

**Automatisation des systèmes industriels
et autonomisation de postes**

*Dominique Breuil, Daniel Noyes
Laboratoire Génie de Production
École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes*

Résumé

Le papier propose des principes simples d'autonomisation pour les postes de travail de l'entreprise impliquant l'engagement d'opérateurs et permettant, par la réalisation de centres de décision directement déportés sur les éléments opérationnels, une meilleure adaptabilité de ceux-ci et un apport conséquent en réactivité.

Les orientations préconisées doivent concilier progrès techniques et progrès sociaux dans un contexte économique qui, actuellement, oppose souvent les deux.

Introduction

L'amélioration des performances des systèmes de production a conduit à augmenter leur réactivité et à maîtriser la qualité des process.

La réactivité est l'aptitude des systèmes à s'adapter aux changements de sollicitation ou à des modifications du cadre d'évolution (fluctuations, aléas) pour répondre rapidement à celles-ci de la manière la plus efficace par rapport aux objectifs d'une entreprise. La réactivité correspond à différentes formes d'adaptabilité suivant les modes de gestion et de conduite des systèmes.

Dans tous les cas, elle est contrainte par les caractéristiques des "éléments les moins flexibles" du système.

La maîtrise de la qualité concerne tous les modes de fonctionnement de l'entreprise et implique toutes les fonctions, de la direction générale aux opérateurs. Elle passe par deux composantes fondamentales : l'une, économique, dont le résultat est dans l'amélioration de la productivité et de la compétitivité, l'autre, humaine, induisant le management participatif et résultant de la participation de l'ensemble des membres de l'entreprise.

La mise en œuvre des améliorations d'un système de production s'appuie fortement sur l'automatisation de l'ensemble des équipements. Or, cette automatisation se heurte bien souvent aux problèmes de rentabilité et/ou de faisabilité. Ainsi, le rôle de l'opérateur a souvent été défini à partir soit de ses capacités à mieux produire qu'un automatisme et pour moins cher, soit à partir de ses facultés d'intervention pour pallier les déficiences de la conception ou les incapacités de l'automatisation.

Des limites techniques ou financières apparaissent dès les phases de conception dans les projets de modernisation d'entreprise. Lorsque ces projets sont mis en œuvre, des limites vis à vis de la réactivité pénalisent l'exploitation, l'atteinte des performances. Enfin la sophistication des équipements rend difficile le maintien de leur efficacité.

Dans beaucoup d'applications industrielles, l'autonomie et la responsabilisation d'opérateur n'ont été acceptées que pour faire face à des situations imprévues par le concepteur ou pour une meilleure adaptation à des événements non envisagés par le décideur (ces anomalies deviennent parfois si fréquentes que les responsables acceptent, de facto, un retour en arrière vis à vis de l'automatisation, ce qui, bien sûr, entraîne une résistance accrue aux changements envisageables pour le futur).

Ainsi, automatisation et autonomisation sont souvent opposées dans des situations où leur complémentarité est forcée par la nature "corrective" des actions engagées alors qu'une approche "volontariste" pour réaliser cette complémentarité permettrait d'en optimiser tous les effets.

Cette communication a pour but de montrer les avantages d'une telle approche.

La présentation comporte deux volets. Nous montrons d'abord les effets sur la structure du système de décision, d'actions d'autonomisation menées au niveau du système physique de production. Une conséquence majeure est la création de nouveaux centres de décision. Nous montrons ensuite comment intégrer ces derniers au niveau de la conception, au travers des différents rôles qu'ils peuvent remplir.

Le papier est organisé en deux parties.

Nous présentons dans la première partie les principes de base de l'automatisation, de l'autonomisation et les conséquences de cette dernière, souvent réalisée par le biais du facteur humain, au niveau des systèmes de décision. Dans la deuxième partie, nous développons une approche de conception et de réalisation des systèmes de production intégrant mieux le rôle de l'homme et de ses facultés.

I. Principes d'autonomisation

I-1. Cadre d'automatisation

Les améliorations de la production sont, dans le contexte technologique actuel, souvent réalisées par une automatisation et une informatisation accrues, intervenant aux principales étapes de conception du produit et sur tout le système assurant sa réalisation [LAU 91].

