



Office de la Formation Professionnelle et de la
Promotion du Travail

Technicien Spécialisé

Génie Électrique

**Électronique,
Automatisme et
Robotique**

Manuel de cours

Module 24

Automatisation et contrôle des procédés industriels



Edition 2022



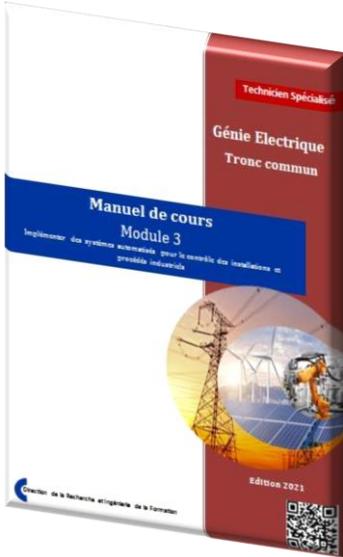
Direction de la Recherche et Ingénierie de la Formation



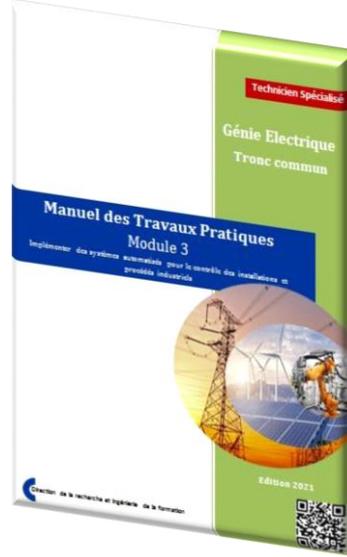
Avant-propos

Les manuels de cours, de travaux pratiques et le guide e-learning sont téléchargeables à partir de la plateforme e-learning moyennant les codes QR suivants :

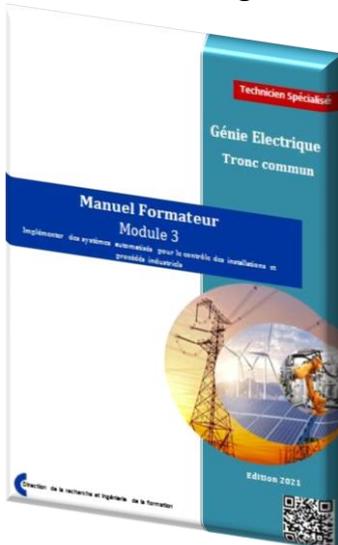
Manuel de cours



Manuel des travaux pratiques



Guide e-learning



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	2
SOMMAIRE.....	3
COMPETENCES-CIBLES ET OBJECTIFS OPERATIONNELS	5
CHAPITRE I.....	8
IDENTIFICATION DES SYMBOLES SUR UN PLAN MECANIQUE ET HYDRAULIQUE	8
1. LES PLANS MÉCANIQUES	9
1.1 Introduction.....	9
1.2 Règles et conventions du dessin industriel.....	9
2. LES CIRCUITS HYDRAULIQUES.....	14
2.1 Introduction.....	14
2.2 Symboles usuels en hydraulique:.....	15
2.3 Les soupapes de pression.....	15
2.4 Transformateurs d'énergie linéaire	18
2.5 Conservation de l'énergie	19
2.6 Transformateurs d'énergie tournants	20
2.7 Les distributeurs	21
2.8 Réglage du débit	24
2.9 Conservation et conditionnement de l'énergie	26
2.10 Appareils complémentaires	27
2.11 Valves en cartouche logique 2 voies.....	28
2.12 Fonction anti-retour.....	29
2.13 Fonction limiteur de pression.....	29
CHAPITRE II.....	31
INTRODUCTION SUR LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS.....	31
1. INTRODUCTION :.....	32
2. ARCHITECTURE D'UN SYSTÈME AUTOMATISÉS OU ROBOTISÉ :	34
2.1 Introduction.....	34
2.2 Partie commande.....	34
2.3 Partie opérative	35
2.4 L'opérateur	35
2.5 Architecture d'un système automatisé	35
2.6 Technologies et énergies utilisés pour la PO/PC.....	36

