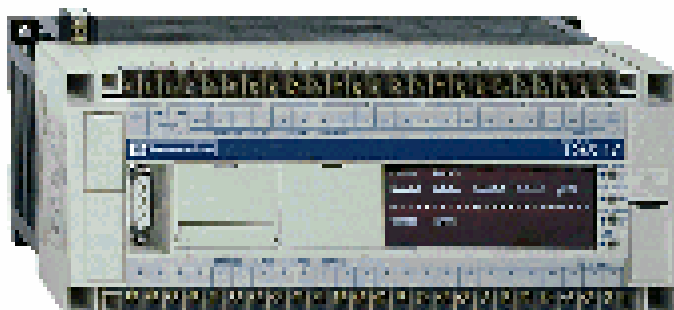


<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 1 sur 24

L'automate Programmable Industriel (API)



AIFT industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 2 sur 24

Nous avons vu précédemment que système automatisé n'était pas forcément synonyme d'automate industriel :

1/ Comparaison logique câblée, logique programmée :

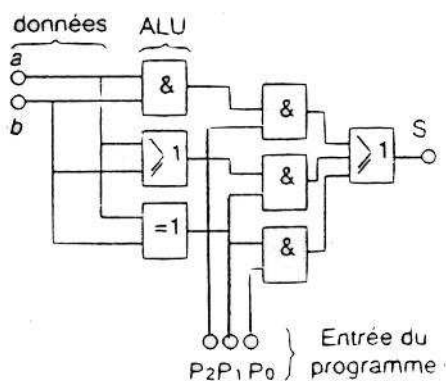
- Logique câblée : elle est réalisée avec des composants reliés entre eux électriquement (fil ou circuit imprimé) selon un schéma conforme au fonctionnement de l'équipement
- Logique programmée : elle est réalisée à partir d'un dispositif programmable identique quel que soit l'équipement. On introduit dans ce dispositif un programme d'instruction conforme au fonctionnement de l'équipement.

Inconvénient de la logique câblée :



- En cas de modification du cycle, il faut recâbler l'équipement.
- On rencontre des difficultés pour intégrer des fonctions complexes telles que comptage, calculs...
- Encombrement et complexité de la réalisation pour les équipements importants.

Principe général de la logique programmée :



Des fonctions logiques, de calcul, de comparaison... existent à l'intérieur d'une unité logique et arithmétique (ALU). Elles sont sollicitées à partir d'un programme qui ouvre et ferme des portes logiques en fonction des informations 0, 1 qu'il renferme. On distingue les données d'entrée ou de sortie des instructions du programme. Toutes ces valeurs binaires étant mises en mémoire.

AIFT industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 3 sur 24

PARTIE 1

Définition d'un automatisme

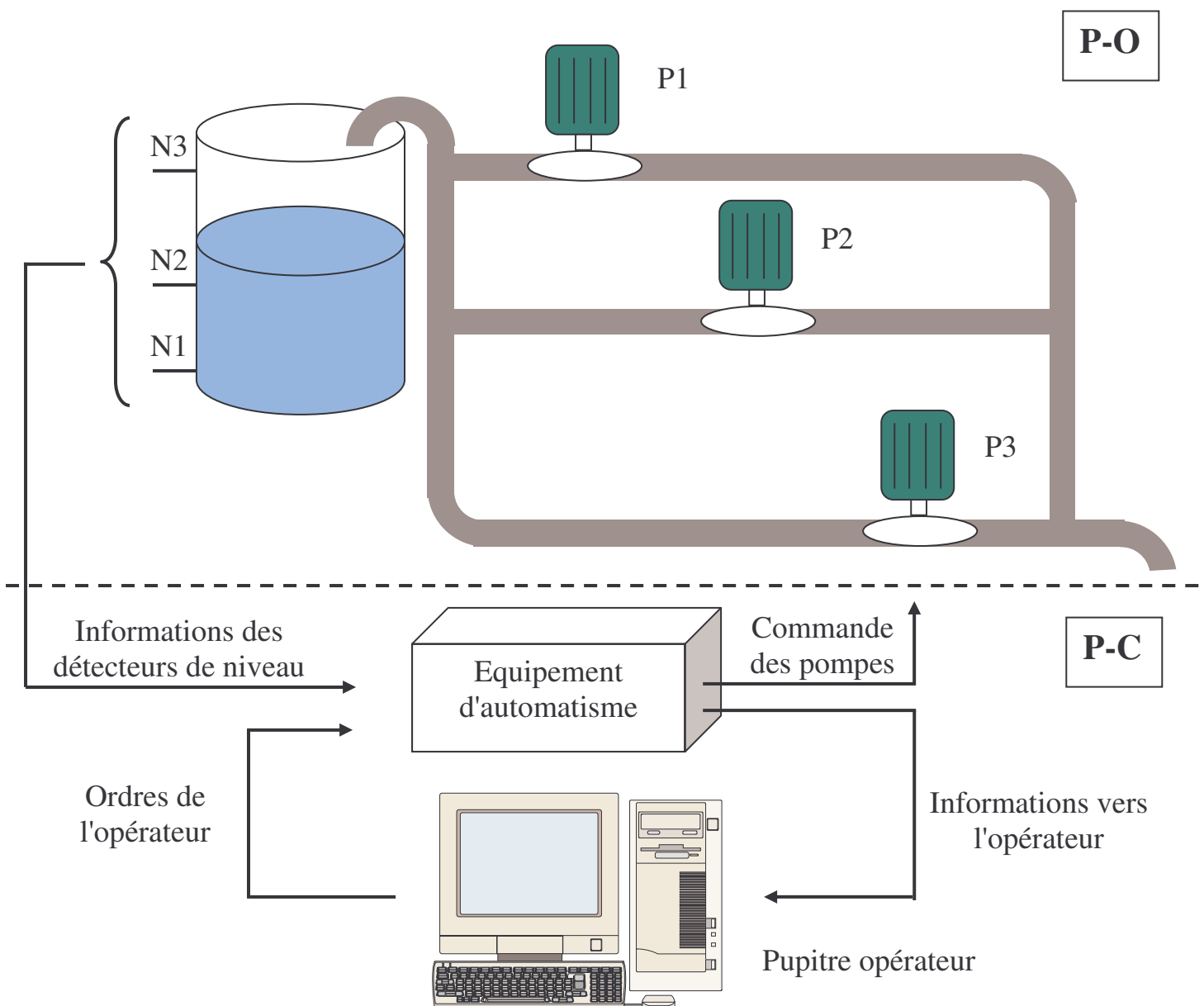
I Introduction

On donne le nom d'automatisme à tout dispositif assurant le fonctionnement d'une machine ou d'une installation sans intervention humaine ou avec un minimum d'intervention.

