



Université Mohamed BOUDIAF - M'sila
Faculté de technologies
Département Génie Electrique

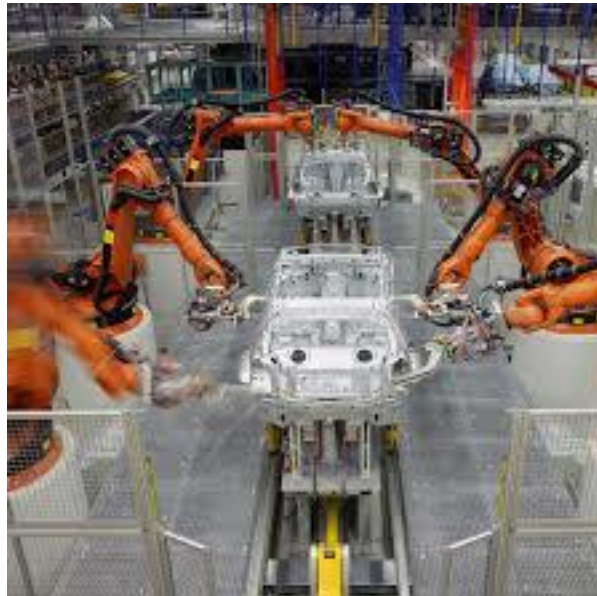


Module : Automatismes

Enseignant : El Oualid. ZOUGGAR

Classe : Master 2 Maintenance Industrielle

Chapitre 1 : Généralités sur les systèmes automatisés



2023/2024

I.	CHAPITRE 01 : Généralités sur les systèmes automatisés.....	4
I.1.	Introduction :.....	4
I.2.	Système automatisé.....	4
I.3.	Automatisation :.....	5
I.4.	Architecture générale des systèmes automatisés :	5
I.5.	Description des différentes parties.....	6
a.	La partie opérative :.....	6
b.	La partie commande :.....	7
c.	La partie dialogue) (L'Interface Homme-Machine (IHM)) :	8
I.6.	Structure fonctionnelle d'un système automatisé :	8
a.	Chaîne fonctionnelle : chaîne d'information et chaîne d'énergie :	8
b.	Structure générale d'une chaîne fonctionnelle :.....	10
I.7.	Constituants de la chaîne d'énergie :	12
a.	Les pré-actionneurs :	12
b.	Les actionneurs :.....	12
c.	Les transmetteurs (ou adaptateurs) :.....	12
d.	Les effecteurs :	12
I.8.	Constituants de la chaîne d'information :	12
a.	Les capteurs :.....	13
b.	Les interfaces homme/machine :.....	13
c.	Les parties commandes :	13
I.9.	Classification des systèmes automatisés :.....	13
a.	Classification suivant le domaine d'application :	13
b.	Classification suivant la nature de la matière d'œuvre :	13
c.	Classification suivant la nature des flux :.....	14
d.	Classification suivant les critères technico-économiques :.....	14
I.10.	Spécification des niveaux du cahier des charges :	14
a.	Définition d'un cahier des charges fonctionnel :	14

b.	Objectifs du cahier des charges fonctionnel :.....	15
c.	Méthodologie du cahier des charges fonctionnel :.....	15
I.11.	Outils de représentation des spécifications fonctionnelles :.....	16
I.12.	Conclusion.....	16

Figure I.1 : Système automatisé industriel d’embouteillage.....	4
Figure I.2 : Procédé automatisé.....	6
Figure I.3: Chaîne d'information.....	9
Figure I.4: Chaîne d'énergie	10
Figure I.5: Structure fonctionnelle d’un système automatisé.	11

I. CHAPITRE 01 : Généralités sur les systèmes automatisés

I.1.Introduction :

Un système est un ensemble organisé d'éléments interagissant entre eux et avec l'extérieur, dans le but de réaliser une fonction bien définie. La fonction globale de tout système est de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matières d'œuvre dans un contexte donnée. Un système de production est dit industriel si l'obtention de cette valeur ajoutée a un caractère reproductible et peut être exprimée et quantifiée en terme économique.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les fonctions globales d'un système automatisé, sa structure et ses différentes parties.

I.2.Système automatisé

Un système automatisé ou automatique est un système réalisant des opérations et pour lequel l'homme n'intervient que dans la programmation du système et dans son réglage. Les buts d'un système automatisé sont de réaliser des tâches complexes ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches pénibles ou répétitives ou encore gagner en efficacité et en précision.

La figure suivante présente un exemple d'un système automatisé industriel d'embouteillage.

