

# **Chapitre 1 : Automates Programmables Industriels**

## 1.1. Introduction:

Les Automates programmable industriel (API) sont utilisé dans tous les secteurs industriels, dans ce chapitre on va présenter les automates programmables industriel disponible au milieu de production industriel et son Architecture et Fonctionnement ainsi que les langages de programmation, puis nous terminerons par la description du traitement de l'information dans l'API.

## 1.2 Définition et Historique des A.P.I

L'Automate Programmable industriels (API) est un dispositif électronique programmable adapté aux environnements industriels qui exécutent des fonctions automatisées pour contrôler les pré-actionneurs et les actionneurs basés sur des informations logiques, analogiques ou numériques. Les API sont apparues à la fin des années soixante. Ils étaient principalement utilisés pour automatiser les chaînes de montage d'automobiles à la demande de l'industrie automobile américaine (GM), qui réclamait plus d'adaptabilité de leurs systèmes de commande.

### 1.2.1 Domaines d'emploi des automates :

L'API convient à tous les domaines industriels, ils permettent de contrôler les machines (transport, emballage, etc.) ou les chaînes de production (automobile, agro-alimentaire ... etc.), et peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ... etc.). Il est de plus en plus utilisé dans le secteur de la construction (secteurs tertiaire et industriel) pour contrôler le chauffage, l'éclairage, la sécurité ou les alarme.

### 1.2.2 Nature des informations traitées par l'automate:

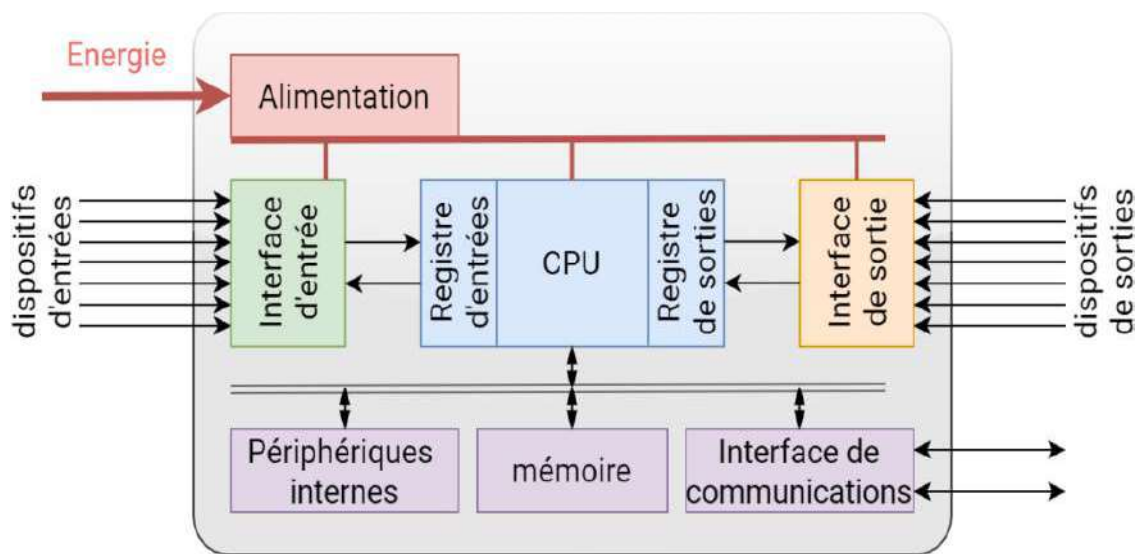
Les informations peuvent être de type :

- Tout ou rien (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que deux états (vrai/faux, 0 ou 1 ...). C'est le type D'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir ...
- Analogique : l'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien Déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température ...).
- Numérique : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.

### 1.3 Architecture des API :

Un API comprend généralement des modules arrangés l'un à côté de l'autre, tels que l'alimentation, l'unité centrale (CPU) à base de microprocesseur dotée d'une carte de Mémoire, les interfaces d'entrées et de sorties, les interfaces de communication, les cartes spéciaux et un dispositif de programmation. On peut effectivement considérer qu'il s'agit d'une unité contenant un grand nombre de relais, compteurs, temporisateurs et unités de stockage de données distincts (généralement EEPROM).

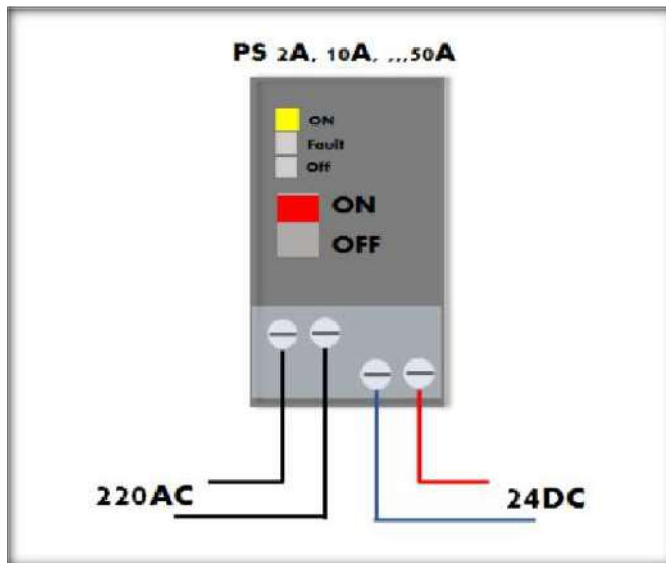
La **figure 1.1** montre la disposition de base d'un API :



**Figure 1.1:** Architecture matériel d'un API

#### 1.3.1 Module d'alimentation :

Le bloc d'alimentation (power supply), est nécessaire pour convertir La tension d'entrée alternative (220 V) du secteur en une tension continue (24V, 48V...) Nécessaire au processeur et aux circuits des modules d'interface d'entrée et de sortie.

