

BIBLIOTHÈQUE

DEC 31 1985

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
MONTREAL

EPM/RT-85-30

TRANSPORT EN ATELIER FLEXIBLE:

Paramétrage du cahier des charges de chariots automoteurs

PAR:

BERNARD (FROMENT), agrégé préparateur
Ecole Normale Supérieure de Cachan

DIANE (RIOPEL), ing. M.Sc.A.,
Associée de recherche
Département de génie industriel
Ecole Polytechnique de Montréal

SEPTEMBRE 1985

DON

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à exprimer leurs remerciements à Messieurs L. Villeneuve, directeur du département de génie industriel de l'École Polytechnique de Montréal et P. Bourdet, directeur du Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée de l'École Normale Supérieure de Cachan qui ont permis, par leur action conjointe, la coopération entre ces deux institutions et par conséquent la rédaction de ce rapport technique.

Il ne peut être passé sous silence la collaboration de Messieurs M. Bosom et J.J. Lesage pour la rédaction du cahier des charges initial, ni celle de M. G. Timon en ce qui concerne l'élaboration de la partie commande du système de transport de LURPA.

Tous droits réservés. On ne peut reproduire ni diffuser aucune partie du présent ouvrage, sous quelque forme que ce soit, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'auteur.

Dépôt légal, 3e trimestre 1985
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada

Pour se procurer une copie de ce document, s'adresser au:

Service de l'édition
École Polytechnique de Montréal
Case postale 6079, Succursale A
Montréal (Québec) H3C 3A7

Compter 0,05\$ par page (arrondir au dollar le plus près), plus 1,50\$ (Canada) ou 2,50\$ (étranger) pour la couverture, les frais de poste et la manutention. Régler en dollars canadiens par chèque ou mandat-poste au nom de l'École Polytechnique de Montréal. Nous n'honorons que les commandes accompagnées d'un paiement, sauf s'il y a eu entente préalable, dans le cas d'établissements d'enseignement ou d'organismes canadiens.

TABLE DES MATIERES

	PAGE
REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES	ii
INTRODUCTION	1
<u>CHAPITRE 1:</u> Un cahier des charges pour chariots automoteurs	2
1.1 Introduction	2
1.2 Préalables à la rédaction du cahier des charges	2
1.3 Structure du cahier des charges	3
1.4 Conclusion	4
<u>CHAPITRE 2:</u> Les paramètres du cahier des charges	5
2.1 Introduction	5
2.2 Le circuit	5
2.2.1 Caractéristiques physiques	5
2.2.1.1 Poste d'échange	5
2.2.1.2 Tracé préliminaire	5
2.2.1.3 Longueur de piste	5
2.2.2 Choix technologique	6
2.2.2.1 Nature du guidage	6
2.2.2.2 Mode de dialogue	7
2.3 Les chariots	8
2.3.1 Caractéristiques physiques	8
2.3.1.1 Capacité de transport	8
2.3.1.2 Largeur	8
2.3.1.3 Longueur	8
2.3.1.4 Hauteur	9

TABLE DES MATIERES (suite)

	PAGE
2.3.2	Caractéristiques de déplacement 9
2.3.2.1	Sens de marche 9
2.3.2.2	Vitesse 9
2.3.2.3	Précision de guidage 10
2.3.2.4	Précision d'arrêt 10
2.3.2.5	Type de freinage 10
2.3.3	Fonctionnement 11
2.3.3.1	Modes de fonctionnement 11
2.3.3.2	Recharge de batteries 11
2.3.3.3	Contraintes environnementales 11
2.3.4	Sécurité 12
2.3.4.1	Signalisation 12
2.3.4.2	Arrêt sur obstacle 12
2.3.4.3	Débordement de la zone balayée 12
2.3.4.4	Clef de contact 12
2.3.5	Maintenance 14
2.4	La manipulation des charges 14
2.5	Le système de commande 15
2.5.1	Logiciel de gestion 15
2.5.2	Diagnostics 16
2.5.3	Structure de la commande 16
2.5.3.1	Architecture générale 16
2.5.3.2	Répartition des fonctions 17
2.5.4	Compatibilité 17
2.5.4.1	Dialogue entre systèmes de gestion 17
2.5.4.2	Standardisation du matériel 17

TABLE DES MATIERES (suite)

	PAGE
2.6 Les spécifications contractuelles	18
2.7 Conclusion	18
<u>CHAPITRE 3:</u> Le cahier des charges du système de transport de LURPA	19
3.1 Introduction	19
3.2 Le circuit	19
3.3 Les chariots	20
3.4 La manipulation des charges	23
3.5 Le système de commande	24
3.6 Les spécifications contractuelles	24
3.7 Conclusion	24
CONCLUSION	25
BIBLIOGRAPHIE	26

INTRODUCTION

Ce rapport technique fait suite à une réflexion sur l'expérience qu'a vécue l'équipe responsable de l'implantation de chariots porteurs automoteurs au Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (LURPA) de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, France.

La réalisation de l'atelier automatisé flexible de LURPA comporte un système de manutention sans intervention humaine entre les différents postes de travail et le magasin qui lui aussi est automatique.

Pour spécifier aux différents constructeurs de véhicules automoteurs industriels les caractéristiques nécessaires, un cahier des charges a été élaboré. Il a permis d'amorcer un dialogue pour obtenir des soumissions et faciliter les choix éventuels.

Le cahier des charges, qui est proposé ici, se veut le plus dissocié possible du cas particulier d'application de LURPA pour servir éventuellement de guide d'élaboration à tout projet d'atelier flexible.

CHAPITRE I

UN CAHIER DES CHARGES POUR CHARIOTS AUTOMOTEURS

1.1 INTRODUCTION

Le cahier des charges est un document décrivant sans ambiguïté ni omission le rôle, les performances, les limites et les critères économiques d'un équipement ou d'un produit à réaliser (1). Il sert de base et de réglementation au dialogue entre les fournisseurs, concepteurs et utilisateurs de l'équipement concerné. A ce titre, il doit s'agir d'un document clair et précis car si son aspect premier est technique, il peut aussi être utilisé à des fins économiques, commerciales voire juridiques en cas de litige.

