

Introduction

Un automate programmable industriel (API) est aujourd'hui le constituant le plus répandu des automatismes. On le trouve non seulement dans tous les secteurs de l'industrie, mais aussi dans les services (gestion de parkings, d'accès à des bâtiments) et dans l'agriculture. Il répond aux besoins d'adaptation et de flexibilité de nombreuses activités économiques actuelles.

1.1 Définition générale

L'automate programmable industriel est un système de commande conçue autour d'un microprocesseur. C'est un système de commande en pleine évolution. La demande sur le marché est de plus en plus grande. De nouvelles fabrications s'annoncent régulièrement. Leurs possibilités évoluent au même rythme que les technologies utilisées. Les applications envisagées sont de plus en plus variées et des utilisateurs de tous les milieux s'y intéressent.

Trois caractéristiques fondamentales le distinguent des outils informatiques tels que les ordinateurs utilisés dans les entreprises et les tertiaires :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et préactionneurs grâce à ses entrées/sorties industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères (température, vibrations, micro coupeurs de la tension d'alimentation, parasites, etc....).
- Enfin, sa programmation à partir des langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.

Pour étudier cet équipement connecté à des systèmes réels en milieu industriel, il nous faut prendre en considération l'aspect matériel, l'aspect logiciel et la sûreté de fonctionnement.

1.2 Structure d'un automate programmable industriel

La structure matérielle interne d'un API obéit au schéma donné sur la figure 1-1. Nous analyserons successivement chacun des composants qui apparaissent sur ce schéma.

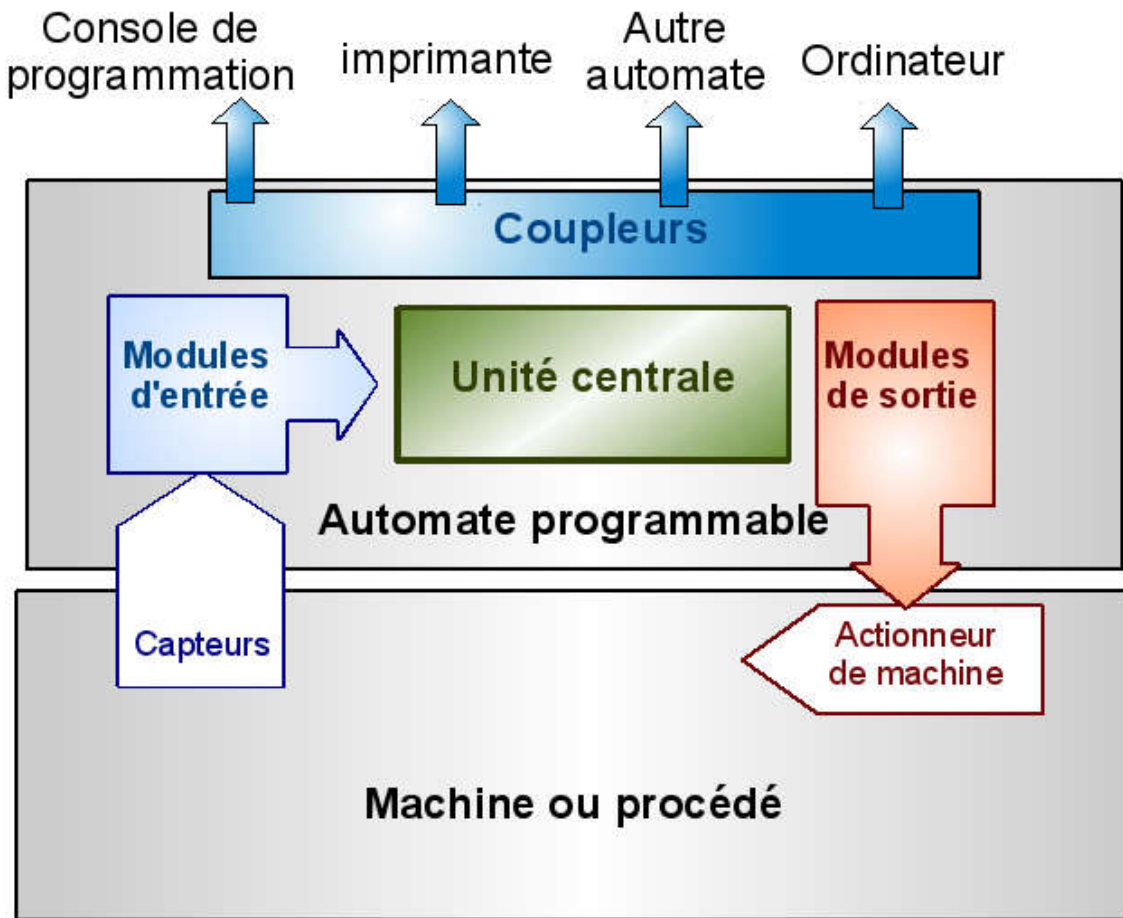


Figure 1-1 : Structure de l'automate programmable

1.2.1 Processeur

Le processeur a pour rôle principal le traitement des instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'application. Mais en dehors de cette tâche de base, il réalise également d'autres fonctions :