Un automatisme élémentaire peut s'illustrer par un convecteur électrique qui se met en chauffe ou hors chauffe en fonction de la température détectée par son thermostat.

Le même convecteur dont le fonctionnement dépend non seulement de la température de la pièce à chauffer mais aussi de la fermeture de la fenêtre, de l'heure de la journée et de la température à atteindre à une heure donnée, constitue un automatisme plus évolué.

Exemple : Station de pompage automatique :



<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 4 sur 24

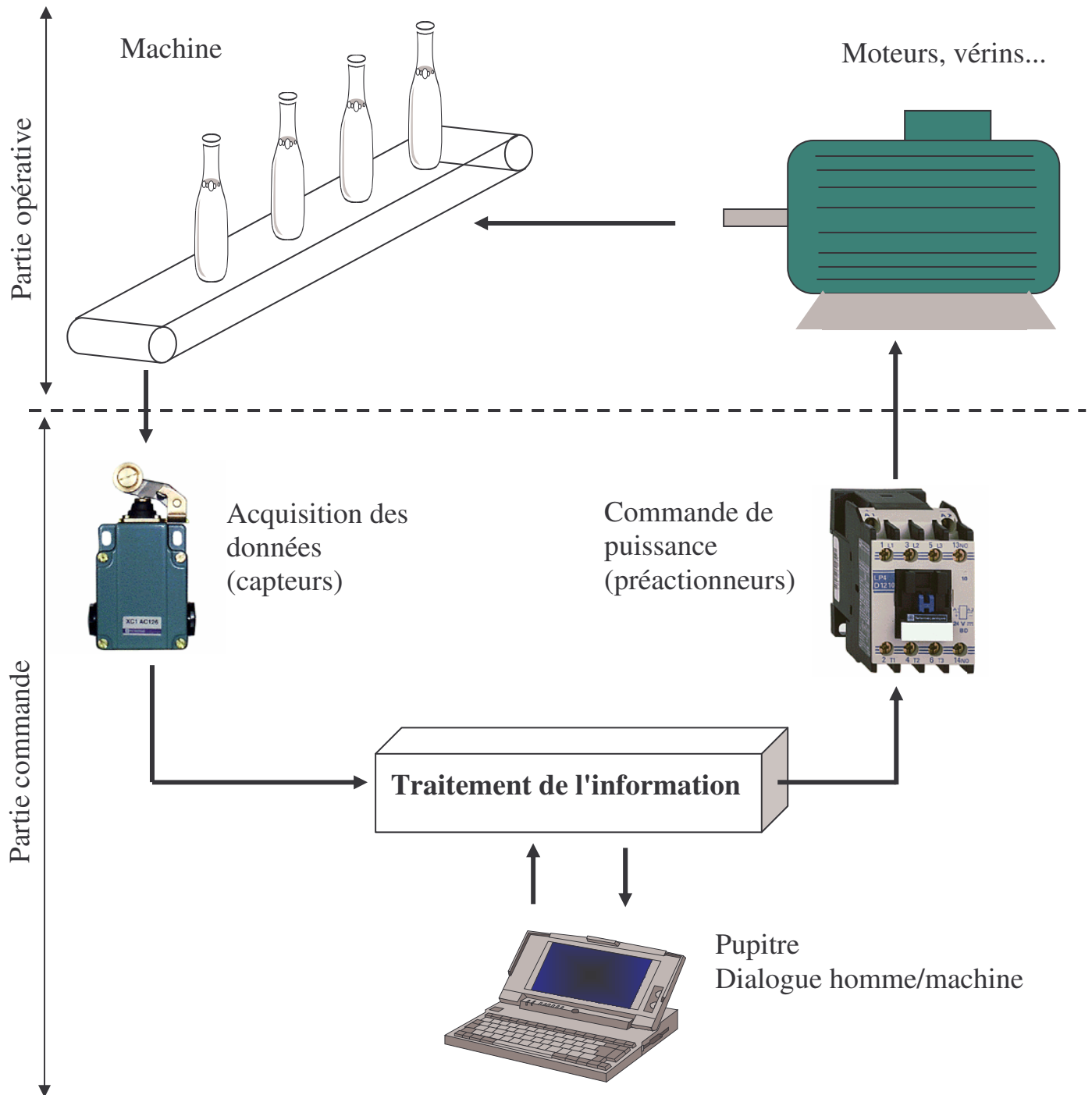
Cette station, devant alimenter en eau un quartier urbain est un exemple d'automatisme industriel. Cette installation comprend par exemple trois pompes identiques P1, P2 et P3 déversant leur eau dans un réservoir, chacune étant actionnée par un moteur électrique. Le fonctionnement de ces pompes dépend d'une part du niveau d'eau dans le réservoir, niveau décelé par trois capteurs N1, N2 et N3, d'autre part de l'identification de la dernière pompe en service de manière à assurer une permutation automatique de leur commande pour en harmoniser l'usure.

L'automatisme prend en charge l'ensemble du fonctionnement de la station de pompage et tient informé l'opérateur sur son état (service effectif, n° de pompe en action...). Ce dernier n'intervient que pour la mise en service ou hors service de l'installation et pour en surveiller le bon fonctionnement.

Les "automatismes" touchent ainsi tous les domaines de la vie économique et sociale dans les secteurs industriels (production, transformation, manutention...), tertiaire (magasinage automatique, transport de personnes...) habitat (porte de garage, régulation de chauffage...).

II Structure d'un système automatisé

Structure d'un système automatisé



<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 6 sur 24

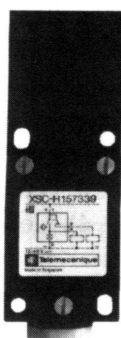
En règle générale, un automatisme se compose de :

- **La partie opérative** qui concerne la machine ou l'installation à commander (c'est dans l'exemple de la station de pompage, l'ensemble constitué par les pompes, leurs moteurs, et le réservoir).
- **La partie commande** qui concerne l'ensemble des moyens permettant de coordonner les actions de la partie opérative. Elle comporte quatre fonctions principales :
 - ① L'acquisition des données,
 - ② le traitement de l'information,
 - ③ le dialogue homme/machine,
 - ④ la commande de puissance.

L'acquisition de données :

Elle fournit à la fonction traitement toutes les informations sur l'état de la machine. Elle est réalisée par des capteurs (interrupteurs de position, pressostats, génératrices tachymétriques...).