Les chariots automoteurs ne sont pas des équipements standards. Il faut, de façon générale, procéder à des soumissions auprès des divers constructeurs. Le cahier des charges, élément de base du dossier de soumission, doit être rédigé sans idée préconçue sur la technologie de réalisation (2). Pour ce faire, il sera nécessaire de l'établir sans l'aide des constructeurs mais seulement par consultation entre le concepteur de l'atelier automatisé et son futur utilisateur.

1.2 PREALABLES A LA REDACTION DU CAHIER DES CHARGES

Avant d'aborder la rédaction du cahier des charges, il est nécessaire de cumuler un certain nombre de données pour dimensionner les paramètres et spécifier les caractéristiques :

- les dimensions géométriques et les poids de tout ce qui sera transporté (produits, outils, outillages, etc. ...)
- la taille des séries de production
- les gammes de fabrication
- les temps d'opération
- les caractéristiques physiques des cellules à desservir.
- les caractéristiques des interfaces mécaniques des postes d'échange pour la pose et dépose des charges.

La bonne adaptation des chariots à l'atelier automatisé n'est obtenue qu'au prix d'une parfaite maîtrise de toutes ces informations.

1.3 STRUCTURE DU CAHIER DES CHARGES

Le cahier des charges pour chariots automoteurs sans conducteur s'articule autour de cinq points principaux:

1. le circuit
2. les chariots
3. la manipulation des charges
4. le système de commande
5. les spécifications contractuelles

1. Le circuit:

Dans cette section, les caractéristiques physiques sont spécifiées par le nombre de postes à desservir, un tracé préliminaire servant d'élément de base à la discussion, sa longueur ainsi que certains choix technologiques sur la nature du guidage et le lieu de dialogue.

2. Les chariots: cinq rubriques sont détaillées

- les caractéristiques physiques
- les caractéristiques de déplacement
- le fonctionnement
- les sécurités
- la maintenance

3. La manipulation des charges:

C'est à l'intérieur de cette section qu'il est décrit le choix technologique servant à manipuler les charges.

4. Le système de commande:

Le logiciel de gestion, la structure de la partie commande, des diagnostics à inclure sont décrits ainsi que les besoins en compatibilité avec les autres systèmes de commande et de gestion.

5. Les spécifications contractuelles:

Ici sont mentionnées toutes les demandes relatives aux documents à fournir, aux garanties, aux délais, aux modalités de réception, de paiement et du service après-vente.

1.4 CONCLUSION

Ce chapitre a présenté le bien fondé d'un cahier des charges lors de l'achat d'un système de transport par chariots automoteurs sans conducteur. Pour faciliter son élaboration, le texte qui suit propose la description de chaque paramètre et une méthodologie à suivre lors de leur quantification.

CHAPITRE 2

LES PARAMETRES DU CAHIER DES CHARGES

2.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre, les différents paramètres du cahier des charges des chariots porteurs et non tracteurs sont présentés un à un et explicités. Des indications générales sont données à titre de guide pour permettre de les quantifier. Celles-ci utilisent des éléments qui interviennent dans différents projets d'automatisation du transport.

2.2 LE CIRCUIT

2.2.1 Caractéristiques physiques

2.2.1.1 Poste d'échange

La pré-étude fournit l'implantation détaillée de l'usine incluant la liste de tous les équipements nécessaires à la production. Avec ces renseignements, il est simple de dénombrer tous les postes qu'il faut desservir sans oublier les postes de service (attente, maintenance, recharge

2.2.1.2 Tracé préliminaire

Lors de la préparation du plan de l'atelier, il a fallu établir la matrice des fréquences de déplacement entre les postes de travail. Elle résume tous les déplacements de matières qui contribuent à l'avancement des produits. En plus de ces renseignements, il faut y joindre les déplacements de tout ce que les chariots auront à transporter tels que les outils, les montages d'usinage, etc. A l'aide de ces diverses compilations, il est possible d'établir un tracé du circuit des chariots. Ce plan sera sujet à modification car il faudra vérifier sa cohérence avec le mode de gestion du parc chariots et les espaces nécessaires pour les virages, aiguillages, etc.

2.2.1.3 Longueur de piste

Pour une première estimation du matériel et des risques de saturation du circuit, il est nécessaire de fournir un ordre de grandeur de la longueur totale de piste. Celui-ci est établi d'après le tracé préliminaire.

2.2.2 Choix technologique

2.2.2.1 Nature du guidage (3) (4) (5)

Guidage par rail: ce principe bien connu est très fiable car le guidage est physique, mais il pêche par son encombrement au sol (surface non lisse) et son manque de flexibilité de reconfiguration.

Guidage optique : le chariot détecte et suit grâce à des cellules photoélectriques une bande peinte ou collée sur le sol. Ceci impose un sol relativement propre et en cas de demande d'arrêt à tout instant, un système de liaison supplémentaire. Par contre, la mise au point et la reconfiguration du circuit sont simples et rapides.

Guidage par comptage sur les roues : des capteurs mesurent la rotation des roues et permettent ainsi de calculer en permanence la position du chariot. Le manque de fiabilité dû aux glissements non détectés fait défaut et ne permet que de courts déplacements. Ce type de guidage est le plus flexible car il ne demande aucune infra-structure au sol.

Guidage par triangulation laser : le chariot mesure sa position par rapport à des "balises" fixes dans l'atelier. Ce principe, de grand avenir, n'est pas encore commercialisé.

Guidage par télémétrie acoustique : la position est mesurée par rapport à des "balises" à l'aide de télémètres ultrasonores. De même, ce type de matériel est encore au stade expérimental.

Guidage électromagnétique par procédé passif : des bobines détectent une bande métallique au sol grâce aux courants de Foucault qu'elles y ont induit. La présence d'un morceau de métal par terre perturbe ce système d'où son absence en France des ateliers de mécanique.

Guidage électromagnétique par procédé actif : des bobines détectent un fil enterré parcouru par un courant alternatif. La fiabilité de ce principe compense la difficulté de reconfiguration principalement lorsque la modification n'a pas été prévue à l'implantation.

