



# *L'Automatisme dans l'histoire*

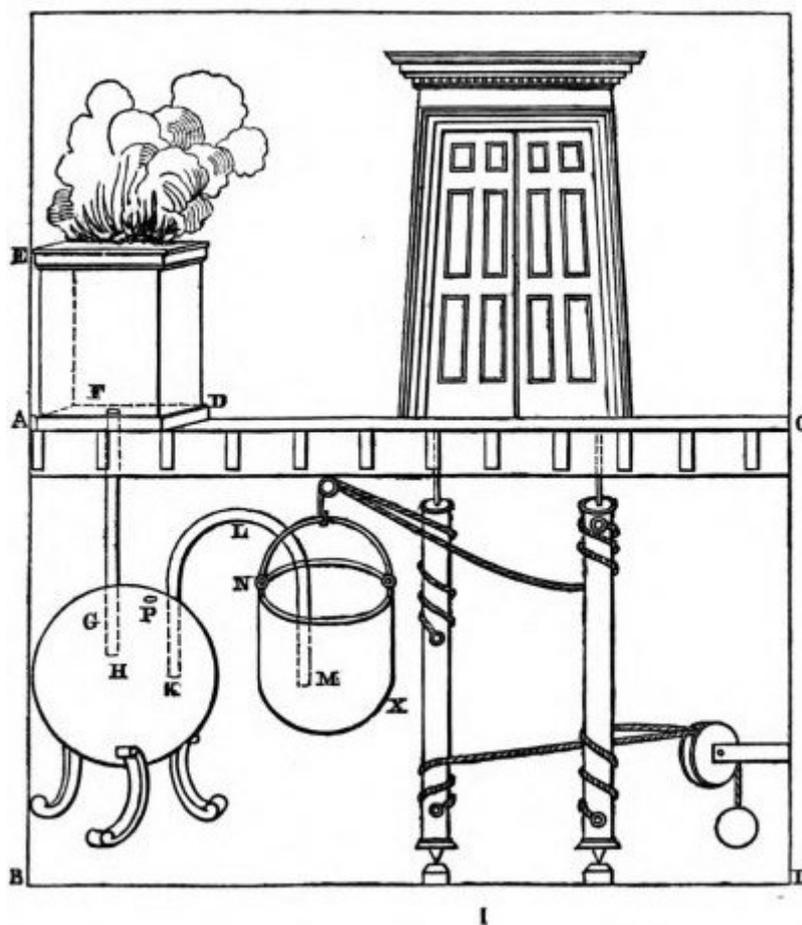


Les débuts	p 2
Les automates mécaniques	p 3
Premières automatisations	p 4
L'électricité	p 5
L'algèbre logique	p 6
Le Grafcet	p 7
Les séquenceurs	p 8
Premier ordinateur	p 9
L'électronique	p 10
L'automate programmable industriel	p 12
Les outils de programmation	p 13
Différents type d'automates programmables ondustriels	p 14
Langages de programmation	p 15
Les ateliers logiciels	p 16
Pyramide CIM	p 17
Bus de terrain	p 18
Réseaux d'atelier	p 20
Dialogue homme machine	p 22
Réseau usine	p 23
MES	p 24
ERP	p 25
Automates programmes industriels et sécurité	p 27
Aujourd'hui et demain	p 28



Depuis l'antiquité, on s'interroge sur l'automatisation des processus. L'ingénieur Héron d'Alexandrie est l'un des pionniers en termes d'automatisation. Aussi connu sous le nom de « Mechanicus », l'inventeur est devenu célèbre pour sa construction d'un mécanisme d'ouverture de porte dans un temple alexandrin. Ce que les croyants attribuaient aux dieux, était en réalité une œuvre intelligente humaine.

Aujourd'hui encore, les idées de Héron sur l'automatisation sont plus qu'impressionnantes : à côté de ce temple se trouvait un récipient à moitié rempli d'eau, sous un feu sacrificiel. L'air qu'il contenait se dilatait sous l'effet de la chaleur du feu, et l'eau coulait alors dans un autre récipient au moyen d'un tuyau. Celui-ci était équipé de roues et des chaînes reliées aux portes. Plus le récipient devenait lourd et s'abaissait, plus les portes s'ouvraient. Une fois le feu éteint, il en résultait une pression négative. Ainsi, les portes se refermaient par le retour de l'eau.

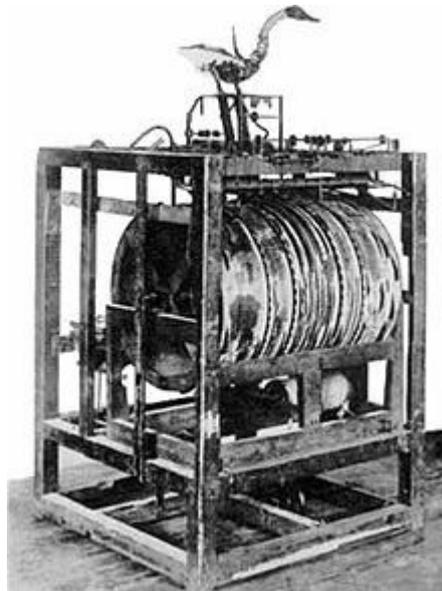
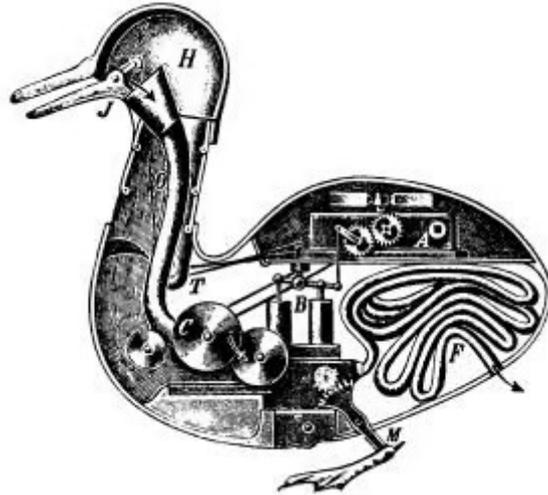


Le XVIIIème siècle est dominé par l'esprit scientifique, on voit naître de nombreuses créatures artificielles qui tentent de copier la nature.

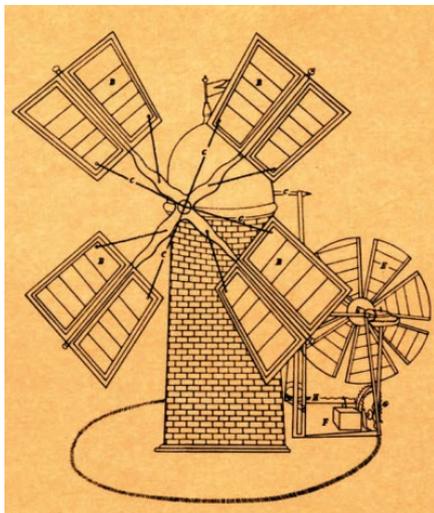
Des automates à figure humaine sont ainsi réalisés par des horlogers-mécaniciens.

C'est l'époque des androïdes et animaux artificiels (ancêtres des robots).

Le canard de Vaucanson marchait, battait des ailes, ingurgitait grains et liquide et rejetait même des excréments.