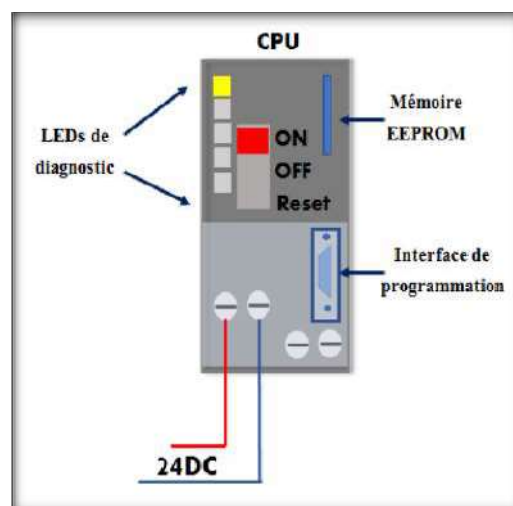


**Figure 1.2:** Module d'alimentation d'un API

La puissance des alimentations varie entre un API et un autre et demandent un courant allant de 2A à 50A, en fonction du nombre d'interfaces d'E/S alimentées par cette alimentation.

### 1.3.2 L'unité centrale de traitement (CPU) :

Le module CPU est l'unité contenant le microprocesseur, cette unité interprète les signaux d'entrée et exécute les actions de commande en fonction du programme enregistré dans sa Mémoire, communiquant les décisions sous forme des signaux d'actions aux sorties, Aussi, Ce module contient une interface de programmation afin de communiquer avec la console de programmation suivant un protocole bien déterminé (Par exemple TCP/IP, MPI-bus ...)

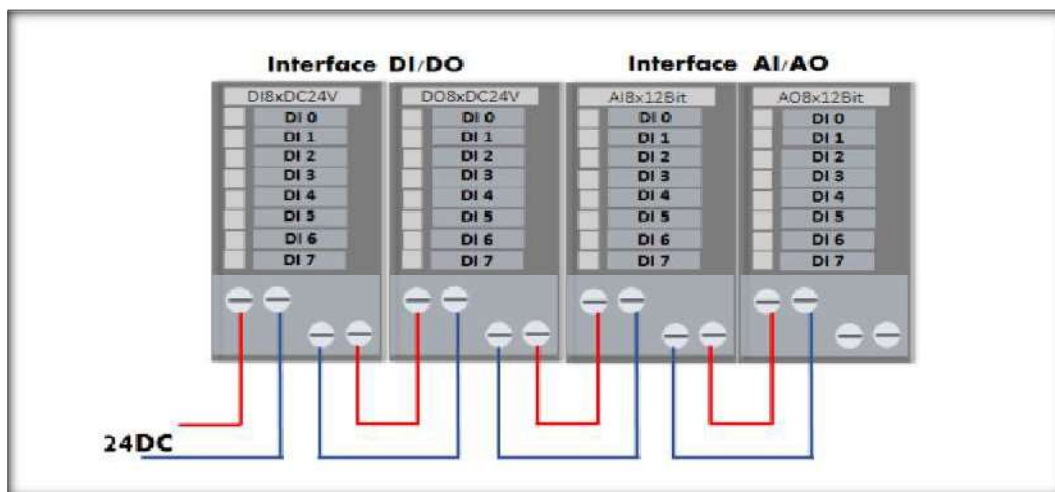


**Figure 1.3:** Module CPU d'un API

La mémoire de programme est l'endroit où le programme stocké contenant les actions de contrôle à exécuter par le microprocesseur, généralement c'est une mémoire ROM Effaçable électriquement (EEPROM).

### 1.3.3 Interfaces d'entrée/sortie :

Les cartes d'E/S permettent au processeur de recevoir des informations de périphériques Externes (capteurs) et de Les communiqués aux périphériques externes (Pré-actionneurs Et actionneurs), généralement il y a deux types d'E/S, type Tout ou Rien (DI/DO) et Analogique (AI/AO).



**Figure 1. 4:** Modules d'E/S

Plus de ces modules, on trouve des modules spéciaux d'E/S (carte PID, carte de Comptage rapide ...etc.).

### 1.3.4 Console de programmation :

Le dispositif de programmation est utilisé pour introduire le programme souhaité dans La mémoire programmable. Généralement le programme est développé dans un PC ou Une console spéciale donnée par le constructeur, puis transféré dans la mémoire du CPU Par l'intermédiaire d'un câble de communication adéquat (MPI-bus, TCP/IP...Etc.).

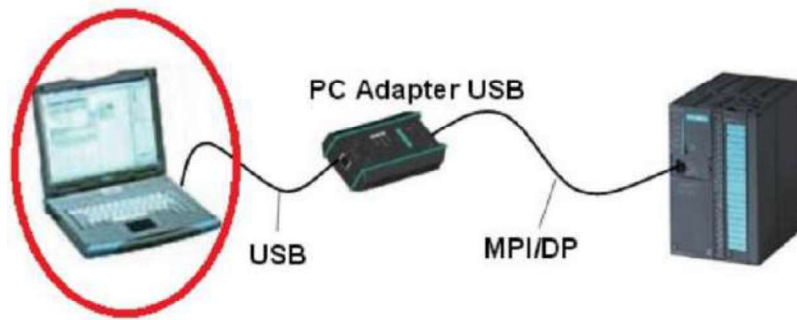


Figure 1.5: Console de programmation

### 1.3.5 Module de communication :

L'interface de communication est utilisée pour recevoir et transmettre des données sur des réseaux de communication depuis ou vers d'autres systèmes distants. Tels qu'API, SCADA, HMI,.... Il concerne des actions telles que la vérification du périphérique, l'acquisition de données, la synchronisation entre les systèmes et la gestion de la connexion.