Capteur de proximité :



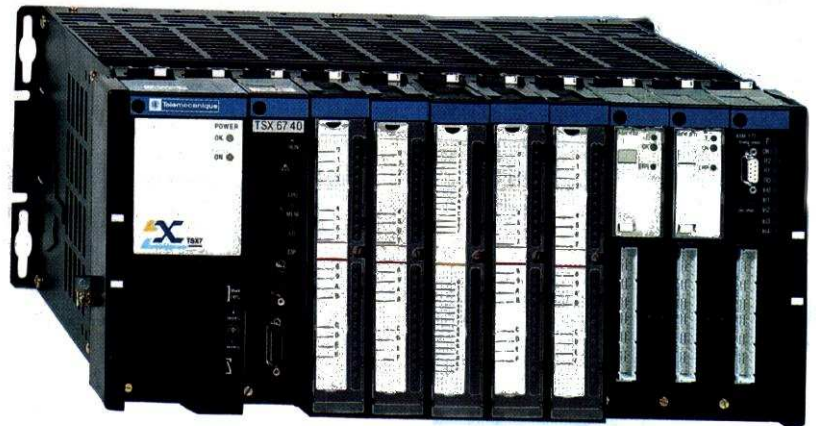
Les capteurs électriques ou électroniques peuvent être de type "Tout Ou Rien" fournissant des informations continue (un courant électrique, une tension...). Ces informations sont le plus souvent représentatives d'une grandeur physique mais peuvent aussi représenter un comptage de pièces, la détection d'un défaut de fonctionnement.

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 7 sur 24

Le traitement de l'information :

Il envoie des informations vers la commande de puissance en fonction de l'état de la machine, du fonctionnement souhaité, des consignes et ordres de marche affichés par l'opérateur sur le pupitre de commande de l'installation.

Automate programmable



Le dialogue homme / machine

Il consiste d'une part à fournir à l'opérateur l'ensemble des informations de surveillance et de fonctionnement de la machine, d'autre part à recueillir les ordres de cet opérateur. Les moyens utilisés sont des voyants, voire des écrans cathodiques, des listings d'imprimantes d'une part, des boutons-poussoirs, des claviers d'autre part.

Pupitre de commande et ensemble dialogue homme/machine :

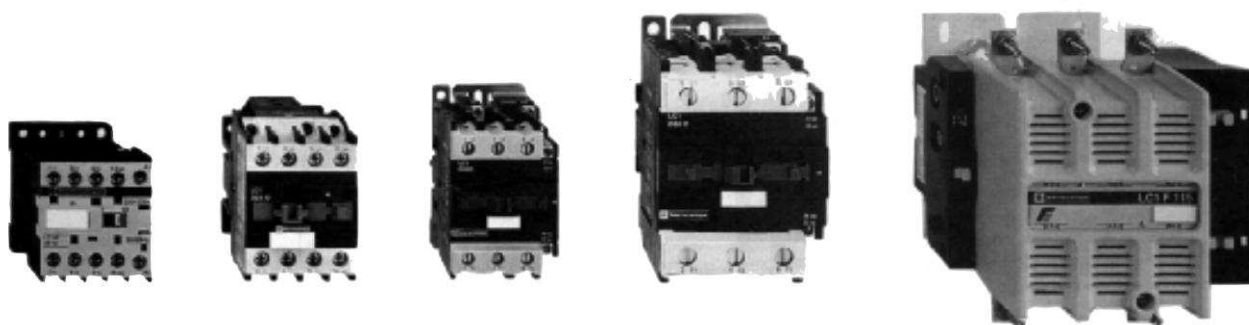


<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 8 sur 24

La commande de puissance

Les informations émanants de la fonction traitement permettent d'agir sur les actionneurs. Les moyens utilisés sont des contacteurs électromagnétiques (commande Tout-Ou-Rien, des moteurs ou des électrovannes), des variateurs de vitesse électronique (commande des moteurs à vitesse variable), divers dispositifs d'électronique de puissance (commande de chauffage par exemple) ou des distributeurs pneumatiques.

Beaucoup d'automatismes ont été réalisés en technologie électromécanique ou pneumatique.



Contacteurs électromécaniques

La technologie utilisée avec ces technologie est dite " logique câblée" car la fonction de traitement est obtenue par un câblage entre les contacts de contacteurs auxiliaires ou de relais en électromécanique et par une association de modules logiques (ET, OU) en pneumatique. C'est la nature même du câblage qui détermine le fonctionnement de l'automatisme.

Ces même automatisme sont maintenant réalisables en logique programmée notamment à partir de matériels industriels dits "automates programmables".

AIFT industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 9 sur 24

PARTIE 2

Notion de logique

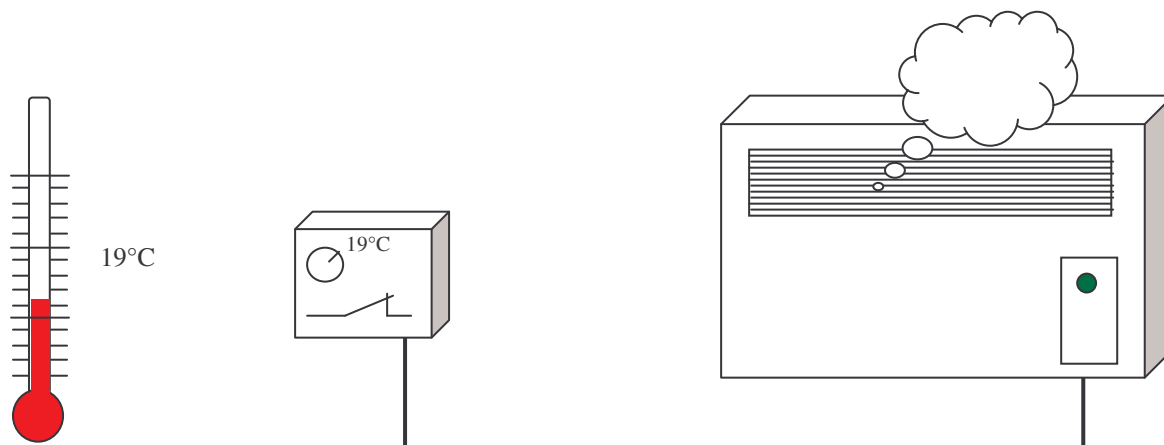
I Logique combinatoire et séquentielle

La logique

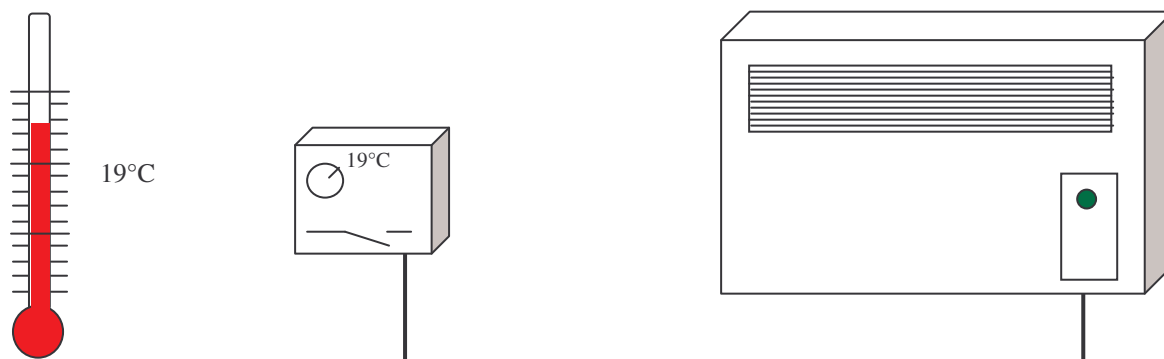
Reprenons l'exemple du convecteur électrique. Il se mettra en chauffe :

- Si la température est inférieure à 19°C
- ET la fenêtre fermée.