2.7	Automate programmable industriel.....	37
CHAPITRE III.....		58
MODELISATION DES SYSTEME AUTOMATISE/ROBOTISE.....		58
1.	INTRODUCTION SUR LE GRAFCET.....	59
1.1	Historique	59
1.2	Définition	59
1.3	Les règles d'évolution d'un GRAFCET	60
1.4	Éléments graphiques de base d'un grafcet	60
1.5	Interprétation algébrique d'un grafcet.....	63
2.	NOTION COMPLEXE SUR LE GRAFCET.....	65
2.1	Étape conditionnelle	65
2.2	Notion de « macro-étape »	65
2.3	Notion de « macro-tâches »	67
2.4	Hiérarchie des Grafcet	69
CHAPITRE IV		72
1.	INTRODUCTION SUR LA PROGRAMMATION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES : ..	73
2.	IDENTIFICATION DES ENTRÉES / SORTIES D'UN API DE TYPE SIEMENS :	74
3.	LADDER DIAGRAMME	75
3.1	Les portes logiques de base dans le Ladder diagram :	75
4.	PROGRAMMATION EN STEP7 DE SIEMENS.....	78
4.1	Architecture du programme.....	78
4.2	Exemple de programmation.....	79
4.3	Mise à 1 d'une sortie (SET)	79
4.4	Mise à Zéro d'une sortie	80
4.5	Temporisation.....	80
4.6	Comptage	82
4.7	Comparaison.....	83
4.8	L'instruction MOVE	84
5.	TRADUCTION D'UN GRAFCET EN « LADDER DIAGRAMM »	85
CHAPITRE V		88
1.	INTRODUCTION.....	89
1.1	Problématique du câblage du système automatisé ou robotisé :	90
1.2	Branchement des entrés TOR :	90
1.3	Branchement des Sorties TOR :	92
1.4	Exemple de câblage des capteurs et d'actionneur avec un Automate :	93

COMPETENCES-CIBLES ET OBJECTIFS OPERATIONNELS

Module 24 : Automatisation et contrôle des procédés industriels

Code : GEEAR-24

Durée : 60 heures

ÉNONCÉ DE LA COMPETENCE

Implémenter des systèmes automatisés pour le contrôle des installations et procédés industriels

CONTEXTE DE REALISATION

- Individuellement
- À partir de :
 - Directives ;
 - Cahier des charges fonctionnel d'une installation Automatisée
 - Schémas de puissance et de de commande ;
 - Dossier constructeur (manuel opératoire, manuel maintenance ...)
 - Maquette virtuelle (3D)
 - Normes et standards
 - Procédures de sécurité
- À l'aide de:
 - Automates programmables
 - Logiciels de programmation d'un automate programmable
 - Système piloté par un automate programmable
 - Appareillage électrique pour circuits de puissance et commande
 - Appareils de mesure (ampérage, température, isolement ...)

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Pertinence de la terminologie utilisée.
- Utilisation appropriée de l'outillage et de l'équipement
- Montage soigné et propre.
- Respect des méthodes et des conventions de programmation d'un automate.
- Utilisation correcte des instruments de mesures.
- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.

ÉLÉMENTS DE LA COMPÉTENCE	CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
A. Interpréter le cahier des charges des travaux d'installation des systèmes automatisés	<ul style="list-style-type: none"> • Interprétation judicieuse des éléments du cahier des charges et des directives • Interprétation juste de l'information technique sur la structure d'un système automatisé • Interprétation correcte des principes de la logique combinatoire et séquentielle • Description juste de la structure d'un automate programmable (API)
B. Installer un système automatisé	<ul style="list-style-type: none"> • Interprétation correcte du schéma de câblage • Installation correcte de l'API et de ses différents modules • Installation correcte des différents capteurs et actionneurs • Description correcte des différents langages de programmation des API • Intégration judicieuse des fonctions avancées d'un logiciel de programmation des API • Simulation juste du fonctionnement du système automatisé • Sélection pertinente des alarmes (Alarm Logging) à configurer
C. Réaliser des travaux de maintenance du système automatisé	<ul style="list-style-type: none"> • Planification judicieuse des travaux de maintenance préventive et corrective • Vérification minutieuse des réglages et des paramètres de fonctionnement • Recherches minutieuses des causes de dysfonctionnement sur banc et schémas • Utilisation correcte de la console et des outils logiciels de diagnostic • Application correcte des techniques de substitution des éléments défectueux • Modification judicieuse des paramètres du programme • Exécution correcte des opérations de chargement et de sauvegarde d'un programme API
D. Vérifier la qualité des travaux d'installation et de remise en service d'un système automatisé	<ul style="list-style-type: none"> • Conformité des essais de fonctionnement du système automatisé • Contrôle minutieux des paramètres de fonctionnement du procédé industriel • Utilisation appropriée des instruments de mesure. • Respect des règles de santé et de sécurité

ÉLÉMENTS DE LA COMPÉTENCE	CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
	<ul style="list-style-type: none">• Rangement et nettoyage approprié de l'aire de travail.• Rédaction correcte du rapport d'installation ou de la fiche d'intervention.