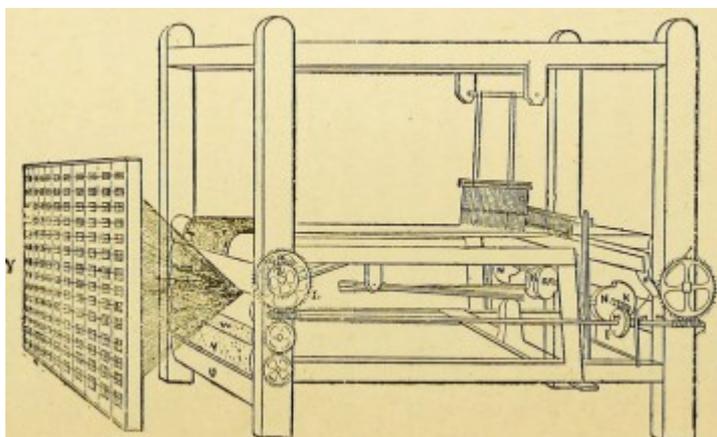


Dans les temps modernes, l'automatisation gagne du terrain, en 1745, Edmund Lee a créé une construction qui a permis aux moulins à vent de tourner de manière totalement autonome. Auparavant, il fallait aligner les moulins manuellement selon la direction du vent. Mais dès lors, la « rose des vents » permettait une adaptation autonome.



L'invention d'un autre Anglais a également marqué son époque. En 1784, Edmond Cartwright se lance avec la mise au point du métier à tisser dans la production industrielle, en créant à Doncaster une première usine dotée de vingt métiers mus par un bœuf, puis des chevaux. En 1788, il monte une nouvelle usine, entraînée par une machine à vapeur de Newcomen, et qu'il nomme *Revolution Mill*, en l'honneur de la « Glorieuse Révolution » de 1688. L'établissement emploie jusqu'à six cents ouvriers. Il perfectionne peu à peu sa machine, déposant quatre brevets entre 1786 et 1792.

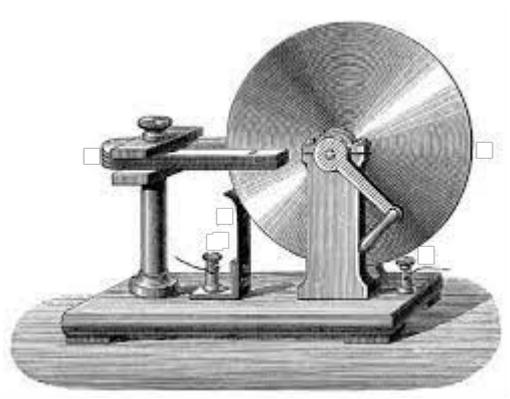
Grâce à l'automatisation, il était désormais possible de fabriquer des produits qui semblaient auparavant impensables.



Les premiers automatismes effectuent des tâches grâce à des mécanismes physiques. Ces systèmes utilisés dans l'industrie sont entraînés par l'énergie hydraulique ou par des machines à vapeur.

Ils sont fiables et durables, mais leur complexité entraîne un besoin de maintenance régulière.

Au XIX<sup>e</sup> siècle la découverte de l'électricité révolutionne le monde. Le moteur électrique va s'imposer pour l'entraînement des machines au fur et à mesure des découvertes dans le monde.



disque de Faraday



Les moteurs entraînent les machines par un système complexe de poulies et de courroies

L'algèbre logique est née au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle avec les études de G. Boole. C est la branche de la logique mathématique qui étudie les propositions sous l'angle de leur signification logique (vraie ou fausse) et des opérations logiques qui les appliquent.

Le relais électromécanique est un organe électrique permettant de distribuer la puissance à partir d'un ordre émis par la partie commande. Ainsi, un relais permet l'ouverture et la fermeture d'un circuit électrique de puissance à partir d'une information logique (vraie ou fausse). Les deux circuits, puissance et information, sont complètement isolés (isolation galvanique) et peuvent avoir des caractéristiques d'alimentation électrique différentes.

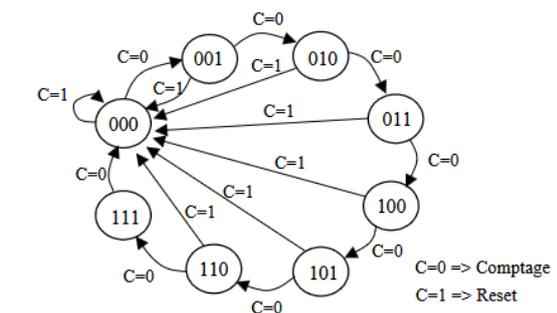


L'utilisation de l'algèbre logique lié à l'utilisation de relais électromécanique a permis aux électriciens dans un premiers temps avec l'expérience d'automatiser des machines industrielles séquentielles.

L'apparition de méthodes de synthèse méthodologie va fournir un moyen systématique de réaliser l'automatisation de systèmes séquentiels en optimisant le nombre de composants.

Les étapes de la méthode d'analyse d'Huffman

- 1) réalisation du diagramme de fluence
- 2) réalisation de la matrice des phases
- 3) réalisation de la matrice réduite
- 4) réalisation de la matrice des excitations
- 5) réalisation de la matrice des sorties

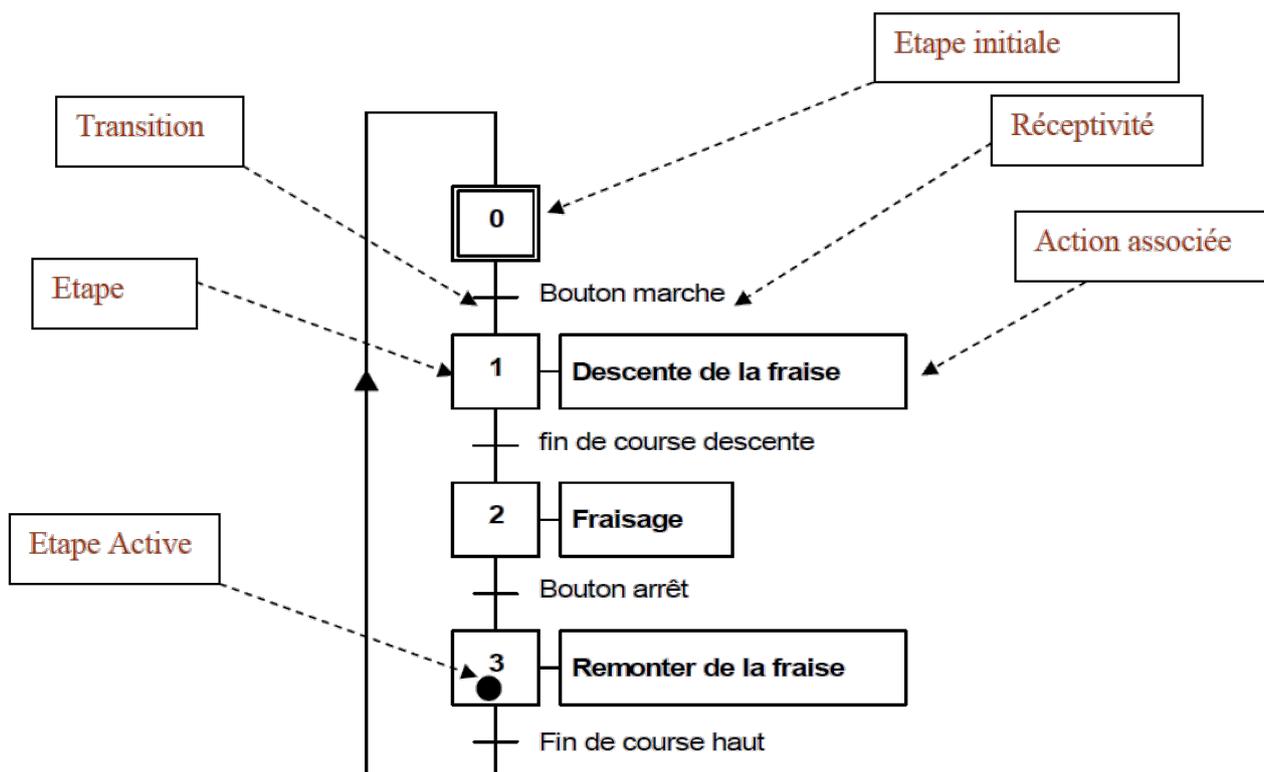


exemple de diagramme de fluence

Cette méthode a beaucoup perdu de son importance depuis l'apparition d'autres méthodes d'analyses. Elle reste utile pour la conception de petits sous ensembles, lorsque la solution n'est pas apparente, et que l'emploi des autres méthodes serait trop lourd.

