

Chapitre 2 : Les automates programmables industriels

I- Qu'est-ce qu'un automate programmable :

L'Automate Programmable Industriel (API) est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logique, analogique ou numérique.

L'automate programmable fonctionne par déroulement cyclique du programme. Le cycle comporte trois opérations successives :

- **La lecture** : la scrutation des entrées binaires pour transférer leurs états dans la zone image des entrées.
- **Le traitement** : le processeur exécute les instructions de la mémoire programme en fonction des informations de la mémoire des données. Cette exécution se traduit par la modification de certaines variables et leur mis à jour dans la zone correspondante.
- **La commande** : les images des sorties dans la mémoire des données sont transférées dans le module de sortie peut être converti en signaux électriques pour la commande des pré-actionneurs et des dispositifs de visualisation.

Ce cycle se répète infiniment tant qu'il n'y a pas d'interruption interne ou externe qui engendre l'arrêt temporaire ou permanent de l'automate.

II- Différents types d'automates :

II.1- Différents gammes d'automates :

L'automate est à dimensionner selon l'application à réaliser. Un vaste choix de gammes est proposé par les différents fabricants.

II.1.1- Les micro-automates :

Ce sont des petites unités avec une structure fixe comprenant de 4 à 20 entrées-sorties, généralement tout-ou-rien (TOR). Ils sont utilisés pour réaliser de petits automatismes autonomes en logique combinatoire. Généralement ils se programment avec un langage simplifié qui leur est propre.

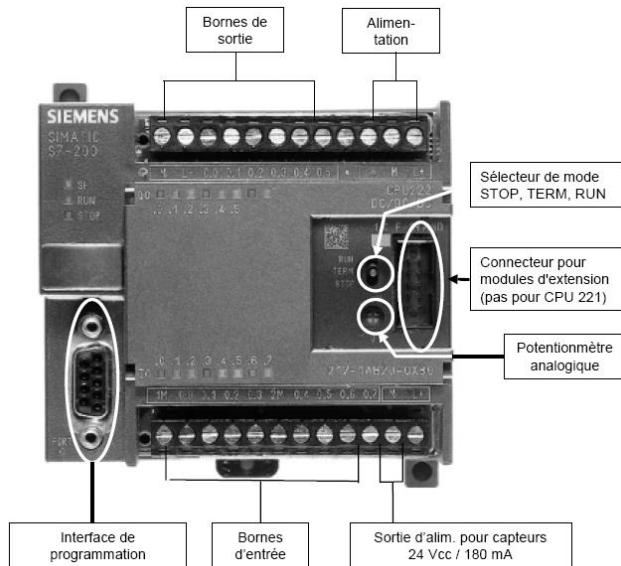


Micro-automates (SIEMENS LOGO, SCHNEIDER ZELIO et CROUZET MILLENIUM)

II.1.2- Les automates compacts :

Ce sont des appareils avec un nombre fixe d'entrées / sorties digitales et analogiques. Ils sont cependant extensibles par blocs jusqu'à environ 250 entrées / sorties. Selon les modèles et les fabricants, un automate compact peut réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité.

Ces automates sont principalement exploités pour des applications de complexité moyenne avec de la logique séquentielle et un traitement limité des fonctions analogiques. Ils sont généralement destinés à la commande de petits automatismes.

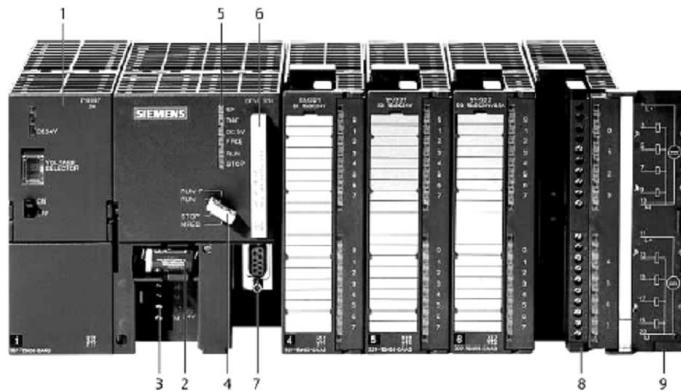


Automate compact (SIEMENS S7-200 CPU222)

II.1.3- Les automates modulaires :

Dans ce type d'automates, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (**modules**) et sont fixées sur un ou plusieurs **racks** contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs).