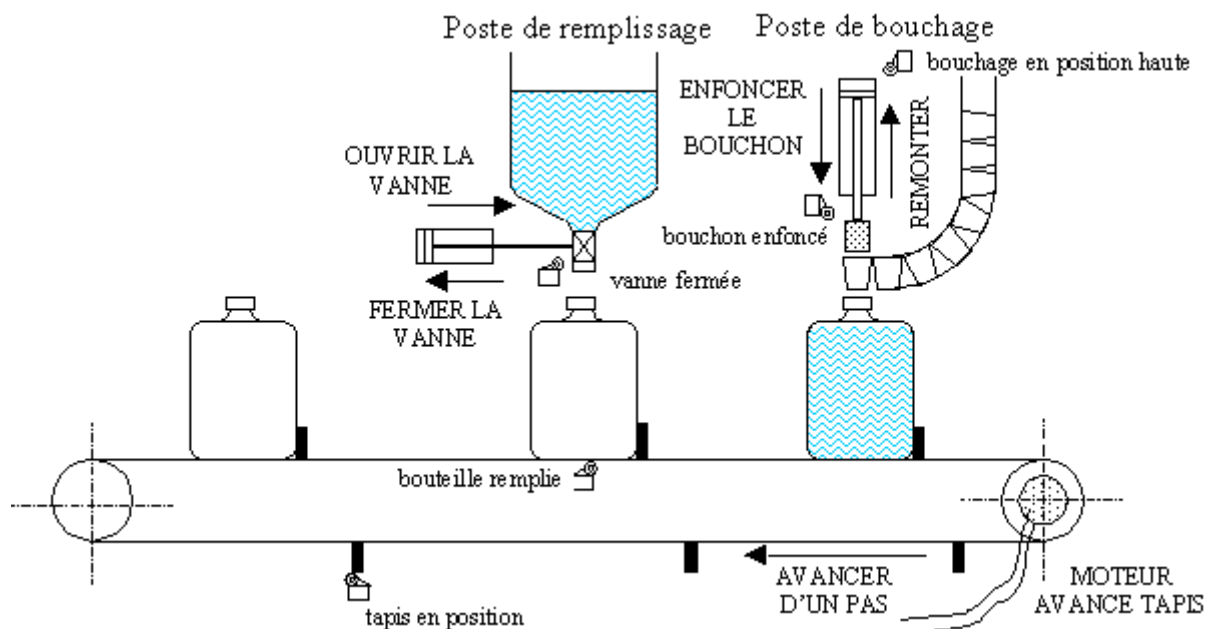


Figure I.1 : Système automatisé industriel d'embouteillage.

On trouve les systèmes automatisés dans des domaines très variés à titre d'exemple :

L'industrie : ils permettent d'augmenter la sécurité et remplacent l'homme en accomplissant des travaux pénibles (convoyeur), répétitifs (ligne de montage), dangereux (atelier de peinture) ou dans des endroits inaccessibles (réacteur nucléaire).

La vie quotidienne : Distributeur de boissons, les feux de carrefour, la barrière de parking, le distributeur de billets...

La domotique (Home automation) : C'est la gestion automatisée des bâtiments individuels et collectifs : éclairage, chauffage, sécurité, télécommunication, pilotage des appareils électrodomestiques...

I.3. Automatisation :

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou une partie des tâches de coordination, auparavant exécutées par des opérateurs humains dans un ensemble d'objets techniques appelé partie commande. La partie commande mémorise le savoir-faire des opérateurs pour obtenir la suite des actions à effectuer sur les matières d'œuvre afin d'élaborer la valeur ajoutée. Elle exploite un ensemble d'informations prélevées sur la Partie Opérative pour élaborer la succession des ordres nécessaires pour obtenir les actions souhaitées.

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs :

- La recherche des coûts plus bas pour le produit par la réduction des frais de main d'œuvre, d'économie d'énergie, d'économie de la matière, etc.
- La recherche d'une meilleure qualité du produit en limitant le facteur humain et multipliant les contrôles automatisés.
- L'amélioration de la flexibilité de la production.
- La suppression des travaux dangereux ou pénibles et l'amélioration des conditions de travail.
- La réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement, par exemple des assemblages miniatures, des opérations très rapides, des coordinations complexes.

I.4. Architecture générale des systèmes automatisés :

Un système automatisé est composé de deux parties principales : la partie opérative et la partie commande, à lesquelles s'ajoute une troisième c'est la partie de dialogue :