Le Grafcet « Graphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition » est inventé en 1977 en France par l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique).

Dérivé du modèle mathématique des réseaux de Pétri, le Grafcet est un langage graphique représentant le fonctionnement d'un automate par un ensemble diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements d'un automate séquentiel. Le GRAFCET décrit les cycles par une succession d'Étapes et de Transitions ; aux étapes sont associées des Actions, aux transitions des Réceptivités.



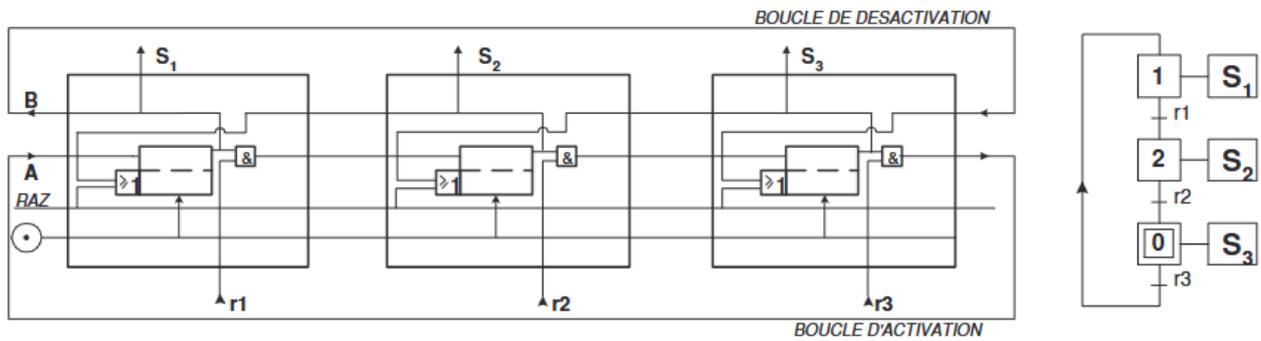
En 1975, le groupe de travail *Systèmes logiques* de l'AFCEC crée la *Commission de Normalisation de la représentation du cahier des charges d'un automate logique*, qui publie en 1977 son rapport, acte de naissance du Grafcet.

Le Grafcet est d'abord normalisé par l'AFNOR en juin 1982 sous la référence NF C03-190.

Le Grafcet devient une norme internationale en 1987 sous la référence IEC/CEI 848, puis IEC/CEI 60848 en 2002 et 2013.

La norme européenne correspondante est l'EN 60848.

A partir d'un Grafcet et utilisant des bascules bistables pneumatiques, électromécaniques ou électroniques les séquenceurs permettent de simplifier la réalisation des circuits de commande des machines.



Séquenceur pneumatique



Séquenceur électromagnétiques Gamme RH



Bistable

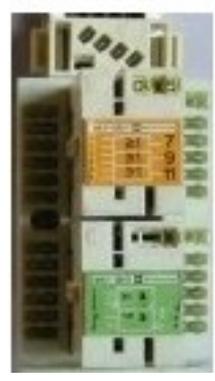


Temporisateur



Monostable

Séquenceur électronique Gamme TST2



Konrad Zuse est un ingénieur allemand qui fut l'un des pionniers du calcul programmable qui préfigure l'informatique.

Considéré comme le créateur du premier ordinateur programmable en calcul binaire et à virgule flottante qui a vraiment fonctionné.



Réplique du calculateur Z3

Conçu en 1941 le Z3 était un calculateur à relais électromécaniques.

C'est la première machine programmable pleinement automatique (le premier ordinateur du monde).

Composé de 2 000 relais électromécaniques fonctionnant à une fréquence d'horloge de 5 à 10 Hz il exploite des mots d'une longueur de 22 bits.

Le code et les données sont stockés sur des rubans perforés en celluloïd.

Utilisé par l'institut de recherche aéronautique allemand pour réaliser des analyses statistiques sur les vibrations des ailes des avions, il fut détruit par des bombardements aériens en 1943.

L'histoire de l'électronique commence en 1904 avec le premier tube à vide, la diode inventée en 1904 par John Ambrose Fleming .

C'est la mise au point de la triode (un tube à trois électrodes dans lequel on a fait le vide) en 1906 par l'Américain Lee de Forest qui, en permettant l'amplification des courants, va ouvrir la voie à son omniprésence.



Tube à vide Triode



Tube à vide Diode

En 1946 P. Eckert et J. Mauchly créent l'ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Il est composé de 19000 tubes à vide et pèse 30 tonnes. Il occupe une surface de 72 m<sup>2</sup> et consomme 140 kilowatts.

Son horloge de 100 Khz lui permet d'effectuer environ 330 multiplications par seconde.

La programmation de ce calculateur s'effectue en recâblant entre eux, ses différents éléments.

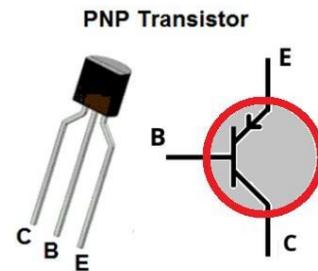


ENIAC

En décembre 1947 William Bradford Shockley, Walter H. Brattain et John Bardeen inventent le transistor dans les laboratoires de Bell Téléphone.

Les transistors offrent plusieurs avantages :

- ils amplifient des signaux faibles,
- ils commutent des courants électriques,
- ils effectuent diverses opérations logiques,
- ils sont compacts,
- ils consomment peu d'énergie,
- ils peuvent fonctionner à grande vitesse.

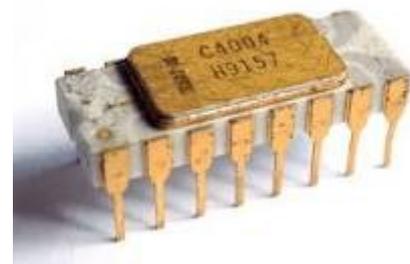


Le premier brevet de circuit intégré (élément dans lequel les fonctions de plusieurs composants électroniques sont réalisées dans un matériau semi-conducteur d'une seule pièce) est déposé en février 1959 par J. Kilby de Texas Instrument.



En 1971 pour la première fois toutes les fonctions d'un processeur sont réunies sur un seul et unique circuit intégré, ce qui en fait le premier microprocesseur de l'histoire et de l'industrie.

C 4004 de INTEL  
boîtier DIP à seize broches en céramique



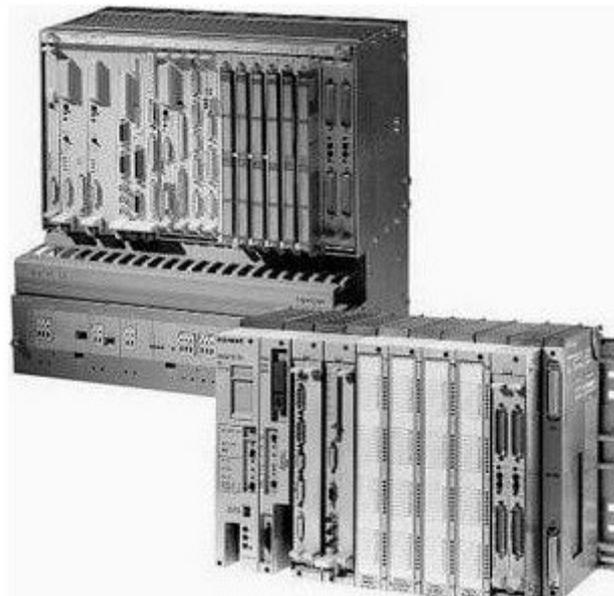
Aujourd'hui on ne connaît plus guère de domaine où l'électronique ne se manifeste pas d'une façon ou d'une autre : du jouet à la conquête spatiale en passant par l'automobile, la radio, la télévision, la téléphonie, la médecine, la robotique ou l'informatique.