Par convention, cette situation est notée "1", et "0" dans le cas contraire.



$T\text{ °C} < 19\text{ °C}$, thermostat fermé, convecteur en chauffe ="1"



$T\text{ °C} > 19\text{ °C}$, thermostat ouvert, convecteur à l'arrêt ="0"

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 10 sur 24

Logique combinatoire

Un automate est dit combinatoire si l'état de chaque sortie ne dépend à chaque instant que de l'état des entrées.

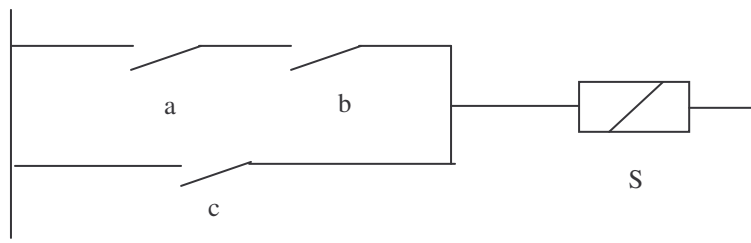
Logique séquentielle

Un automate est dit séquentiel lorsque l'état de la sortie à un instant donné dépend de :

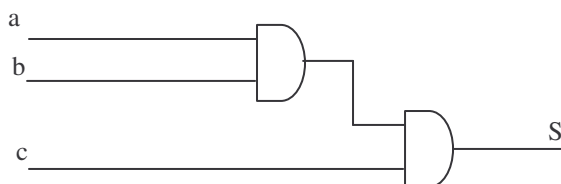
- L'état combinatoire de ses entrées,
- Et de son état à l'instant précédent.

II Logique câblée

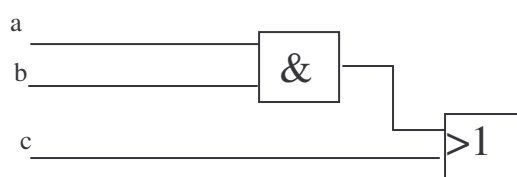
La logique câblée peut se réaliser avec différentes technologies : électromécanique, électronique, pneumatique. Chacune de ces technologies étant liée à un symbolisme spécifique dans la représentation des schémas.



Logique câblée : représentation électromécanique



Logique câblée : représentation logique statique électronique



Logique câblée : représentation logique pneumatique

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 11 sur 24

III Logique programmée

Ce procédé de traitement consiste à remplacer tous les constituants utilisés en logique câblée :

- Contacteurs auxiliaires ou relais câblés en série ou en parallèle pour les technologie électriques,
- Cellules logiques (ET, OU), mémoire, séquenceurs pour la technologie pneumatique,
- Logique statique électronique, réalisée par câblage de cellules élémentaires qui ont laissé place aujourd'hui à la logique programmée.

En logique programmée, les fonctions logiques de base sont effectuées par un PROCESSEUR et portent le nom D'INSTRUCTIONS.

IV Le programme

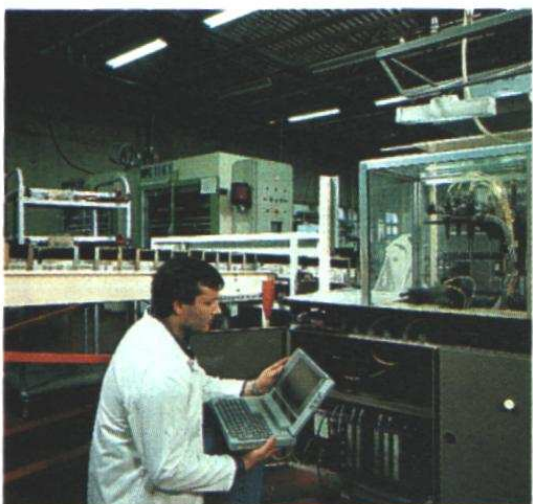
Il consiste en une suite d'instructions décrivant les opérations logiques ou numériques à effectuer dans l'automate.

Chaque instruction comprend un CODE OPERATOIRE définissant l'opération à exécuter et un OPERANTE qui est l'information sur laquelle porte cette opération, identifié par un repère (généralement numéro d'entrée/sortie).

A chaque instruction est associée une ADRESSE pouvant être :

- Soit un numéro définissant son emplacement dans le programme,
- Soit un nom symbolique.

L'écriture des programmes est exécutée à partir de matériels spécifiques dits "outils de programmation". Ces matériels disposent d'un clavier et d'éléments de visualisation permettant au programmeur de visualiser son travail à chaque instant.



<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 12 sur 24

PARTIE 3

Architecture et fonctionnement d'un automate programmable

I L'alimentation

Sous des tensions continues de quelques volt, avec des quantités importantes d'informations traitées à grande vitesse; il est nécessaire de prendre des précautions vis-à-vis de l'environnement industriel (parasites sur les lignes électriques ou rayonnement électromagnétique).

L'alimentation fournit à partir des tensions 24, 48, 110, 240, 400V les tensions continues nécessaires au fonctionnement des circuits électroniques.