2.2.2.2 Mode de dialogue

Le dialogue entre le système de commande au sol et le chariot peut se faire suivant différents modes:

- dialogue permanent
 - . liaison radio bidirectionnelle: elle présente une souplesse très importante mais manque de fiabilité en milieu industriel à cause des perturbations importantes dûes aux machines-outils.
 - . liaison par modulation infrarouge ou ultra-sonore: la directivité de ce type de liaison en réduit l'utilisation à la transmission d'information dans le sens chariot-sol, avec une fiabilité à prouver pour des émissions de grande portée.
 - . liaison par couplage électromagnétique avec le fil de guidage: cette liaison limitée au cas des chariots filo-guidés est d'une mise en oeuvre complexe au niveau des protocoles de dialogue.

L'ensemble de ces liaisons par leur caractère continu, nécessite l'adjonction de "balises" pour localiser chacun des chariots afin d'effectuer la gestion de la circulation.

- dialogue en zones localisées
 - . liaison hertzienne par boucle inductive: cette liaison réservée à la transmission sol-chariot, est généralement utilisée en complément de la modulation infrarouge ou ultra-sonore. Elle nécessite l'implantation d'un fil dans le sol autour de chacune des zones de dialogue.
- dialogue ponctuel
 - . dialogue par liaison infrarouge: la liaison par émission-réception infrarouge est effectuée en des points précis, la faible distance entre émetteur et récepteur assure un dialogue efficace.
 - . dialogue par couplage électromagnétique: la liaison s'effectue lors du passage des chariots au-dessus de bobines implantées dans le sol. Elle est très fiable et la présence de travaux au sol est compensée par l'utilisation possible de ce même système pour positionner le chariot lors de son arrêt.

Les trois derniers procédés cités ne permettent pas de donner une information au chariot à tout instant, celui-ci doit donc avoir une certaine autonomie de décision (par exemple: arrêt lors de détection d'obstacles ou de sortie de piste,...).

2.3 LES CHARIOTS

2.3.1 Caractéristiques physiques

2.3.1.1 Capacité de transport

Il est très souvent difficile de déterminer dans un projet quelle sera la charge maximale à transporter. Il faut l'estimer en considérant le cas de figure le plus lourd et en approximer le plus fidèlement possible le poids. Dans le cas d'une entreprise d'usinage, c'est souvent le transport des montages d'usinage qui comporte les charges les plus importantes. La charge est alors constituée d'un plateau de transport, de la palette d'usinage nantie des éléments nécessaires au positionnement et au bridage des pièces. Le plus souvent les montages sont transportés avec la pièce bridée.

Le nombre de trajets à vide, par conséquent le nombre de chariots nécessaires peut être minimisé par l'embarquement simultané de plusieurs charges. Il faut dans ce cas ne pas oublier de multiplier le poids unitaire estimé par le nombre de charges embarquées.

2.3.1.2 Largeur

La largeur d'un chariot est directement reliée à la nature des objets qu'il a à transporter. Dans le cas d'un atelier automatisé flexible d'usinage, ces objets sont essentiellement des pièces, des montages d'usinage et des outils.

Pour déterminer la largeur maximale des chargements, il faut prendre en considération les divers supports de transport, sachant qu'il est nécessaire de standardiser les surfaces fonctionnelles à vocation manipulation et centrage, et par là même les dimensions générales. Il est recommandé que les objets transportés ne débordent pas du chariot. Ainsi tous les mouvements sont faits en toute sécurité. La largeur à considérer est donc celle de l'enveloppe spaciale de l'ensemble des charges.

A cette largeur, il faut ajouter la dimension d'un système de sécurité, exemple: la détection d'obstacle par pare-chocs rétractables. Cette dimension totale devient la borne inférieure de la largeur du chariot.

2.3.1.3 Longueur

La longueur minimale du chariot est celle de la (des) charge(s) transportée(s), souvent majorée de la dimension du (des) organe(s) de détection d'obstacle (pare-chocs).

Il faut tout de même noter que cette seule borne inférieure ne sera pas toujours suffisante. Dans la définition du chariot, certains organes mécaniques au niveau des postes desservis peuvent éventuellement entraîner des limitations de longueur ou de dépassement par rapport aux charges.

2.3.1.4 Hauteur

La hauteur du chariot est reliée à la solution technologique de manipulation des charges. Il faut examiner tous les postes à desservir et identifier les hauteurs extrêmes. S'il y a différentes hauteurs, celles-ci pourront être compensées par un système de levage incorporé au chariot. Il ne faut pas oublier lors du calcul de la ou des hauteurs requises (une maximum et une minimum) de soustraire s'il y a lieu les systèmes de centrage et de translation, etc qui peuvent se situer entre le chariot et la charge.

2.3.2 Caractéristiques de déplacement

2.3.2.1 Sens de marche (marche avant ou avant/arrière)

Ce paramètre demande une analyse de la configuration du circuit qui tient compte des gammes de fabrication des produits et de l'espace disponible. Un chariot avec seulement une marche avant requiert un circuit bouclé. Il est recommandé d'avoir alors prévu des voies de dégagement aux postes à desservir pour éviter des goulots d'étranglement.

Les chariots avec marche avant et marche arrière sont recommandés lorsqu'il y a peu d'espace disponible car dans ces cas, les circuits comportent fréquemment des stations en impasse. Pour desservir deux postes dont la localisation n'est pas dans le sens privilégié du circuit, cette technologie est avantageuse: les temps de déplacement sont réduits grâce à l'utilisation des circuits à double sens de circulation. De plus, les circuits peuvent être ouverts.

Dans certaines configurations, des postes d'échange sont accessibles seulement grâce à un mode de marche latéral. Ce type de déplacement est possible, mais généralement évité à cause de sa complexité.

2.3.2.2 Vitesse

La fonction transport n'apporte pas à un produit une valeur ajoutée directe, mais elle est généralement nécessaire. Lorsqu'elle ne peut être évitée, ses inconvénients doivent être minimisés par des temps de déplacement les plus courts possibles.

Pour spécifier une vitesse, il faut tenir compte des forces d'inertie dans les virages, des accélérations et décélérations maximum admissibles afin que les déplacements s'effectuent en toute sécurité. Il est recommandé de fournir un tableau spécifiant les temps de déplacements désirés entre tous les points à desservir.

Il est souhaitable que les chariots se déplacent le plus rapidement possible, les limites indiquées pouvant être asservies à la nature de la charge transportée. La diversité des fonctions à remplir par le chariot (déplacement, approche de poste, ...) peut justifier l'emploi de plusieurs vitesses de déplacement, voire une variation continue pour s'adapter aux problèmes mécaniques.