Ce sont des machines rapides et puissantes qui travaillent avec des processeurs performants. Ils sont de véritables ordinateurs multitâches et multiprocesseurs. Une CPU peut traiter plus de 8'000 entrées-sorties.



Automate modulaire (SIEMENS S7-300)

- | | | | |
|----------|---|----------|----------------------------|
| 1 | Module d'alimentation | 6 | Carte mémoire |
| 2 | Pile de sauvegarde | 7 | Interface multipoint (MPI) |
| 3 | Connexion au 24V cc | 8 | Connecteur frontal |
| 4 | Commutateur de mode (à clé) | 9 | Volet en face avant |
| 5 | LED de signalisation d'état et de défauts | | |

II.1.4- Les automates à architecture distribuée :

Ce sont des automates constitués d'un ensemble de processeurs et d'interfaces d'entrées / sorties reliées par un réseau. Ce type de structure est employé pour l'automatisation des machines complexes, pour des processus très étendus ou lorsque les contraintes de sûreté de fonctionnement imposent la redondance des systèmes de contrôle-commande (par exemple : industries chimiques, pétrochimique, nucléaire).



Automate non modulaire (SIEMENS S5-95U)

II.2- Quelques marques d'automates :

La programmation de ces automates se fait soit à partir de leur propre console, soit à partir du logiciel de programmation propre à la marque.

II.2.1- OMRON :

- **CQM1 – CPU 11/21/41**
 - E - 192 Entrées/Sorties (à relais, à triac, à transistors ou TTL) ;
 - 32 K RAM data on Board ;
 - structure multifonction ;
 - structuration multitâche ;
 - SYSWIN 3.1, 3.2 ... 3.4 et CX_Programmer (Littéral, Ladder) ;
 - communication sur RS 232 – C ;
 - programmation sur IBM PC/PS.

II.2.2- TELEMECANIQUE :

- **TSX 17/20 :**
 - nombre d'entrées et de sorties variable : 20 à 160 E/S.
 - microprocesseur 8031.
 - langage de programmation PL7.2.
- **TSX 67.20 :** La compacité d'un automate haut de gamme, à E/S déportables par fibre optique:
 - 1024 E/S en six bacs de huit modules;
 - extension de bacs à distance par fibre optique à 2000 m;
 - 16 coupleurs intelligents;
 - 24 K RAM data on Board;
 - 32 K RAM / EPROM cartouche utilisateur;
 - structure multifonctions;
 - structuration multitâche;
 - langage PL7.3 (Grafcet, Littéral, Ladder);
 - programmation sur IBM PC/PS.
- **FESTO :** Architecture modulaire : carte de base; carte processeur; carte de mémorisation; carte E/S.
 - FPC 202 :
 - 16 entrées 24 V DC;
 - 16 sorties 24 V DC - 1 A;

- 8 K RAM, 8 K EPROM;
- interface série, 20 mA boucle de courant pour imprimante;
- console de programmation externe : console ou IBM PC;
- programmation : grafset, langage Festo, schéma à relais.

