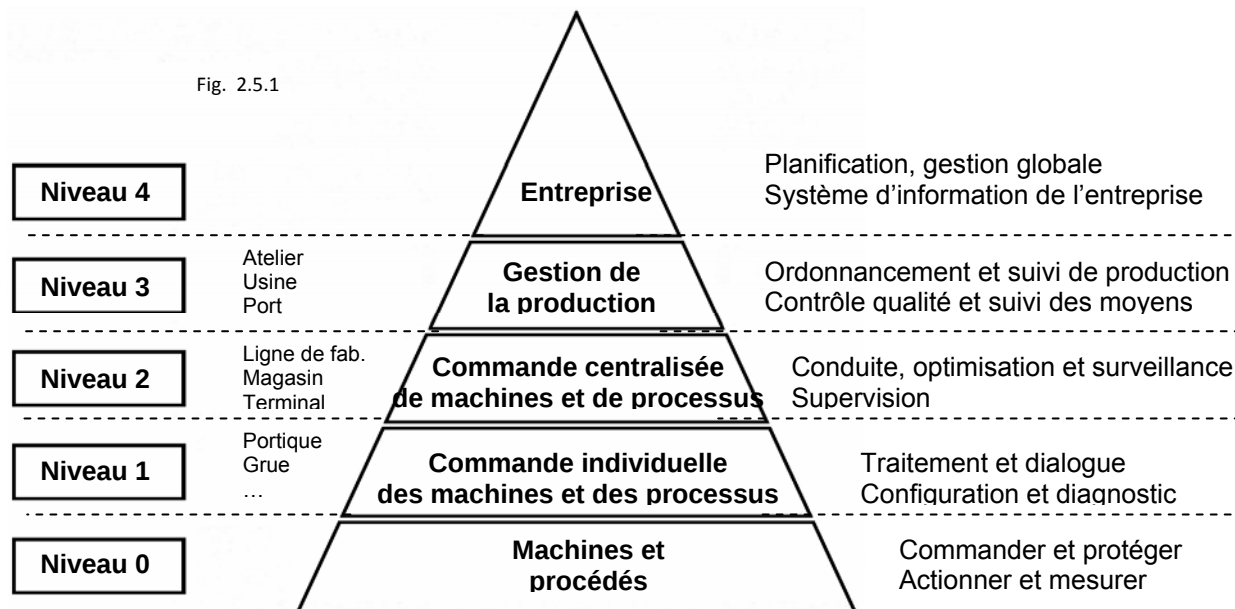


2.5. Structure d'un automate de levage

2.5.1. Généralités

Il est commode de représenter l'architecture hiérarchisée des automatismes en une pyramide constituée de cinq niveaux selon le concept CIM (Computer Integrated Manufacturing). Ce modèle, est également applicable à d'autres domaines tels que la distribution électrique ou le contrôle du bâtiment.



Au niveau d'un système élémentaire, d'une machine de niveau 0, le traitement est de niveau 1.

2.5.2. Structure d'un système automatisé

On distingue dans tout système automatisé, la machine ou l'installation et la partie commande constituée par l'appareillage d'automatisme. Cette partie commande est assurée par des constituants répondant schématiquement à cinq fonctions de base : la détection, le traitement des données, la commande puissance, le dialogue et la communication.

Les constituants d'automatisation sont organisés selon le modèle fonctionnel représenté par la figure ci-dessous :