Chapitre I

IDENTIFICATION DES SYMBOLES SUR UN PLAN MECANIQUE ET HYDRAULIQUE

1. Les plans mécaniques

1.1 Introduction

Le dessin industriel est un outil technique indispensable pour communiquer sans aucune ambiguïté, notamment entre le concepteur et le fabricant. Ce dessin doit d'être rigoureux, précis et universel. Pour cela des normes très strictes sont utilisées afin qu'aucune approximation ou imprécision ne puisse s'infiltrer dans le plan.

Ce plan permet :

- de définir de façon complète une pièce en vue de sa fabrication (formes, dimensions, matériau etc.) C'est le dessin d'ensemble.
- d'agencer les pièces au sein du mécanisme permettant d'aborder les aspects du fonctionnement (C'est le dessin d'ensemble).

1.2 Règles et conventions du dessin industriel

Parmi les règles du dessin industriel on trouve :

1.2.1 Le document technique

A/ Le format :

Les différents formats qui sont utilisés dans le dessin mécanique:

Format	Dimensions
A 4	210x297 (mm)
A 3	420x297 (mm)
A 2	420x594 (mm) = 0,25 m ²
A 1	840x594 (mm) = 0,5 m ²
A 0	840x1188 (mm) = 1 m ²

B/ Échelle: l'échelle du dessin est le rapport entre la dimension du dessin et la dimension réelle.

Échelle	Sur le dessin
1 :1	1 cm correspond à 1 cm en réalité
1 :2	1 cm correspond à 2 cm en réalité
2 :1	2 cm correspond à 1 cm en réalité

C/ Cartouche :

Il contient les renseignements utiles à la lecture et au classement du dessin. Le cartouche plié au doit être placée sur le dessin format d'un A4 en bas à droite. Les indications courantes sont :

- un logo identifiant l'entreprise,
- l'échelle de représentation,
- la date de dessin,
- le nom du dessinateur,
- une identification de la pièce représentée...

La figure suivante (figure1.1) présente un exemple de cartouche :

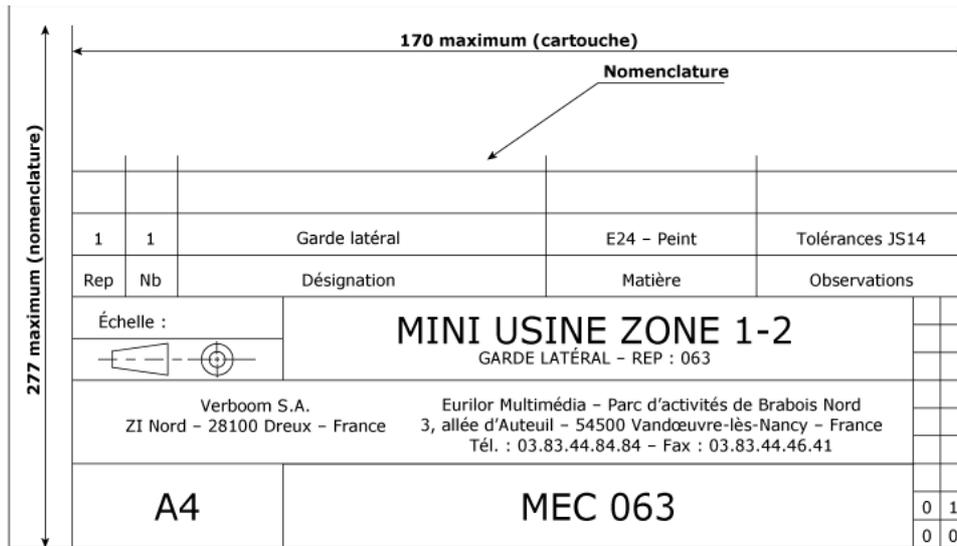


Figure1.1

C'est la carte d'identité du dessin, il rassemble les renseignements essentiels : échelle principale, titre, symbole ISO de disposition des vues.

D/ Nomenclature: c'est la liste de différentes places de l'ensemble en indiquant pour chacune d'elles: le nombre, le nom, la matière, d'éventuelles remarques(figure1.2).

06	1	ECROU Hm8	XC38	NFE 27-411
05	1	CHAPEAU	A48	
04	1	ENTRETOISE	XC48	
03	2	ROULEMENT 20BC10E		
02	1	MOYEU	30NC6	
01	1	CORPS	AS4G	Y20
Rep	Nbre	Désignation	Matière	Observation

Le N° repère localise l'élément sur le dessin

Indique le nombre de pièces identiques dans le dessin

Nom de l'élément
(Normalisé à chaque fois que possible)

Matière de l'élément désigné
(Désignations normalisées)

Observations éventuelles sur l'élément
(Traitements thermiques, peinture ...)