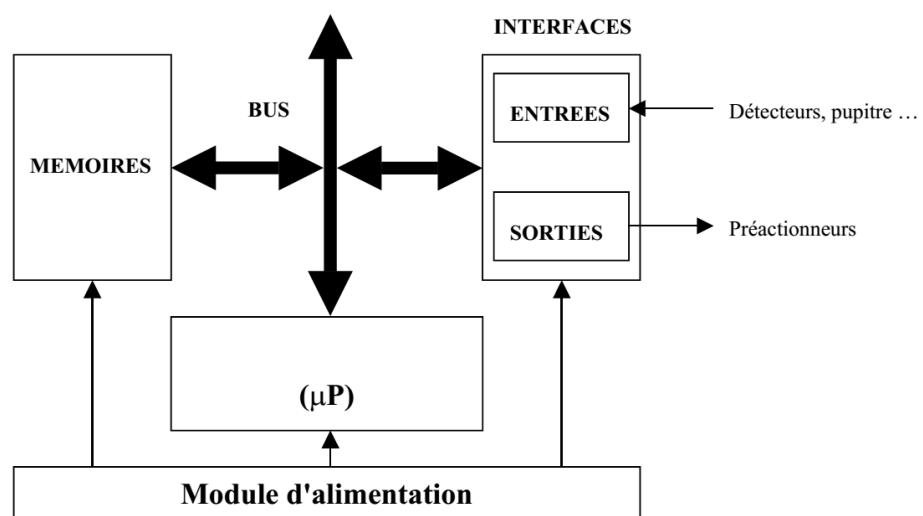
II.2.3- SIEMENS:

- **S7 – 200 :**
 - 64 entrées 24 V DC;
 - 64 sorties 24 V DC - 1 A ;
 - 8 Entrées analogiques AEW0
 - AEW14 ; - 8 Sorties analogiques AAW0
 - AAW6 ; - interface série,
 - console de programmation externe : PG 702;
 - programmation STEP7: schéma à relais, Ladder.

III- Eléments constitutifs des automates :

Les automates comportent cinq principales parties :

- L'unité centrale (processeur, mémoire, bus internes)
- Le module d'alimentation
- Le module de communication
- Les interfaces d'entrées / sorties



Structure interne d'un automate

III.1- Unité centrale :

L'unité centrale est l'ensemble des dispositifs nécessaires au fonctionnement logique interne de l'API. Elle représente le cœur de la machine, et comprend :

III.1.1- Processeur :

C'est l'organe intelligent de l'unité centrale. Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées et de sorties et d'autre part à exécuter les instructions du programme. Il est composé de :

- **Une Unité Logique (UL)** qui traite les opérations logiques ET, OU et Négation.
- **Une Unité Arithmétique et Logique (UAL)** qui traite les opérations de temporisation, de comptage et de calcul.
- **Un Accumulateur** qui est un registre de travail dans lequel se range une donnée ou un résultat.
- **Un Registre d'Instruction** qui contient, durant le temps de traitement, l'instruction à exécuter.
- **Un Décodeur d'Instruction** qui décide l'instruction à exécuter en y associant les microprogrammes de traitement.
- **Un Compteur Programme (ou Compteur Ordinal)** qui contient l'adresse de la prochaine instruction à exécuter et gère ainsi la chronologie de l'exécution des instructions du programme.

III.1.2- Mémoire centrale :

Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système, que sont le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui lui gère et exécute le programme. Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs. Elle se compose :

- D'une zone de **mémoire programme** (programme à exécuter).
- D'une zone de **mémoire de données** (état des entrées et des sorties, valeurs des compteurs, temporisations).
- D'une zone où sont stockés des **Résultats de calcul** utilisés ultérieurement dans le programme.
- D'une zone pour les **variables internes**.

III.1.3- Bus internes :

Un bus est un ensemble de pistes conductrices (pistes en cuivre) par lequel s'acheminent une information binaire (suite de 0 ou 1), c'est à dire (0V ou 5V) sur chaque fil. Comme dans un système informatique classique, l'unité centrale dispose de trois bus internes :

- bus de données
- bus d'adresses.
- bus de commandes.

III.2- Module d'alimentation :

Il assure la distribution d'énergie aux différents modules. Ce module génère l'ensemble des tensions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme. Elle peut être intégrée ou indépendante de l'API. Elle doit fournir les tensions d'alimentation 220/230V, 24V~ ou 24V DC avec une fréquence de fonctionnement 50/60Hz.

Pour des raisons de sécurité, ce module est équipé d'un dispositif de surveillance du secteur.