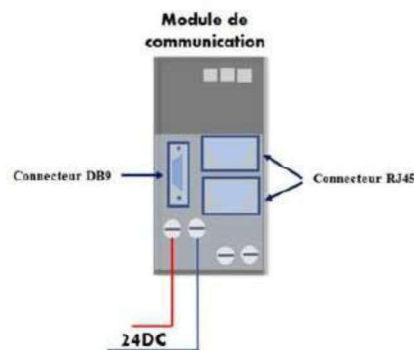


Figure 1. 6: Modules de communication

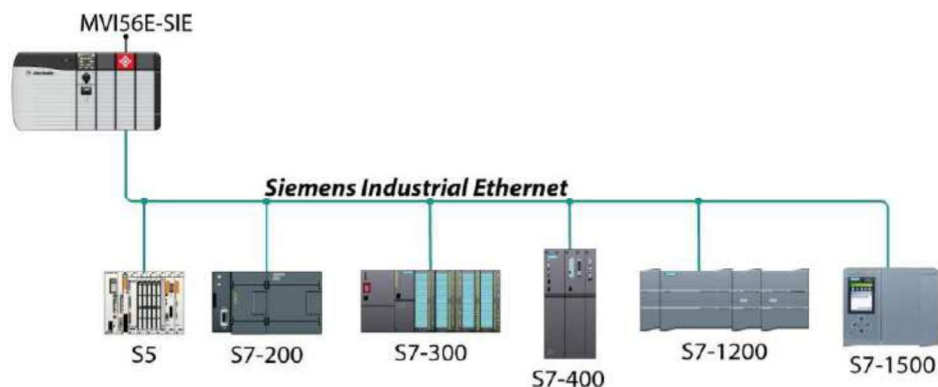


Figure 1. 7: Réseaux de communication Industriel

### 1.5 Les avantages et les inconvénients d'un automate :

Les avantages de l'utilisation des automates programmable industriel aux systèmes industriels sont:

- Améliorer les conditions de travail en éliminant les travaux répétitifs.
- Améliorer la productivité en augmentant la production.
- Améliorant la qualité des produits ou en réduisant les coûts de production.
- Automates programmables sont programmés facilement et ont un langage de programmation facile à comprendre (logique programmé) alors la Modification du programme facile par rapport à la logique câblée.
- Simplification du câblage.
- Puissance et rapidité.
- Facilité de maintenance (l'API par lui-même est relativement fiable et peut aider l'homme dans sa recherche de défauts).
- Augmenter la sécurité.
- Possibilités de communication avec l'extérieur (ordinateur, autre API).
- Enorme possibilité d'exploitation.
- plus économique.

Les inconvénients sont :

- Plantage.
- Il y a trop de travail requis dans les fils de connexion.

## **1.6 Critères de choix d'un API :**

Plusieurs critères existent pour le choix d'un API, citant par exemple :

- Le rapport Qualité/Prix.
- La simplicité de programmation qui offre un langage destiné à l'automaticien suivant la norme IEC 61131.
- Possibilités de simulation et de visualisation qui apportent à l'utilisateur une aide efficace à la mise au point et à l'exploitation, par exemple S7-PLCSIM de SIEMENS.
- La puissance de traitement et un ensemble des cartes spécialisées permettant un développement aisé d'applications particulières : communication, asservissement d'axes, régulation...etc.
- Possibilités d'extension en termes d'entrées et de sorties.

- Standardisation des protocoles de communication [2].

## 1.7 Sécurité :

Les systèmes automatisés sont, par nature, source de nombreux dangers (tensions utilisées, déplacements mécaniques, jets de matière sous pression ...).

Placé au cœur du système automatisé, l'automate doit être un élément fiable car :

- un dysfonctionnement pourrait provoquer de graves répercussions sur la sécurité des personnes.
- les coûts de réparation de l'outil de production sont généralement très élevés.
- un arrêt de la production peut avoir de lourdes conséquences sur le plan financier.

Aussi, l'automate fait l'objet de nombreuses dispositions pour assurer la sécurité :

- Contraintes extérieures : l'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes du Monde industriel et a fait l'objet de nombreux tests normalisés (tenue aux vibrations, CEM ...).
- Coupures d'alimentation : l'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentation et permet, par programme, d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentation (reprises à froid ou à chaud).
- Mode RUN/STOP : seul un technicien peut mettre en marche ou arrêter un automate et la remise en marche se fait par une procédure d'initialisation (programmée).
- Contrôles cycliques : Procédures d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées / sorties.
- Vérification du temps de scrutation à chaque cycle appelée Watch dog (chien de garde), et enclenchement d'une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci (réglé par L'utilisateur).
- Visualisation : Les automates offrent un écran de visualisation où l'on peut voir l'évolution des entrées / sorties.

La défaillance d'un automate programmable provoque de graves répercussions en matière de sécurité, les normes interdisent la gestion des arrêts d'urgence par l'automate ; celle-ci doit être réalisée en technologie câblée.

On peut également ajouter des modules de sécurité à l'automate (sécurité des machines). Il existe enfin des automates dits de sécurité (API DS) qui intègrent des fonctions de surveillance et de redondance accrues et garantissent la sécurité des matériels.



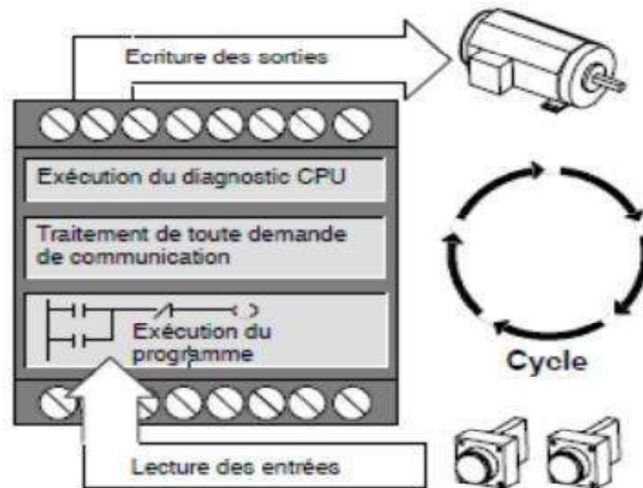
## **1.8 Principe de fonctionnement d'un A.P.I:**

Dans un ordinateur l'exécution d'un programme se fait en général ligne par ligne et d'une façon asynchrone. Une des caractéristiques de l'automate est de fonctionner différemment c.à.d. de façon cyclique. En effet avant d'exécuter quoi que ce soit, l'automate lit entièrement son programme ; et une fois l'exécution terminée recommence les mêmes opérations. On définit alors la notion de cycle et de temps de cycle (entre 1ms et 30ms environ). Il existe plusieurs types de cycle mais le plus répandu est le celui représenté sur la Figure 1.8.