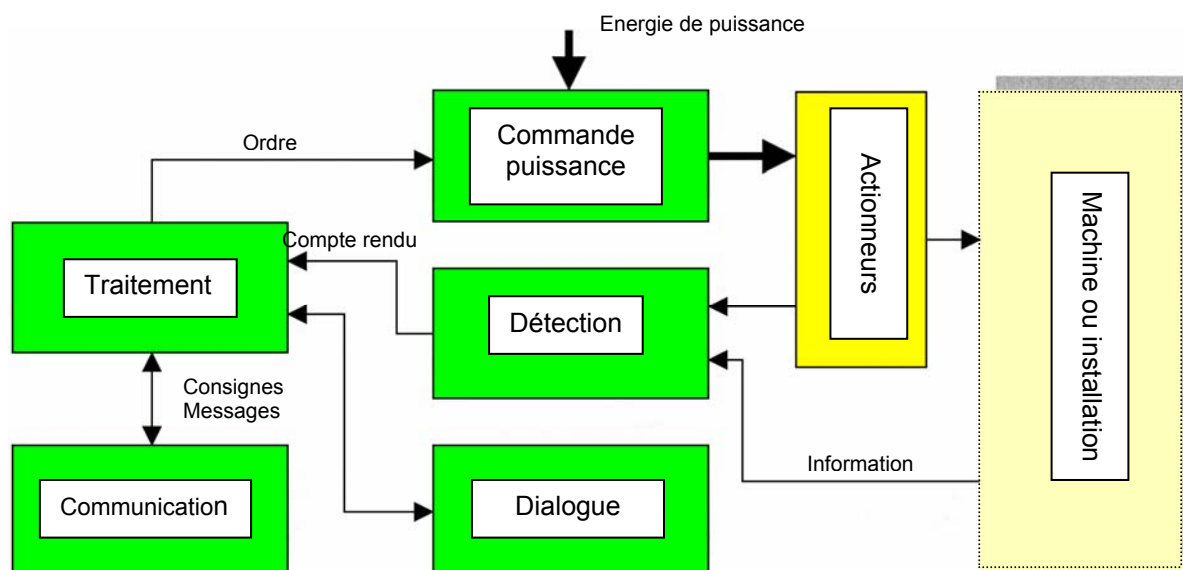


Fig. 2.5.2

2.5.3. Description des fonctions de la partie commande

2.5.3.1. Détection

Cette fonction est réalisée par des capteurs ou des détecteurs qui constituent les principaux constituants des chaînes d'acquisition. Ils assurent le prélèvement des grandeurs physiques concernant le système ou son environnement. Ils permettent également de convertir ces grandeurs afin de transmettre des comptes-rendus vers l'unité de traitement. Ces informations sont en général supportées par des signaux électriques de très basse tension.

Les capteurs les plus courants sont destinés à détecter la présence ou la position des éléments mobiles de la partie opérative.

On utilise principalement :

- les interrupteurs à commande mécanique (fin de course de surveillance des mouvements)
- les détecteurs de proximité inductifs et photo-électriques
- les sélecteurs à vis (fin de course des mouvements verticaux ou des enrouleurs de câbles)
- les interrupteurs à commande mécanique de sûreté (surcourses de sécurité des mouvements)
- les codeurs opto-électroniques incrémentaux ou absolu (contrôle du positionnement)
- les dynamo-tachymétriques (mesure des vitesses des masses en rotation : moteurs, tambours, galets, ...)
- les anémomètres (contrôle de la vitesse du vent des engins fonctionnant en extérieur)
- les thermostats et pressostats pour la sécurité des matériels
- les jauges de contraintes et les cellules de pesage (interdire l'usage des engins au de-là des limites d'emploi)

2.5.3.2. Commande puissance

Les ordres de l'unité de traitement sont transmis aux actionneurs (moteurs, vérins, ...) à travers des organes amplificateurs de puissance encore appelés préactionneurs.

Le choix du système d'entraînement dépend avant tout des caractéristiques recherchées et des conditions d'emploi : la puissance, la vitesse maximale, le couple résistant fonction de la vitesse, la précision de manœuvre exigée, les conditions de démarrage, de freinage, de réversibilité, la synchronisation avec une autre machine, les conditions provenant du réseau d'alimentation, et naturellement le coût d'investissement et d'exploitation.

Les techniques de commande de puissance sont nombreuses et ont beaucoup évoluées au cours des années. Les contacteurs, organes traditionnels de couplage des moteurs au réseau d'alimentation, sont maintenant associés à des dispositifs d'électronique de puissance permettent de mieux résoudre les problèmes tels que :

- Fortes cadences avec vitesses linéaires de déplacement élevées et positionnement précis par micro-vitesse
- Souplesse des mouvements et suppression des a-coups par réglage plus aisé des accélérations et des freinages
- Aide à la conduite par un contrôle en continu de la vitesse des mouvements
- Allègement des structures des machines
- Réduction des usures des composants mécaniques des contacteurs, des garnitures de frein

Grâce au développement constant de l'électronique de puissance nous assistons à la généralisation de l'entraînement des machines par des moteurs asynchrones à cage pilotés par des convertisseurs de fréquence. Néanmoins, les entraînements à vitesse variable des moteurs à courant continu qui, par nature, est une machine à vitesse variable est encore parfois utilisée en particulier pour les mouvements de levage de puissance élevée (> 200 kW).

2.5.3.3. Traitement

L'ensemble des informations en provenance des unités de dialogue, de détection et de communication, est transmis à l'unité de traitement qui élabore les ordres d'action selon une procédure préétablie. Initialement en logique câblée électrique (séquences à relais), elle est réalisée de nos jours au moyen d'automates industriels dont le nombre et l'architecture d'association dépendent de la nature et de la complexité de l'engin de levage considéré.