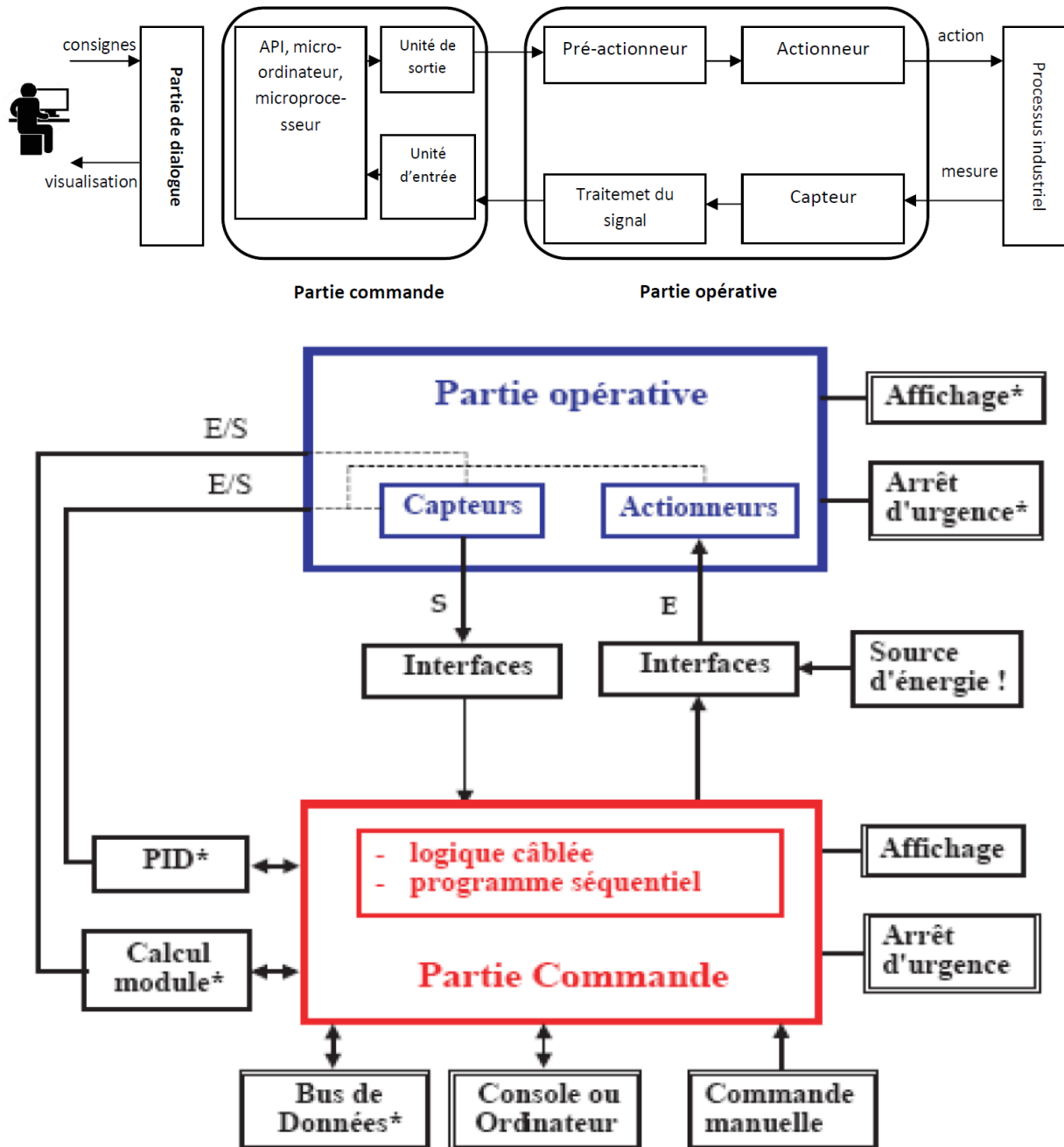


Figure I.2 : Procédé automatisé.

I.5. Description des différentes parties

a. La partie opérative :

La partie opérative se compose des ensembles suivants :

- **L'unité de production** (effecteurs) dont la fonction est de réaliser la fabrication ou la transformation pour laquelle elle remplit un rôle dans le processus industriel.

- **Les pré-actionneurs** qui sont directement dépendants des actionneurs et sont nécessaires à leur fonctionnement (distributeur pour un vérin...etc). Ils reçoivent des ordres de la partie commande.
- **Les actionneurs** qui apportent à l'unité de production l'énergie mécanique nécessaire à son fonctionnement à partir d'une source d'énergie extérieure (cas d'un moteur par exemple). Ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique.
- **Les capteurs** qui créent, à partir de grandeurs physiques de natures divers (déplacement, température, pression...etc), des informations utilisables par la partie commande. Les capteurs informent la partie commande de l'exécution du travail. Par exemple, on va trouver des capteurs mécaniques, pneumatiques, électriques ou magnétiques montés sur les vérins. Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est donc de contrôler, mesurer, surveiller et informer la PC sur l'évolution du système.

Exemples de quelques capteurs

- Les capteurs Tout Ou Rien

Dès qu'une grandeur physique est détectée (ou change d'état), ils délivrent en sortie un signal électrique ou une pression pneumatique. Il existe plusieurs capteurs T.O.R., par exemple :

- Les capteurs à commande manuelle destinés à l'équipement des pupitres et des postes de commande comme des boutons poussoirs, les boutons à 2 ou 3 positions, les arrêts "coup de poing". La commande est fournie par l'opérateur ;
- Les capteurs à commande mécanique ou interrupteurs de position situés sur la partie opérative, ils détectent par contact la présence d'une partie mobile (par ex : la tige d'un vérin).

b. La partie commande :

La partie commande se compose des ensembles suivants :

- Les interfaces d'entrée qui transforment les informations issues des capteurs placés sur la partie opérative ou dans la partie dialogue en informations de nature et d'amplitude compatible avec les caractéristiques technologiques du système.
- Les interfaces de sortie qui transforment les informations élaborées par l'unité de traitement en informations de nature et d'amplitude compatibles avec les caractéristiques technologiques des préactionneurs d'une part, des visualisations et avertisseurs d'autre part ;

- L'unité de traitement (automates programmables industriels API, ordinateur, microprocesseurs) qui élabore les ordres destinés aux actionneurs en fonction des informations reçues des différents capteurs et du fonctionnement à réaliser.