II L'unité centrale

Le processeur (ou unité de traitement)

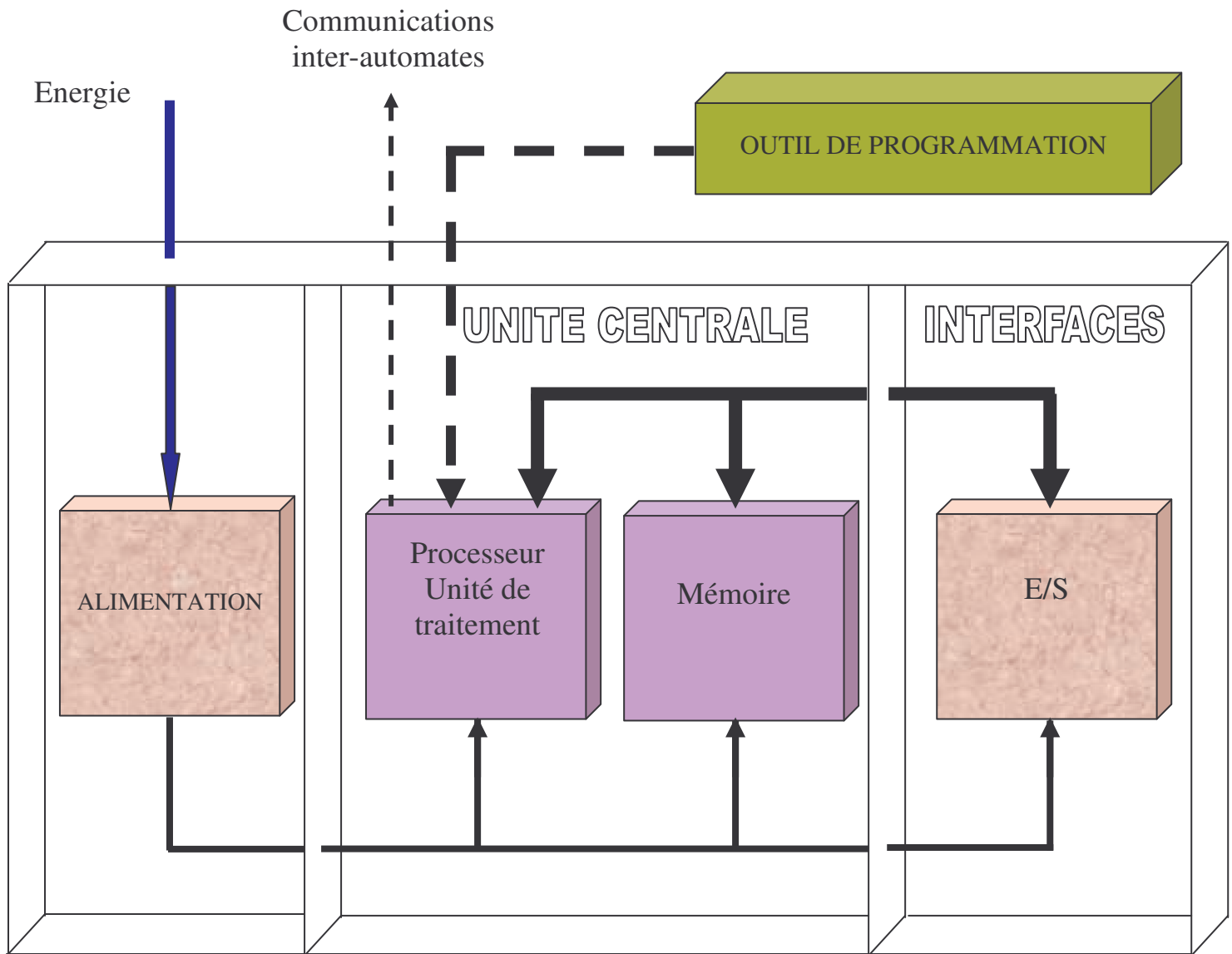
Il réalise toutes les fonctions logiques ET, OU..., les fonctions de temporisation... et éventuellement des fonctions de comptage, de calcul... à partir d'un programme contenu dans sa mémoire. Le processeur est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par un certain nombre de liaisons parallèles très souvent réalisées sur un circuit imprimé situé à l'arrière des appareils et non accessibles à l'utilisateur.

C'est par cet ensemble de liaison appelées BUS que cheminent les informations (un ensemble de "0" et de "1") entre les différentes parties d'un automate.

Le processeur possède d'autres voies de communications avec l'extérieur, par exemple :

- Dialogue avec l'outil de programmation momentanément raccordé à l'automate pendant la phase de mise au point du programme,
- Raccordement sur un réseau local de communication inter-automates,
- Raccordement à d'autres automates ou micro-ordinateur.

Architecture et liaisons d'un automate programmable



<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 14 sur 24

La mémoire

Elle contient sous forme BINAIRE des informations indispensables au bon fonctionnement d'un automate, et se compose de :

- La mémoire PROGRAMME (programme à exécuter),
- La mémoire des DONNEES (état des entrées sorties et valeurs des compteurs et temporisateurs).

Actions possibles sur une mémoire :

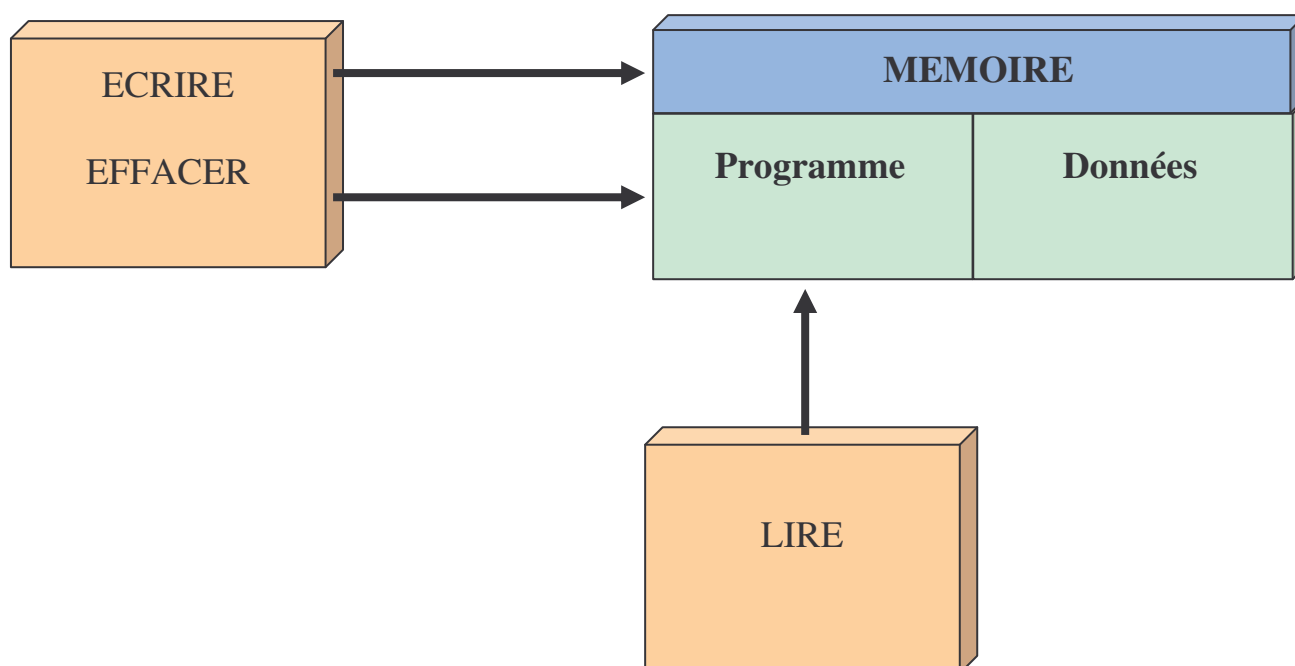
- **ECRIRE** pour en modifier les contenu,
- **EFFACER** pour en faire disparaître le contenu,
- **LIRE** pour en consulter le contenu sans le modifier.

