

Chapitre I : Introduction aux systèmes automatisés

1. Introduction :

En général un système est un ensemble d'éléments en interaction dynamique, organisé en fonction d'un but. 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, automatisation et structure des systèmes automatisés, Pré-actionneurs (contacteurs, Triac, ...), actionneurs (vérins, moteurs, ...), capteurs, classification des systèmes automatisés, spécification des niveaux du cahier des charges, outils de représentation des spécifications fonctionnelles.

2. Système automatisé :

L'automatique est la discipline scientifique permettant de caractériser les systèmes automatisés et de choisir/concevoir/réaliser la commande des systèmes. Les systèmes de commande s'inspirent le plus souvent de l'homme.

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. Il s'appelle aussi un système technique commandable. On dit qu'un système est commandable si en faisant varier uniquement les entrées, on peut faire subir des modifications au système, afin qu'il atteigne un objectif fixé en un temps fini. Les systèmes automatisés permettent d'augmenter la précision et la productivité.

La fonction globale de tout système automatisé est de conférer une valeur ajoutée à un ensemble de matières d'œuvre dans un environnement ou contexte donné.

2.1 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.

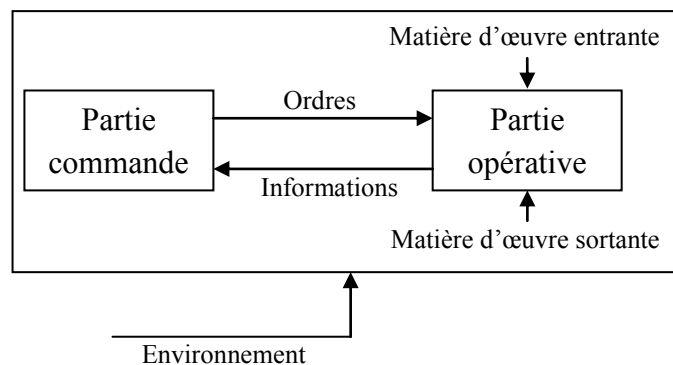


Figure (I.1) : Principe d'automatisation.

2.2 Structure d'un système automatisé :

Un système de production est dit automatisé, lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences ou étapes. Les systèmes automatisés, utilisés dans le secteur industriel, possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles que l'on nomme :

- Partie opérative (PO) assurant la conversion de puissance et l'action sur la matière d'œuvre ;
- Partie commande (PC) assurant la mesure en continu sur le processus, le traitement des données par comparaison aux consignes et le pilotage de la partie opérative ;
- Partie relation (pupitre de dialogue) (PR) ou interface homme/machine (IHM) permettant de définir les consignes et de surveiller l'évolution.

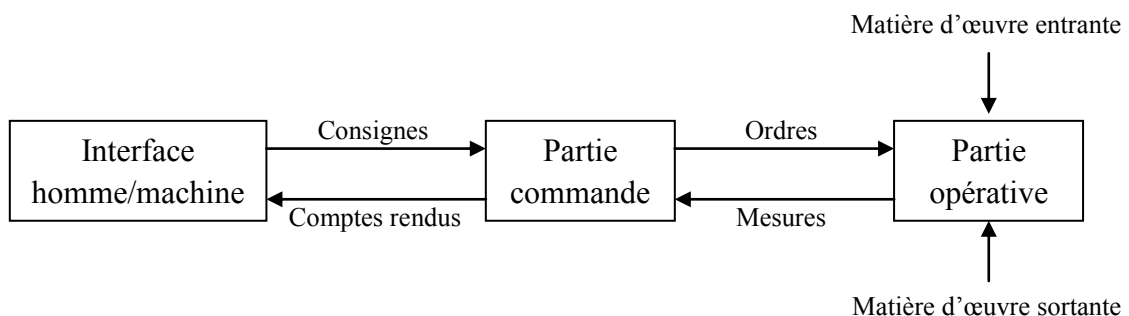


Figure (I.2) : Structure d'un système automatisé.