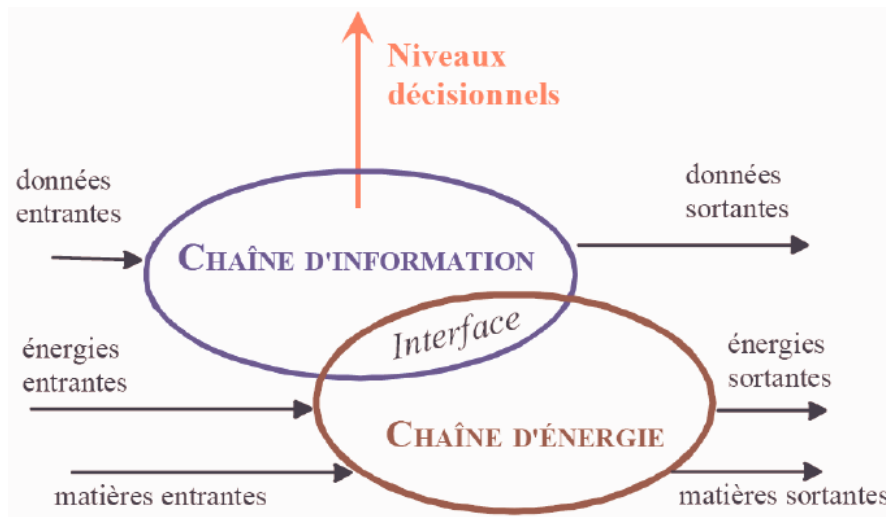
c. La partie dialogue) (L'Interface Homme-Machine (IHM)) :

La partie dialogue se compose de deux ensembles :

- Les visualisations et avertisseurs qui transforment les informations fournies par l'automate en informations perceptibles par l'homme (informations optiques ou sonores) ;
- Les capteurs qui transforment les informations fournies par l'homme (action manuelle sur un bouton poussoir, par exemple) et informations exploitables par l'automate.
- Il regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé : marche-arrêt, arrêt d'urgence, marche automatique, marche cycle/cycle...

I.6. Structure fonctionnelle d'un système automatisé :

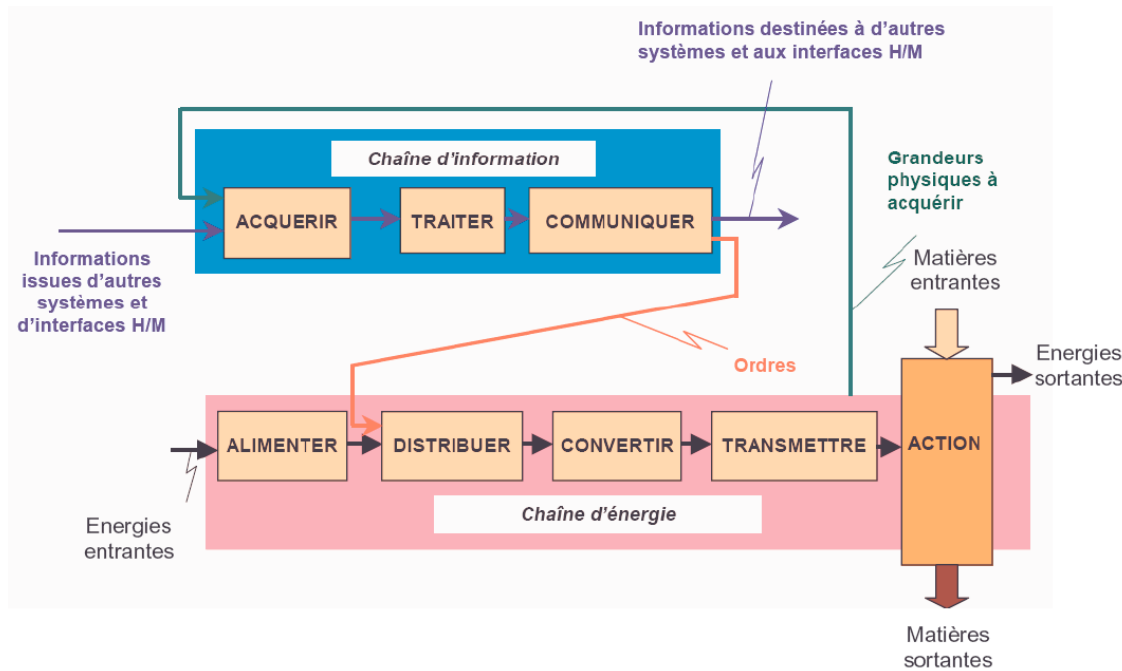
La décomposition d'un système automatisé tend à être remplacée par une présentation plus générale indiquée ci-dessous :