(Figure 1.2)

E/ Cadre:

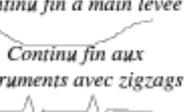
Obligatoire, il laisse une marge de 10 mm sur les bords (formats: A4, A3 et A2)

F/ Unités:

L'unité est le millimètre. De plus, les dimensions indiquées sont toujours celles en vraies grandeur (indépendamment de l'échelle).

1.2.2 Les différents types de traits

Les différents types de traits sont résumés dans le tableau suivant (figure1.3):

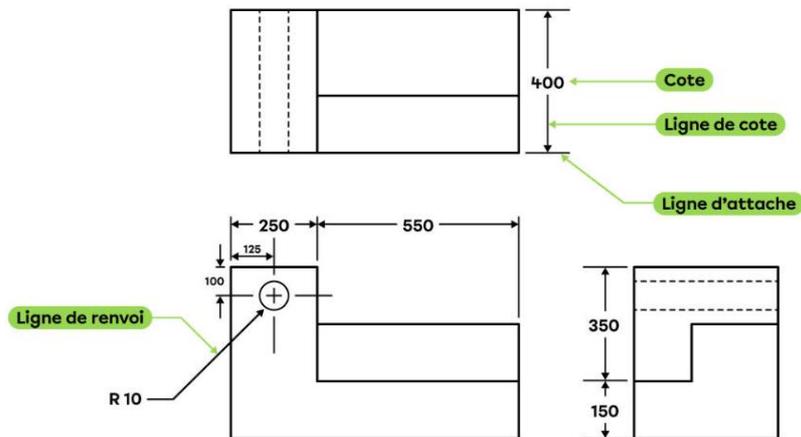
Rep.	Désignation	Applications	Rep.	Désignation	Applications
1	<i>Continu fort</i> 	a. Arêtes et contours vus b. Flèches indiquant le sens d'observation	5	<i>Mixte fin</i> 	Axes et traces de plan de symétrie. Parties situées en avant du plan de coupe. Lignes primitives
2	<i>Continu fin</i> 	a: Lignes d'attache, de cotes et de repères b: Hachures c: Arêtes fictives d: Fonds de filets vus e. Contours des sections rabattues	6	<i>Mixte fin, fort aux extrémités et aux changements de direction</i> 	Traces de plans de coupe
3	<i>Continu fin à main levée</i> <i>Continu fin aux instruments avec zigzags</i> 	Limite de vues ou de coupes partielles si cette limite n'est pas un axe	7	<i>Mixte fin à deux points</i> 	Contours de pièces voisines. Positions de pièces mobiles
4	<i>Interrompu fin</i> 	a: Arêtes et contours cachés. b: Fonds de filets cachés	8	<i>Mixte fort</i> 	Indication de surfaces faisant l'objet de spécifications particulières (traitement précisé)

(Figure1.3)

1.2.3 Cotes et tolérances

La cotation et la tolérance dimensionnelle représente des informations essentiels pour la fabrication d'un objet. En effet, elles précisent ses mesures. En pratique lorsqu'on élabore un dessin de fabrication en vue de produire un objet, on doit s'assurer de la présence de ces informations sur le dessin technique.

A°/ La cotation : c'est l'indication des dimensions réelles et de la position des différents éléments d'un objet sur un dessin technique(figure1.4).

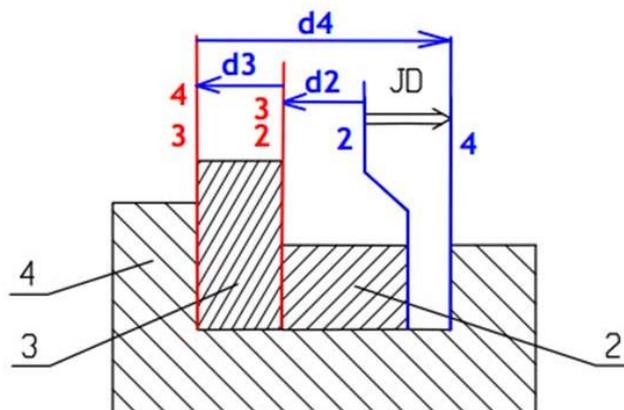


(Figure 1.4)

B°/ La cotation fonctionnelle:

Pour assurer le bon fonctionnement de l'objet on doit prévoir un espace suffisant entre les pièces appelé jeu mécanique qui permet les différents types de mouvements mécaniques. La cotation fonctionnelle fournit des précisions concernant ses dimensions de pièces.