Avec l'invention de l'automate programmable industriel **Modicon 084** en 1968 par Dick Morley l'automatisation franchi une nouvelle étape.



Dick Morley

Son appareil remplace les relais électromécaniques par des cartes électroniques en offrant flexibilité et adaptabilité aux chaînes de production.



Les premiers automates programmables industriels (API) également connus sous le nom de Contrôleurs Logiques Programmables (PLC) n'effectuaient que la commutation ON/OFF (et vice-versa) avec la possibilité de temporisation, comme les relais.

Leurs applications étaient limitées seulement aux procédés répétitifs. Par contre, leurs avantages consistaient dans une installation plus facile, une visualisation des étapes et la présence d'indicateurs permettant la localisation des pannes.

C'était déjà mieux que les relais, en plus de pouvoir être reprogrammés advenant un changement de fonction ou de procédé.

La console de programmation permet la programmation avec des symboles familiers de relais Ladder Logic Diagram (LD).ce qui facilite beaucoup la compréhension et le dépannage car la logique peut être vue dans la même forme que les dessins à relais.

De 1970 à 1974, la technologie des microprocesseurs ajoutèrent une plus grande flexibilité et une « intelligence » à l'automate programmable.

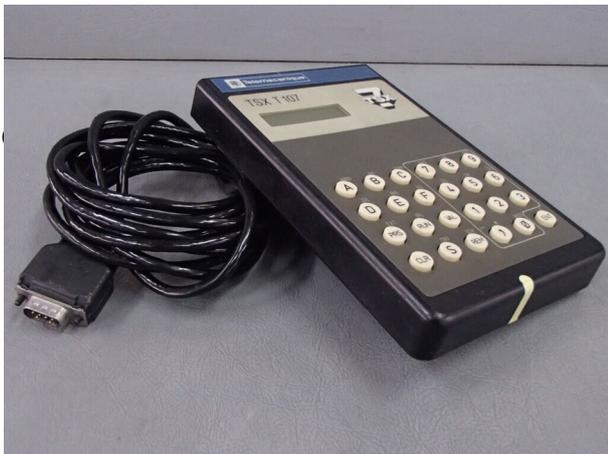
Les outils de programmation restent spécifiques à chaque marque et même à chaque machine dans une même marque on est loin d'une standardisation.



Console CPM 1005 April



Console TSX T407 Télémécanique



Console TSX 107 Télémécanique



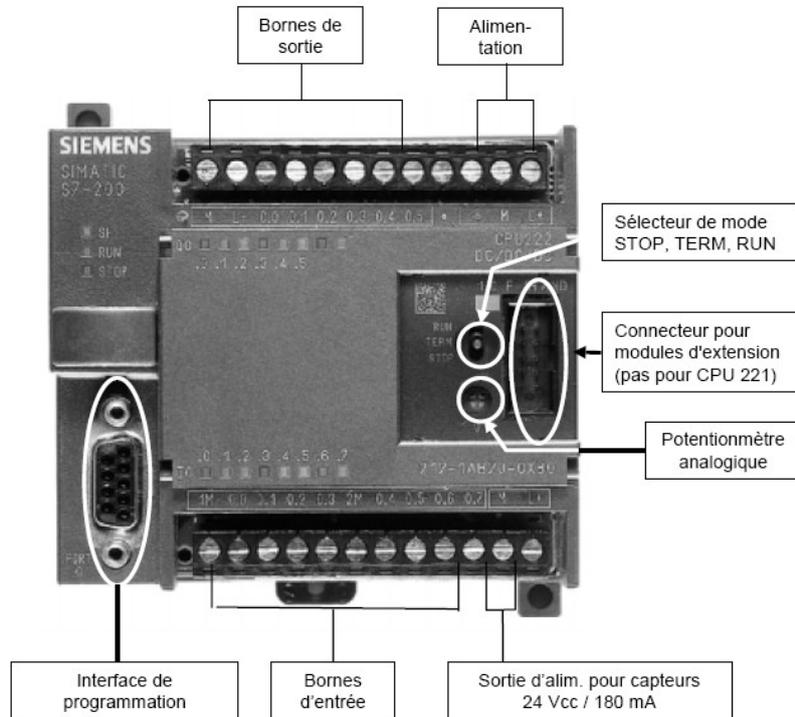
Console TSX 21 Télémécanique

Les automates peuvent être de type **compact** ou **modulaire**.

Les **automates compacts** intègrent le processeur, l'alimentation, les interfaces d'entrées /sorties de communication et pour certains le système de programmation. Seul le nombre d'entrées / sorties peut être adapté avec un nombre maximum.



Le PB 15 de MERLIN GERIN



Les **automates modulaires** intègrent les différentes fonctions processeur, alimentation interface d'entrées/sorties et de communication dans des unités séparées (modules) installées dans des racks et communiquent entre elles par bus installés dans le fond de panier muni de connecteurs.



Rack d'un automate SIEMENS

Dans les années 1980, l'introduction de microprocesseurs plus puissants permettent des fonctionnalités accrues et une programmation plus complexe. Il se développe donc de nouveaux langages de programmation plus avancés que le Ladder Logic Diagram (LD).

La CEI 61131-3 est une norme de la Commission électrotechnique internationale (CEI) relative à la programmation des automates programmables industriels (API). Elle définit cinq langages, sa dernière édition date de 2013.

1) Le langage LD (Ladder Diagram) est une représentation graphique d'équations booléennes combinant des contacts (en entrée) et des relais (en sortie). Il permet la manipulation de données booléennes, à l'aide de symboles graphiques organisés dans un diagramme comme les éléments d'un schéma électrique à contacts. Les diagrammes LD sont limités à gauche et à droite par des barres d'alimentation.

2) Le langage IL (Instruction List) trouve son origine chez les fabricants d'automates programmables européens. Cette langue textuelle ressemble à l'assembleur. Les instructions opèrent toujours sur un résultat courant (ou registre IL). L'opérateur indique le type d'opération à effectuer entre le résultat courant et l'opérande. Le résultat de l'opération est stocké à son tour dans le résultat courant.

3) Le langage FBD (Function Block Diagram) est un langage graphique. Il permet la construction d'équations complexes à partir des opérateurs standard, de fonctions ou de blocs fonctionnels reliés ensemble, comme sur les schémas de circuits électroniques. Il schématise un système de commande en termes de flux des signaux entre des éléments de traitement.

4) Le langage ST (Structured Text) est un langage textuel de haut niveau avec des racines dans l'ADA, le Pascal et le « C ». Il est principalement utilisé pour décrire les procédures complexes, difficilement modélisables avec les langages graphique

5) Le langage SFC (Sequential Function Chart), ou GRAFCET, est un langage graphique utilisé pour décrire les opérations séquentielles. Le procédé est représenté comme une suite connue d'étapes (états stables), reliées entre elles par des transitions, une condition booléenne est attachée à chaque transition. Les actions dans les étapes sont décrites avec les langages ST, IL, LD ou FBD.



L'informatique et la communication évoluent en parallèle, les premiers protocoles de communication sont introduits pour permettre l'échange de données entre les PLC et d'autres dispositifs ce qui permet aux constructeurs d'automates programmables de fournir aux automaticiens de nouveaux outils.

Ce sont des environnements dédiés à la programmation et à la gestion des automates programmables industriels. Ces logiciels permettent de concevoir, tester et implémenter des programmes de contrôle pour diverses applications industrielles.

- programmation et configuration,
- simulation et tests,
- supervision et diagnostic,
- intégration et communication.

Ils sont maintenant essentiels pour le développement et la maintenance des systèmes de contrôle industriels en offrant des outils puissants dans des environnements industriels complexes.