On évalue souvent la capacité d'une mémoire en capacité de 8 BITS* ou OCTETS.

Exemple : Mémoire de 4 Koctets.

$4 \times 10^3 \times 8 \text{ bits} = 32\ 000 \text{ BITS}$. Cette mémoire peut contenir 32 000 informations élémentaires "1" ou "0".

ACTIONS POSSIBLES SUR UNE MEMOIRE :



*BIT : de l'expression anglaise " Binary Digit Information

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 15 sur 24

Types de mémoires :

- à lecture seule (ROM-EPROM),
- à lecture et écriture (RAM).

Ces appellations sont des abréviations de mots anglais.

Mémoires vive, mémoire morte :

- Une mémoire est dite vive si son contenu peut être modifié. Pour la conservation de ses informations, l'alimentation doit être sauvegardée par une batterie en cas de coupure d'alimentation générale. La mémoire vive permet de suivre l'évolution des données (entrées/sorties).
- Une mémoire est dite morte lorsque son contenu ne peut pas être modifié. En cas de coupure d'alimentation, elle conserve ses informations sans apport d'une source auxiliaire. C'est dans ce type de mémoire que le programme est implanté.

Sur certains types (REPROM), l'écriture comme l'effacement sont réalisés selon une procédure spéciale hors de l'automate programmable.

III Les interfaces d'entrée/sortie

Définition

Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection et du pupitre opérateur. Les sorties transmettent des informations aux éléments de commande de puissance et au pupitre opérateur. Les entrées et sorties étant raccordées par câblage à des constituants électromécaniques, électroniques ou pneumatiques installés en milieu industriel, des précautions sont prises par les constructeurs pour que les automates supportent les contraintes de l'environnement.

Ce sont généralement les suivantes :

Entrée "Tout Ou Rien"

Le signal électrique reçu doit être analysé par l'interface avant d'être transmis à l'unité centrale par le BUS.

Une entrée "tout ou rien" possède une tension nominale, par exemple 24 volts. L'analyse du niveau permet de définir l'état logique : "0" ou "1".

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 16 sur 24

Exemple : Pour $U_n = 24$ volts, état logique "0" de 0 à 4.8V
état logique "1" de 17 à 26.5V

Sorties "Tout Ou Rien"

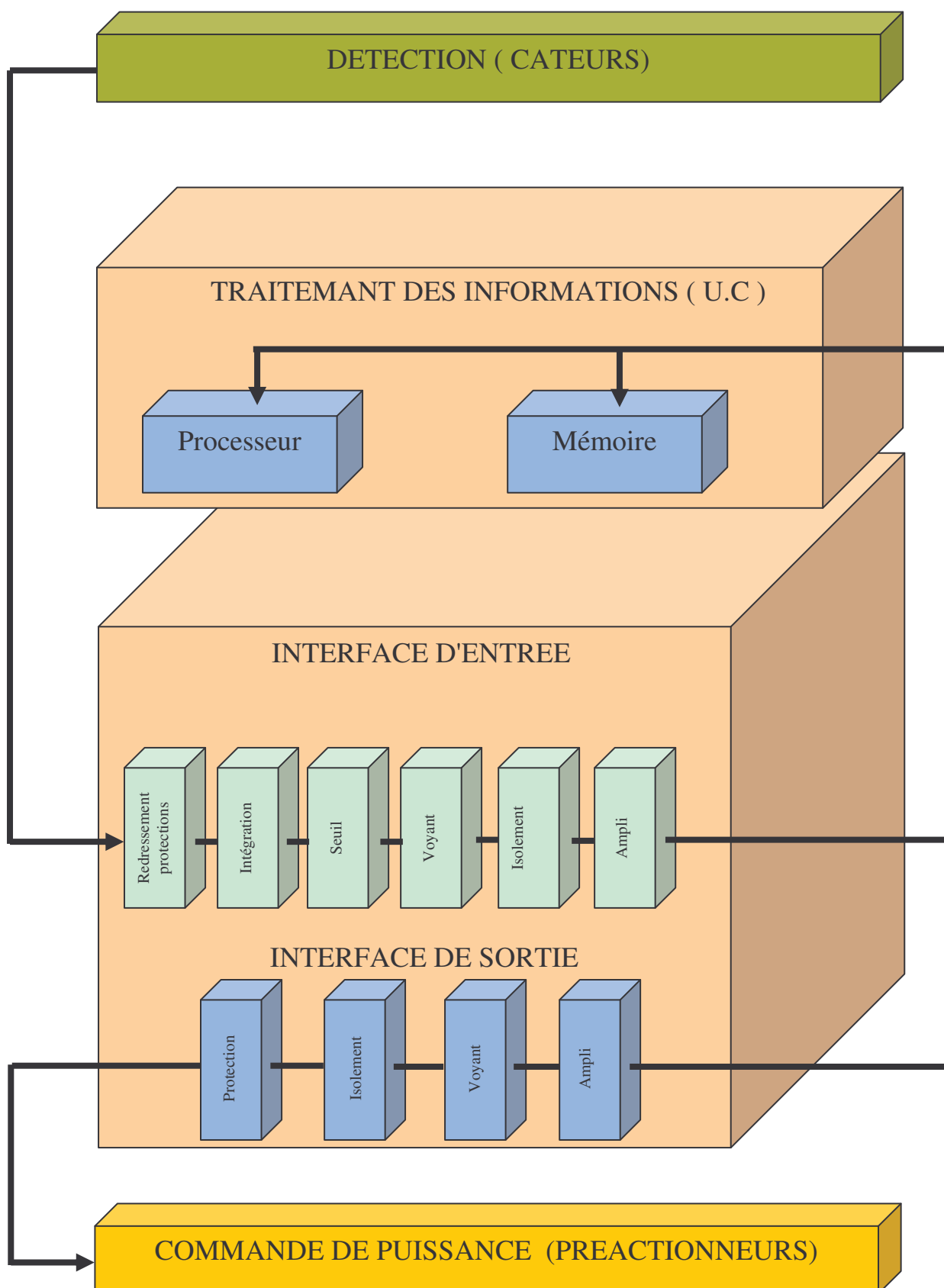
Ses caractéristiques dépendent de sa nature :

- ▶ électromécaniques (relais) :
 - fort pouvoir de coupure,
 - cadence de fonctionnement limitée,
 - durée de vie limitée.