Exemple (figure1.5):

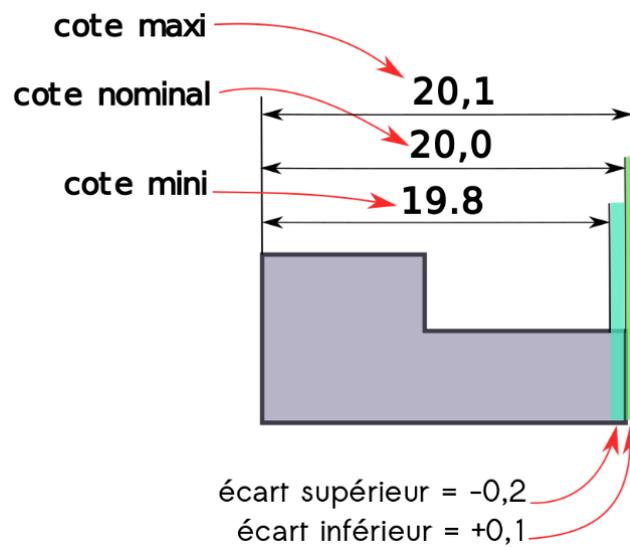


(Figure1.5)

C°/ La tolérance dimensionnelle

La tolérance dimensionnelle est une indication ajoutée aux cotes. Elle précise l'écart maximal entre la mesure indiquée sur le dessin et la mesure réelle d'une pièce.

Exemple (figure1.6):



(Figure1.6)

1.2.4 Les projections

Une photographie peut montrer un système sous une forme plus ou moins avantageuse, mais ne peut prétendre le décrire complètement en ce qui concerne les formes et les dimensions. Pour y remédier, industriellement, on utilise un certain nombre de vues du système, toutes en correspondance les unes par rapport aux autres et choisies pour leur aptitude à le définir.

Les principaux types de projections utilisés en dessin technique sont les suivants :

- La projection à vues multiples
- La projection isométrique
- La projection oblique
- La projection axonométrique (vue éclatée)

2. Les circuits hydrauliques

2.1 Introduction

Les circuits hydrauliques transmettent et contrôlent la puissance d'une entrée mécanique à une sortie mécanique au moyen de liquides, principalement des huiles. La puissance est transmise de manière hydrostatique, où les pressions élevées font que les forces statiques dominent les forces dynamiques, et l'énergie est transmise principalement par la pression statique à des vitesses d'écoulement faibles.

Les circuits sont composés d'un certain nombre de composants hydrostatiques qui sont reliés les uns aux autres au moyen de tuyauteries, de collecteurs ou directement, pour permettre la transmission et le contrôle de la puissance ou des signaux à travers des liquides.

Les circuits hydrauliques sont utilisés dans les applications industrielles et mobiles pour transmettre la puissance d'un moteur principal pour faire fonctionner des pièces de machine ou des véhicules. Les applications fixes incluent les machines-outils telles que les presses, le moulage par injection et partout où des pièces lourdes doivent être déplacées rapidement et avec précision. Des exemples d'applications extérieures sont les portes d'écluse de navires

Les symboles hydrauliques fournissent une représentation claire de la fonction de chaque composant hydraulique. Disposer chaque symbole sur la page dans le même ordre que les composants sont utilisés dans le circuit permet aux gens de comprendre la fonction complète de l'équipement hydraulique.

Les équipements hydrauliques sont capables de densités de puissance beaucoup plus élevées que les équipements électriques et pneumatiques.

Les pompes et moteurs hydrauliques peuvent transmettre des puissances élevées grâce à une très petite taille de châssis. Les tailles de pompe et de moteur sont beaucoup plus petites que les moteurs électriques de puissance équivalente. Un rapport puissance/poids élevé signifie que les composants hydrauliques peuvent être montés dans des emplacements beaucoup plus petits, par ex. à l'intérieur des roues ou sur les flèches des grues en mouvement.

À condition que le fluide hydraulique reste parfaitement propre, les systèmes hydrauliques peuvent également fonctionner beaucoup plus longtemps ou sur plus de cycles que les entraînements mécaniques. En effet, les surfaces métalliques ne se touchent jamais car elles sont toujours séparées par une fine pellicule de fluide.

En plus d'avoir des pompes et des actionneurs de plus petite taille, les composants hydrauliques sont alimentés par de petites tuyauteries qui peuvent être acheminées dans les espaces les plus étroits. Cette combinaison permet une multitude d'applications plus polyvalentes et flexibles.