2.3.2.3 Précision de guidage

Les erreurs dans le suivi de la trajectoire augmentent avec la vitesse de translation (malgré un réglage optimum des asservissements). Cependant, le chariot passe parfois très près des machines ou des postes d'échange.

Cet environnement impose donc une borne supérieure au défaut de guidage admissible.

2.3.2.4 Précision d'arrêt (longitudinale et transversale)

Ce paramètre est fixé par les divers équipements d'interface. La valeur est en relation avec leur flexibilité pour réceptionner les éléments transportés.

2.3.2.5 Type de freinage

La législation française n'a pas encore émis de normes concernant les systèmes automatiques à chariots sans conducteur, mais le syndicat des industries de matériels de manutention de France (SIMMA) (6) suggère des règles de sécurité à suivre. Il recommande un freinage de type positif, c'est-à-dire que l'absence de commande de traction conduit toujours à l'immobilisation du véhicule. Ainsi, en cas de sortie de piste, d'absence d'ordre ou d'énergie le chariot s'arrête systématiquement.

2.3.3 Fonctionnement

2.3.3.1 Modes de fonctionnement

Comme dans tout système automatisé, la mise au point, la maintenance et les dépannages requièrent des modes de fonctionnement différents.

Le minimum confortable est:

- un mode automatique : obéissance au système de commande
- un mode manuel assisté: suivi d'un fil de guidage, mais obéissance à un opérateur.
- un mode manuel : toutes commandes manuelles

2.3.3.2 Recharge des batteries

Lorsque les chariots sont automoteurs, leur source d'énergie est un ensemble de batteries rechargeables. Trois principes de recharge s'affrontent: la recharge quasi-continue par "biberonnage" à chaque poste d'arrêt, la recharge ponctuelle à intervalles plus importants et l'échange des batteries. Le choix dépend plus des habitudes du fournisseur que de critères technologiques.

Dans le cas du biberonnage il faut préciser le taux de fonctionnement désiré c'est-à-dire le pourcentage du temps total passé en mission (déplacement ou échange à un poste), et la durée des arrêts aux postes.

Dans les autres cas, l'expression du taux de fonctionnement doit être complétée par le temps minimum entre deux recharges (souvent associé aux horaires des équipes)

2.3.3.3 Contraintes environnementales

Le milieu industriel est souillé au sol par les lubrifiants, les copeaux, les traces de pneus, la poussière, etc. Les chariots doivent fonctionner efficacement avec un certain niveau de souillure sur la piste. En absence d'un ratio qui quantifie le taux de salissure acceptable, il est d'usage de décrire les conditions de bon fonctionnement à l'aide du coefficient d'adhérence, de la rugosité de la piste, de la hauteur des obstacles permanents à franchir, des températures ambiantes, des pentes de la piste. Car le chariot doit avoir une bonne répétabilité de trajectoire et de déplacement malgré les conditions industrielles. Les dérapages en virages et les glissements lors des freinages sont inadmissibles.

2.3.4 Sécurité

2.3.4.1 Signalisation

Le déplacement de chariots dans un atelier impose la cohabitation avec l'homme même dans le cas d'atelier automatisé. Bien que les chariots soient équipés pour détecter et donc éviter les chocs avec les objets ou le personnel autorisé, il convient d'attirer l'attention des personnes présentes de l'arrivée d'un engin automatique par un feu, voire un signal sonore fonctionnant lorsqu'il y a mouvement.

2.3.4.2 Arrêt sur obstacle

Ce paramètre a pour but d'éviter tout choc. La distance d'arrêt du chariot doit toujours être inférieure à la distance de détection du dispositif à contact ou de proximité. Celle-ci est donc déterminée dans les conditions les plus défavorables: pleine charge, vitesse maximale et adhérence réduite.

Pour obtenir une sécurité optimale vis-à-vis du personnel circulant sur le site, le système de détection a avantage à être:

- doublé afin de pallier aux pannes de capteur
- capable d'arrêter le moteur d'avance du chariot même en cas de panne du système de commande.