Exemple de logiciels constructeurs

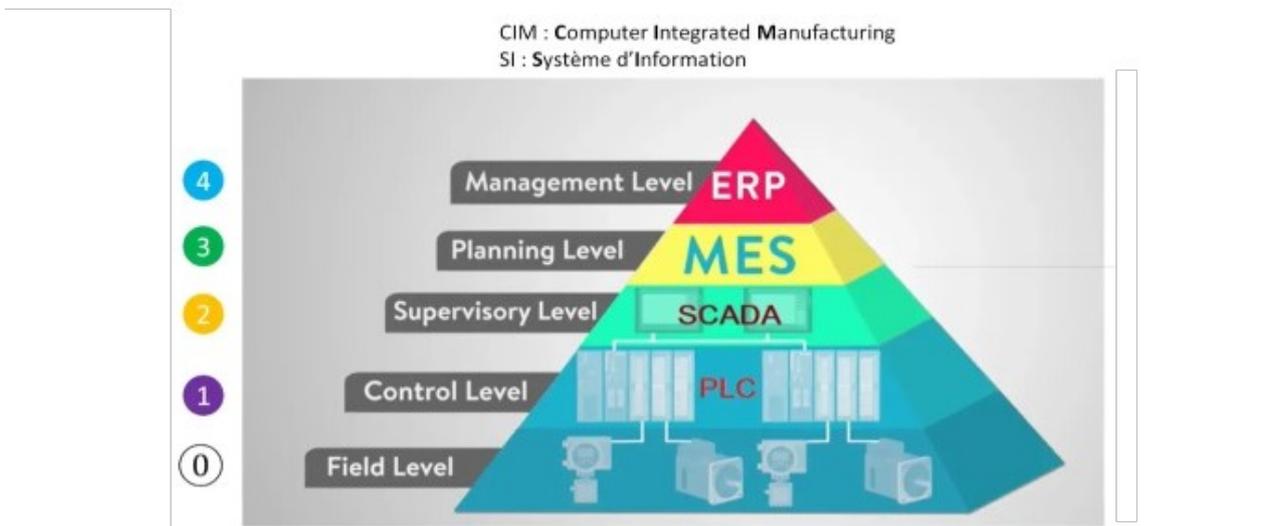
- Step 7 pour Siemens,
- X-Tel pour Schneider Electric,
- RSLogix pour Rockwell Automtion,
- CX-One pour Omron.



Dans les années 1990, les PLC deviennent plus intégrées avec des capacités de contrôle distribuées, permettant la gestion de systèmes plus vastes et plus complexes. Apparaissent les réseaux de communication industriels qui sont des systèmes spécialisés conçus pour assurer la communication entre différents équipements et systèmes dans un environnement industriel.

La pyramide du CIM (Computer Integrated Manufacturing) est un concept qui illustre la hiérarchie des procédés d'automatisation dans les domaines de fabrication industrielle. Elle est apparue dans les années 1980 pour mieux illustrer l'automatisation complète des procédés de fabrication

Elle est composée de plusieurs niveaux, décrivant l'automatisation complète des processus de fabrication. Tous les équipements de l'usine fonctionnent sous le contrôle permanent d'ordinateurs, d'automates programmables et autres systèmes numériques, chacun correspondant à un niveau de décision.

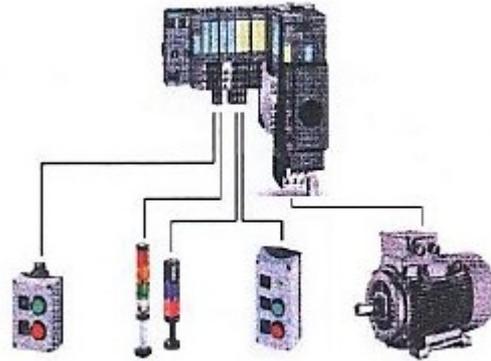


Level	Section	Niveau	CIM
4	Management	gestions des produits et stocks, gestion des clients et des commandes	ERP
3	Planning	localisation des produits, Mouvement physique et gestion des lots	MES
2	Supervisory	supervision, contrôle commande	SCADA
1	Control	automatisme	PLC
0	Field	capteurs, actionneurs, effecteurs	

- PLC** Programmable Logic Controller
- SCADA** Supervisory Control And Data Acquisition
- MES** Manufacturing Execution System
- ERP** Entreprise Ressource Planning

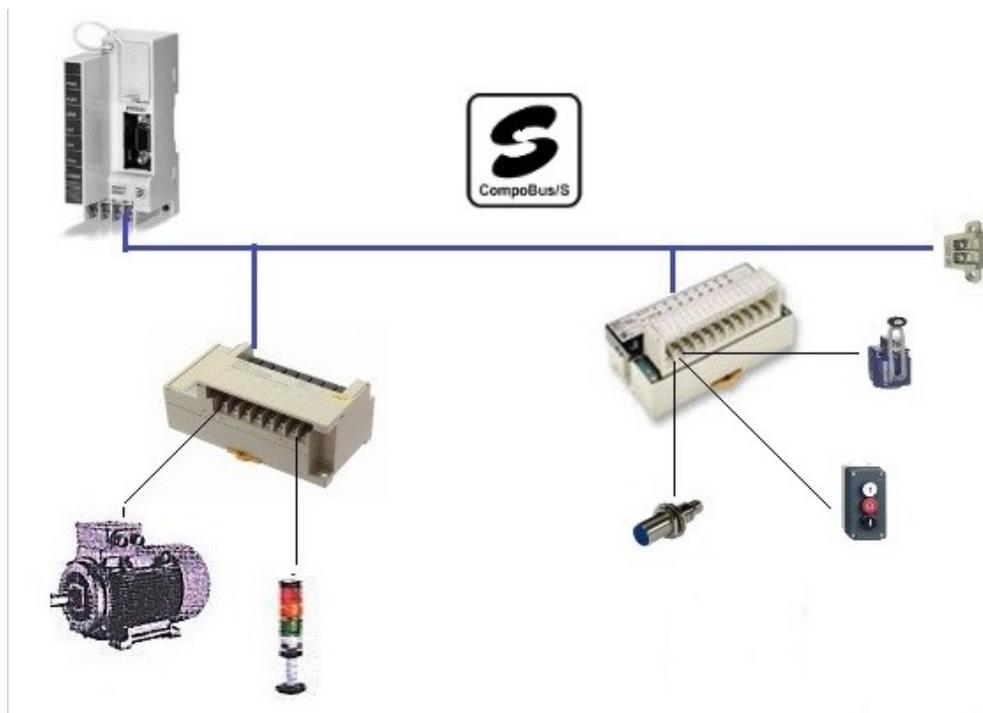


Le niveau 0 était réalisé en premier lieu par du câblage traditionnel fil à fil entre les coupleurs d'entrées et les capteurs et entre les coupleurs de sorties et les préactionneurs.



Les constructeurs d'automates ont développé des réseaux de communication propriétaires entre des modules d'entrées / sorties intelligentes et un coupleur maître intégré dans l'API.

Les capteurs et préactionneurs restent traditionnels c'est le câblage qui est simplifié.



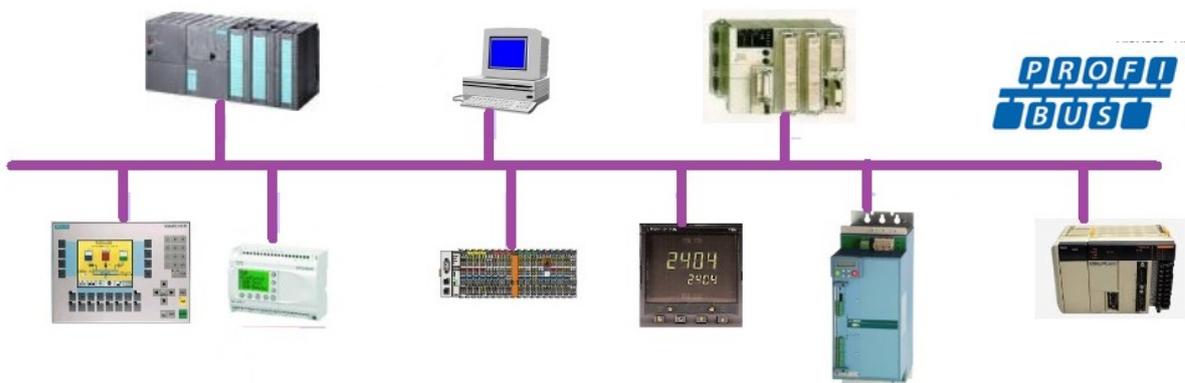
Exemple CompoBus/S , c'est un réseau type Maître Esclaves dans lequel le maître du réseaux contrôle des modules esclaves déportés d'entrées ou de sorties.