Ce modèle fait apparaître une chaîne d'information qui agit sur les flux de données et une chaîne d'énergie qui agit sur les flux de matières et d'énergies. L'interface assure les échanges entre les deux chaînes.

a. Chaîne fonctionnelle : chaîne d'information et chaîne d'énergie :

Une chaîne fonctionnelle est un système technique qui réalise une opération élémentaire sur la matière d'œuvre. On modélise la structure d'une chaîne fonctionnelle par le schéma-bloc suivant :



La chaîne d'information est composée des fonctions génériques acquérir, traiter et communiquer. Des solutions constructives sont présentées ci-dessous :

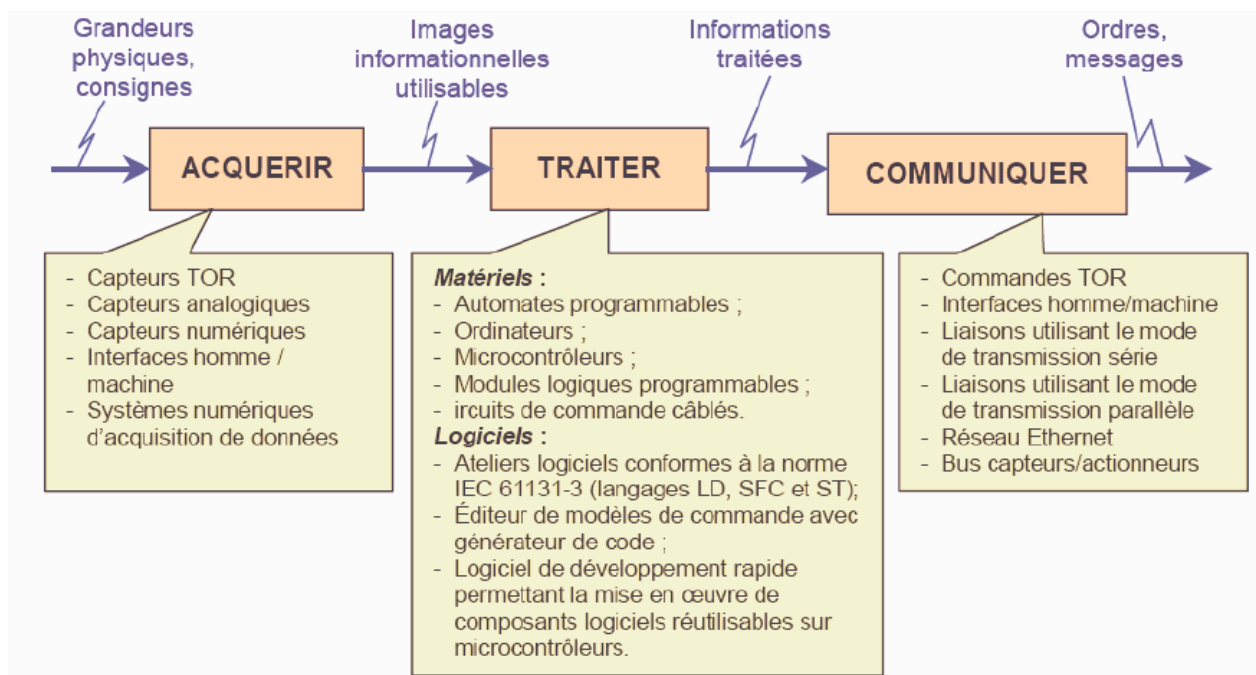


Figure I.3: Chaîne d'information

La chaîne d'énergie est composée des fonctions génériques alimenter, distribuer, convertir et transmettre. Des solutions constructives sont présentées ci-dessous :