A partir d'un programme (suite d'instructions codées) préenregistré, l'automate traite les informations, et assure la coordination du système. Différents langages de programmation sont couramment utilisés. Nous citerons quelques exemples :

- Le **langage à contacts** (ladder) est composé d'une suite de réseaux de contacts exécutée de façon séquentielle par l'automate. La représentation se rapproche du schéma électrique conventionnel connu des électriciens.
- Le **langage littéral** adapté à la programmation des fonctions arithmétiques complexes
- Le **langage grafcet** qui permet de décrire de manière simple et graphique la partie séquentielle d'automatismes
- Le **langage liste d'instructions** qui représente sous une forme textuelle (notation booléenne), l'équivalent d'un schéma à relais.

Au de-là des tâches naturelles d'enchaînement séquentiel des opérations qui sont réalisées par les automates programmables, il est important de signaler que de plus en plus les programmes intègrent des logiciels d'aide à la conduite et à la maintenance des engins.

2.5.3.4. Dialogue homme/machine

Le fonctionnement d'un automatisme nécessite toujours un échange d'informations entre l'opérateur et la machine. Les composants utilisés sont très variés. Nous citerons en particulier les boutons, claviers, voyants, écrans.

Ils permettent aux différents intervenants de donner des ordres à la machine et d'être tenu informé en temps réel de son état de fonctionnement. Sur un engin de levage, ces composants sont disposés sur différents pupitres, boîtes ou coffrets répartis en différents endroits de la machine.

On peut citer en particulier :

- *Les postes locaux d'arrêt d'urgence* à coup de poing ou à câble
- *Les postes locaux de commande* à boutons poussoirs tout ou rien ou analogiques
- *La salle électrique* où sont regroupées les unités de traitement et de commande puissance. Les équipements intègrent en particulier, les claviers d'entrées de paramètres et les écrans de contrôle permettant d'effectuer toutes les opérations de maintenance indispensables au fonctionnement de l'engin.
- *Le poste de cabine de conduite* dont l'ergonomie est tout particulièrement soignée pour assurer le meilleur confort de conduite possible au conducteur de l'engin. Le siège a la particularité d'intégrer dans sa structure, de nombreux composants de dialogue boutons, commutateurs, voyants et combineurs.
Par ailleurs des écrans de contrôle permettent d'aider le conducteur dans la conduite de son engin ainsi que dans la recherche de la cause de défaillance en cas d'incident de fonctionnement.

2.5.3.5. Communication

Les moyens de communication sont fondamentaux dans les automatismes modernes de levage car ils assurent les échanges d'informations entre le système et son environnement (échanges d'informations entre niveaux par des réseaux de communication). C'est l'arrivée des automates industriels disposant de protocoles de communication avec les consoles de programmation qui a fait profondément évoluer cette fonction. Les évolutions technologiques ont permis d'augmenter le nombre des services et leurs performances, conduisant aux architectures distribuées via des «bus» qui descendent aujourd'hui vers les capteurs et actionneurs, ce sont les «bus de terrain».

Différents supports physiques existent dont le choix dépend du protocole de communication, des contraintes de l'environnement et des performances attendues.

On peut citer trois grandes familles : à paire torsadée, à câble coaxial, à fibre optique.

Par ailleurs, d'autres systèmes de transmission sont utilisés fréquemment pour les échanges d'informations à distance d'engins mobiles. Nous citerons en particulier les liaisons hertziennes pour les commandes à distance (commande radio) et les liaisons téléphoniques et modem.

2.5.4. Aide à la conduite

L'aide à la conduite des appareils et des installations a pour but d'améliorer la productivité des engins de levage tout en facilitant la tâche des opérateurs. Ceci est assuré :