2.2.1 La partie opératives (PO) :

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments mécaniques du mécanisme avec :

- des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs), lesquels reçoivent des ordres de la partie commande;
- des actionneurs (vérins, moteurs) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique. Ils se présentent sous différentes formes comme :
 - Moteurs: hydraulique, pneumatique, électriques,
 - Vérins : linéaires (1 ou 2 tiges) rotatifs, sans tige;
- des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Ils existent sous différents types comme :
 - Capteurs mécaniques, pneumatiques ou électriques;
 - Capteurs magnétiques montés sur es vérins,
 - Capteurs pneumatiques à chute de pression.

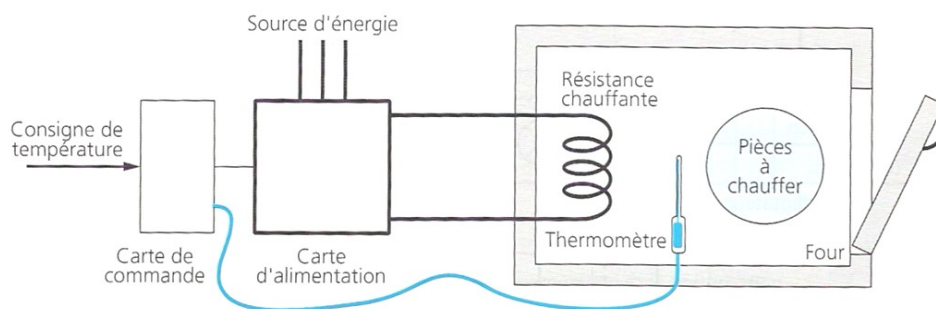
Ce secteur de détection représente le service de surveillance et renseignement du mécanisme. Il contrôle, mesure, surveille et informe la PC sur l'évolution du système.

2.2.2 La partie commande (PC) :

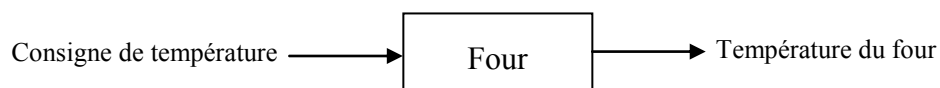
Ce secteur de l'automatisme gère dans la suite logique le déroulement ordonné des opérations à réaliser. Il reçoit des informations en provenance des capteurs situés dans la PO, et les restitue vers cette même PO en direction des pré-actionneurs (distributeurs). Sa constitution dépend du type de fonctionnement du système :

- type continu : les informations véhiculées par la chaîne d'information sont de nature analogique (variation continue de leur état). La partie commande est alors constituée d'un système asservi de commande (asservissement, régulation).

Exemple de système continu : Un four.



Dans le cas du four, on va étudier le signal de sortie en fonction de signal d'entrée.



- type séquentiel : les opérations de transformation de la matière d'œuvre s'enchaînent en une succession de séquences ; les informations véhiculées par la chaîne d'information sont de nature logique (variation en tout ou rien de leur état). La partie commande est alors constituée de composants logiques qui, regroupés, forment un système logique de commande (Automate programmable ou non).

Exemple de système fonctionnant en séquentiel :