2.2 Symboles usuels en hydraulique:

Les symboles hydrauliques se divisent en catégorie comme suit :

- Les soupapes de pression
- Transformateurs d'énergie linéaires
- Conservation de l'énergie
- Transformateurs d'énergie tournants
- Distribution de l'énergie
- Réglage du débit
- Conservation et conditionnement de l'énergie
- Appareils complémentaires
- Clapets logiques / Valves à cartouche

2.3 Les soupapes de pression

Il y a pression dans un circuit hydraulique, lorsqu'une résistance s'oppose à l'écoulement du fluide refoulé par la pompe. En fonction de cette résistance, l'élévation de pression peut atteindre des valeurs importantes. Un circuit hydraulique est conçu pour fonctionner dans une certaine gamme de pressions.

2.3.1 Limiteur de pression

Leur rôle est primordiale dans les circuits hydraulique. En effet, Si l'utilisateur laisse la pompe hydraulique continuer à créer une pression sur le piston, il risque d'avoir: (figure 1.7)

- une rupture de la chambre du piston ou,
- Une rupture des canalisations ou,
- Une rupture de la pompe hydraulique.

Car tout fluide hydraulique est incompressible, d'où la nécessité de limiter la pression dans le circuit. Le principe du limiteur de pression est simple :

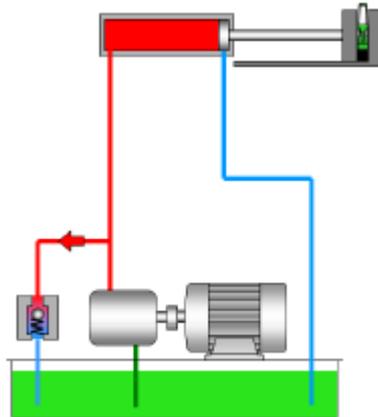


Figure 1.7

Le limiteur possède un ressort avec une bille obturant le retour vers le réservoir. Tant que la pression au niveau du vérin est inférieure à la force de tarage du ressort, la bille du limiteur restera sur son siège figure 1.1. Tandis que si la pression est supérieure à la force de tarage du ressort, la bille laissera un passage calibrée permettant au fluide de retourner dans le réservoir. Les symboles des limiteurs est donné par la figure 1.8

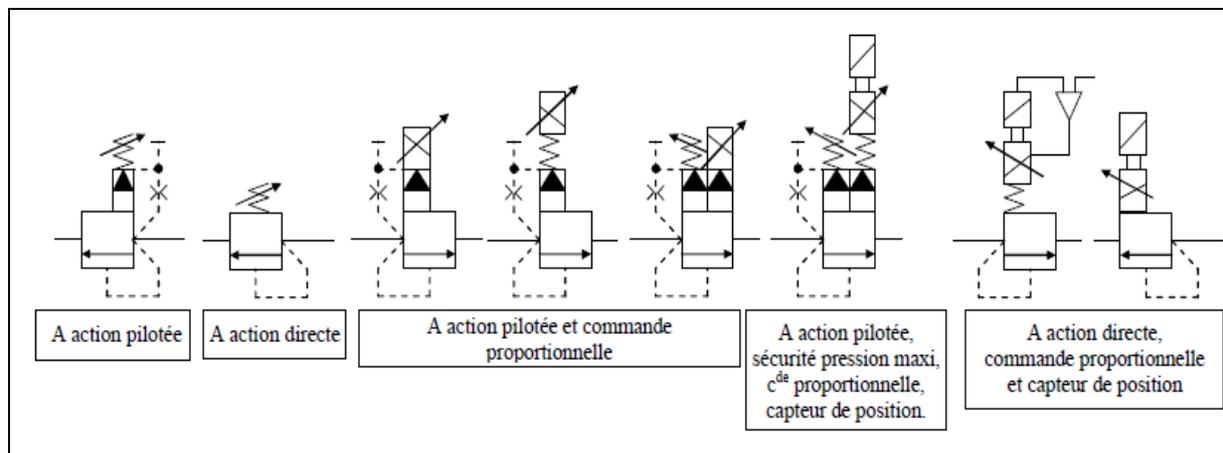


Figure 1.8

2.3.2 Soupapes de décharge

Les soupapes de décharge sont conçues de façon à s'ouvrir à un niveau pré réglé de pression (ou de température) et à soulager le système lorsqu'il a dépassé le niveau souhaité. La décharge de la soupape en cas de pression élevée de liquide prévient les dommages au système Figure 1.9.