- Gestion des entrées/sorties.
- Surveillance et diagnostic de l'automate par une série des tests lancés à la mise sous tension ou cycliquement en cours de fonctionnement.
- Consulté le programme qu'est cours d'exploitation pour des réglages ou des vérifications des données.

1.2.2 Unité centrale

L'unité centrale UC est une carte électronique bâtie autour de processeur(s), qui assure au moins les fonctions suivantes :

Opérations logiques sur bits (le bit, contraction de « biner digit », étant l'information élémentaire à deux états) ou sur mots (ensemble de bits, le plus souvent 16 pour les API).

Temporisation et comptage.

Pour assurer la liaison entre UC et les cartes d'entrées/sorties, et un réseau, certaines consoles ou unités de dialogue, il faut une carte électronique spécialisée d'interfaçage : le coupleur. Il existe au moins un coupleur de base, éventuellement des coupleurs vers d'autres châssis contenant des entrées/sorties supplémentaires.

1.2.3 Les modules d'entrées / sorties

Son rôle est l'interface entre l'API et l'extérieur, on distingue une partie opérative, où les actionneurs agissent physiquement sur le processus, et une partie commande récupérant les informations sur l'état de ce processus et coordonne en conséquence les actions pour atteindre les objectifs prescrits (matérialisés par des consignes).

Pour ce faire, ils doivent :

- ♦ regrouper des variables de même nature, pour diminuer la complexité et le coût.
- ♦ assurer le dialogue avec UC.
- ♦ traduire les signaux industriels en informations API et réciproquement, avec une protection de UC et un traitement adéquats.

Le nombre total de modules est évidemment limité, pour des problèmes physiques (taille du châssis et/ou de l'alimentation électrique) ou de gestion informatique. La possibilité de configurer des voies d'accès en entrée ou en sortie est rarement utilisée, pour des raisons de sécurité.

1.2.3.1 Entrées/sorties Tout ou Rien (TOR)

La gestion de ce type de variables constitue le point de départ historique des API et reste une de leurs activités majeures.

Dans le cas de modules séparés, la modularité dépend des constructeurs, les valeurs 8 et 16 se rencontrent fréquemment. On trouve des modules pour tensions continues (24 V, 48 V) et alternatives (24 V, 48 V, 100/120 V, 220/240 V), les valeurs de ces tensions étant conformes à la norme EN 61131-2.

Pour les automates à E/S intégrées, les caractéristiques des entrées et sorties sont choisies parmi les standards les plus répandus (entrées 24 V isolées, sorties transistorisées à alimentation continue, ou entrées 110 V alternatif isolées, sorties relais, par exemple, pour le TSX17).

1.2.3.2 Entrées/sorties analogiques

Elles permettent l'acquisition des mesures (entrées analogiques), et la commande (sorties analogiques). Ces modules comportent un ou plusieurs convertisseurs analogique/numérique pour les entrées et des convertisseurs numérique/analogique pour les sorties dont la résolution est de 8 à 16 bits.

Les standards les plus utilisés sont: $\pm 10V$, 0-10V, $\pm 20mA$, 0-20mA et 4-20mA.

Ces modules sont en général multiplexés en entrée pour n'utiliser qu'un seul convertisseur A/N, alors que les sorties exigent plusieurs convertisseur N/A pour pouvoir effectuer la commande durant le cycle de l'API.

1.2.3.3 Les modules des sorties statiques

Relais statiques intégrant des composants spécialisés (transistors bipolaires, IGBT, thyristors), sans usure mécanique et dont les caractéristiques de commutation se maintiennent dans le temps.

1.2.3.4 Les modules à relais électromagnétiques

Le découplage résulte de l'existence de deux circuits électriques (bobine ‘circuit d'excitation’ et contacts ‘circuits de puissance’). D'une durée de vie plus limitée que les relais statiques (moins de 100 000 cycles pour les contacts soumis à 10 A sous 125 V alternatif) et plus lents, les relais électromagnétiques ont aussi des avantages : faible résistance de contact, faible capacité de sortie, faible coût.