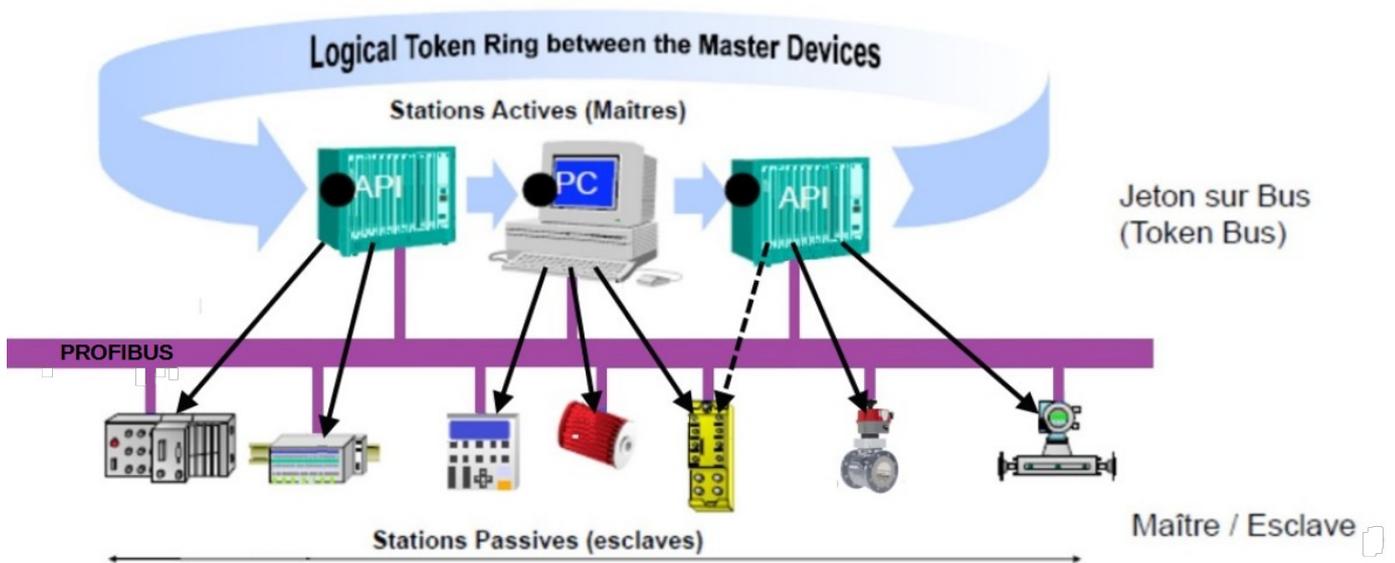
Au niveau 1 le réseau d'atelier est un système de communication permettant d'interconnecter des machines pour améliorer la productivité et la flexibilité. Ils assurent la communication et la gestion des processus de fabrication de manière sécurisée et en temps réel.

Au fil du temps, un grand nombre de standards ont vu le jour. On y trouve en autre Profibus DP, système de communication ouvert, non propriétaire, conçu essentiellement pour une mise en œuvre en environnement industriel.

Il puise ses origines dans une structure associative regroupant une dizaine de constructeur dès 1987. Il respecte les normes CEI 61158 et CEI 61784 et se prête bien à la transmission de données exigeant une grande réactivité.



Sa procédure d'accès est hybride, elle est conforme aux méthodes "Token Bus" pour les stations actives et "Maître-esclave" pour les stations passives, elle n'est pas liée au type de stations actives ou passives.

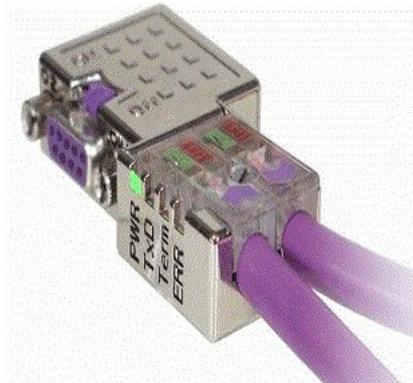
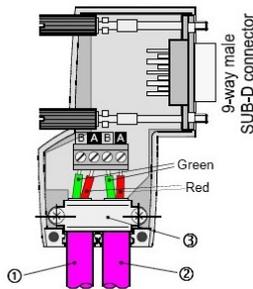


Le câblage se fait en RS 485 par des câbles de 2 fils en cuivre et des connecteurs SubD9.



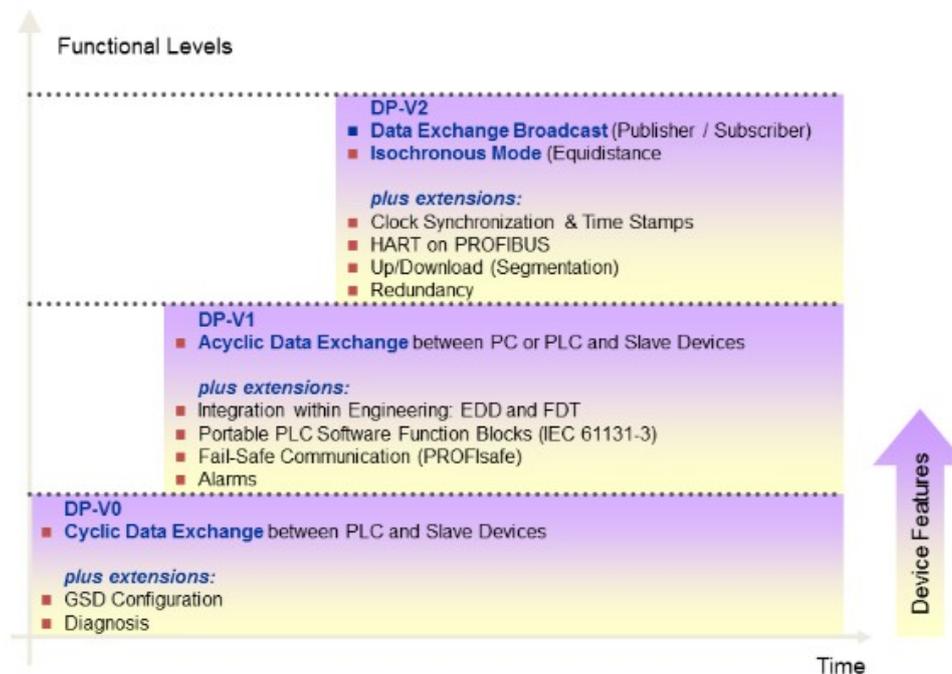
Fil rouge A TX+ / RX+

Fil vert B TX- / RX-



- ① Câble entrant
- ② Câble sortant
- ③ Collier de câble

Profibus DP peut accueillir jusqu'à 126 appareils maîtres et esclaves, y compris un outil d'ingénierie. Il y a trois versions DP-V0, DP-V1 et DP-V2.



Protocole PROFIBUS DP, niveaux de performance



La conduite et la surveillance d'un système automatisé a nécessité un échange d'informations entre l'homme et la machine.

Ce dialogue Homme /Machine (HMI) a été assuré par une interface permettant la communication dans les deux sens. Dans un premier temps il était composé essentiellement de boutons poussoirs de voyants lumineux de roues codeuses et d'afficheurs 7 segments. En régulation on utilisait des indicateurs de tableaux analogiques pour visualiser des données.