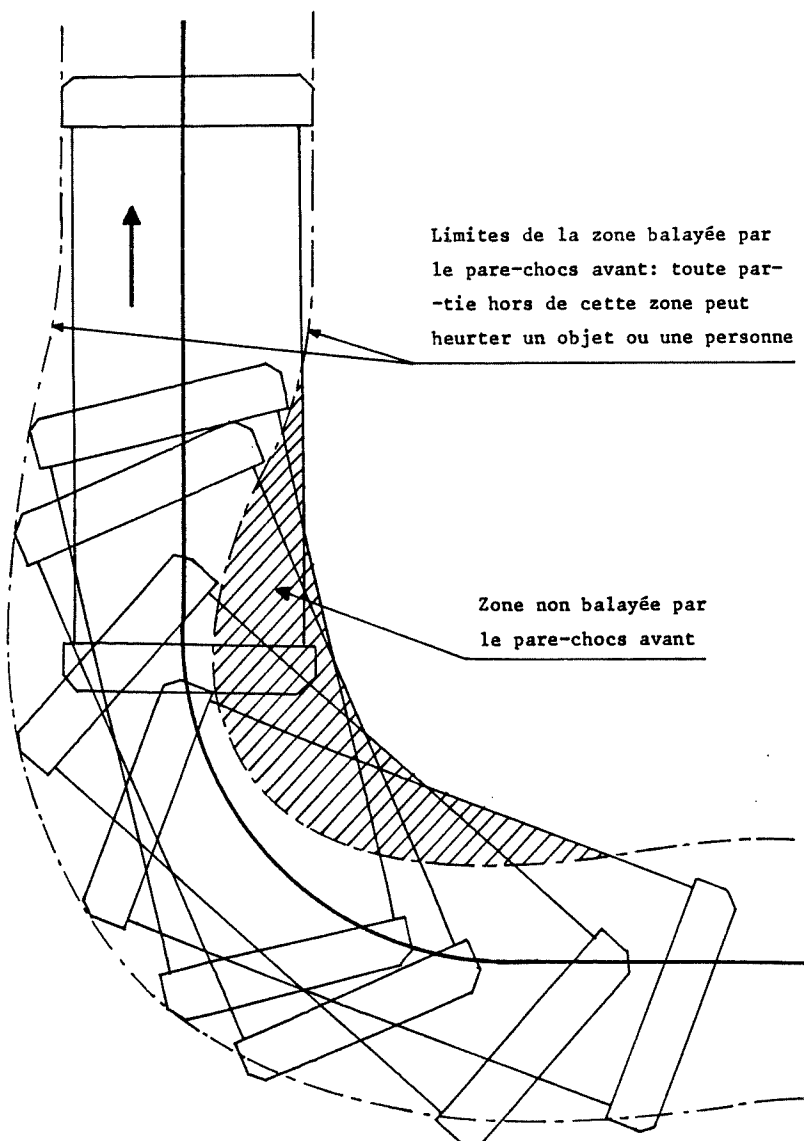
2.3.4.3 Débordement de la zone balayée

Il faut vérifier les inconvénients et dangers qui découlent du fait qu'un chariot déborde de la zone balayée par son système de détection d'obstacle. Ce genre de situation risque de se présenter en virage, s'il n'est pas équipé de système de détection latérale (voir figure 1).

2.3.4.4 Clef de contact

De manière générale, sur tout système dont le maniement demande certaines connaissances, la mise sous tension et l'utilisation sont assujettis à une clef, les limitant ainsi au personnel dûment autorisé.

FIGURE 1



2.3.5 Maintenance

Le principal élément de maintenance à effectuer sur les chariots est l'entretien des batteries. Pour les autres interventions, il est très délicat de développer les contraintes à imposer car elles sont intuitives. Voici tout de même les grands axes qui peuvent être développés:

- facilité et rapidité des opérations d'entretien
- accessibilité des organes dits "fragiles"
- standardisation des éléments pour stock minimum
- nécessité d'un poste d'arrêt spécifique à la maintenance qui peut être séparé de ceux de recharge
- établissement d'un cahier de maintenance
- formation du personnel de maintenance

De plus, les prévisions de maintenance sont très délicates à faire car il s'agit de nouvelles technologies sur lesquelles les entreprises possèdent peu d'expérience.

2.4 LA MANIPULATION DES CHARGES

La manipulation des charges dépend directement de l'accessibilité aux postes d'échange. Dans tous les cas, il y a des déplacements horizontaux et verticaux qui peuvent être faits soit par le chariot, soit par le poste ou encore par un élément intermédiaire.

Les solutions les plus couramment retenues sont:

- l'ascenseur : le chariot passe sous la charge et la soulève avec une course limitée.
- les fourches: lorsque la charge est à une position inférieure à la hauteur du chariot. Les fourches peuvent être situées sur toutes les faces du chariot. Ce mécanisme permet des différences de hauteur plus importantes que l'ascenseur.
- les rouleaux: lorsque l'accessibilité aux postes ne permet pas que le chariot se glisse sous la charge, cette solution est retenue. Elle requiert une cinématique importante à tous les postes d'échange.

Les solutions technologiques adoptées pour cette manipulation au niveau des interfaces permettent alors de définir la nécessité et le rôle exact des accessoires montés sur le chariot.

Sont ici décrits les principes et les caractéristiques des équipements à fournir par le constructeur des chariots, ou les contraintes d'adaptabilité d'éléments extérieurs. Selon la solution technologique adoptée, il faut vérifier si elle n'entraîne pas des modifications à la quantification des caractéristiques physiques des chariots.

2.5 LE SYSTEME DE COMMANDE

2.5.1 Logiciel de gestion

Le but premier du logiciel de gestion est évidemment d'organiser la circulation et commander les chariots de façon que la tâche demandée soit effectuée le plus efficacement possible: choix des vitesses, gestion des conflits, ... Les ordres d'affectation peuvent être fournis par clavier ou de façon automatique. Le logiciel aura à communiquer avec les autres parties commandes de l'atelier.

Celui-ci doit entre autre permettre au personnel de surveillance et de maintenance d'avoir accès à un certain nombre d'opérations plus ou moins élémentaires depuis le poste de commande (clavier):

- déplacement entre postes
- synchronisation du cycle d'interface à un poste
- condamnation d'une partie de circuit
- modification de paramètres de fonctionnement
- mise en ou hors service d'un chariot
- etc...

Enfin, la gestion des informations visualise suivant la demande:

- l'état général du système
- l'état d'un chariot, d'un plot de dialogue,...
- les statistiques de fonctionnement
- les diagnostics éventuels
- etc...

Sont ici énumérées les principales fonctions permettant d'utiliser avec aisance un système de transport, les fonctions de diagnostic étant précisées ci-après.

2.5.2 Diagnostics

Le bon fonctionnement de l'ensemble et de ses sécurités requiert la vérification périodique d'un certain nombre d'éléments, notamment:

- le niveau de charge des batteries, afin de gérer le parc chariots et les cycles de recharge ou d'échange de batteries.
- les organes de sécurité (détection d'obstacles, suivi de piste,...) de manière à prévenir les accidents dus à leur défaillance.
- le système de commande et de gestion par lui-même par des procédures d'auto-diagnostic pour faire appel au personnel.
- les erreurs de parcours, qu'elles soient dues à des erreurs d'aiguillage ou à des sorties de piste pour intervenir le plus rapidement possible.
- ...

Pour attirer l'attention du personnel, la détection d'une défaillance enclanche une alarme visuelle et sonore.

Il ne faut pas oublier de compléter la demande de diagnostic d'une anomalie par les précisions concernant la procédure d'intervention.

2.5.3 Structure de la commande

2.5.3.1 Architecture générale

La structure tant logicielle que matérielle de la commande d'un système aussi complexe que le transport dans un atelier flexible dépend du contexte de l'utilisation et de la vie de l'ensemble.

La taille de ces installations, et donc des systèmes de commande, nécessite une structure modulaire. Cependant dans le cas d'automatisation partielle d'usine, les possibilités d'extension ultérieure ou de raccordements à d'autres ensembles requièrent un système ouvert, tant sur le plan matériel que logiciel.