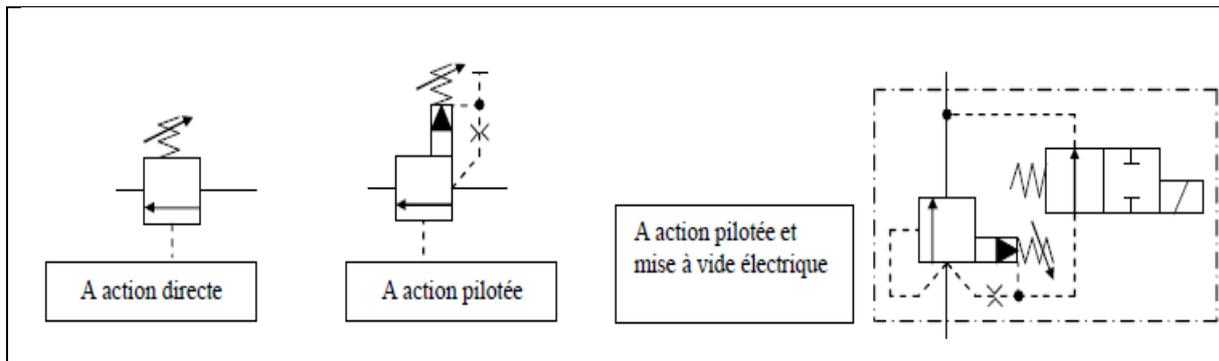


Figure 1.9

2.3.3 Soupapes de séquence / d'équilibrage / de freinage

Les soupapes de freinage, ont pour fonction de contrôler une charge motrice reliée à la machine à commander.

Les soupapes d'équilibrage fonctionnent selon le même principe que les soupapes de sûreté et un clapet anti-retour y est incorporé. Celles-ci sont couramment utilisées comme retenue et contrôle de charge (figure 1.10).

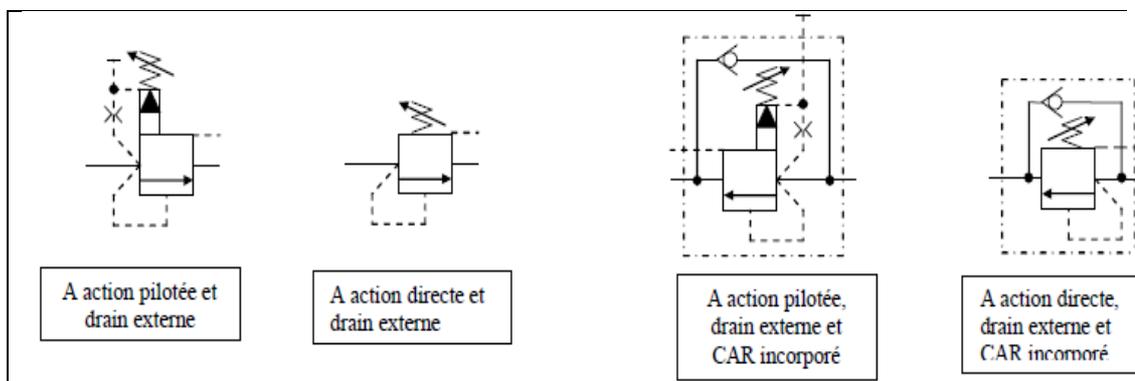


Figure 1.10

2.3.4 Réducteurs de pression:

La réduction de pression est un appareil normalement ouvert avec un pilotage en sortie. On la place en série sur une ligne d'alimentation d'une fonction ou d'une partie de circuit. Elle va laisser passer l'huile jusqu'à ce que la pression en sortie de celle-ci atteigne la valeur de tarage, c'est alors qu'elle se fermera garantissant une pression qui n'excédera pas la valeur souhaitée (figure 1.11).

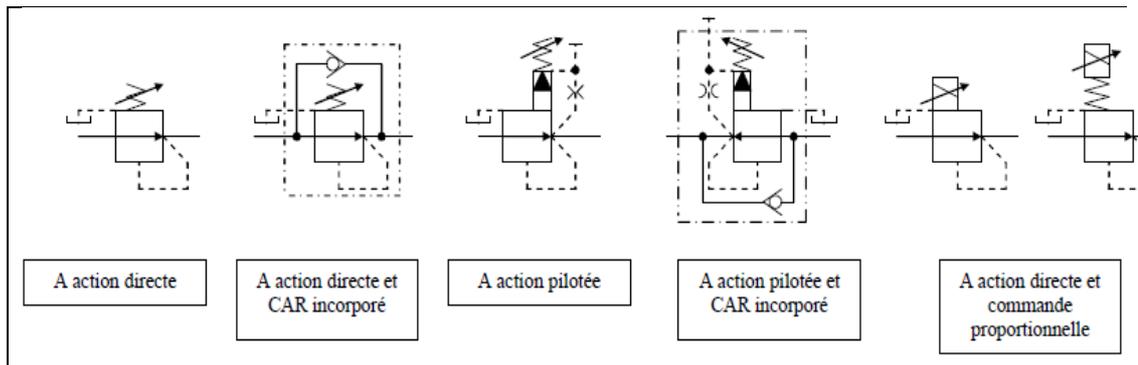


Figure 1.11

2.4 Transformateurs d'énergie linéaire

2.4.1 Vérins

Un vérin hydraulique est un actionneur présent sur de nombreuses machines agricoles, engins de travaux publics ou machines industrielles. Piloté par un circuit hydraulique, il donne un mouvement de translation linéaire à une benne, un outil ou tout autre élément d'une machinerie. Il existe plusieurs sortes de vérins selon le type de mouvement à réaliser : vérin simple effet, double effet, ou encore vérin télescopique (figure1.12).