1.2.3.5 Entrées/sorties déportées

Leur intérêt est de diminuer le câblage en réalisant la liaison avec détecteurs, capteurs et actionneurs au plus près de ceux-ci, la liaison entre le boîtier déporté et l'unité centrale s'effectuant par une liaison spéciale. L'utilisation de fibres optiques permet de porter la distance de déport à plusieurs kilomètres.

1.2.3.6 Éléments de stockage et de liaison

Le stockage des données et des programmes s'effectue dans des mémoires :
La mémoire de type RAM, le programme est modifiable à volonté. La mémoire RAM nécessite une batterie tampon pour maintenir les informations et elle devra être programmée.

La mémoire de type EPROM, elle doit être programmée avec une tension et un procédé qui n'est pas toujours disponible sur l'automate. Elle ne peut être modifiée mais seulement effacée complètement par une source de lumière ultraviolette. Le programme est donc figé et n'est pas perdu si la tension est coupée et lorsque la mémoire est retirée de l'automate.

Les liaisons s'effectuent :

Avec l'extérieur par des bornes sur lesquels arrivent des câbles transportant le signal électrique ;

Avec l'intérieur par des bus, liaisons parallèles entre les divers éléments, il peut y avoir plusieurs bus, car on doit transmettre des données, des états, des adresses. Les informations présentes sur le(s) bus sont souvent partiellement ou totalement codées.

1.3 Choix d'un API par rapport à d'autres solutions

Les autres solutions principalement sont :

- ♦ Les relais électromagnétiques
- ♦ les systèmes à cartes électroniques
- ♦ le micro calculateur (PC)

Les solutions câblées à relais ne sont réalisables que pour des petites applications (une dizaine d'E/S TOR) unitaires ou en petite série, avec des faibles besoins de

communication. La même situation prévaut pour les parties de commande à cellules pneumatiques. De manière générale, c'est la capacité de l'entreprise à mettre en œuvre, et à maintenir, de telles solutions qui les rendra éventuellement concurrentielles et fera décider leur emploi.

Dans le cas d'appareillages produits à quelques dizaines d'exemplaires, le choix entre système à cartes et automate(s) dépendra d'un rapport implicite entre le potentiel des ventes en l'état et l'évolution possible du système lui-même. La rentabilité d'un système à cartes croît avec le nombre d'exemplaires, mais il s'agit d'une solution figée, contrairement à l'API. Cette solution présente par contre, pour des applications exigeantes en temps de réaction, une vitesse de traitement élevée.

Pour le rôle d'organe de commande, les utilisateurs préfèrent l'API par rapport au PC car le produit est spécifiquement adapté à l'ambiance industrielle et d'une autre façon le constructeur maximise la disponibilité de l'API par la concordance de la technologie de conception aux conditions d'utilisation sont bien éprouvés. Mais dans certains domaines, ne répond pas toujours aux espoirs mis en lui. Il existe comme toujours des cas particuliers, par exemple, les calculs numériques complexes sont plus abordables dans les générations actuelles d'API mais restent parfois encore difficiles et, en principe, moins adapté que le mini ordinateur.

Même dans le seul secteur des systèmes automatisés de production, le PC a de toute façon tant des rôles à jouer, notamment pour la gestion des réseaux, la supervision, les tâches d'organisation de la production.

1.4 Protection de l'automate

La protection des circuits d'entrées contre les parasites électriques est souvent résolue par découplage optoélectronique. Le passage des signaux par un stade de faisceau lumineux assure en effet une séparation entre les circuits internes et externes.

D'une autre façon, pour les sorties on doit assurer le même type de protection, mais aussi une amplification de puissance.

1.5 Domaines d'utilisation des API

Les API s'adressent à des applications que l'on trouve dans la plupart des secteurs industriels. Ces machines fonctionnent dans les principaux secteurs suivants et dans le domaine de l'enseignement ou elles ont une valeur pédagogique certaine :

- Métallurgie et sidérurgie.
- Mécanique et automobile.
- Industries chimiques.
- Industries pétrolières.
- Industries agricoles et alimentaires.

Transports et manutention

Application diverses : l'industrie textile, les verreries et cristalleries, certains problèmes de surveillance (bâtiments, usines) et de sécurité (industrie nucléaire).