2.5.3.2 Répartition des fonctions

Le dilemme permanent centralisation-distribution des tâches doit ici à nouveau être résolu. Il faut peser les avantages, et inconvénients de chacune des solutions et choisir en tenant compte des problèmes très particuliers de la communication dans ce cas, dus à l'aspect généralement ponctuel des échanges.

D'une façon générale - et sauf cas particulier ou contre-indication spécifique - les fonctions seront décentralisées et embarquées au maximum, de façon à assurer une autonomie optimale en cas de panne de liaison ou du système central.

2.5.4 Compatibilité

2.5.4.1 Dialogue entre systèmes de gestion

Du fait même de sa présence au sein d'un système plus complexe, le système de commande des chariots de transport devra communiquer avec d'autres ensembles informatiques.

Il est donc indispensable de prévoir à l'avance quelles seront les liaisons, et aussi sous quelle forme les informations devront être échangées. Il est prudent de vérifier concrètement la faisabilité de ces liaisons: une "liaison standard" n'est pas synonyme de liaison immédiatement réalisable.

2.5.4.2 Standardisation du matériel

Le problème de la transmission des informations avec les autres parties commandées étant résolu, il est toutefois important pour une entreprise de standardiser le matériel qu'elle possède surtout pour du matériel de haut niveau technologique.

Il sera ainsi préférable, en ce qui concerne les automates programmables et les ordinateurs, d'homogénéiser les fournisseurs afin de simplifier les problèmes de formation du personnel et de maintenance (contrats globaux de coût inférieur).

2.6 LES SPECIFICATIONS CONTRACTUELLES

A l'intérieur de cette section, toutes les spécifications contractuelles sont décrites. Elles ont trait aux:

- plans, devis à fournir...
- garanties de fonctionnement
- modalités de réception
- conditions et modalités de paiement
- délais de livraison
- services après-ventes relatifs aux garanties, aux contrats de maintenance etc.

Ces items ont intérêt à être clairs car ce seront ces textes qui feront foi en cas de litige.

2.7 CONCLUSION

Ce chapitre a présenté les paramètres les plus courants d'un cahier des charges de chariots automoteurs porteurs. La rédaction d'un tel cahier n'est pas chose facile. Elle requiert une excellente connaissance du projet d'automatisation: partie opérative et partie commande. C'est à ces conditions que les spécifications du système de transport seront bien adaptées.

CHAPITRE 3

LE CAHIER DES CHARGES DU SYSTEME DE TRANSPORT DE LURPA

3.1 INTRODUCTION

Ce dernier chapitre présente le cahier des charges qui a été élaboré par le Laboratoire Universitaire de Recherche en Production Automatisée (LURPA) de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, France. Il voit le cheminement parcouru par les responsables pour la quantification et la spécification de tous les paramètres.

3.2 LE CIRCUIT

L'atelier automatisé flexible en réalisation par les chercheurs de LURPA est destiné à la sous-traitance de mécanique générale. Il comprend:

- une cellule de fraisage
- une cellule de tournage
- une cellule de mesure
- une cellule de préparation manuelle des pièces, montages et outils
- une cellule de lavage
- un magasin
- une extension prévue pour une deuxième cellule de fraisage

Ces cellules sont respectivement desservies par 3,2,3,4,2,4,3 postes, soit un total de 21 postes.

Le tracé préliminaire (voir figure 2) a été étudié de façon à dégager une zone centrale de toute installation de manipulation ou transport. Cette solution procure au personnel un accès aux machines pour réaliser sans encombre et sans souci d'un environnement hostile les opérations de réglage, mise au point et maintenance.

Après une étude du marché concernant les principes de guidage, en ayant écarté les solutions non fiables et celles n'offrant pas une flexibilité suffisante, deux options ont été jugées recevables: le guidage optique ou le guidage électromagnétique par procédé actif.

Le procédé de guidage devra fonctionner efficacement malgré la présence d'une armature métallique dans le sol en béton de l'atelier, situé à 40 mm de la surface.

Le choix du mode de dialogue s'est orienté vers un dialogue ponctuel, car il représente actuellement le meilleur compromis fiabilité - simplicité de mise en oeuvre. Cependant, pour ne pas grèver l'efficacité du système de transport, il faut que les chariots n'aient pas de distances importantes à parcourir pour s'enquérir d'informations nouvelles. Chaque cellule de travail doit donc posséder au moins un point de dialogue, ce qui représente un minimum de sept lieux de dialogue pour l'ensemble de l'atelier.

3.3 LES CHARIOTS

La capacité de transport a été établie dans le cas d'une charge constituée d'une palette d'usinage avec un montage particulier. Ce type de charge contient:

- un plateau de transport estimé à près de 30 kg;
- une palette d'usinage de 70 kg;
- un montage avec des éléments standards pouvant aller jusqu'à 150 kg

De plus, il faut compter un module de translation pour la manipulation du plateau (voir 3.4) soit un total de 300 kg par charge.

De plus, de façon à limiter le nombre de trajets pour effectuer un travail donné, il a été envisagé la possibilité de transporter deux charges simultanément. En effet, cela permet d'emporter une charge au poste de destination et de ramener au retour celle qui s'y trouvait, le tout en un seul voyage.

Le cahier des charges a décrit les caractéristiques dimensionnelles des chariots pour une et pour deux charges embarquées (voir figure 3).

Pour ce circuit comprenant des tronçons en impasse, il a été exigé qu'ils fonctionnent dans les deux sens de marche avec les mêmes caractéristiques cinématiques.

Le minimum acceptable pour la vitesse nominale a été évalué à 0,75 m/sec, avec la présence obligatoire de vitesses intermédiaires pour les approches de postes et le transport de charges "fragiles".

La faible surface au sol a imposé la nécessité de fixer une limite à l'erreur de suivi de trajectoire car les chariots passent très près de cloisons (salle de mesure, magasin) et de colonnes (soutien des locaux de pilotage en mezzanine).

En ce qui concerne la précision d'arrêt, la borne supérieure dans chacune des directions est déterminée d'après le bilan des dispersions de positionnement de la pose-dépose des charges.