Appliquées aux étapes de conception du produit, ces techniques permettent d'aborder la mise en oeuvre des principes de conception intégrée [AHM 94], [GUH 93] et ceux, plus délicats, d'ingénierie simultanée [JAG 93].

Appliquées aux équipements de production, elles permettent d'accroître les fonctionnalités des systèmes et d'en renforcer l'efficacité [SOH 92].

Précisons les modes d'automatisation des systèmes de production.

Les fonctions d'un système de production (transformation, transport, stockage et contrôle) [SHI 87] impliquent des opérations¹ :

- . de base, implémentant directement la fonction principale,
- . d'assistance, intervenant en appui (et souvent en "parallèle") des opérations de base pour en faciliter la bonne exécution,
- . annexes, intervenant en "amont" ou "aval" des précédentes et en complément de celles-ci.

L'automatisation peut être appliquée à ces trois classes d'opération.

Les apports de l'automatisation au niveau des opérations de base et de celles d'assistance sont, pour les fonctions de transformation, directement à la base de l'amélioration de la qualité (précision, répétabilité,...). Cependant, ces développements ne sont plus porteurs de progrès bien conséquents sur le plan de la productivité.

Par contre, les améliorations qui peuvent être apportées aux opérations annexes, généralement liées à l'environnement opératoire de la fonction principale, peuvent influencer fortement sur les performances et la réactivité du système.

Aussi, une part conséquente des développements d'automatisation concerne les fonctions de stockage, convoyage et manutention associées pour ces dernières à l'activité "logistique" dans l'atelier. La mise en relation des entités pièces, outils (et même programmes) avec les postes réalisant la production et le contrôle impose en effet les déplacements de ces entités : prise et dépose (manutention) et transfert de poste à poste (convoyage) par exemple.

La réalisation de ces déplacements passe par l'engagement d'équipements automatisés appartenant à toutes les classes de la typologie des automatismes, appuyés par la mise en oeuvre des techniques informatiques et de vision.

Le niveau d'automatisation qui en résulte est souvent perçu en terme de "souplesse" dans la définition des trajectoires (transferts,...) et la réalisation des mouvements (accostages, positionnements...). Souvent aussi, l'automatisation forcée de ces postes conduit à engager dans certaines situations (accostages spécifiques, assemblages automatiques,...) un savoir faire marqué et des techniques de pointe onéreuses qui conduisent à des solutions, certes "viables" mais difficilement acceptables en termes de rentabilité et de fiabilité [ALD 90], [GAS 89] .

Plus généralement, une démarche d'automatisation est toujours menée dans un cadre opérationnel bien défini ; elle conduit à la réalisation de solutions d'autant plus performantes qu'elles intègrent ces spécificités opérationnelles. En revanche, toute modification intervenant dans ce cadre opérationnel : perturbation, aléas,..., conduit généralement à une dégradation rapide des performances des automatismes. Bien adaptés à une situation précise, ces automatismes perdent leur efficacité lorsqu'intervient un mode d'exception². Finalement, cette automatisation est "rigide".

¹ La partition entre les trois types d'opérations n'est pas triviale ; elle dépend étroitement du type de mise en forme. Par exemple, la manutention de pièce peut, selon le cas, être considérée comme opération annexe (usinage), opération d'assistance (formage) ou opération de base (assemblage).

² Quand l'automatisme arrive à couvrir ces situations d'exception, c'est encore avec une escalade dans l'emploi d'un savoir faire marqué et de techniques avancées!

Ainsi, les freins à l'adaptabilité (et donc à la réactivité) des systèmes de production sont en partie localisés aux interfaces entre les fonctions principales. Ils correspondent souvent à des problèmes directs d'interfaçage dans lesquels la fonction logistique, en liaison permanente avec les autres fonctions du système, est fortement impliquée.

I-2. Apports d'autonomisation

L'autonomisation est depuis longtemps un facteur reconnu de fonctionnement des organisations : "L'autonomie est un principe d'organisation pour en assurer l'efficacité" [CRO 89], [EVR 93]. En revanche sa mise en œuvre est rarement un choix délibéré mais un moyen de pallier les ambiguïtés décisionnelles.