Dans certaines productions, le besoin d'une vue globale du système amena la mise en oeuvre de pupitres plus évolués avec un synoptique.

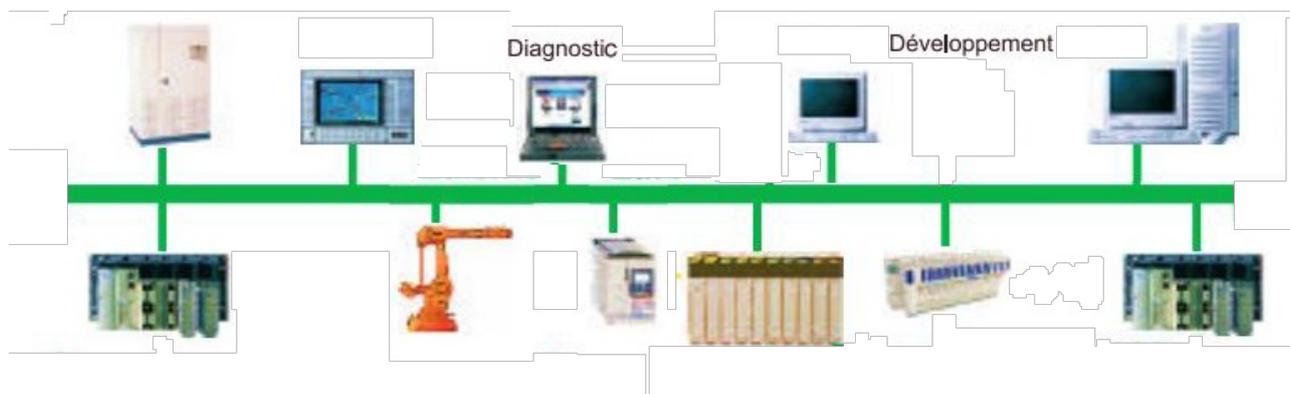


La complexité des échanges, l'utilisation de langages évolués (graphique ou littéral) ont amené les constructeurs à réaliser des organes de dialogues plus performants et acceptant le langage naturel.

Les terminaux de dialogues industriels (TDI) étaient reliés à leurs débuts en point à point avec les API, aujourd'hui ils peuvent intervenir à travers les réseaux de terrain.



Au niveau 2 le réseau usine se trouve tout en haut de la pyramide d'automatisation. On y trouve la supervision et le contrôle de l'ensemble du système automatisé. Il fournit au niveau des différentes cellules de production les informations de commande et de programmation, et décide avec quelle précision la production doit être effectuée. A ce niveau, on trouve l'ordinateur de supervision ainsi que les calculateurs pour l'ingénierie, l'interprétation, la commande et la collecte d'informations.

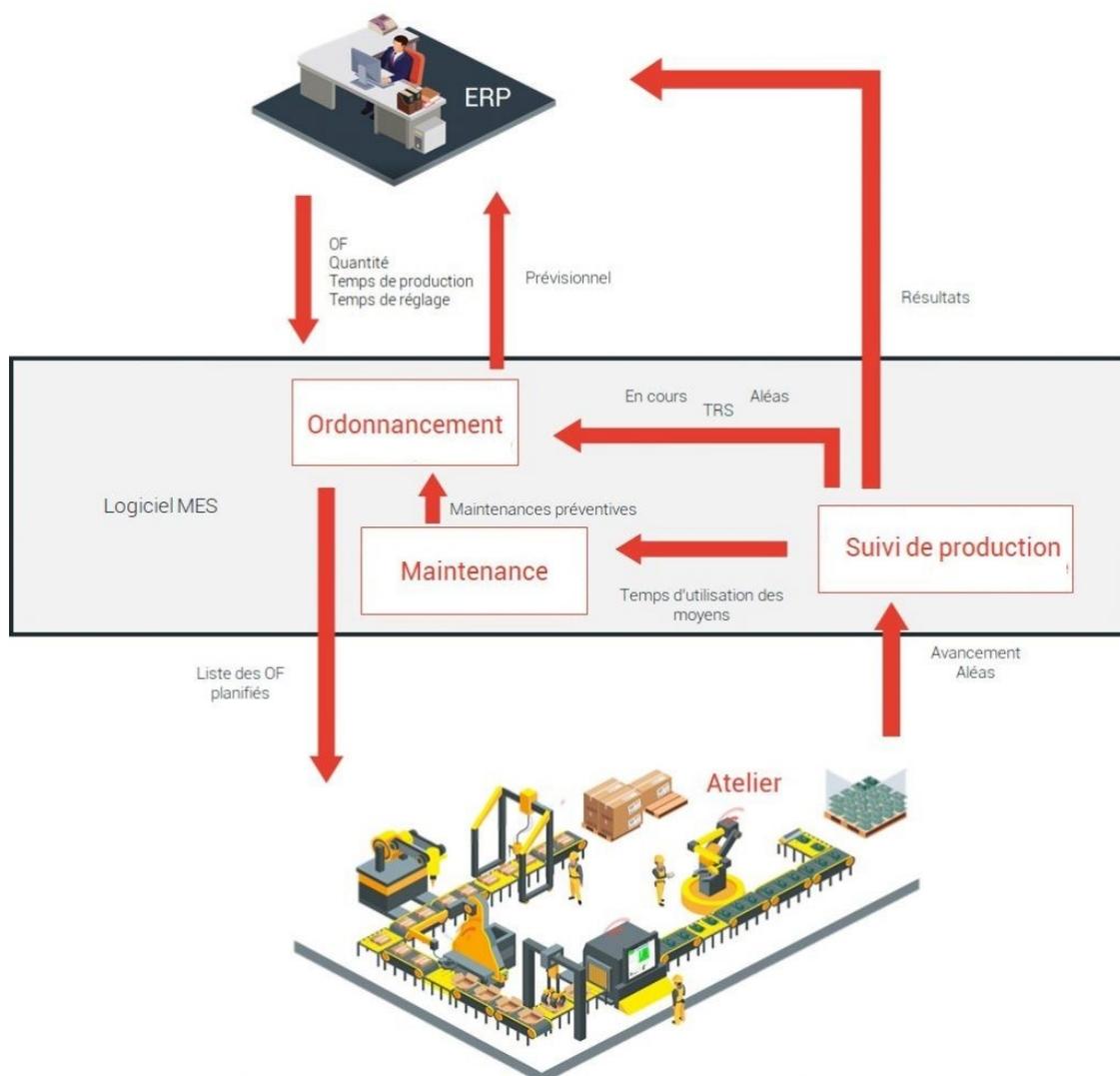


Industrial Ethernet a été développé pour répondre aux exigences particulières de l'industrie d'automatisation. Tous les modules et composants ont été conçus pour des conditions d'utilisation difficiles (température, projections d'eau, poussières, CEM, etc...). Les concentrateurs et les commutateurs sont installés dans des racks 19'' spécialement conçus à cet effet.



Complété d'un protocole industriel, Ethernet classique a fait l'objet de nouveaux développements qui ont abouti au protocole PROFINET (**PRO**cess**FI**eld**ETHERNET**). Les données des applications en temps réel standard sont transférées avec le protocole standard TCP/IP. Grâce au protocole supplémentaire (protocole industriel), les données d'entrée et de sortie peuvent être traitées beaucoup plus rapidement, le Profinet est de ce fait capable de traiter les données en temps réel.

