. Cet opérateur fait remarquer qu'en cas de changement d'outil les têtes d'usinage seraient dans une position particulière. L'autre opérateur lui rappelle alors qu'un autre poste (poinçonnage) doit aussi être pris en compte.

2. Incompréhension des messages

IC 65. Un opérateur ne comprend pas la signification d'un message d'alerte ("ALERTE CHANGEMENT D'OUTIL AUTOMATE GESTION"). Il indique que le personnel d'entretien lui-même n'a pu le renseigner à ce sujet. Il s'agit d'un message informant le conducteur qu'un changement d'outil va devoir être effectué.

3. Interprétation erronée de l'état du système

IC 70. Un conducteur repère l'extinction permanente d'un voyant du synoptique lumineux. Cependant, étant donné que la machine continue à fonctionner, il part surveiller un autre transfert tout en indiquant qu'il ne comprend pas très bien ce qui se passe. Une procédure simple (test des lampes) aurait montré que l'ampoule du voyant est grillée.

IC 41. Un conducteur indique que certains défauts ne sont pas répertoriés par l'automate de gestion et ne sont pas affichés lorsqu'ils se produisent. Il cite comme exemple le fait que les têtes d'usinage dépassent parfois leur course normale en reculant et restent coincées. Or ces mouvements font partie du fonctionnement normal du système: ils sont programmés en fonction de la fréquence théorique des changements d'outils.

8
5
4
3
2

1
2
3
4
5

1

1

2