Pourtant, plusieurs expériences ont montré que, même si l'automatisation était un investissement rentable, des performances égales (ou supérieures) peuvent être atteintes en utilisant à bon escient les capacités des opérateurs et en particulier celles qui ont trait à :

- . l'adaptabilité aux changements immédiats de l'environnement,
- . l'anticipation des conséquences de ces changements,
- . l'expérience des précédents.

Il est donc nécessaire lors de la conception ou de la modernisation de systèmes de production automatisés d'envisager le rôle des opérateurs en exploitant au mieux ces facultés.

De plus, la recherche de ce rôle oblige les concepteurs à tenir compte de l'environnement humain et culturel de l'entreprise, aspects bien plus importants dans le contexte de ces projets que les aspects techniques¹.

Il a été constaté que l'émergence de "règles informelles" était nécessaire au bon fonctionnement des organisations [CRO 89] et que l'autonomie était, elle aussi, (un mal) nécessaire pour permettre l'auto-adaptation [ERS 88].

Il est apparu également indispensable de coordonner ces règles informelles et ces centres d'autonomie, qui, livrés à eux-mêmes, pouvaient induire des phénomènes très perturbateurs quant à l'atteinte des objectifs d'un système de production [TER 92].

Des dangers induits par l'autonomisation existent en effet.

Le plus important résulte des habitudes et de la perte de mémoire sur les conditions qui ont présidé à l'établissement d'un certain nombre de règles et de fonctionnements. On assiste souvent à un empilage de fonctionnements qui n'ont plus leur raison d'exister car les causes originelles ont disparu. Il faut donc régulièrement effectuer une remise en cause en fonction des objectifs, des performances, des contraintes venant de l'environnement ou des choix stratégiques de l'entreprise.

¹ De nombreux échecs sont dus simplement à des sauts trop rapides en technologie (il est difficile de rattraper vingt ans d'immobilisme technique en deux ans de mutations accélérées) ou à des blocages engendrés par des fonctionnements trop différents de la situation initiale.

Le deuxième danger est créé par la dérive de fonctionnement plus ou moins consciente, parfois issue du problème précédent. Pour combattre cette tendance, il faut périodiquement recalibrer les fonctionnements par rapport aux cadres de décision réellement alloués aux opérateurs.

Ces dangers sont d'autant plus conséquents qu'ils concernent l'esprit humain, souvent très long à "reprogrammer" comme l'illustrent les difficultés et les temps de changements de "culture d'entreprise".

I-3. Conséquences sur le système de décision

Classiquement, l'engagement des ressources constitutives d'un système de production implique une hiérarchisation de centres de décision (figure 1) qui permet, depuis la définition du plan prévisionnel de production, l'élaboration des ordres d'exécution intervenant en temps réel sur la partie opérative.

Chaque centre de décision établit, en fonction de consignes en provenance du niveau supérieur, d'informations de suivi et dans le respect de contraintes de son cadre de décision, les ordres destinés au niveau inférieur. Au plus bas niveau est située la partie opérative.

Prenons en compte l'opérateur intervenant au niveau du système physique mais dans un cadre d'évolution aménagé et ergonomiquement étudié. L'organisation adaptée du poste permet de libérer en partie cet opérateur des préoccupations directement liées au poste et autorise un accroissement de ses performances sensorielles.

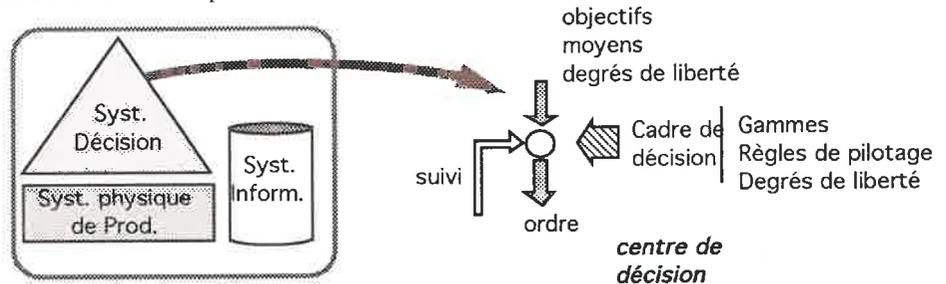


Figure 1

Cette disponibilité¹ peut alors être "récupérée" pour l'impliquer à d'autres tâches : responsabilisation en contrôle, analyse de situations, aide à la décision, pour fournir des données particulières ou contribuer aux actions de décision. L'opérateur peut être intégré au système de décision.