Au niveau 3 on trouve la gestion de production basée sur des logiciels spécialisés. Le Manufacturing Execution System (MES) est un système informatique dont les objectifs sont d'abord de collecter en temps réel les données de production de tout ou partie d'une usine ou d'un atelier afin d'accroître la productivité. Aussi un processus bien conçu doit tenir compte de toutes les ressources de l'entreprise, le parc de machines et l'ensemble des infrastructures y compris les matières premières. Stockées dans des bases de données, les informations détaillées sur la production en cours et celle déjà terminée sont utilisées pour générer des rapports, permettant l'analyse des facteurs de performance et de calculer l'indice de rendement total de chaque machine ou ligne de production. En outre, les systèmes MES permettent de suivre les processus de production assurant une meilleure productivité de la machine et garantissant aussi une meilleure qualité. Ces systèmes sont basés sur des données de production fiables, collectées automatiquement. Un système MES se situe entre le niveau automatisme de l'usine et les systèmes de planification ERP d'entreprise.



Au niveau 4 on trouve L'Enterprise Resource Planning (ERP) logiciel de gestion des processus métier qui améliorent l'organisation en fournissant un système d'applications intégrées et centralisées.

Il aide à gérer un large éventail de domaines, notamment la comptabilité, la gestion des ressources humaines, les ventes, la gestion des stocks, la production, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la gestion de la relation client (CRM) et la gestion de la maintenance. Au-delà des fonctions commerciales, un ERP offre une gestion centralisée et en temps réel de ces processus, permettant à l'entreprise de gérer plus efficacement ses ressources, de réduire les coûts et de faciliter la prise de décisions.

Aujourd'hui, il existe plusieurs solutions **ERP** disponibles sur le marché :

- Les ERP spécifiques, conçus pour répondre aux besoins uniques de certains secteurs, tels que la fabrication, la santé ou le commerce de détail. Bien que très spécialisés, ces ERP peuvent manquer de flexibilité pour d'autres usages.

**Exemples : Epicor (fabrication), Protel (hôtellerie).**

- Les ERP complexes à grande échelle sont des cadres logiciels entièrement personnalisables. Ils nécessitent un développement intensif pour répondre aux besoins des grandes entreprises, souvent réparties sur plusieurs sites ou filiales internationales. Grâce à leur grande flexibilité ils permettent une intégration poussée des processus métier et une gestion globale des opérations. Cependant, leur coût et le temps d'implémentation en font une solution plus adaptée aux grandes organisations

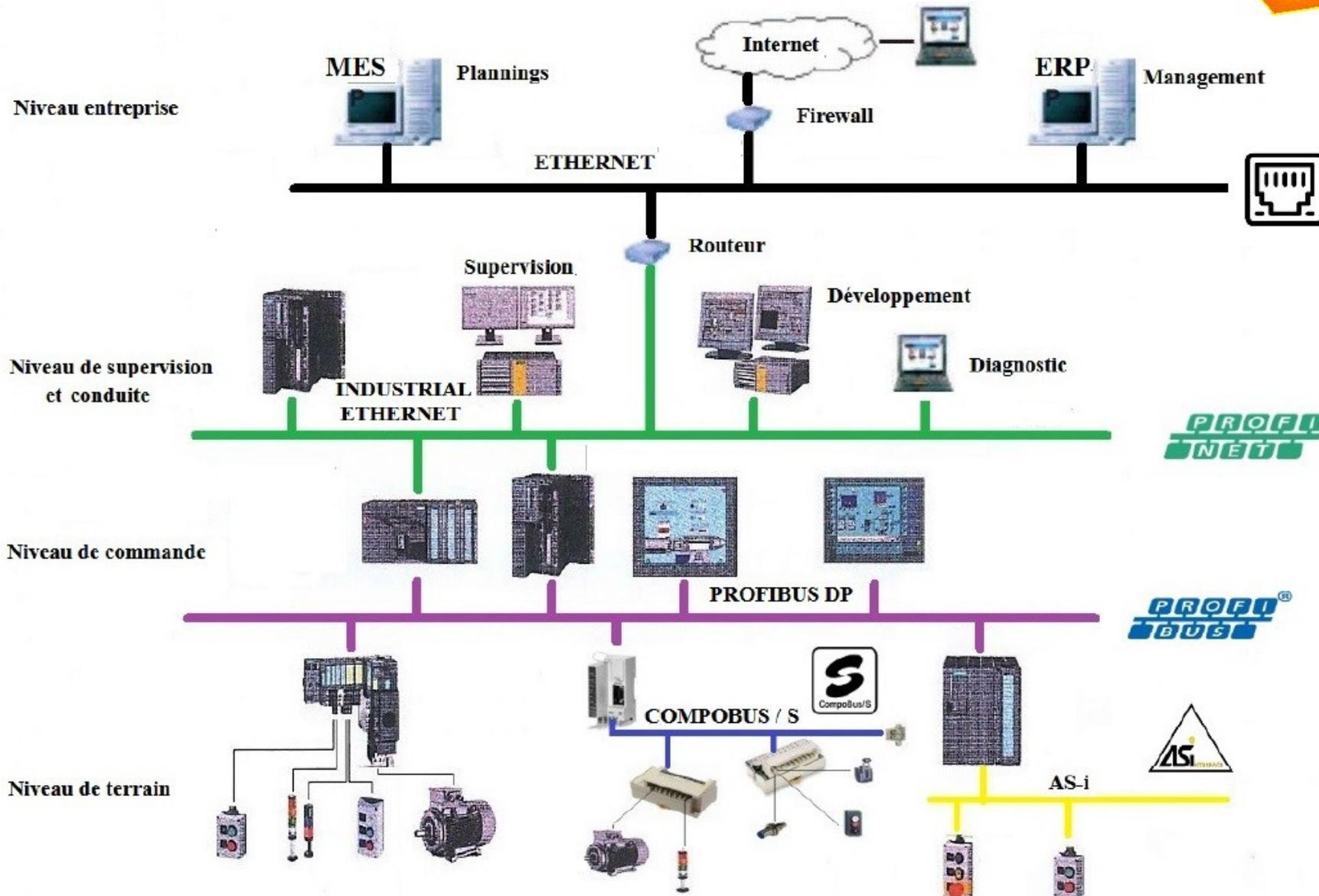
**Exemples : SAP S/4HANA, Microsoft Dynamics 365 Finance.**

- Les ERP intermédiaires, comme Odoo ou NetSuite, combinent simplicité d'utilisation et flexibilité. Ils peuvent être utilisés immédiatement après installation pour des fonctions essentielles, tout en offrant la possibilité de personnalisation via des modules ERP additionnels. Ces logiciels ERP sont particulièrement adaptés aux petites et moyennes entreprises (PME) qui recherchent un équilibre entre coût, efficacité et adaptabilité.

**Exemples : Odoo, NetSuite, Sage Intacct**



l'ERP est un outil stratégique essentiel pour améliorer l'efficacité, la transparence et la collaboration au sein de l'entreprise.



Dans les années 2000, l'augmentation significative de la puissance de calcul permet des applications plus exigeantes comme le contrôle de mouvement et la vision industrielle.

Avec des unités centrales et des coupleurs spécifiques les automates intègrent des fonctionnalités de sécurité.



Automate de sécurité  
SCHNEIDER ELECTRIQUE

Unité centrale de sécurité  
avec coupleurs traditionnels  
et coupleurs de sécurité  
SIEMENS



Automate de sécurité

PILZ



Les automates intègrent aussi des technologies de communication sans fils et de l'internet des objets (IoT) pour une surveillance et un contrôle à distance.



Micro ARM-A13 SIREA

Module de communication



Dans les années 2010 grâce des standards ouverts on améliore l'interopérabilité des automates avec d'autres systèmes. On utilise l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique (machine learning) pour des contrôles prédictifs et des optimisations de processus.

Les capacités de traiter les données très localement réduisent la latence et améliore la réactivité.

Les machines intègrent des mesures de cybersécurité pour protéger les systèmes industriels contre les attaques sophistiquées.

Les automates modernes reflètent les avancées technologiques dans le domaine de l'informatique, des communications et de l'intelligence artificielle. Ils sont désormais les éléments clés dans les système de contrôle industriels en offrant des capacités de contrôle de surveillance et d'optimisation.