- Par la **transmission et la mise à disposition de toutes les informations** nécessaires et suffisantes, en temps réel ou non, aux différentes personnes concernées par l'exploitation de la machine. Il peut s'agir par exemple :
 - D'indications sur les positionnements des mouvements, arrêts en fin de course ou sur axes
 - D'indications sur les pesées de charge, sur les débits de matière
 - D'indications sur l'état en cours de cycles automatiques
 - D'animation de synoptiques d'installation sur écran
 - D'échanges de consignes entre plusieurs machines et un poste de commande centralisé
- Par le **calcul des vitesses ou des chemins** obligés pour assurer les commandes manuelles les plus efficaces ou sécuritives possibles. Il peut s'agir par exemple :
 - **Couplage de treuils à tambours indépendants pour benne preneuse**, par une lecture différentielle du positionnement des tambours de suspension et de fermeture et un calcul des consignes de vitesse à appliquer aux variateurs de vitesse de chacun des moteurs d'entraînement.
 - Dispositif d'**anti-ballant de charges pendulaires**, par calcul des accélérations et vitesses horizontales en fonction de la hauteur de la charge.
 - Séquences de **cycles automatiques**, avec optimisation de trajectoire, superposition des mouvements, calcul des vitesses optimales imposées aux mécanismes.
 - **Positionnement automatique** des différents mouvements de ponts roulants avec calcul de trajectoire, points de ralentissement et d'arrêt, ciblage des points d'arrivée à partir d'un poste de commande commun à plusieurs engins.
 - **Sécurité des dispositifs de positionnement**, par recalage ou réinitialisation périodique des mobiles sur des points fixes.
 - Dispositif d'**anti-mise en crabe** des portiques et engins de grande envergure, par rattrapage automatique des palées opposées par une lecture différentielle du positionnement de ces palées.

Tous ces besoins formulés par les utilisateurs font partis des cahiers des charges que doivent respecter les constructeurs des engins de levage. Le caractère répétitif de ces besoins sur les engins similaires, a entraîné le développement de solutions applicatives standardisées par les concepteurs des automatismes de commande.

Initialement réalisées à l'aide de fonctions analogiques et logiques câblées, elles sont aujourd'hui généralement traitées au moyen d'automates programmables, utilisant des logiciels spécifiques. Ce sont des sous-programmes « standards » paramétrables en fonction des spécificités de chaque engin.

2.5.5. Aide à la maintenance

2.5.5.1. Généralités

La disponibilité des installations industrielles est un facteur essentiel de leur rentabilité. La maintenance a pour objectif d'en assurer, au meilleur coût, la disponibilité opérationnelle maximale.

La figure 2.5.3 ci-dessous illustre l'évaluation des coûts (en ordonnée) en fonction des activités de maintenance.

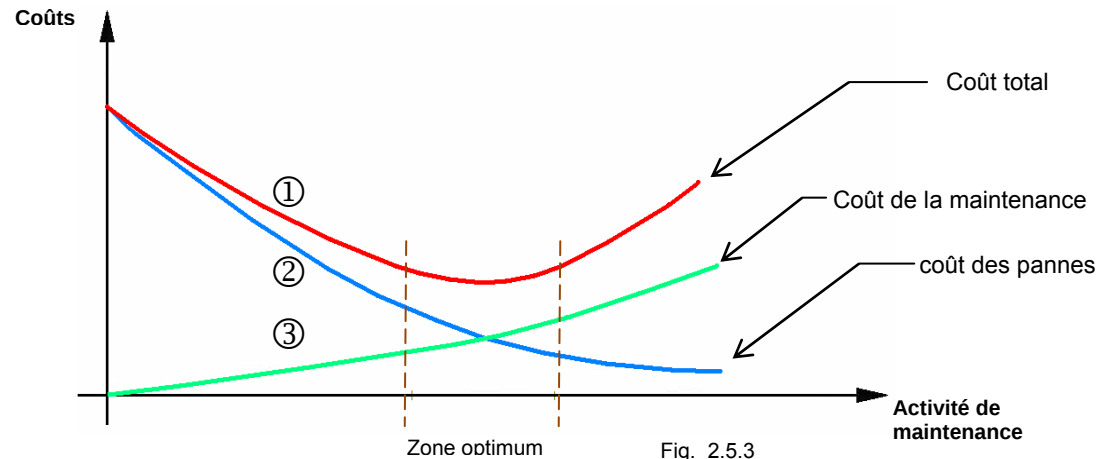


Fig. 2.5.3

On peut définir trois types de pannes :

Les **défaillances précoces**, qu'un déverminage au rodage élimine dans les premières heures de fonctionnement.

- Les **pannes d'usure**, dues à l'âge des équipements que l'on peut prévenir car elles s'accumulent, pour une population donnée, autour de l'âge moyen de l'élément (MTBF).
- Les **défaillances accidentelles** ou aléatoires qui apparaissent pendant la durée de vie utile de l'équipement.

La figure 2.5.4 ci-dessous illustre l'évaluation du taux de pannes (ordonnée) en fonction du temps.