- ▶ électronique (transistor, triac) :
 - possibilité de cadence de fonctionnement élevée,
 - durée de vie pratiquement illimitée.

AIFT industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 17 sur 24

Détection, traitement des informations, commande de puissance



<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 18 sur 24

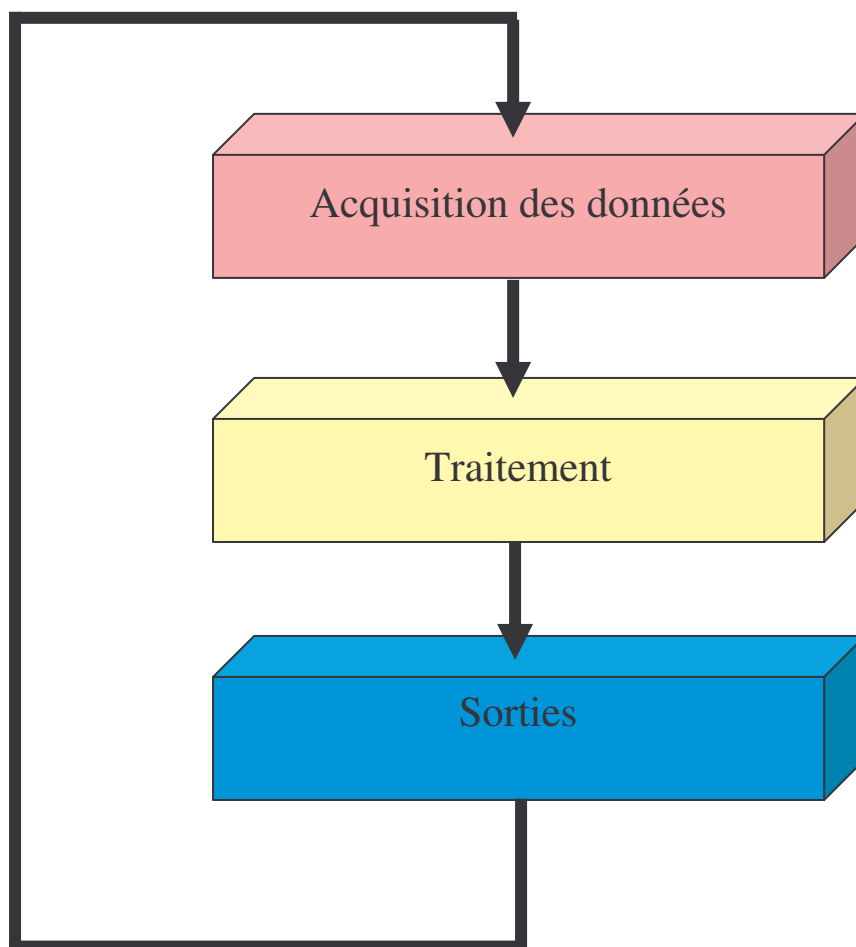
IV Fonctionnement

L'automate exécute successivement les opérations suivantes :

- 1- Acquisition des entrées et stockage de leurs états "0" ou "1",
- 2- Traitement des informations: pour connaître les opérations à effectuer, il consulte le PROGRAMME, effectue s'il y a lieu les opérations logiques élémentaires et met à jour les sorties.

Ces opérations se déroulent à grande vitesse et la prise en compte des entrées, leur traitement et la validation des sorties n'excèdent pas quelques millisecondes, temps généralement compatible avec les inerties mécaniques des mouvement à commander. Le programme se redéroule de lui même continuellement pour assurer le fonctionnement permanent de l'installation.

Fonctionnement d'un automate programmable



PARTIE 4

Langages et programmation

A Notion de langage et de programmation

I Notion de langage

1^{er} exemple:



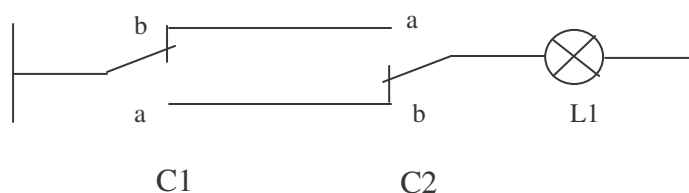
L'état allumé ou éteint de la lampe L1 ne dépend que de l'état fermé ou ouvert du commutateur C1.

Organe	Etat physique	Etat logique
L1	Lampe allumée	1
	Lampe éteinte	0
C1	Commutateur fermé	1
	Commutateur ouvert	0

Convention : En automatisme l'état logique (0/1) associé à l'état physique de l'organe (ouvert/fermé, éteint/allumé...) est choisi de telle façon que l'état logique soit :

- 1 si le courant passe dans l'organe,
- 0 si le courant ne passe pas dans l'organe.

2^{ème} exemple



Remarque : dans la représentation usuelle l'état de départ est l'état de repos de l'organe commandé : le courant ne circule pas.

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 20 sur 24

L'expression traduisant le fonctionnement est la suivante :

SI	C1 est sur a		ET	SI	C2 n'est	PAS	Sur a
OU	SI	C1 n'est	PAS	Sur a	ET	SI	C2 est sur a
ALORS						L1 est allumée	

II Définition d'un langage

Pour simplifier l'écriture de telles expressions, on définit un ensemble de représentations symboliques appelé langage. Les représentations symboliques portent sur la désignation des données et sur les opérations à effectuer sur elles. Ces opérations sont appelées instructions.

Symbolisme des données

Données	Symboles
Entrée	E ou I
Sortie	S, A ou O

Suivies d'un numéro (adresse) pour distinguer les différentes données d'un même type.

Symbolisme des codes opératoires

Codes	Symboles
ET	.
OU	+
PAS	/
ALORS	=

Le code SI, étant la plupart du temps implicite ou sous-entendu, ne fait pas l'objet d'un symbole. En l'absence de normalisation, cette représentation, couramment appelée langage Booléen, peut varier d'un automate à l'autre. Il convient de se reporter au document de programmation du constructeur.