La prise en compte d'opérateurs dans le cadre d'autonomisation considéré dans ce papier correspond à une décentralisation ou délocalisation des centres de décision avec le transfert de décisions sur un dernier niveau déporté dans la partie opérative et en prise directe avec les ressources correspondantes.

Ainsi, des sous-ensembles du système physique (couples opérateur-équipement) deviennent des centres de décision à part entière.

Cette extension (figure 2) permet de s'appuyer sur les potentialités des opérateurs en matière d'observation, analyse et décision et d'intégrer leur "réactivité" à celle du système d'exploitation. Les possibilités de surveillance et de contrôle sont étendues. De même, certains principes de "régulations" peuvent être envisagés en mode local (affectations de charges, routages,...).

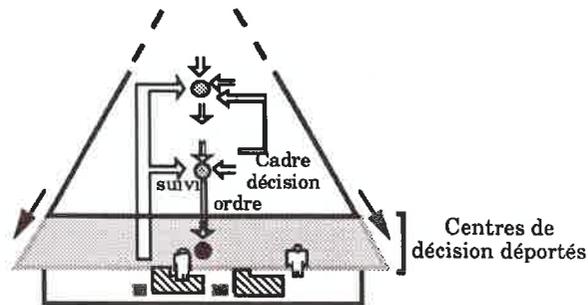


Figure 2

¹ Habituellement, lorsqu'un opérateur est intégré à une structure de production automatisée, c'est pour s'inscrire le plus souvent dans un cadre d'actions entraînant sa mobilisation totale pour l'exécution des tâches de base qui lui sont confiées.

La gestion des situations d'exception (modes de marche dégradés, modes de pannes) est améliorée dans cette architecture. Le dernier niveau de décision possède en effet des facultés spécifiques propices au traitement de ces modes d'exception.

Ce sont :

- . les procédures de saisie qui offrent une dynamique d'adaptation à la forme de collecte des informations et à la nature de celles-ci,
- . le cadre de décision qui intègre parfaitement les particularités locales et les règles de métier mises en oeuvre ; il permet de pallier la déficience des niveaux supérieurs dans l'élaboration des consignes précises (ou non ambiguës),
- . la réalisation des ordres qui respecte également les exigences essentielles du temps réel.

Les différents noeuds ou interfaces sont des lieux de transfert d'informations entre les fonctions de décision. Là encore, l'engagement d'opérateur peut être primordial pour collecter, traiter, analyser, interpréter et faire converger vers les centres de décision ces informations.

Bien sûr, ceci ne peut avoir d'intérêt effectif que dans le cadre d'une reconsidération totale du mode de conduite qui intégrera cette potentialité d'emploi de l'opérateur et d'un renforcement de la capacité d'adaptation du poste de travail.

Dans ce cadre, les prises de décision effectuées par l'opérateur permettront des gains de réactivité, en particulier lors de l'apparition d'aléas et dans le cas de production "d'exception", situations pour lesquelles l'ensemble des informations n'est pas disponible. Vouloir amener un système automatisé à prendre de telles décisions conduirait généralement, si des solutions techniques et économiques étaient envisageables, à des temps de réaction trop longs vis à vis des besoins de réaction.

Les gains de réactivité se traduisent directement sur les délais de réponse d'une entreprise à ses clients.

Par ailleurs, le temps de mise en oeuvre de l'autonomisation est plus court que celui de systèmes automatisés, en particulier pour ce qui concerne les aspects de réglage, mises au point et certitude d'avoir vérifié le comportement du système pour l'ensemble des situations possibles.

Outre les gains de réactivité, l'autonomisation permet également d'obtenir des gains économiques au niveau des investissements et du fonctionnement.

Entre deux solutions fonctionnellement équivalentes, l'une automatisée et l'autre faisant appel à un fort degré d'autonomisation, il est fréquent de constater des rapports d'investissement allant de 5 à 10 en faveur de l'autonomisation. C'est par exemple le cas de l'implémentation d'une fonction transitive en atelier où est substitué à un robot embarqué, spécifié pour assurer des opérations de précision (positionnement de pièces,...) et engagé aussi pour le transport entre machines, une solution associant une ressource banalisée (chariot,...) dédiée au transport et un équipement assisté par opérateur pour la mise en position (manipulateur,...).