1.6 Langages de programmation pour API: Norme IEC 1131-3

La norme IEC 1131-3 définit cinq langages qui peuvent être utilisés pour la programmation des automates programmables industriels. Ces cinq langages sont :

- **LD (« LadderDiagram », ou schéma à relais):** ce langage graphique est essentiellement dédié à la programmation d'équations booléennes (vraie/faux).
- **IL (« Instruction List », ou liste d'instructions):** ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. Il peut être comparé au langage assembleur.
- **FBD (« Function Block Diagram », ou schéma par blocs):** ce langage permet de programmer graphiquement à l'aide de blocs, représentant des variables, des opérateurs ou des fonctions. Il permet de manipuler tous les types de variables.
- **SFC (« Sequential Function Char »):** issu du langage GRAFCET, ce langage, de haut niveau, permet la programmation aisée de tous les procédés séquentiels.
- **ST («Structured Text » ou texte structuré):** ce langage est un langage textuel de haut niveau. Il permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe.

1.7 Marques d'API

On distingue plusieurs sociétés qui fabriquent l'API qui sont :

Schneider Electric fabrique: TSX / Zelio / Twido

SIMENS fabrique: **LOGO** "Micro Automate", S200 "Petite gamme", S300 "Moyenne gamme", S400, S1200 et S1500 "Haute gamme"

Comme on peut citer d'autres types d'automate : Allen-Bradley, Omran, Crouzet, MITSUBISHI, VIGOR, WAGO,

1.8 Critères de choix d'un API

Le choix d'un automate programmable est basé sur les critères suivants :

➤ *Nombre d'entrées / sorties*

Le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé.

➤ *Type de processeur*

La taille mémoire, la vitesse de traitement et les fonctions spéciales offertes par le processeur permettront le choix dans une gamme souvent très étendue.

➤ *Fonctions ou modules spéciaux*

Certaines cartes (commande d'axe, pesage ...) permettront de "soulager" le processeur et devront offrir les caractéristiques souhaitées (résolution, ...).

➤ *Fonctions de la communication*

L'automate doit pouvoir communiquer avec les autres systèmes de commande (API, supervision ...) et offrir des possibilités de communication avec des standards normalisés (Profibus ...).

➤ *Critères économiques*

Le critère économique, est un facteur déterminant dans le choix d'un automate. En effet, le choix de cette dernière dépend non seulement des exigences techniques, mais aussi des différents coûts d'étude, de mise au point et de maintenance.

La disponibilité du matériel (API) au niveau d'un des laboratoires de notre département, l'existence de la documentation, ont parfaitement contribué au choix d'un API SEMENS de type SIMATIC S7-300.

1.7 Présentation de l'API S7-300

L'API S7 -300 est constitué d'un module d'alimentation, d'une CPU et de modules d'entrées et de sorties (modules d'E/S). L'API contrôle et commande à l'aide du programme S7 notre installation. L'adressage des modules d'E/S se fait par l'intermédiaire des adresses du programme S7 (voir la figure 1-2).