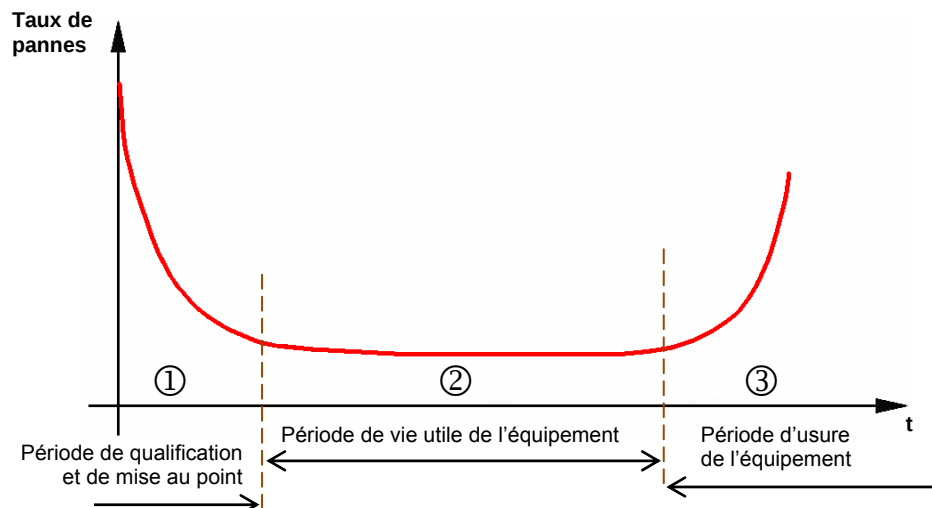


Fig. 2.5.4

Les actions correctives à ces pannes peuvent être classées en deux types :

- La **maintenance préventive** qui consiste à remplacer des éléments et à effectuer toutes les opérations d'entretien pour éviter les pannes d'usure ou les défaillances accidentelles.
- La **maintenance corrective** qui consiste à remettre en état une installation après une panne effective

2.5.5.2. Maintenance préventive

Elle doit être prise en compte dès la conception des engins et des installations par :

- L'augmentation de la qualité des composants identifiés critiques (tri, déclassement, ...),
- La prévoyance de la redondance de certaines fonctions,
- L'amélioration de l'accessibilité et de l'interchangeabilité des éléments critiques,
- La suppression des modes communs de pannes critiques,
- L'organisation d'un stock de pièces de rechange.

Elle nécessite la planification de certaines opérations en cours d'exploitation des engins telles que :

- L'échange systématique de pièces et sous-ensembles : la fréquence de l'opération dépend de l'objectif de disponibilité, et du coût consenti.
Les systèmes conçus à partir d'automates programmables offrent la possibilité de mémoriser et d'éditer des statistiques : c'est le journal de bord.
- La maintenance conditionnelle : elle concerne les prédictions de pannes d'usure ou pannes aléatoires, par dégradation (baisse de performance) elle s'effectue par le biais de mesures, enregistrements et la comparaison de ces résultats avec des valeurs types.

2.5.5.3. Maintenance corrective

Le coût des pannes aléatoires brutales est surtout lié à la durée d'arrêt de l'installation.

Une intervention de maintenance corrective se décompose en différentes étapes :

- La **détection de la panne** : c'est le constat par l'opérateur, soit de l'arrêt du fonctionnement de la machine, soit de la modification non désirée de certaines caractéristiques de l'installation qui est par nature non prévue et préjudiciable à son bon fonctionnement (sécurité des biens et/ou des personnes, performances, ...).
- Le **diagnostic** : il consiste à identifier l'élément défaillant. La durée de l'investigation est aujourd'hui considérablement réduite par l'intégration dans les automatismes des systèmes d'aide au diagnostic informant en clair, sur des écrans de contrôle l'origine de la défaillance. Le système doit fournir différents types d'informations réparties sur des pages d'écran hiérarchisées 'surveillance, alarmes, interdictions, dysfonctionnements, état machine, ...).
- La **recherche de l'élément de rechange** devant être mis en lieu et place de celui défaillant. La disponibilité des éléments de rechange génère un coût d'immobilisation des pièces à comparer avec le coût d'indisponibilité de l'installation lorsque ces pièces ne sont pas disponibles sur le site de l'installation.
- Le **démontage** de l'élément défaillant
- Le **remontage de l'élément de rechange et réglages** éventuels avant reprise effective de la phase de production de l'installation.

Bien que faisant appel aux techniques de traitement et de commande puissance les plus sophistiquées, l'opérateur humain reste un élément clé dont dépend le bon fonctionnement de l'engin. La formation du personnel de conduite et de maintenance reste un critère déterminant pour l'efficacité de l'exploitation optimale de la machine.