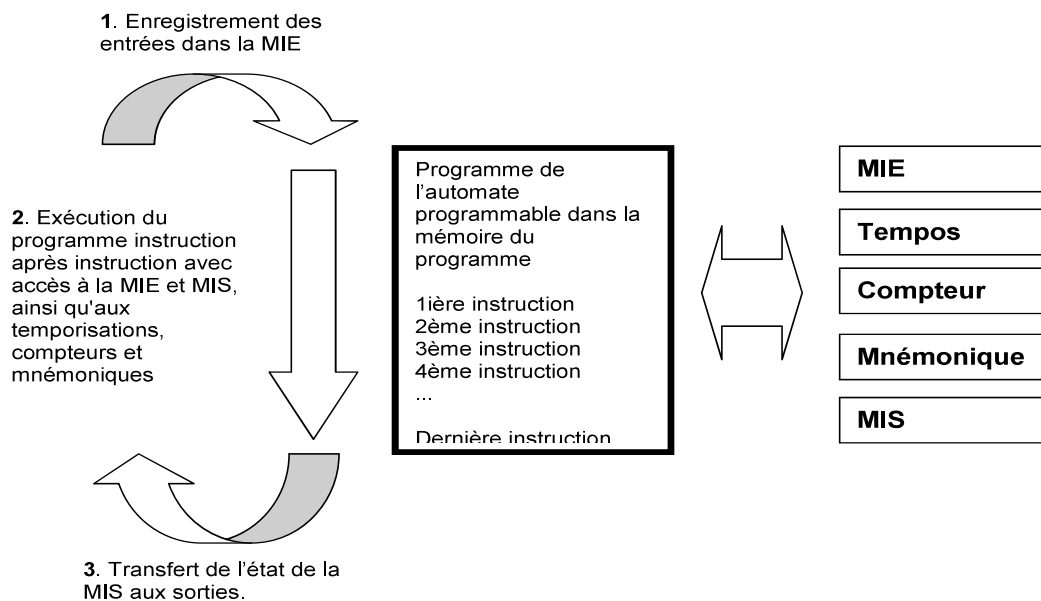
Ce cycle comprend 5 phases :

- Phase 1 : Lecture ou Acquisition des entrées: Prise en compte des informations des modules D'entrées et écriture de leur valeur dans RAM (zone DONNEE).
- Phase 2 : Exécution Des programmes ou Traitement des données : Lecture du programme (située Dans la RAM programme) par l'unité de traitement, lecture des variables (RAM données), Traitement et écriture des variables (internes, sorties ...) dans la RAM données.
- Phase 3 : Traitement de toute demande de communication.
- Phase 4 : Exécution du test d'autodiagnostic (Gestion du système Autocontrôle de l'automate).
- Phase 5 : Ecriture des sorties : Lecture des variables de sorties dans la RAM données et transfert vers le module de sorties.

Le temps de scrutation de chaque cycle est vérifié par un temporisateur appelé Watchdog (chien de Garde) qui enclenche une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci (réglé par l'utilisateur).



## Comment le programme est-il traité dans l'automate ?



**Indications** : Le temps requis par le processeur pour l'exécution du programme s'appelle le temps de cycle. Ce dernier dépend entre autres du nombre et du type d'instructions.

Figure 1.8: Cycle typique d'exécution des programmes d'un A.P.I.

## 1.9 Câblage de l'automate :

### 1.9.1 Alimentation de l'automate :

L'automate est alimenté généralement par le réseau monophasé 230V; 50 Hz, mais d'autres alimentations sont possibles (110 V etc...). La protection est de type magnétothermique (voir Figure 1.9). Il est souhaitable d'asservir l'alimentation de l'automate par un circuit de commande spécifique (contacteur KM1). De même, les sorties seront asservies au circuit de commande et alimentées après validation du chien de garde.

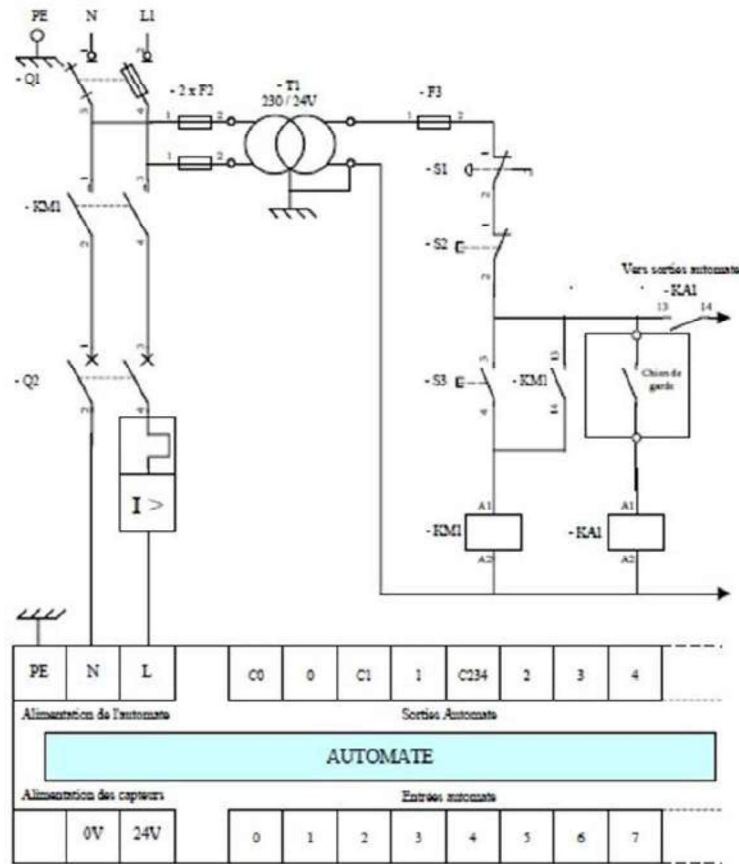


Figure 1.9: Alimentation de l'automate

### 1.9.2 Alimentations des entrées d'automate :

L'automate est pourvu généralement d'une alimentation pour les capteurs/détecteurs (attention au type de logique utilisée : logique positive ou négative) (voir Figure 1.10). Les entrées sont connectées à l'OV (commun) de cette alimentation. Les informations des capteurs/détecteur sont traitées par les interfaces d'entrées.