- Lors de la coupure secteur celui-ci déclenche :
 - L'arrêt de la scrutation du programme utilisateur,
 - La sauvegarde du contexte système (contenu de la mémoire interne du processeur),
 - Le forçage à zéro des sorties si l'utilisateur l'a spécifié dans son programme.
- Lors de la reprise secteur deux cas se présentent :
 - Le contexte application (état de la partie opératrice fourni par les entrées) est le même que celui avant la disparition secteur et le contexte système n'est pas été perdu, l'automate effectue une reprise à chaud du fonctionnement,
 - Le démarrage de l'exécution au début du programme après initialisation des données systèmes et l'application.

III.3- Module de communication :

Ce module comporte les consoles, les boîtiers de tests et les unités de dialogue en ligne.

III.3.1- Consoles

Il existe deux types de consoles :

- L'une permet le paramétrage et les relevés d'informations (modification des valeurs, et visualisation),
- L'autre permet en plus de la programmation, le réglage et l'exploitation.
 - Dans la phase de programmation, elle effectue :

- L'écriture,
- La modification,
- L'effacement,
- Le transfert d'un programme dans la mémoire de l'automate ou dans une mémoire EEPROM.
- Dans la phase de réglage et d'exploitation, elle permet de faire :
 - L'exécution du programme pas à pas,
 - La visualisation de ce programme,
 - Le forçage ou la modification des données telles que les entrées, les sorties, les bits internes, les registres de temporisation, les compteurs, etc...
 - Sortir sur une imprimante, du programme, si un port de sortie existe.

La console peut également afficher le résultat de l'autotest comprenant l'état des modules d'entrées et de sorties, l'état de la mémoire, de la batterie, etc...

III.3.2- Boîtiers de tests

Ils sont destinés aux personnels d'entretien, ils permettent de visualiser le programme ou les valeurs des paramètres. Par exemple :

- Affichage de la ligne de programme à contrôler,
- Visualisation de l'instruction (code opératoire et adresse de l'opérande),
- Visualisation de l'état des entrées,
- Visualisation de l'état des sorties.

III.3.3- Unités de dialogue en ligne

Elles sont destinées aux personnels spécialistes du procédé et non de l'automate programmable, et leur permet d'agir sur certains paramètres, à savoir :

- La modification des constantes, compteurs temporisations,
- Le forçage des entrées/sorties,
- L'exécution de parties de programme,
- Le chargement de programmes en mémoire à partir de cassettes.

III.4- Interfaces d'entrées / sorties (E/S) :

Les interfaces d'entrées-sorties permettent de raccorder à l'automate pratiquement tous les capteurs et pré-actionneurs rencontrés dans le SAP.

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur.

Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes ...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

III.4.1- Interfaces d'entrées

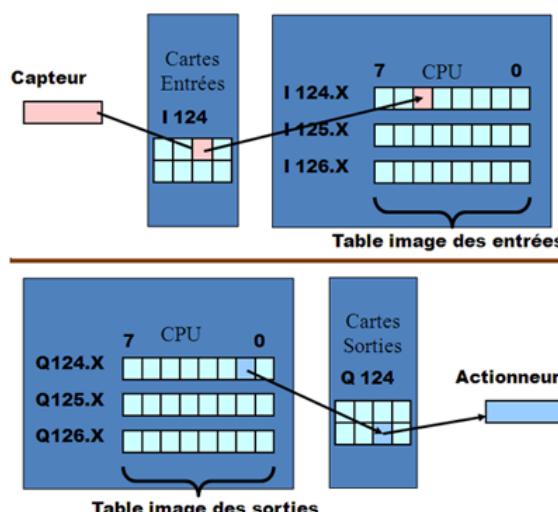
Ils sont destinées à :

- Recevoir l'information en provenance des capteurs.
- Traiter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative.

III.4.2- Interfaces de sorties

Ils sont destinées à :

- Commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du SAP
- Adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système tout en assurant l'isolement galvanique entre ces dernières.



Fonctions d'interfaces d'entrées / sorties

IV- Critères de choix d'un automate :

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société ou d'un groupe et les contacts commerciaux et expériences vécues sont déjà un point de départ. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir "se retourner" en cas de "perte de vitesse" de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels et une trop grande diversité des matériels peut avoir de graves répercussions. Un automate utilisant des langages de programmation de type GRAFCET est également préférable pour assurer les mises au point et dépannages dans les meilleures conditions.