FIGURE 2

PLAN PRELIMINAIRE DE L'ATELIER LUPRA

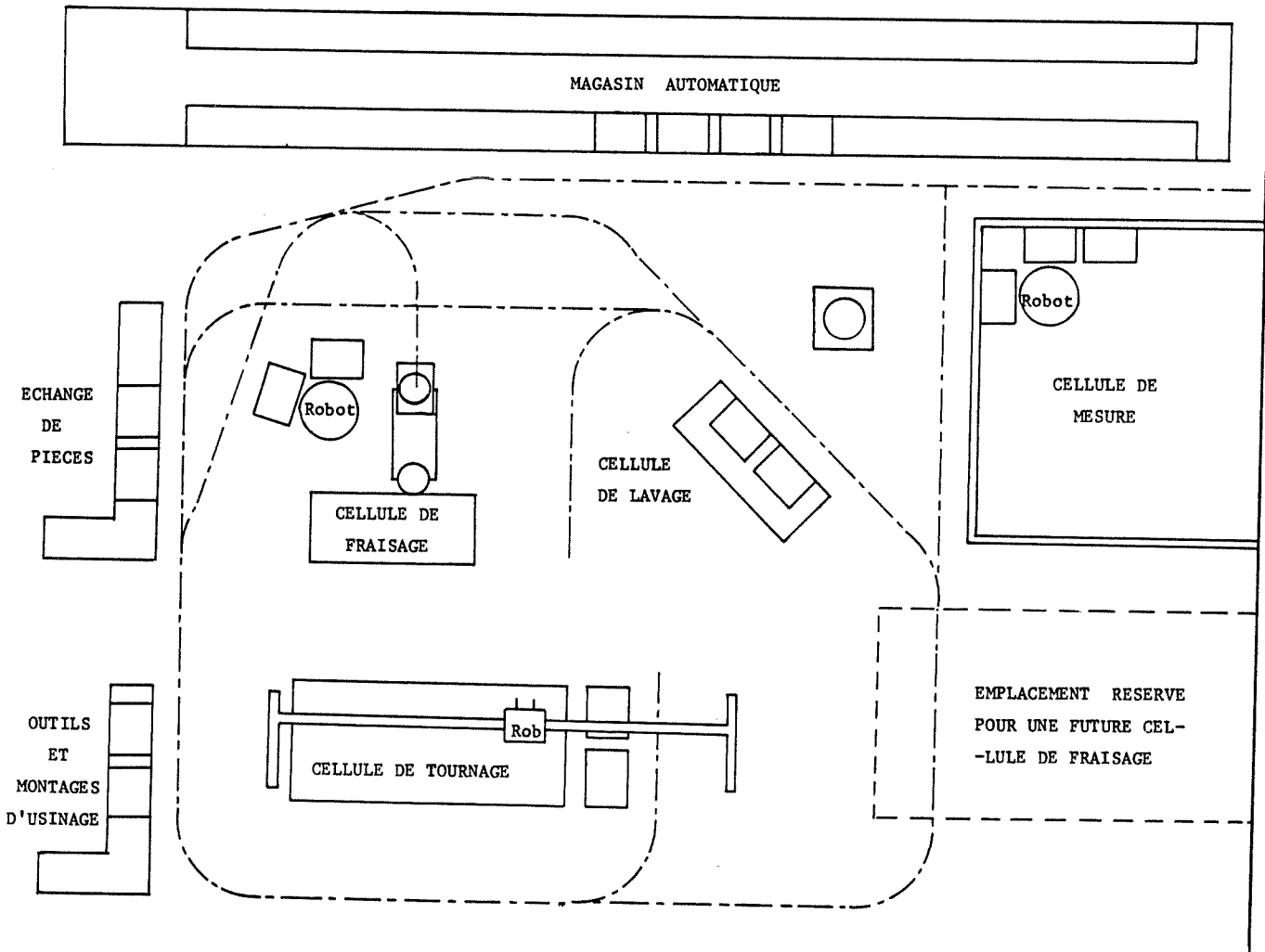
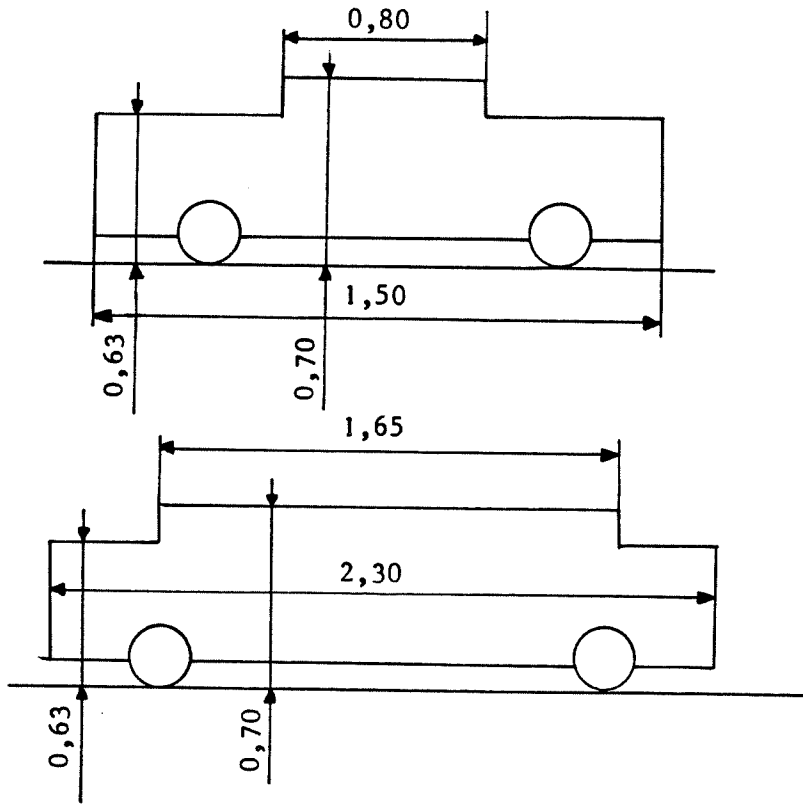


FIGURE 3

TOUTES LES VALEURS INDIQUEES CORRESPONDENT AU MAXIMUM ADMISSIBLE,
EXPRIME EN METRES



L'atelier de LURPA, étant en fait une base de recherche et non un atelier destiné à une production régulière, le temps journalier de travail servant au calcul des besoins en batteries et de leur recharge est de 8 heures avec un taux de fonctionnement estimé à 50%.