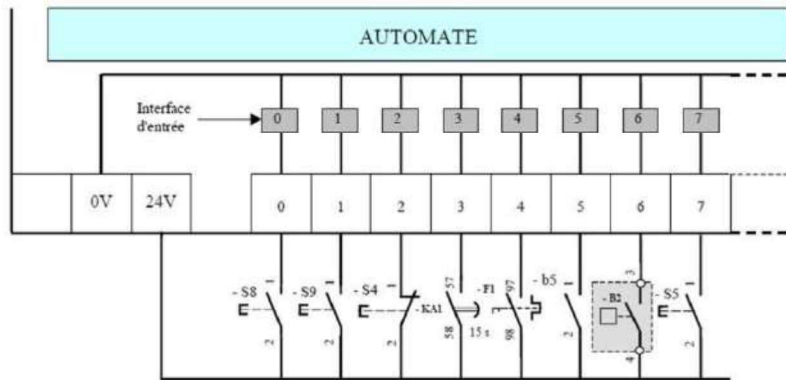


Figure 1.10: Alimentations des entrées d'automate

### 1.9.3. Alimentations des sorties d'automate :

Les interfaces de sorties permettent d'alimenter les divers pré-actionneurs, Il est souhaitable d'équiper chaque pré-actionneur à base de relais de circuits RC (non représentés) (voir Figure 1.11).

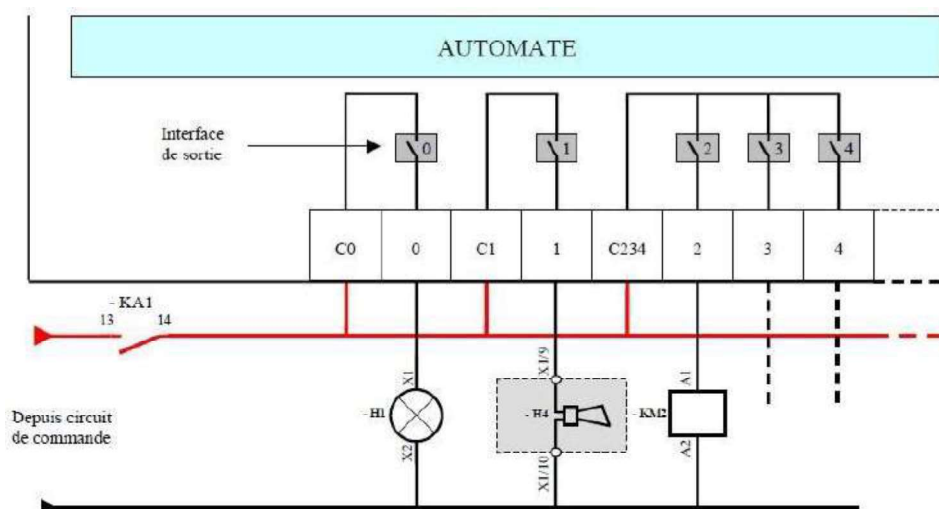


Figure 1.11: Alimentations des sorties de automate

## 1.10 Exemple d'un API (Automate SIMATIC S7-1200)

Il existe plusieurs société qui fabrique l'automate programmable industrielle on distingue:

- Alenbredly d'une société de USA
- Amron d'une société de JAPON

- TWIDO et ZELIO de la société schneider
- SIMATIC de la société de SIMENS

**Les Différentes types d'automate SIMATIC sont:**

- Micro automate S200
- Automate Basic S300
- Automate Advanced S400 qui travail dans des milieux spécifiques où il supporte une température plus de 70C
- S1200
- S1500

### **1.10.1 Présentation d'automate S7-1200:**

L'automate SIMATIC S7-1200 est un mini-contrôleur modulaire utilisé pour les petites performances (voir Figure 1.12). Il existe un éventail complet de modules pour une adaptation optimisée à la tâche d'automatisation. Le contrôleur S7 est composé d'une CPU qui est équipé d'entrées et de sorties de signaux numériques et analogiques.

Des modules additionnels d'entrées/sorties (modules IO) peuvent être installés si les entrées et sorties intégrées ne sont pas suffisantes pour l'application désirée. Si besoin sont des modules de communication RS232 ou RS485 sont ajoutés. Une interface TCP/IP intégrée est obligatoire pour toutes les CPU.

Avec le programme S7, l'API surveille et contrôle une machine ou un processus. Les modules IO sont interrogés dans le programme S7 au moyen d'adresses d'entrées (%I) et référencés au moyen d'adresses de sorties (%Q).

Le système est programmé avec le logiciel TIA Portal (STEP 7).



**Figure 1.12:** Automate siemens s7-1200

### 1.10.2 Ingrédients de l'automate S7-1200 :

Il comprend :

- un contrôleur avec interface PROFINET intégrée pour la communication avec une console de programmation, une interface homme-machine ou d'autres contrôleurs SIMATIC.
- des fonctions technologiques performantes intégrées, par exemple : comptage, mesure, régulation et motion control - entrées/sorties TOR et analogiques intégrées,
- des signaux Boards utilisables directement sur un contrôleur.
- des modules d'entrées/sorties pour l'extension des contrôleurs par des canaux d'entrées/sorties.
- des modules de communication pour l'extension des contrôleurs par des interfaces de communication,
- des accessoires, par ex. alimentation, modules de commutation ou SIMATIC MemoryCard. On peut ainsi lui citer les qualités suivantes :
- un effet d'automatisation maximal pour un coût raisonnable,
- simplicité de montage, de programmation et de manipulation,
- hautement intégré, peu encombrant,
- convenant pour les applications d'automatisation de petite à moyenne envergure,
- convenant pour les applications fermées jusqu'ici à la logique programmée pour des raisons de coûts,

- toutes les CPU utilisables en mode autonome, en réseau et dans des architectures décentralisées.