La possession d'un logiciel de programmation est aussi source d'économies (achat du logiciel et formation du personnel). Des outils permettant une simulation des programmes sont également souhaitables.

Il faut ensuite quantifier les besoins :

- **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 la 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 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 ...).

V- Différents types de données API :

V.1- Selon la nature :

Les données avec lesquelles travaille l'automate prennent trois formes :

- **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.

V.2- Selon l'emplacement :

Les données dans l'API peuvent être classées selon ce qu'elles représentent :

- Les données correspondent à des entrées ou informations venant de l'extérieur de l'automate (partie opératrice, opérateur ...). Elles sont regroupées dans une table mémoire "image des entrées".

- Les données correspondant à des sorties ou ordres allant vers l'extérieur de l'automate. Elles sont regroupées dans une table mémoire " images des sorties".
- Les autres données : ce sont des variables intermédiaires de traitement, des paramètres définissant la logique de commande, et des variables systèmes.

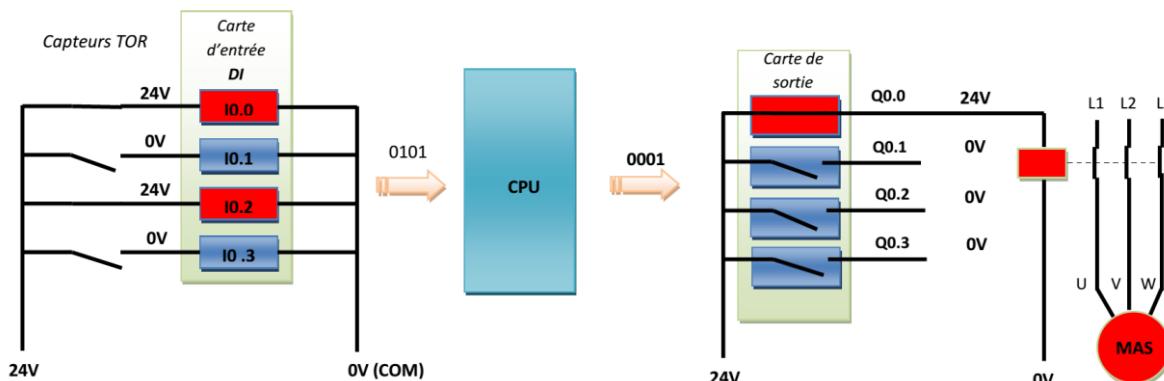
VI- Différents cartes dans un automate :

VI.1- Carte d'entrées / sorties TOR :

Au nombre de 4, 8, 16 ou 32, elles peuvent aussi bien réaliser des fonctions d'entrées, de sorties ou les deux. Ce sont les plus utilisées et les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif ...). Les voies peuvent être indépendantes ou posséder des "communs".

Les cartes d'entrées permettent de recueillir l'information des capteurs, boutons ... qui lui sont raccordés et de la matérialiser par un **bit image** de l'état du capteur.

Les cartes de sorties offrent deux types de technologies : les sorties à relais électromagnétiques (bobine plus contact) et les sorties statiques (à base de transistors ou de triacs).



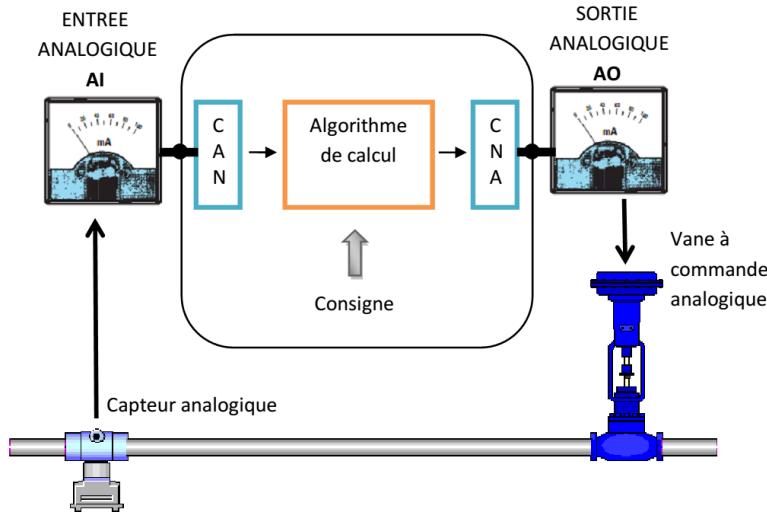
Principe de connexion des entrées / sorties TOR (états actionnés)