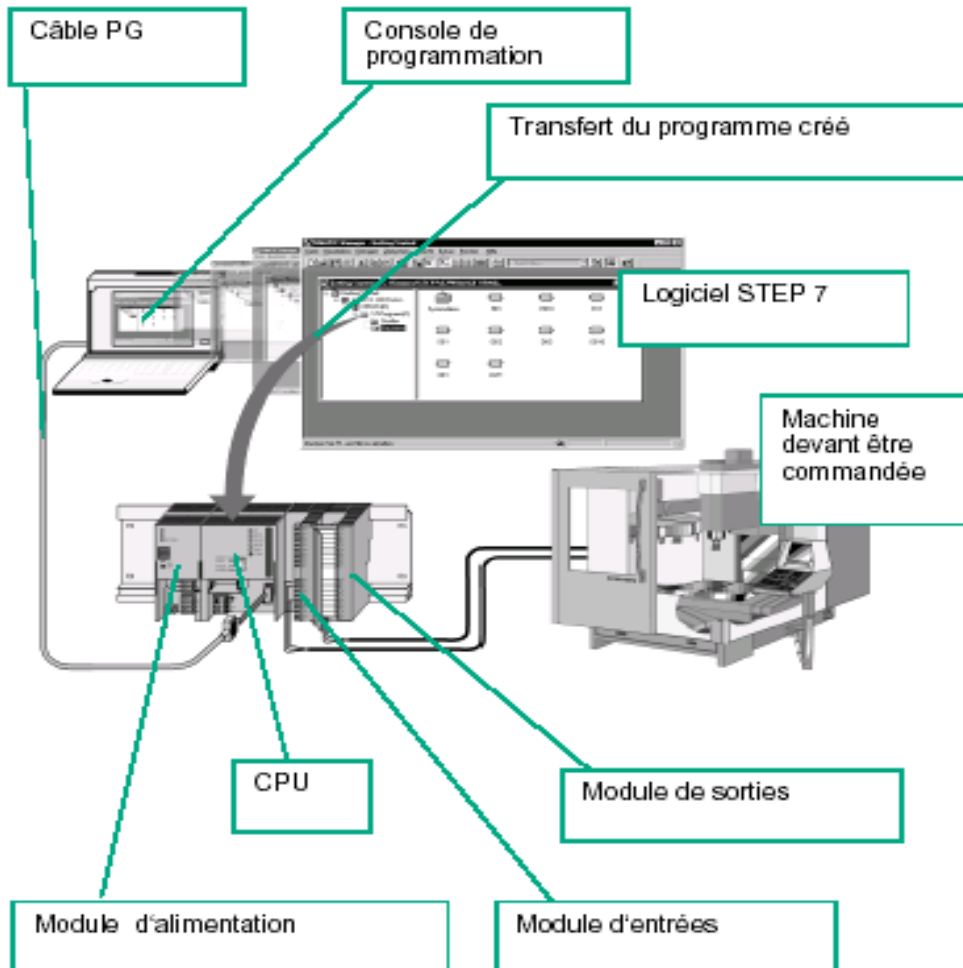


Figure 1-2 : Schéma de commande d'une installation par un automate S7-300.

Les signaux d'entrées sont combinés et traités par la CPU puis transmis vers les cartes de sorties.

Le système S7-300 est modulaire et on y trouve les types de modules suivants :

- ♦ Unités centrales (CPU).
- ♦ Modules d'alimentation (PS).
- ♦ Coupleurs (IM).
- ♦ Processeurs de communication (PC), (par exemple pour le raccordement à PROFIBUS).
- ♦ Il est possible de raccorder des automates programmables S5 au système d'automatisation S7 de la famille SIMATIC, Le raccordement dépend du type bu utilisé.
- ♦ Modules de fonction (FM), (par exemple de comptage, régulation, positionnement...).
- ♦ Les Modules d'entrées/ sorties T.O.R ou analogiques sont maintenant appelés des modules de signaux (SM).

1.7.1 Unités centrales (CPU)

L'unité centrale c'est le cerveau de l'API. Ce dernier liée aux étapes des signaux d'entrés exécute le programme utilisateur et commande les sorties.

1.7.2 Rémanence sans pile du S7-300

On n'a pas besoin de pile pour sauvegarder les temporisations, compteurs et mémentos S7-300. Le contenu des blocs y est également sauvegardé en cas de coupure de la tension. Les unités centrales des SIMATIC S7-300 ont une mémoire tampon de secours ne nécessitant aucune maintenance qui sauvegarde les opérandes les données qui ont été déclarées permanentes.

1.7.3 Modules d'alimentation (PS)

Tout réseau 24V peut être utilisé pour alimenter de la CPU des S7-300. Les modules d'alimentation suivants de la gamme S7 sont prévus pour être utilisés avec le S7-300(voir tableau 1-1).

Désignations	Courant de sorties	Tension à la sorties	Tension à l'entrée
PS 307	2 A	DC 24 V	AC 120/230 V
	5 A	DC 24 V	AC 120/230 V
	10 A	DC 24 V	AC 120/230 V

Tableau 1-1 : Les modules d'alimentations suivantes la gamme S7-300.

1.7.4 Coupleurs (IM)

Certains coupleurs disponibles dans S5 ont leur équivalent dans S7. Ils peuvent être utilisés pour un couplage sur de courtes distances. Pour un couplage sur de longues distances, il est recommandé d'émettre les signaux via le bus PROFIBUS [3].

1.7.5 Modules de communication (CP)

La communication homme-machine ou machine-homme ainsi que l'échange de données avec d'autres appareils sont assurées par des processeurs de communication qui permettent :
La conduite et l'observation des machines ou processus.
La signalisation et la consignation des états des machines et des installations.

On distingue pour le S7 :

Interface AS-I

C'est un système de connexion employé pour le premier niveau du processus dans les installations d'automatisation.

Il permet notamment de relier des capteurs et actionneurs échangeant des données binaires.

MPI

C'est une interface multipoint pour SIMATIC S7 et peut servir à la mise en réseau de plusieurs CPU pour l'échange de petites quantités de données (jusqu'à 70 octets).

Industriel Ethernet

Il est comme PROFIBUS mais permet la transmission de grandes quantités de données.