Pour la réalisation de ce projet, nous avons utilisé l'automate SIMATIC S7-1200

Unité centrale 1215C qui a les caractéristiques techniques suivantes :

- 14 entrées et sorties intégrées
- Interface Ethernet intégrée.
- Contrôleur PID de base.
- Horloge en temps réel intégrée.
- Entrées d'alarme.

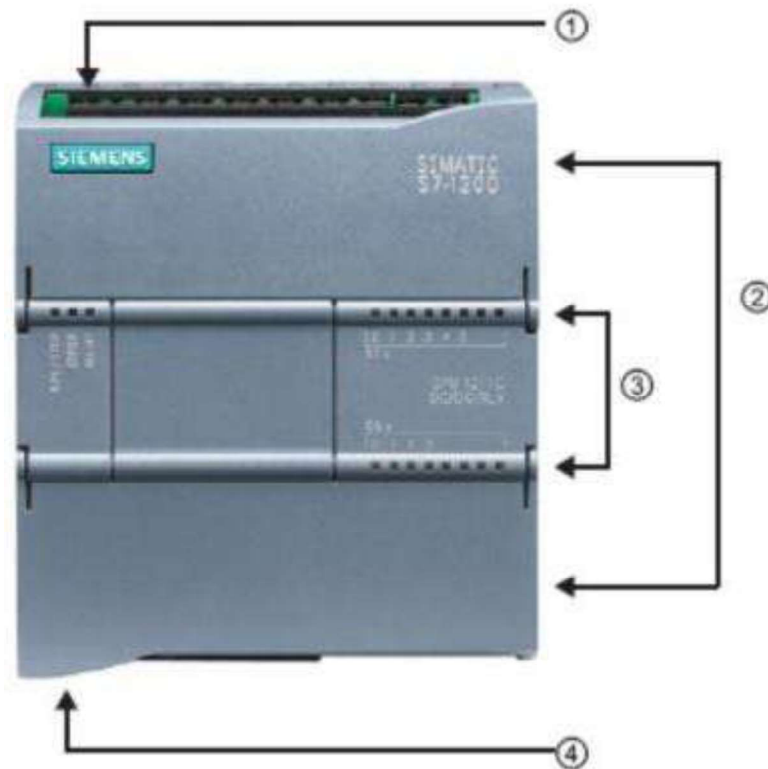
Bornes détachables sur tous les modules

### **1.10.3 Vue de face de la CPU 1215C DC/DC/DC :**

Avec une alimentation intégrée de 24V et des entrées et sorties TOR intégrées, la CPU 1215C DC/DC/DC est prête à l'emploi, sans que des composants supplémentaires soient nécessaires (voir Figure 1.13).

Pour communiquer avec une console de programmation, la CPU est équipée d'un port TCP/IP intégré.

Au travers d'un réseau ETHERNET, la CPU est capable de communiquer avec des pupitres opérateurs IHM ou avec d'autres CPU.



**Figure 1.13:** Face de la CPU 1215C DC/DC/DC

- 1) Alimentation 24V
- 2) Borniers enfichables pour un câblage utilisateur (derrière les caches plastiques)
- 3) LED d'état des E/S intégrées et pour les modes de fonctionnement de la CPU
- 4) Port TCP/IP (sous la CPU)

#### 1.10.4 L'installation d'appareils S7-1200 :

Le matériel S7-1200 est conçu pour être facile à installer. Vous pouvez monter l'automate S7-1200 sur un panneau ou sur un profilé support et l'orienter horizontalement ou verticalement. La petite taille du S7-1200 permet une optimisation de l'espace.

#### 1.10.5 Ménagez un dégagement adéquat pour le refroidissement et le câblage:

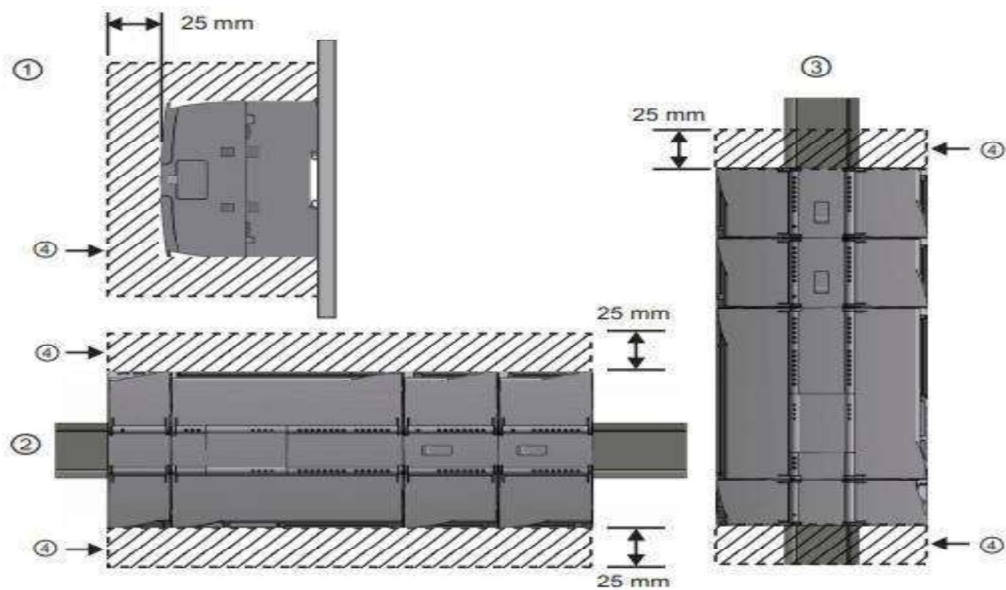
Lors de l'implantation du S7-1200 dans votre panneau, tenez compte des appareils sources de chaleur et placez les appareils de type électronique dans les zones plus fraîches de votre armoire.

Les appareils S7-1200 sont conçus pour un refroidissement par convection naturelle. Pour que le refroidissement se fasse correctement, vous devez laisser un espace libre d'au moins 25 mm au-dessus et en dessous des appareils. Vous devez également avoir une



profondeur d'au moins 25 mm entre l'avant des modules et l'intérieur de l'enceinte (voir Figure 1.14).

Lorsque vous planifiez la disposition de votre système S7-1200, réservez suffisamment d'espace pour le câblage et les connexions de câbles de communication.