VI.2- Carte d'entrées / sorties analogiques :

Elles permettent de réaliser l'acquisition d'un signal analogique et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un traitement par le microprocesseur. La fonction inverse (sortie analogique, i.e. CNA) est également réalisée. Les grandeurs analogiques sont normalisées : 0-10V ou 4-20mA.

Exemples de grandeurs analogiques:

- Température -50 ... +150°C,
- Débit 0 ... 200 l/min,
- Vitesse 0 ... 1500 tr/min,
- etc...



Principe de connexion des entrées / sorties analogiques (états actionnés)

VI.3- Cartes d'entrées / sorties complexes :

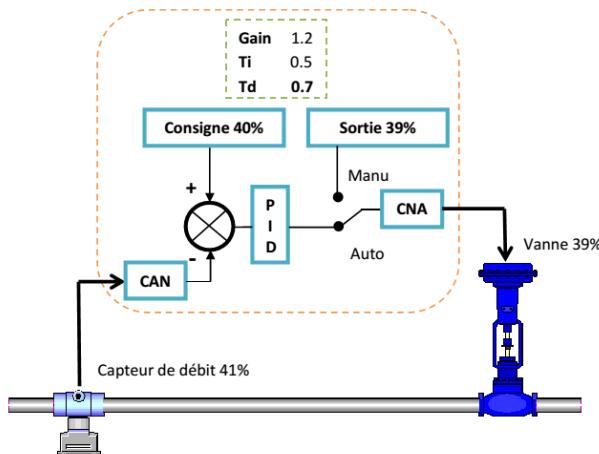
Toutes ces cartes dites « intelligentes » disposent en plus des interfaces d'entrée et de sortie, d'un véritable micro-ordinateur assurant un traitement local plus ou moins sophistiqué.

Ceci permet, d'une part d'éviter un développement souvent fastidieux de l'application, d'autre part de réduire parfois considérablement la place mémoire et le temps d'exécution au niveau de l'unité centrale de l'automate programmable.

VI.3.1- Carte de régulation PID :

Cette carte comporte souvent plusieurs entrées analogiques permettant de recevoir le signal de mesure issu des transmetteurs 4-20mA, ainsi que plusieurs sorties analogiques permettant de piloter les vannes de régulation.

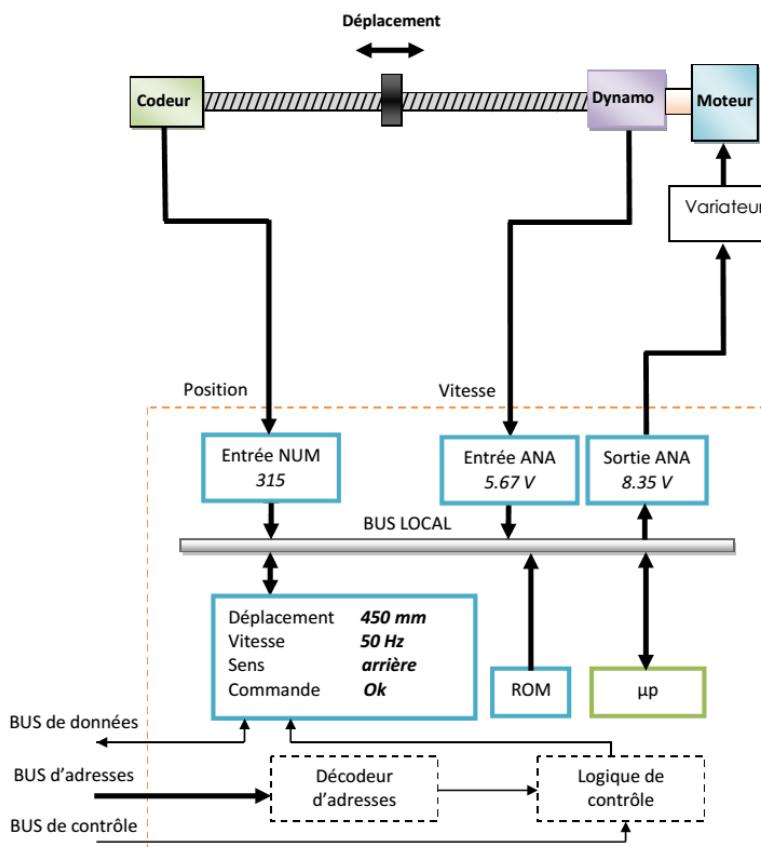
Le microprocesseur local traite le programme élaboré à partir des différents algorithmes de régulation implantés sur la carte même (PID, Sommation, Racine carrée,...).