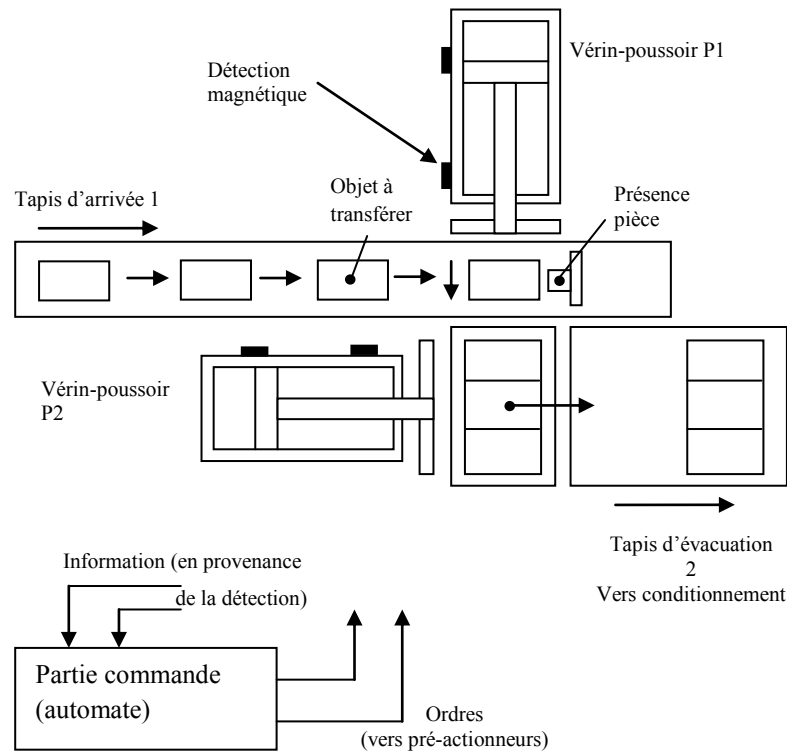


Figure (I.3) : Exemple fonctionnement système séquentiel.

Ce système place les objets côté 3 par 3 sur un tapis d'évacuation 2. Ainsi placés, les objets sont emmenés vers un dispositif de conditionnement sous film plastique rétractable.

Dans la suite on s'intéresse seulement à l'outil de description qui s'appelle GRAFCET (Graphe de Commande Étape et Transaction)

2.2.3 La partie relation (PR) (L'Interface Homme-Machine (IHM)) :

Sa complexité et sa taille dépendent de l'importance du système. Il regroupe les différentes commandes nécessaires au bon fonctionnement du procédé : marche-arrêt, arrêt d'urgence, marche automatique, marche cycle/cycle...

L'outil de description s'appelle GEMMA : Guide d'Étude des Modes de Marche set Arrêts. Ces outils graphiques (GRAFCET et GEMMA) sont utilisés également par les techniciens de maintenance, pour la recherche des pannes sur les SAP (Système Automatisé de Production).

Exemple : Gestion de Trafic.

La maquette de gestion de trafic est constituée de :



- Une partie opérative : les feux de carrefour à gérer en fonction du jour et de la nuit, des appels piétons, des choix prioritaires, etc.
- une partie commande : comportant un automate Télémécanique TSX Nano monté et câblé sur support plastique.
- un terminal de réglage et de programmation en langage booléen TFTX117.
- câbles de raccordement.

3. Structure fonctionnelle d'un système automatisé :

Une chaîne fonctionnelle est un ensemble de constituants organisés en vue de l'obtention d'une seule fonction principale (par exemple : prendre un objet, déplacer une charge, chauffer une pièce...) : c'est un système automatisé élémentaire.

Une chaîne fonctionnelle comporte :

- une chaîne d'énergie qui réalise une action à partir d'énergies disponibles.
- une chaîne d'information qui réalise l'acquisition et le traitement d'informations.