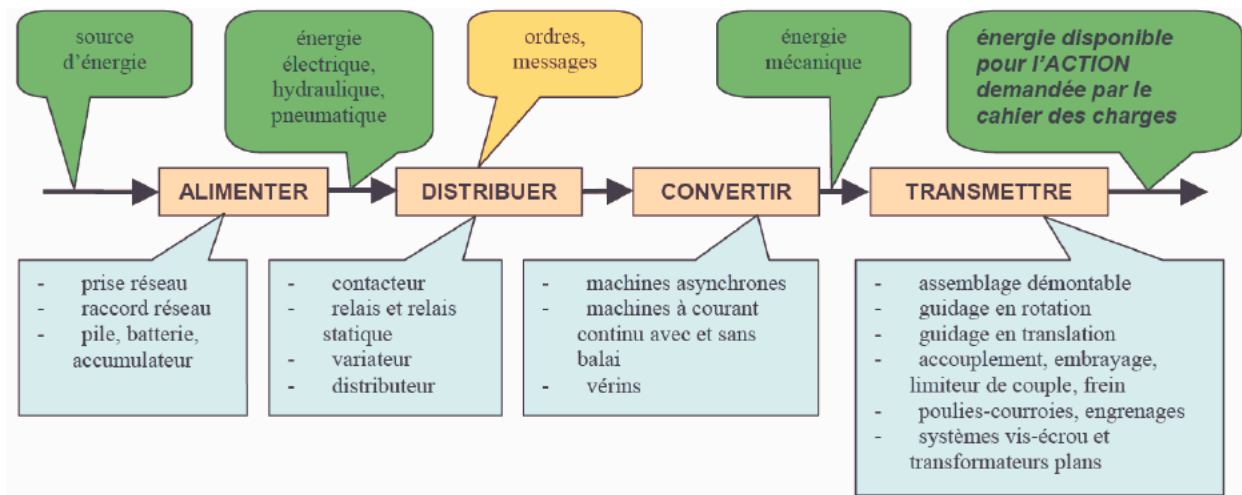


Figure I.4: Chaîne d'énergie

b. Structure générale d'une chaîne fonctionnelle :

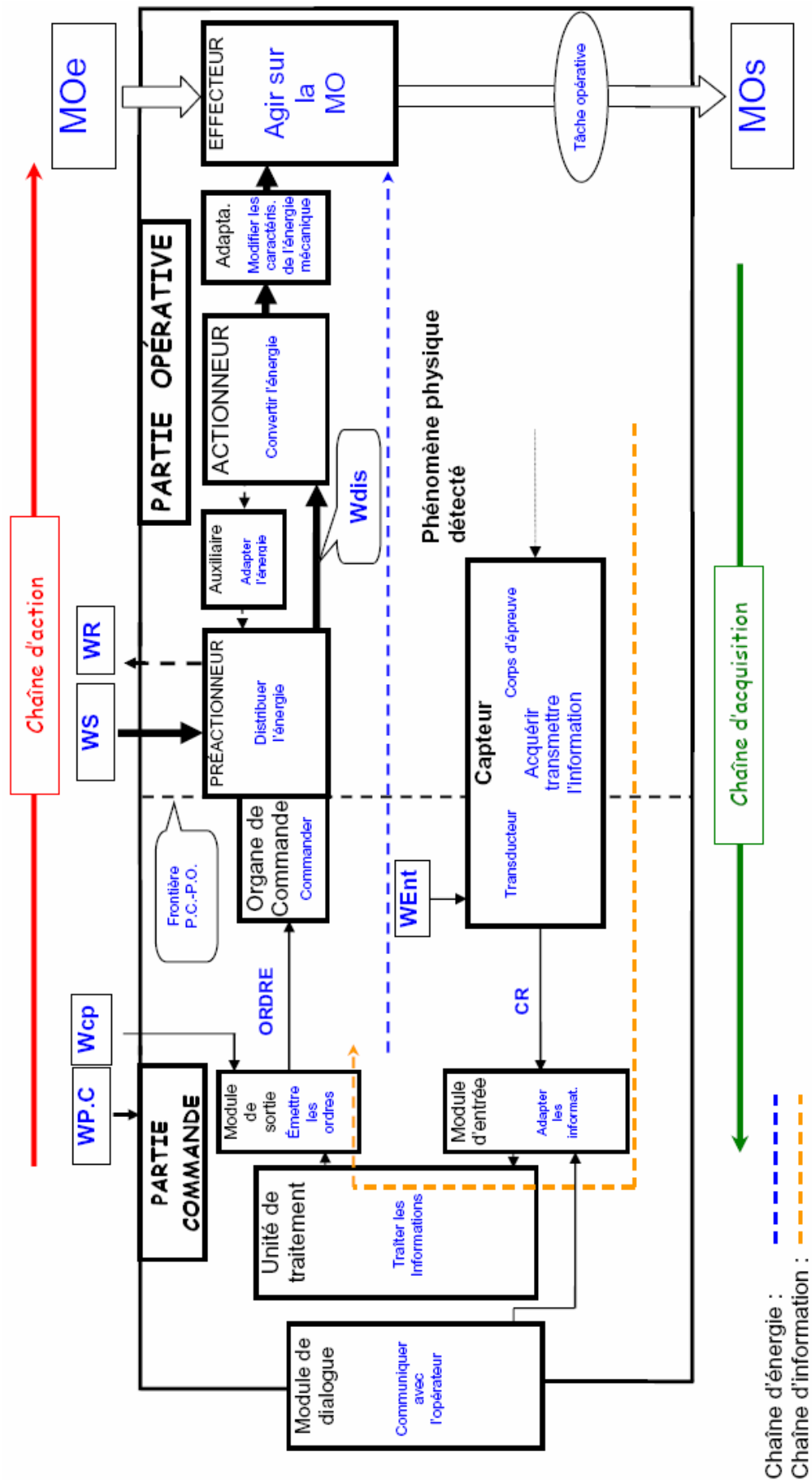


Figure I.5: Structure fonctionnelle d'un système automatisé.