Il en est de même des coûts d'exploitation, dans la mesure où la sophistication des systèmes automatisés entraîne, d'une part, des actions de maintenance importantes et, d'autre part, bien souvent, des arrêts de production qui se répercutent directement sur les coûts des produits.

II. Mise en oeuvre

Les actions à mener pour introduire l'autonomisation dépendent du cadre du système physique et de la volonté de ses responsables. Ces actions auront bien évidemment une influence importante sur l'organisation du système de décision aux niveaux les plus proches du terrain ; pour que cette organisation décisionnelle soit efficace, il faudra également mettre en place des solutions adaptées tant pour le système physique que pour le système d'information [PRO 92].

II-1. Cadre de l'autonomisation

Il est difficile de lier précisément les types de production et l'intérêt d'autonomisation. Diverses expériences que nous avons menées permettent cependant de dégager au moins deux cas typiques dans lesquels il est intéressant de laisser une large autonomie à des opérateurs. Il s'agit :

. des situations à flux complexes :

l'autonomisation peut intervenir soit pour des raisons techniques (pour éliminer, par exemple, de grandes longueurs de convoyeurs à multiples aiguillages), soit pour des raisons de pilotage des flux (pour traiter des gammes ou des affectations machines variables selon l'état du produit),

. des situations à fortes contraintes techniques (au niveau du process) :

l'autonomisation est introduite soit pour des raisons de faisabilité (parfois rentabilité, comme le positionnement très précis d'articles sur des machines dans le cadre de petites séries), soit pour des raisons de fonctionnement en mode dégradé très fréquent (dérives dues à des usures d'outils) ou très pénalisant (entraînant, par exemple, le blocage de machines).

Bien que l'on ait souvent opposé autonomisation et automatisation, il est clair que ces deux approches sont complémentaires. Encore vécue comme une conséquence de non rentabilité, cette complémentarité doit devenir une action volontariste de recherche d'efficacité.

Les liens entre ces deux approches doivent être envisagés dès le début des phases d'étude d'un projet de conception ou de modernisation d'une unité de production et non pas a posteriori, suivant la logique d'action où l'une des approches viendra corriger les déficiences constatées de l'autre.

Dans tous les cas, cette étude doit être entreprise en comparant des solutions intégrant l'ensemble des composantes techniques, de gestion, de réactivité et d'évolutivité du système de production, liées à des équipements plus ou moins automatisés et aux apports des capacités humaines¹.

Les deux exemples réels et très différents présentés dans le tableau 1 illustrent les solutions adoptées par les concepteurs de ces systèmes industriels. Dans les deux cas, un degré élevé d'automatisation était techniquement envisageable mais conduisait à d'importants investissements. Aussi, l'intégration des opérateurs dans le processus a été pensée dès les phases de conception de façon à en optimiser le fonctionnement global.

Dans le premier exemple, le choix d'autonomisation est une conséquence directe du coût très élevé de l'automatisation du stockage et de la préparation de commande des articles à forte rotation. Il a donc fallu rechercher d'autres solutions en utilisant les capacités de mémoire et d'organisation des opérateurs, alliées à une rapidité d'exécution assurée par des solutions techniques adaptées au niveau du système d'information et du système logistique.

Dans le deuxième exemple, le choix relève d'une volonté des responsables de l'entreprise. Des solutions plus automatisées pouvaient être mises en place, avec une rentabilité à court terme plus élevée si seuls étaient pris en compte les aspects production/productivité. Par contre, cet intérêt de l'automatisation poussée diminue si l'on envisage d'autres aspects comme :

- le saut technologique très important à faire accepter aux opérateurs et à leur mode de fonctionnement,
- les problèmes de prise en compte de l'état des outils,
- les importantes et fréquentes perturbations de priorité entre les commandes ou sur leur contenu,
- l'évolutivité dans un environnement très concurrentiel,
- le transfert des opérateurs vers des activités de programmation (CFAO, imbrication,...).