Les contraintes de propreté du sol n'ont pu être définies, l'expérience du transport en atelier flexible d'usinage étant trop faible pour pouvoir définir des critères et des seuils admissibles de souillure.

Les indications de fonctionnement et sécurité (freinage, signalisation, détection d'obstacles,...) ont été celles préconisées au chapitre 2.

3.4 LA MANIPULATION DES CHARGES

La synthèse des caractéristiques physiques des postes à desservir a permis de constater que:

- pour certains postes (magasin, machine à mesurer), il est impossible de se glisser dessous, la solution de l'ascenseur se trouve ainsi rejetée;
- certaines cellules comportant plusieurs postes (jusqu'à quatre), la solution de fourches à l'avant n'est pas viable car elle impose autant de voies en impasse que de postes à desservir.;

L'étude s'est orientée vers une dépose latérale des plateaux qui est généralement réalisée par rouleaux ou tapis. Cette solution est d'un prix de revient élevé, la cinématique (rouleaux, tapis) est multipliée à tous les postes d'échange. L'idée a été d'adapter le mode de travail de certains transtockeurs (cycle de levage et translation), permettant ainsi de réaliser des postes d'échange entièrement statiques et économiques. Toute la cinématique est ainsi reportée uniquement sur les chariots.

Le module de transfert de charges, réalisé par le laboratoire est monté sur une plate-forme ascenseur prise en option.

L'utilisation d'un tel système de manipulation des charges nécessite la spécification additionnelle des paramètres:

- limites et précision de la course du système ascenseur
- caractéristiques de la course de levée (parallélisme entre les positions haute et basse, vitesse, forme de la trajectoire)
- caractéristiques de la translation (longueur, ...)
- flèche maximum admissible sous pleine charge à la distance de départ maximum (c'est-à-dire pour un couple de dévers maximum)

3.5 LE SYSTEME DE COMMANDE

Le contexte très spécifique de recherche dans lequel est implanté le système de transport et la présence même d'une compétence informatique importante au sein du laboratoire ont orienté le cahier des charges vers:

- une structure modulaire pour la partie commande;
- un logiciel et une commande souples et modifiables (obligatoire pour essayer de nouvelles stratégies de gestion,...);
- une participation, la plus importante possible du laboratoire à la mise en oeuvre du logiciel de façon à en maîtriser l'évolution.

La cohérence avec le matériel déjà utilisé par ailleurs, oriente vers l'emploi d'automates Télémécanique série TSX60-80-90 ou d'ordinateurs Hewlett Packard série HP1000.

3.6 LES SPECIFICATIONS CONTRACTUELLES

Les particularités des spécifications contractuelles sont dues à la vocation de recherche du laboratoire. Le cahier exige de fournir en plus des plans et devis tous les programmes de pilotage et de gestion embarqués pour éventuellement les modifier. Le constructeur doit aussi inclure toutes les clés d'accès aux divers systèmes.

Quant aux délais et dates de livraison, il a fallu scinder le projet en plusieurs modules pour intercaler les travaux que le laboratoire se chargeait de réaliser tels que le module de translation, l'implantation du circuit, la réalisation du logiciel de gestion.

3.7 CONCLUSION

Les chariots automoteurs doivent répondre aux conditions particulières de chaque application. Ils sont généralement construits sur mesure. Cette conception est relativement longue. Il faut prévoir des délais de livraison importants dans le projet d'automatisation. Lorsque le choix du constructeur est arrêté, il est possible avec les spécifications de compléter la mise au point du tracé du circuit.

CONCLUSION

Le laboratoire de recherche LURPA a tiré de son expérience d'achat et d'implantation d'un système automatique de transport un art de faire. Ce dernier a été analysé, ce qui a permis d'en dégager les principaux paramètres présentés et commentés dans ce rapport technique.

En aucun moment il n'a été fait mention du calcul des besoins en nombre de chariots. Cette détermination, effectuée lors de l'étude détaillée, requiert entre autres les vitesses de déplacement, l'autonomie de fonctionnement, les temps de recharge des batteries, les distances à parcourir qui sont des caractéristiques du chariot et du circuit. Elle dépend aussi du modèle de gestion, des délais d'attente maximum admissibles avant l'exécution d'un ordre, des taux de panne, etc... Des modèles de simulation ont été développés pour répondre à cette question (7) (8) (9).

En ce qui concerne les problèmes humains, non évoqués ici, l'introduction des techniques de pointe comme le transport par chariots automoteurs dans les entreprises exige pour sa réussite un plan de formation très strict. La première étape de sensibilisation doit toucher l'ensemble du personnel afin de ne pas rencontrer d'hostilité formelle. Les étapes suivantes, d'information puis de formation viseront de plus en plus spécifiquement le personnel concerné par l'implantation.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) BLANCHARD, M. "Comprendre, maîtriser et appliquer le Grafcet",
Cepadues Editions, Toulouse, France, 1979, 176 pages.
- (2) SIMOES, E. "Comment établir un cahier des charges".
Electronique applications no. 40, pa 83-87
- (3) TOURMIK, J.L., "Chariots sans conducteurs, La suprématie
du filoguidé"
Industries et techniques, 10-3-1984, pa 48-62
- (4) FERRETI, M., "Automoteurs et transtockeurs, La manutention
robotisée"
Le Nouvel Automatism, avril 1984, p 65-73
- (5) FROMENT, B.; LESAGE J.J., "Productique, les techniques de
l'usinage flexible"
Editions Dunod, Paris, France, 1984, 144 pages
- (6) SIMMA, "Systèmes automatiques à chariots sans conducteurs:
Règles de sécurité"
Paris, 2 pages
- (7) NEWTON, DAVE, "Simulation Model Calculates How Many Automated
Guided Vehicles Are Needed"
Industrial Engineering, Vol 7, No 2, February 1985 p. 68-78
- (8) EGBELU, Puis J., TANCHOCO, José M.A.
"Characterization of automatic guided vehicle dispatching
rules"
International Journal of Production Research, 1984, vol 22, no 3
p. 359-374
- (9) DUFFAU, B. BARDIN, C.,
"Evaluating A.G.V.S. circuits by simulation"
IFSS Conference, Stockholm, 17 octobre 85, à paraître.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00289322 8