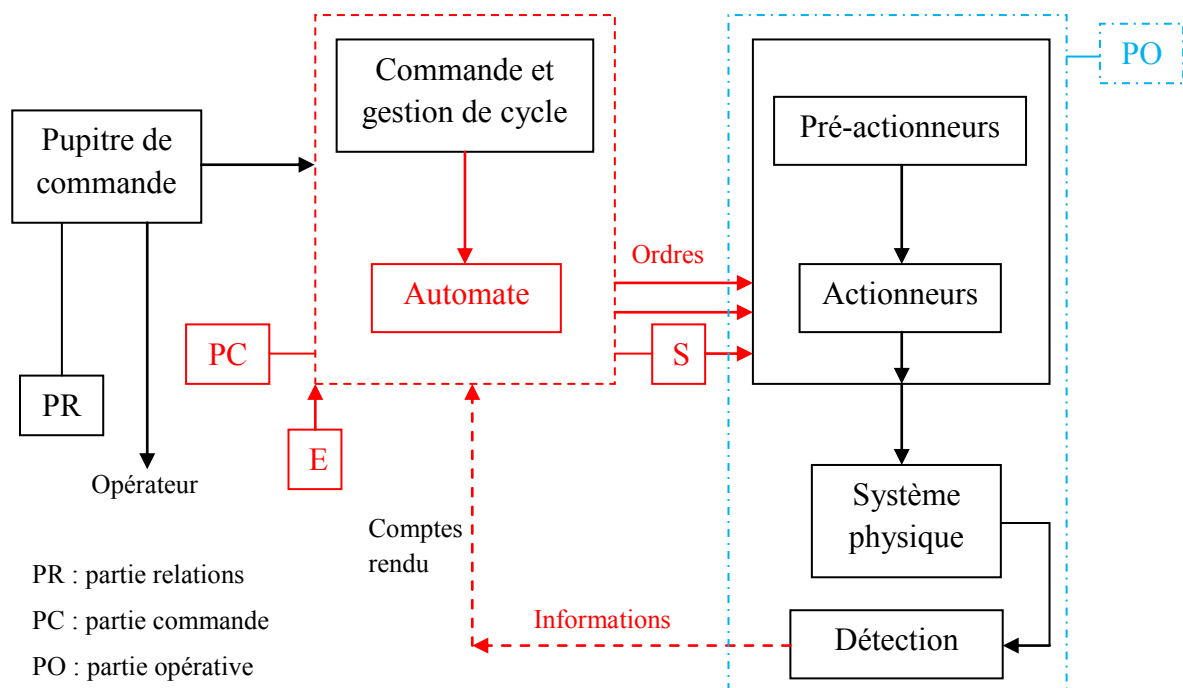


Figure (I.4) : Structure fonctionnelle d'un système automatisé.

3.1 Constituants de la chaîne d'énergie :

3.1.1 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.

3.1.2 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.

3.1.3 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.

3.1.4 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.

3.2 Constituants de la chaîne d'information :

3.2.1 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) ;
- ou analogique ;
- ou 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).

3.2.2 Les interfaces homme/machine :

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

3.2.3 Les parties commandes :

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

4. Classification des systèmes automatisés :

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

- le domaine d'application ;
- la nature de la matière d'œuvre ;
- la nature des flux ;
- les critères technico-économiques.

4.1 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,...).

4.2 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.

4.3 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.

4.4 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.

5. Spécification des niveaux du cahier des charges :

5.1 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.

5.2 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.

5.3 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.

5.3.1 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.

5.3.2 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.

5.3.3 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 :

- 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.

5.3.4 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.

6. Outils de représentation des spécifications fonctionnelles :

Il existe depuis longtemps des outils de représentations graphiques pour la partie opérative, tel le dessin industriel, dont la représentation normalisée est soumise à des règles précises évitant toute interprétation erronée.

Il manquait un outil équivalent pour définir les parties commande : c'est le rôle qui est imparti au GRAFCET. En effet, les différents travaux effectués ces dernières années dans le domaine des automatismes industriels ont conduit à une représentation graphique des spécifications fonctionnelles d'un cahier des charges, dont la formulation est indépendante de toute technologie de réalisation, que celle-ci soit câblée ou programmée. Cette représentation, est fondée sur les notions d'étapes, de transitions et de réceptivités qui simplifient la synthèse d'un automate en tenant compte du fait que, parmi le grand nombre d'informations présentes à un instant donné, peu sont significatives. Le GRAFCET permet de visualiser de façon particulièrement claire toutes les évolutions du système.

7. Conclusion :

J'ai pu décrire dans ce chapitre que dans un système automatisé, l'énergie nécessaire à la transformation du produit est fournie par une source extérieure. Un automate dirige la succession des opérations. L'homme surveille le système et peut dialoguer avec lui par l'intermédiaire d'un pupitre.

Après avoir présenté l'automatisation et la structure des systèmes automatisés, on peut passer à l'étude des bases et les règles d'établissement du GRAFCET.