C'est pourquoi dans ce cas, il a été envisagé dès le départ des solutions faisant intervenir fortement les capacités humaines pour les comparer, sur les critères pré-cités, à des solutions très automatisées.

¹ Il faut remarquer également que si la démarche est volontariste, le concepteur possède plus de degrés de liberté car les choix décisionnels laissés à l'opérateur interfèrent fortement avec les solutions techniques envisageables.

	Automatisation	Autonomisation
<p>Exemple 1 Entreprise de distribution de livres 100 000 références, 1 million de livres en stock) Spécificité : Produits à longue durée de vie (pour certains articles) Délai de réponse aux commandes < 4 heures Objectif : Minimiser le temps de cycle Optimiser les ressources</p>	<p>Automatisation complète du stockage et de la préparation des commandes d'articles à faible rotation <i>Commentaire :</i> <i>Le traitement manuel des articles de cette catégorie entraînerait des recherches longues, des temps de déplacement importants et serait source d'erreurs, et de fatigue.</i></p>	<p>Responsabilisation des opérateurs pour gérer le stockage et le picking des articles à forte rotation (35 % des références) <i>Commentaire :</i> <i>Le fort renouvellement de ces articles permet à l'opérateur d'organiser à la fois la zone de stockage dont il est responsable et son travail pour servir les demandes . Il est impératif cependant de l'assister par un système d'information indiquant les urgences présentes et à venir (en terme de commandes à servir), les priorités entre les commandes (en cas de ruptures),...</i></p>
<p>Exemple 2 PME de sous traitance de plèrie (fabrication et assemblage) Spécificité : Grande variété de références (3000) Réponse rapide au niveau clients (3 à 5 jours) et production (< 3 semaines) Objectifs : Assurer la réactivité, Diminuer les en-cours</p>	<p>Automatisation partielle des moyens de flux et des équipements <i>Commentaire :</i> <i>L'automatisation permet de diminuer la trop grande latitude de choix des opérateurs pour l'affectation des produits sur les machines,</i></p>	<p>Responsabilisation des opérateurs pour gérer les flux des produits et les affectations sur les équipements <i>Commentaire :</i> <i>L'autonomisation apporte :</i> - une meilleure vision des flux et des files d'attente devant les postes, - un choix pour l'affectation plus cohérente par rapport aux objectifs de l'entreprise et non plus en fonction des habitudes ou d'une vision parcellaire des flux</p>

Tableau 1

II-2. L'organisation des systèmes de décision

Les deux exemples illustrent également les deux principales organisations possibles pour des systèmes de décision dans le cadre de l'autonomisation¹ et les systèmes d'information nécessaires pour que ces organisations obtiennent les performances attendues. Ces deux types d'organisation conduisent :

- soit à délocaliser les décisions en conservant les principes d'organisation hiérarchisée du système décisionnel,
- soit à décentraliser les décisions et à donner à chaque centre de décision les moyens de s'auto-coordonner par rapport aux autres et en fonction d'objectifs généraux.

Délocalisation des décisions

Dans le premier exemple du tableau 1, le transfert de décision à des niveaux de terrain correspond à une solution très classique de délégation et de transmission d'objectifs de plus en plus fins, en réduisant le nombre de variables de décision tout en augmentant le degré de précision des actions associées à chaque type de décision.

Les opérateurs ont la liberté d'organiser leur travail et d'intervenir sur le stockage mais ils ne peuvent avoir d'actions directes sur les flux car ceux-ci sont liés à des contraintes et des objectifs externes à leur activités. Ainsi, ils ne peuvent bloquer une commande incomplète, ne connaissant à leur niveau ni le nombre de manquants qu'il y aura à la fin de la préparation, ni le seuil de manquants admis par le client ou encore les relations commerciales de l'entreprise avec le client.

Dans une telle configuration, l'opérateur ne "voit jamais plus loin" que le sous ensemble physique dont il est responsable comme, à d'autres niveaux, le chef d'équipe ou le responsable d'atelier.

La majorité des applications "Juste à Temps" relèvent de ce principe au niveau des décisions "opérateurs" concernant les flux de production, le Kanban étant un exemple presque caricatural [HUT 89].