**Figure 1.14:** Espace pour la connexion Automate Siemens S7-1200

- 1) Vue de côté
- 2) Montage horizontal
- 3) Montage vertical
- 4) Zone de dégagement

Si votre système se situe dans un environnement à fortes vibrations ou est disposé verticalement, le montage du S7-1200 sur panneau offrira un niveau de protection plus élevé.

#### 1.10.6 Adresse des signaux d'entrée/sortie de SIMATIC S7-1200 :

La déclaration d'une entrée ou sortie donnée à l'intérieur d'un programme s'appelle l'adressage. Les entrées et sorties des automates sont la plupart du temps regroupées en groupes de huit entrées ou sorties numériques (voir Figure 1.15). Cette unité de huit entrées ou sorties est appelée un octet. Chaque groupe reçoit un numéro

que l'on appelle l'adresse d'octet.

Afin de permettre l'adressage d'une entrée ou sortie à l'intérieur d'un octet, chaque octet est divisé en huit bits. Ces derniers sont numérotés de 0 à 7. On obtient ainsi l'adresse du bit. L'automate programmable représenté ici a les octets d'entrée 0 et 1 ainsi que les octets de sortie 4 et 5.

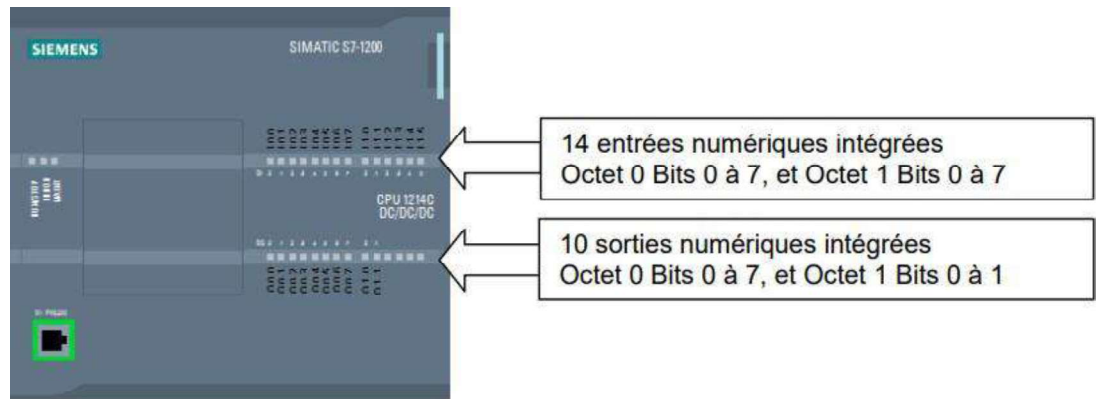


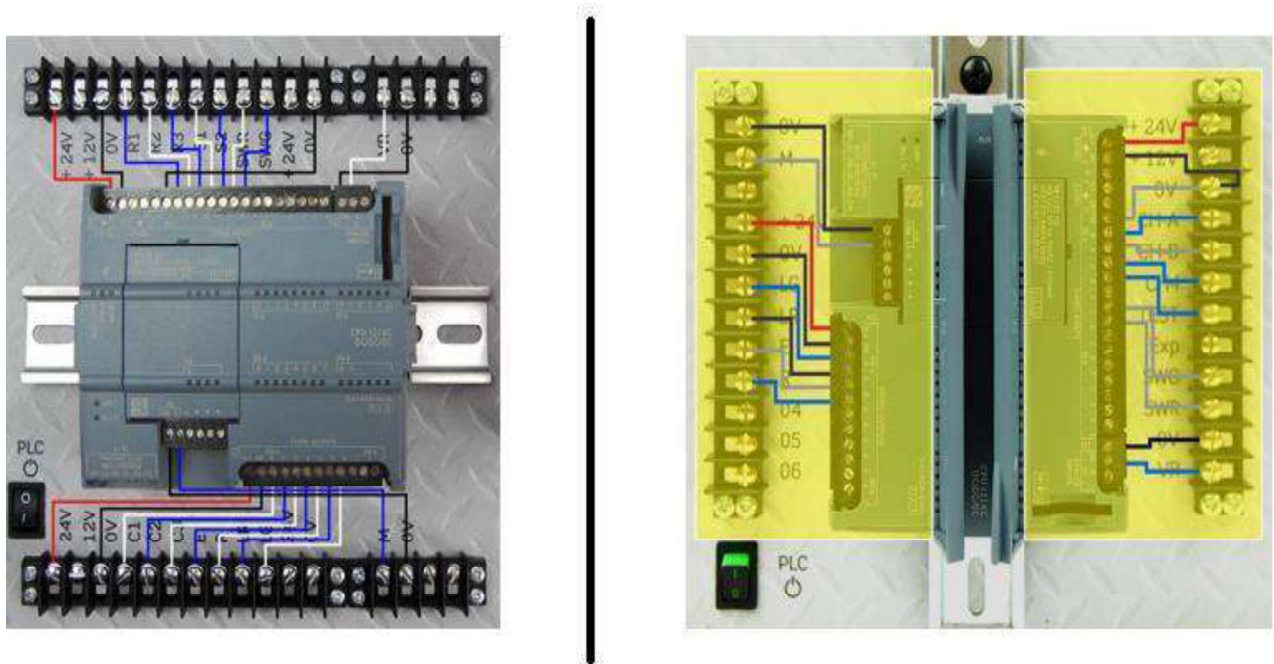
Figure 1.15: Entrées et sorties des automates siemens S7-1200

### 1.10.7 Conseils de câblage :

Une mise à la terre et un câblage Corrects de tout l'équipement électrique sont importants Pour garantir un fonctionnement optimal de votre système et pour fournir une protection Supplémentaire contre le bruit électrique pour votre application et le S7-1200.