Principe de régulation PID par API

VI.3.2- Carte de commande d'axe :

Elles permettent d'assurer le positionnement avec précision d'un élément mécanique selon un ou plusieurs axes. La carte permet par exemple de piloter un servomoteur et de recevoir les informations de positionnement par un codeur. L'asservissement de position pouvant être réalisé en boucle fermée.



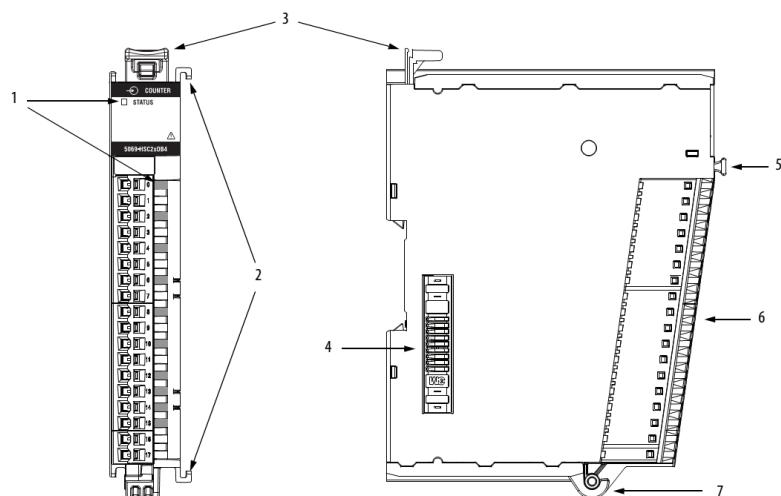
Principe de la commande d'un axe

La carte d'axe envoie sur sa sortie analogique $\pm 10V$ une tension proportionnelle à l'accélération et la vitesse souhaitée. Une dynamo-tachymétrique fournit une tension de retour, image de la vitesse réelle du moteur, afin que la carte puisse corriger tout écart éventuel.

Un codeur de position incrémental ou absolu, permet à la carte de connaître la position de l'axe, et donc de gérer la vitesse en conséquence.

VI.3.3- Carte de comptage rapide :

Elles permettent d'acquérir des informations de fréquences élevées (pouvant aller jusqu'à 100kHz) incompatibles avec le temps de traitement de l'automate (par exemple : un signal issu d'un codeur de position).



Module compteur rapide Compact I/O 5069

- | | | | |
|----------|---|----------|---|
| 1 | Voyants d'état | 5 | Poignée du bornier débrochable |
| 2 | Pièces latérales de verrouillage | 6 | Bornier débrochable |
| 3 | Verrouillage du rail DIN | 7 | Languette inférieure du bornier débrochable |
| 4 | Connecteurs de barre omnibus d'alimentation MOD et SA | | |

VI.3.4- Autres cartes :

- **Cartes de pesage,**
- **Cartes de communication (RS485, Ethernet ...),**
- **Cartes d'entrées / sorties déportées.**