La coordination entre centres de décision est alors réalisée par rapport aux résultats de chaque centre, ce qui freine la dynamique décisionnelle basée sur des événements passés et fait attendre presque systématiquement, lors de perturbations du cadre de décision, des modifications de ce cadre en provenance du niveau de décision supérieur.

¹ Les solutions techniques adaptées sont fortement dépendantes du degré de l'autonomisation et, liées à la réalisation de fonctions secondaires, suivent les choix d'organisation du système décisionnel.

Pour que ces organisations atteignent les objectifs demandés, il est souvent nécessaire de réaliser des réunions de coordination dont le but est d'établir un dialogue rapide, moins formel entre les responsables et les opérateurs. Un tel fonctionnement n'est cependant réellement acceptable que lorsque la périodicité et l'horizon des décisions sont suffisamment importants par rapport à la fréquence des perturbations ou au temps de réponse des activités physiques.

Décentralisation des décisions

Dans ce type d'organisation, les décisions sont décentralisées mais à l'intérieur d'un cadre global, valable pour un ensemble de centres de décision.

Toute l'organisation repose sur la coordination des centres entre eux et sur la cohérence de chaque décision "indépendante" par rapport aux objectifs de l'ensemble. Cela nécessite pour chacun de piloter chaque sous ensemble physique en fonction des réactions et des besoins prévisibles des autres centres. Il faut donc :

- un cadre global qui fixe les limites de décision du groupe,
- la possibilité pour chaque centre d'évaluer les conséquences de ses choix sur les autres,
- des indicateurs adaptés.

La coordination est établie a priori ; elle est basée sur un comportement envisageable pour les autres centres de décision, eux-mêmes réactifs par rapport aux choix de l'un d'entre eux. Des limites sont évidemment à fixer pour éviter les "bouclages" ou la génération de décisions contraires à l'objectif général de l'unité de production.

Pour le premier exemple, une telle organisation ne pouvait être envisagée en raison des contraintes externes et de l'organisation des flux. Par contre, dans le deuxième exemple, l'opérateur peut, lorsque survient une défaillance d'équipement :

- modifier la priorité des lots,
- utiliser l'équipement au ralenti, pour certains articles,
- bloquer l'utilisation de l'équipement et alerter la maintenance,
- dérouter partiellement certains ordres de fabrication vers d'autres équipements/opérateurs.

Indirectement encore, lorsqu'un composant prend du retard sur une machine, l'opérateur chargé de la réalisation d'un autre composant entrant dans le même ensemble peut en retarder la production.

Bien sûr, pour effectuer ces choix, il faut avant tout connaître le degré de possibilité de défaillance de l'équipement.

II-3. L'aménagement des postes

Dans les deux types d'architectures considérés précédemment, le système d'information et le système physique étaient tous deux dépendants des choix d'organisation. Cependant, les fonctions à assurer par les moyens associés sont bien différentes. En effet, l'opérateur intervient dans la première architecture comme une cellule unitaire répondant aux objectifs assignés par un niveau supérieur qui gère directement l'ensemble des cellules alors qu'il intervient, dans le deuxième cas, en coopération avec d'autres cellules dans un cadre général fixé par le niveau supérieur.

Pour le système d'information.

De nombreux aspects techniques sont à considérer. Cependant, dans tous les cas le problème peut être abordé :

- . d'abord, par rapport aux traitements qui permettront à l'opérateur d'envisager les conséquences de ses décisions (soit à son niveau de centre de décision, soit pour l'ensemble),
- . ensuite, par rapport à la détermination des indicateurs qui permettront d'appréhender rapidement la situation générale du groupe de centres de décision auquel il appartient,
- . enfin, par rapport à la définition des données nécessaires à l'accomplissement des traitements.

Pour l'environnement physique.

Là encore, plusieurs voies sont possibles selon le système considéré. Cependant, dans tous les cas, le problème peut être considéré :

- . d'abord, par rapport aux possibilités de décisions et d'actions de l'opérateur sur les composantes du sous ensemble physique dont il est responsable et de ses liaisons avec les autres centres de décision (deuxième type de structure),
- . ensuite, par rapport à la réalisation de l'association [opérateur-équipement] avec l'application d'une étude ergonomique assurant une optimalité de cette association,
- . enfin, par rapport à l'intégration du couple [opérateur-équipement] au système de production, avec une étude ergonomique et technique permettant une optimisation de l'autonomisation par les formes d'engagement vis à vis des fonction d'information, de décision, ...