I.7. Constituants de la chaîne d'énergie :

a. Les pré-actionneurs :

Élément qui laisse passer l'énergie source à l'actionneur sur ordre de la partie commande. (Le pré-actionneur réalise l'interface de dialogue (PC/PO)).

La partie commande envoie par l'intermédiaire de son circuit de commande un ordre de faible niveau pour établir ou fermer un circuit de puissance. Suivant la présence de ce signal, le pré-actionneur distribuera l'énergie source à un actionneur (moteur, résistance chauffante, lampe... pour une énergie source électrique, ou vérin, générateur de vide... pour une énergie source pneumatique).

Les pré-actionneurs sont appelés pré-actionneur tout ou rien, c'est-à-dire qu'ils sont une sorte d'interrupteur de la chaîne d'énergie. Mais il existe aussi des pré-actionneurs qui laissent passer seulement une partie de l'énergie source, c'est-à-dire qu'ils régulent le débit d'énergie source, on parle alors de pré-actionneur proportionnel. Exemples : variateur de vitesse, hacheur, carte de puissance, etc.

b. Les actionneurs :

Élément qui convertit une énergie d'entrée non directement utilisable par les mécanismes agissant sur la matière d'œuvre en une énergie de sortie utilisable par ces mécanismes pour obtenir une action définie.

Afin d'agir sur la matière d'œuvre, la partie opérative a besoin d'énergie de haut niveau. L'énergie source employée est le plus souvent de nature électrique ou pneumatique, parfois hydraulique. Cette énergie source n'est pas directement utilisable et doit être convertie (en général en énergie mécanique) : c'est la fonction des actionneurs.

c. Les transmetteurs (ou adaptateurs) :

Lorsque l'on veut que l'énergie mécanique produite par l'actionneur ait des caractéristiques bien précises (fréquence de rotation réduite, vitesse linéaire alternative...), on incorpore dans la chaîne d'énergie des adaptateurs d'énergie mécanique.⁷

d. Les effecteurs :

Ce sont les éléments terminaux. Ils agissent directement sur la matière d'œuvre en vue de lui apporter une valeur ajoutée. Ils convertissent l'énergie reçue de l'adaptateur en une opération ou un effet sur la matière d'œuvre.

I.8. Constituants de la chaîne d'information :

a. Les capteurs :

Élément qui : Prélève les états (position, vitesse, température, force, pression...) de la PO ou du milieu extérieur, puis les convertit en signaux exploitables (généralement électrique : tension ou intensité) sous forme :

- Logique (0 ou 1) ;
- Analogique ;
- Numérique.

Et enfin transmet ces signaux à la PC.

Exemple :

- Les capteurs TOR (Tout Ou Rien) ou capteurs logiques (2 valeurs).
- Les capteurs analogiques (infinité de valeurs).
- Les capteurs numériques (nombre limité de valeurs).

b. Les interfaces homme/machine :

Éléments qui prélèvent, convertissent en signal exploitable et transmettent les consignes à la Partie Commande.

c. Les parties commandes :

Éléments qui traitent les informations et gèrent le fonctionnement du système.

I.9. Classification des systèmes automatisés :

Les systèmes automatisés peuvent être classés suivant différents critères tels que :

- Domaine d'application ;
- Nature de la matière d'œuvre ;
- Nature des flux ;
- Critères technico-économiques.

a. Classification suivant le domaine d'application :

Les systèmes automatisés peuvent être classés suivant le domaine d'application, à savoir :

- Production continue (raffineries, centrales, industries papetières,) ;
- Production discontinue (lavage de vaisselle, fabrication de pièces...) ;
- Traitement de l'information (chaîne haute-fidélité, ordinateur...).

b. Classification suivant la nature de la matière d'œuvre :

Les systèmes automatisés peuvent être classés suivant la nature de la matière d'œuvre, à savoir :

- Matière : aliment, passager, pièce, ... ;
- Energie : électrique, pneumatique, hydraulique... ;

- Information : signal électrique, signal optique.

c. Classification suivant la nature des flux :

Il s'agit des échanges entre le système et le milieu extérieur :

- Flux des matières d'œuvre ;
- Flux des énergies ;
- Flux des informations ;
- Flux des déchets et nuisances.

d. Classification suivant les critères technico-économiques :

Les systèmes automatisés peuvent être classés suivant les critères technico-économiques tels que :

- Valeur ajoutée : Résultat de l'évaluation de la différence entre l'état initial et l'état final de la matière d'œuvre.
- Durée de vie : Durée pendant laquelle le système a accompli la fonction qui lui a été assignée.
- Maintenabilité : Dans des conditions données d'utilisation pour lesquelles il a été conçu, aptitude du système à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.
- Coût : Divers coûts peuvent être considérés, tels que : coût d'achat, coût d'utilisation, ...
- Fiabilité : Aptitude du système à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné.
- Quantité : Système unique, ou en quelques exemplaires, ou de diffusion moyenne, grande ou très grande.