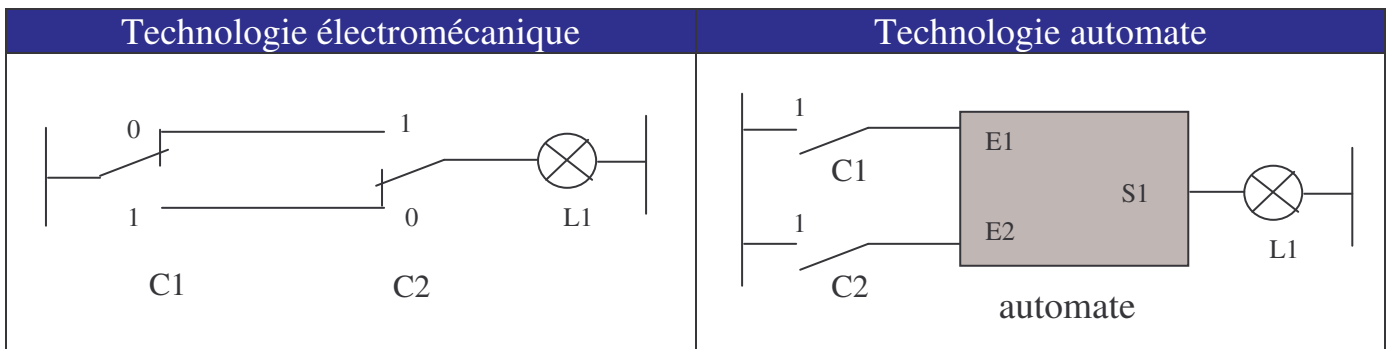
II Méthodologie de programmation

Pour la programmation de tout automatisme, il faut successivement:

- Représenter le schéma de l'installation,
- Etablir la liste ordonnée des données par famille,
- Ecrire les expressions logiques régissant le fonctionnement.

Schéma :

Les lettres "a" et "b" sont remplacées par les états logiques affectés à chaque état des commutateurs :



Remarque :

Il est seulement nécessaire de fournir à l'automate l'état "1" ou l'état "0" des commutateurs puisque celui-ci en déduira l'état inverse à l'aide du code opératoire PAS.

Liste des données :

Données entrées	Matériel	Repères des bornes	
		Matériel	Automate
E1	Commutateur C1
E2	Commutateur C2

Données sorties	Matériel	Repères des bornes	
		Matériel	Automate
S1	Lampe L1

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 22 sur 24

Écriture et lecture du programme

Reprenons l'expression déterminer ci-dessus :

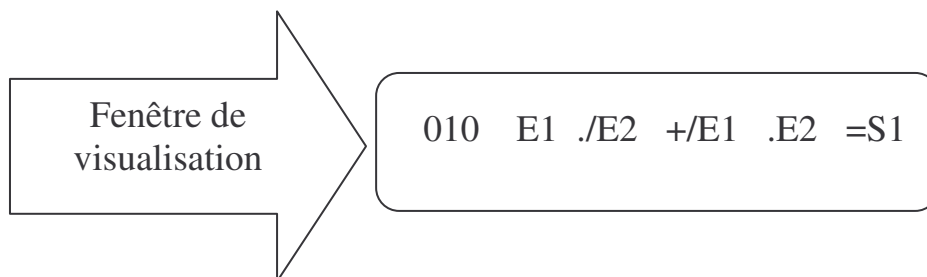
$E1 ./E2$ $+ /E1 . E2$ $= S1$

L'écriture et la lecture de cette expression dans la mémoire du programme est faite instruction par instruction en désignant successivement l'adresse mémoire dans laquelle chacune d'entre elles est localisée.

Si cette expression n'est pas la première du programme et qu'elle débute à l'adresse 10 de la mémoire programme, le programmeur verra se dérouler successivement sur la visualisation de son outil de programmation le tableau ci-dessous :

Adresse dans la mémoire programme	Instruction	
	Code opératoire	Donnée
010		E1
011	/	E2
012	+/	E1
013	.	E2
014	=	S1

Sur certains outils de programmation, l'expression pouvant être visualisée en ligne, il suffit de désigner l'adresse en mémoire de la première instruction, pour obtenir la représentation d'ensemble ci-dessous :



Expression logique :

SI	C1 est sur a	ET	SI	C2 n'est PAS	Sur a	E1 ./E2	
OU	SI	C1 n'est PAS	Sur a	ET	SI	C2 est sur a	+ /E1 .E2
					ALORS	L1 est allumée	=S1

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 23 sur 24

III L'outil de programmation

Après avoir été établie, la liste des instructions doit être écrite dans la mémoire du programme et visualisée pour vérification. Le moyen utilisé est appelé "outil de programmation" et se présente sous forme d'un élément connectable ou incorporé à l'automate ou incorporé à l'automate. L'outil de programmation est dit autonome lorsqu'il permet de préparer le programme indépendamment de l'automate.

L'outil de programmation assure aussi un certain nombre de services complémentaire pour faciliter le travail du technicien lors des essais de mise en service sur site.

Comment interpréter un schéma à contacts?

Nous avons vu précédemment qu'un API :

- Reçoit des signaux électriques des capteurs. Ces signaux sont appelés variables d'entrées (exemple: signal 0V ou 24V)
- Emet des signaux électriques vers les préactionneurs et les voyant. Ces signaux sont appelés variables de sorties (exemple: signaux 0V ou 24V)





A ces variable d'entrées/sorties sont associés des bits d'entrées/sorties, ayant les niveaux logique "0" ou "1"

Exemple d'association :

- niveau logique "0" pour le signal 0V
- niveau logique "1" pour le signal 24V




Les tableaux suivants résument la correspondance entre :

- La continuité électrique d'un contact logique et le niveau logique de l'entrée associée.

Représentation des contacts électromécanique	Niveaux logiques des entrées associées	Symbole graphique de programmation	
		Test de l'état du bit de l'entrée associée au contact 	Test de l'état inverse du bit de l'entrée associée au contact 
KA1 "actionné"	"1"	Résultat du test : "1"	Résultat du test : "0"
 "repos"	"0"	Résultat du test : "0"	Résultat du test : "1"
 "actionné"	"1"	Résultat du test : "0"	Résultat du test : "1"
KA2 "repos"	"0"	Résultat du test : "1"	Résultat du test : "0"

<i>AIFT</i> industrie	AUTOMATISME	<i>Origine : GE</i>
BEP MSMA	L'automate Programmable Industriel	Page 24 sur 24

- Le niveau logique de la sortie et la continuité électrique de la bobine associée.

Symbole graphique de programmation			
Résultat de la fonction logique	Transfert du résultat de la fonction dans le bit de la sortie associée à la bobine 	Transfert du résultat inverse de la fonction dans le bit de la sortie associée à la bobine 	Représentation des bobines associées aux sorties
"0"	Résultat du transfert : "0"	Résultat du transfert : "1"	Bobine "alimentée" si le résultat est "1", non alimentée sinon  KM
"1"	Résultat du transfert : "1"	Résultat du transfert : "0"	