Conclusion

La recherche de réactivité des équipements industriels n'est pas un problème récent et les diverses avancées de l'automatisation n'ont pas toujours apporté les meilleures réponses. Les propositions faites dans cet article sur l'exploitation d'une certaine forme d'autonomisation des postes de travail devraient favoriser les caractéristiques de réactivité des systèmes.

Au lieu de percevoir la présence d'opérateur comme un frein à la performabilité sur système, elle apparaît comme un atout majeur pour la réalisation de la réactivité dans l'entreprise.

Globalement, l'application de ce concept d'autonomisation doit apporter :

- . une amélioration des conditions de travail d'opérateur par une meilleure ergonomie des postes où il intervient,
- . une plus grande implication d'opérateur sur ces postes dans des rôles responsabilisants avec un renforcement stratégique des interfaces pour la conduite du système,
- . une meilleure maîtrise dans le choix du niveau d'automatisation à atteindre pour le système avec la réalisation d'une adéquation en autonomisation, automatisation et satisfaction des objectifs de réactivité.

Enfin cette approche doit permettre de concilier progrès techniques et progrès social.

La productique, synonyme d'automatisation, de robotisation et d'informatisation des usines, est souvent associée à l'image d'une dégradation sociale avec la suppression d'emplois.

L'autonomisation des postes, telle qu'elle est présentée ici, doit corriger cette image.

Cette approche rejoint d'autres courants d'évolution de plus en plus tournés vers la pleine intégration de l'homme, associé (et non plus opposé), au système. La présence de l'homme dans le système de production est acquise et son rôle est précisé par un meilleur appui des techniques sur ses facultés d'analyse et sa capacité à décider.

Bibliographie

- [AHM 94] : M. S. AHMED, J.A.G KNIGHT, H. S. ABDALLA, Global Concurrent Engineering, Intelligent Manufacturing Systems, IMS'94, (IFAC) Vienne, 1994.
- [ALD 90] : M. ALDANONDO, B. GRABOT, A.E.K. SAHRAOUI, D. NOYES, Dependability and fault tolerance concepts for monitoring transportation system in FMS", 5th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics, Baden Baden, Août 1990.
- [CRO 89] : M. CROZIER, Apprendre le management post-industriel, Inter Editions, Paris, 1989.
- [JAG 93] : P. JAGOU, Concurrent Engineering, Hermes, Paris, 1993.
- [TER 92] : G. DE TERSSAC, P. DUBOIS, Les nouvelles rationalisations de la production, CEPADUES, 1992.
- [ERS 88] : J ERSCHLER, G. de TERSSAC, Flexibilité et rôle de l'opérateur humain dans l'automatisation intégrée de production, Rapport LAAS N° 88137, Mars 1988.
- [EVR 93] : C. EVRAERE, Indicateurs de gestion et autonomie : Vers une coordination des résultats, Revue de l'AFGI N°4/ 1993.
- [GAS 89] : R.GASKINS, M.TANCHOCO, AGVSim2 : A development toll for AGVS controller design, International Journal of Production Research, 1989.
- [PRO 92] : G. PROBST, O. BRUGGIMANN, J-Y MERCIER, A. RAKOTOBARISON, Organisation et management, tomes 1,2 et 3, Editions d'organisation, 1992.
- [GUH 93] : S. GUHA, W. J. KETTINGER, J.T. TENG, Business Process Re-engineering: Building a comprehensive Methodology, Information Systems management, 1993.
- [HUT 89] : D. HUTCHINS, Le juste à temps, AFNOR, 1989.
- [KAS 90] : M.KASP, M.TANCHOCO, Optimal flow path design of unidirectional AGV systems, International Journal of Production Research, 1990.
- [LAU 91] : C LAURGEAU, Historique et état de l'art de l'automatisation de la production", Revue Française de Gestion Industrielle, pp.5-32, n°2, 1991, Dunod.
- [SHI 87] : S SHINGO, Le système SMED, Les Éditions d'Organisation, 1987.
- [SOH 92] : G. SOHLENIUS, Concurrent Engineering, Annals of the CIRP, Vol 41, n°2, 1992.