I.10. Spécification des niveaux du cahier des charges :

a. Définition d'un cahier des charges fonctionnel :

Un cahier des charges fonctionnel est un document qui présente de manière détaillée et structurée les spécifications, les services à rendre, les contraintes d'un produit (bien qu'il puisse également s'agir d'un service, d'un processus, d'une prestation intellectuelle, d'un logiciel ou encore d'un système d'information).

Le cahier des charges fonctionnel permet de cadrer le projet : il est d'ailleurs rédigé à la fin de la phase de lancement du projet, au moment de sa validation. Il est au centre des négociations et des échanges entre les fournisseurs et le donneur d'ordres : c'est une référence qui permet

d'accompagner le projet du début à la fin et d'assurer que les attentes du demandeur soient respectées dans l'élaboration du produit.

b. Objectifs du cahier des charges fonctionnel :

Le cahier des charges fonctionnel présente de nombreux intérêts pour la conduite d'un projet, notamment :

- Il instaure un dialogue structuré et compétitif avec les fournisseurs, car il énonce clairement une question et exige une réponse adaptée.
- Il offre au fournisseur une ample marge de manœuvre pour qu'il puisse proposer des solutions innovantes et originales pour répondre aux besoins, tout en prenant en compte les contraintes (prix / qualité attendue / délais...).
- Il permet d'évaluer plus rapidement les éventuels écarts entre les solutions proposées et le besoin réel, facilitant l'analyse et la comparaison entre les différentes propositions.
- Il facilite la vérification et l'évaluation des résultats obtenus en se basant sur les références qu'il définit.

c. Méthodologie du cahier des charges fonctionnel :

La rédaction du cahier des charges fonctionnel découle de plusieurs autres processus qui doivent être mis en œuvre en amont.

L'étude d'opportunité : L'étude d'opportunité consiste à étudier le contexte du projet et à définir les principaux besoins pour vérifier s'ils sont en phase avec les attentes de l'utilisateur. Elle permet d'évaluer rapidement la viabilité du projet.

L'étude de faisabilité : L'étude de faisabilité vise à évaluer la viabilité du projet sur plusieurs plans, notamment :

- Économique ;
- Technique ;
- Organisationnel.

Elle permet d'estimer et d'anticiper les coûts, les délais et le ROI (retour sur investissement) probable du projet. On y ajoute généralement des études de scénario afin de prévenir les risques et menaces éventuels.

L'Analyse Fonctionnelle du Besoin : L'analyse fonctionnelle vise à déterminer les « fonctions de service » du produit, en amont de sa réalisation. Pour ce faire : E

- Elle examine les points de vue des différentes parties concernées ;
- Elle se projette dans la durée, prenant en considération les différentes étapes du cycle de vie : mise en place en amont, usage du produit, maintenance, entretien, fin de vie, etc.
- Elle n'exprime pas les moyens à mettre en œuvre, mais plutôt les résultats recherchés.

L'Expression Fonctionnelle du Besoin : L'expression fonctionnelle du besoin exploite les résultats de l'AFB afin de :

- Structurer rigoureusement et logiquement l'information pour aider à la prise de décision ;
- Permettre la création d'un produit performant et parfaitement adapté aux emplois et aux services voulus ;
- Servir de référence du besoin du client durant la réalisation du produit ou service.

Elle se structure généralement en quatre grandes parties :

- La définition globale du besoin ;
- La consolidation des besoins et la définition des éléments stratégiques ;
- La définition des principes et concepts retenus ;
- La description des contraintes à respecter et des fonctions de service à assurer.

I.11. Outils de représentation des spécifications fonctionnelles :

Les spécifications fonctionnelles sont un ensemble d'éléments décrivant fonctionnellement les attentes et besoins des utilisateurs et des métiers dans le cadre d'un projet. Elles sont réunies dans le cahier des charges fonctionnel, rédigé au démarrage d'un projet et permettant de le cadrer.

Les spécifications fonctionnelles sont ainsi indépendantes de la façon dont seront réalisés techniquement les livrables du projet. Elles s'expriment donc en termes de fonctions et non de solutions.

Elles se basent sur l'expression de besoin des parties prenantes, et sont retranscrites dans un vocabulaire le plus simple et précis possible dans le cahier des charges du projet.

I.12. Conclusion

L'objectif de l'automatisation des systèmes est de produire, en ayant recours le moins possible à l'homme, des produits de qualité et ce pour un coût le plus faible possible.

Un système automatisé est un ensemble d'éléments en interaction, et organisés dans un but précis : agir sur une matière d'œuvre afin de lui donner une valeur ajoutée.