Le câblage est réalisé sur la base des schémas de câblage S7-1200 dans les données techniques suivantes (voir Figure 1.16):

**Figure 1.16:** Câblage de l'automate siemens S7-1200



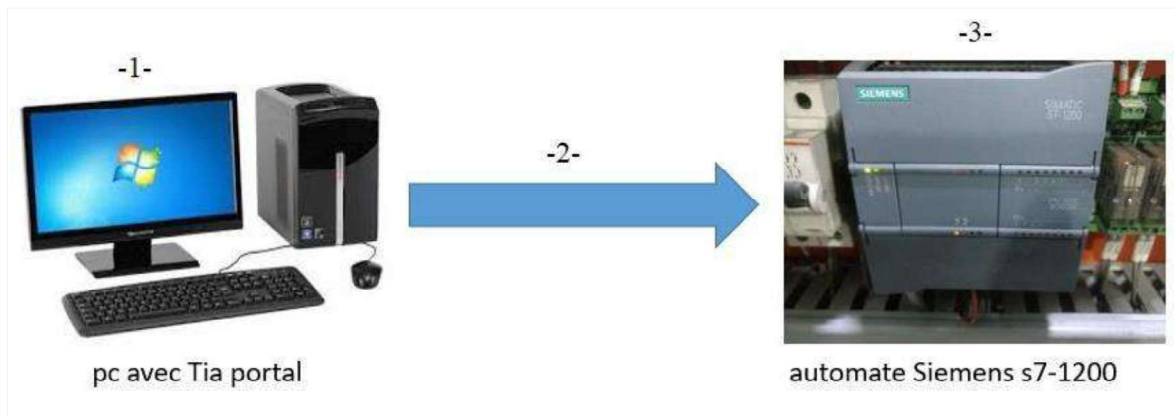
#### 1.10.7.1 Conditions requises :

Assurez-vous, avant de mettre à la terre ou de câbler tout appareil électrique, que cet Appareil a été mis hors tension. Assurez-vous également que tout équipement associé a été Mis hors tension.

#### 1.10.8 Connexion à la CPU via le protocole TCP/IP, et retour aux paramètres d'usine:

Pour programmer le SIMATIC S7-1200 à partir d'un PC ou d'un ordinateur portable, vous avez besoin d'une connexion TCP/IP (voir Figure 1.17).

- 1) Créer le programme de l'API avec Tia portal (Step 7) sur le PC.
- 2) Connecter le PC avec l'interface TCP/IP de l'API.
- 3) Charger le programme du PC dans la mémoire de l'API.



**Figure 1.17:** Connexion TCP/IP entre ordinateur et automate siemens s7-1200

### 1.10.9 Modules d'extension S7-1200 :

Le SIMATIC S7-1200 est un automate modulaire et tout un éventail de modules l'accompagnent. Les voici :

- Modules centraux CPU (Central Processing Unit) avec différentes capacités, entrées/sorties intégrées, et une interface PROFINET (par exemple, la CPU 1215C) (voir Figure 1.18).



**Figure 1.18:** Central Procession Unit (CPU)

- Module de puissance PM (Power Module) avec une entrée AC 120/230V, 50Hz/60Hz, 1.2A/0.7A, et une sortie DC 24V/2.5A (voir Figure 1. 19)



**Figure 1.19:** Power Module (PM)

- « Signal Boards » SB pour ajouter des entrées ou sorties analogiques ou numériques, la taille de la CPU étant fixée (voir Figure 1.20)  
(Les « signal Boards » peuvent être utilisés avec les CPU 1211C/1212C et 1214C)



**Figure 1.20:** Signal Boards (SB)

- Modules de signal SM (Signal Module) pour les entrées et sorties analogiques et numériques (voir Figure 1.21)  
(Pour les CPU 1212C un maximum de 2 SM peuvent être utilisés, pour la 1214C max. 8)



**Figure 1.21:** Signal Module (SM)

- Modules de communication CM (Communication Module) pour une communicationsérie RS 232 / RS 485 (voir Figure 1.22)



**Figure 1.22:** Communication Module (CM)

- Les cartes mémoire 2Mo ou 24Mo pour stocker les données du programme et pour un remplacement simple des CPU lors des maintenances (voir Figure 1.23)



**Figure 1.23:** Cartes mémoire

#### 1.10.10 Modes de fonctionnement de la CPU :

La CPU peut se trouver dans l'un des trois modes de fonctionnement suivants :

- En mode STOP, la CPU n'exécute pas le programme et vous pouvez charger un projet.
- En mode STARTUP, la CPU entame une procédure de démarrage.
- En mode RUN, le programme est exécuté de façon cyclique.

La CPU n'a pas de commutateur physique pour modifier de mode de fonctionnement.

Le mode STOP ou RUN se modifie par le pupitre opérateur du logiciel STEP 7 Basic. De plus, le Pupitre opérateur est muni d'un bouton MRES pour effectuer un effacement général. Il affiche Aussi les LED d'état de la CPU (voir Figure 1.24).



Figure 1.24: Mode STOP ou RUN et bouton MRES

### 1.10.11 Visualisations d'état et d'erreur :



Figure 1.24: Mode de Fonctionnement de la CPU (les LED d'états RUN/STOP)

- Une lumière jaune indique le mode STOP.
- Une lumière verte indique le mode RUN.
- Une lumière clignotante indique le mode STARTUP.

En outre, les DEL ERROR et MAINT indiquent respectivement si une erreur est survenue et si Une maintenance est requise.

### 1.10.12 Choix de la CPU :

Les CPU du système SIMATIC S7-1200 se déclinent en trois classes de performances : CPU 1211 C, CPU1212 C CPU 1214 C et CPU 1215 C , chacune d'elles pouvant être étendue en fonction des besoins de la machine. Sur chaque CPU, il est possible de greffer une platine d'extension pour ajouter des E/S TOR ou analogiques supplémentaires sans modification de l'encombrement de l'automate. Des modules d'E/S

supplémentaires peuvent être ajoutés du côté droit de la CPU pour étendre la capacité d'E/S TOR ou analogiques. La CPU 1212 C supporte deux modules et la CPU 1214 C en supporte huit. Il est en outre possible, sur toutes les CPU SIMATIC S7-1200, de connecter jusqu'à trois modules de communication du côté gauche de la CPU, ce qui permet tous les types de communication: PROFINET, PROFIBUS, AS-i, communication série, WANou GPRS.