Les dimensions jouent aussi un rôle direct sur les caractéristiques du mouvement : intensité de la force, vitesse.

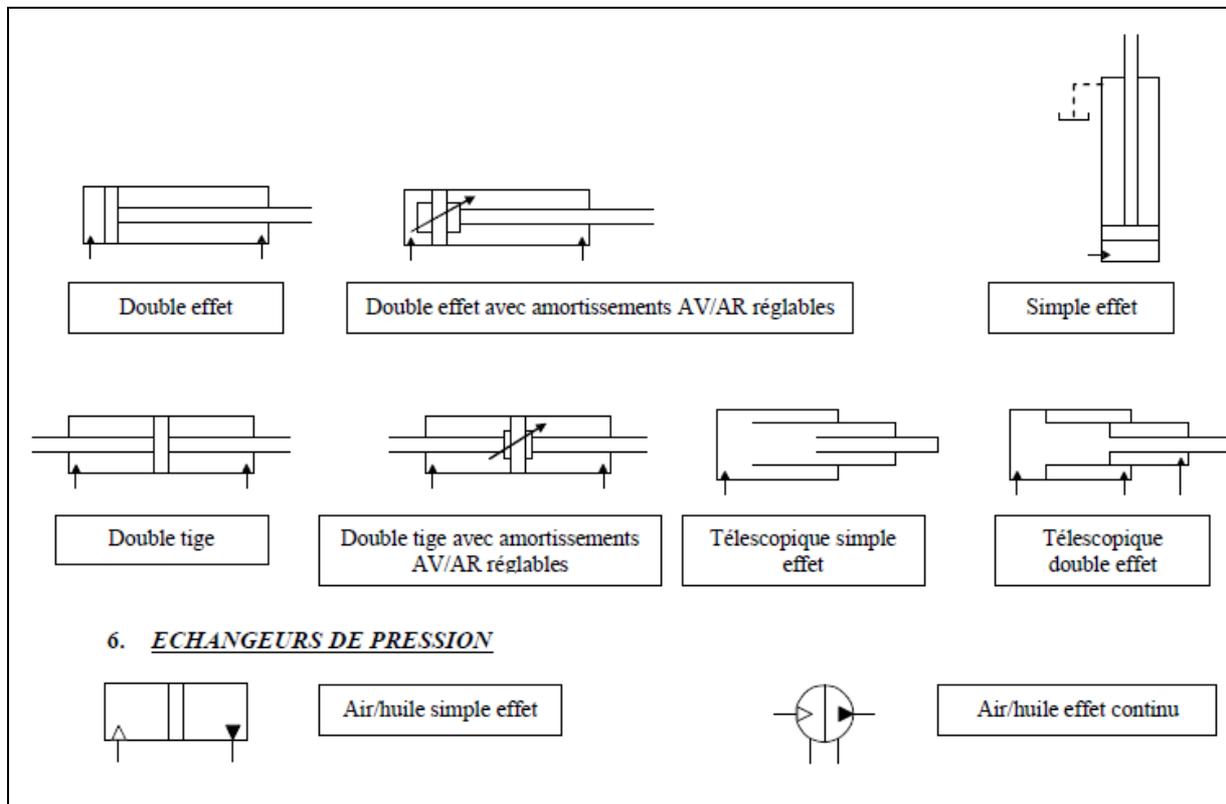


Figure 1.12

2.4.2 Echangeurs de pression

Les symboles sont définis par la (figure1.13)



Figure 1.13

2.4.3 Multiplicateur DE PRESSION

Les multiplicateurs de pression hydrauliques transforment une basse pression hydraulique du côté primaire en une pression plus élevée côté secondaire. Ce qui permet d'alimenter à une pression quadruple un vérin hydraulique en utilisant la pression, relativement basse, de la machine.

La quantité d'huile à transmettre ne joue aucun rôle pour les multiplicateurs de pression de cette page du catalogue. Seulement après l'alimentation en huile du vérin hydraulique dans la zone basse pression le piston de multiplication est activé selon la version par une commande externe à valves ou par une fonction de commande intégrée (figure1.14).

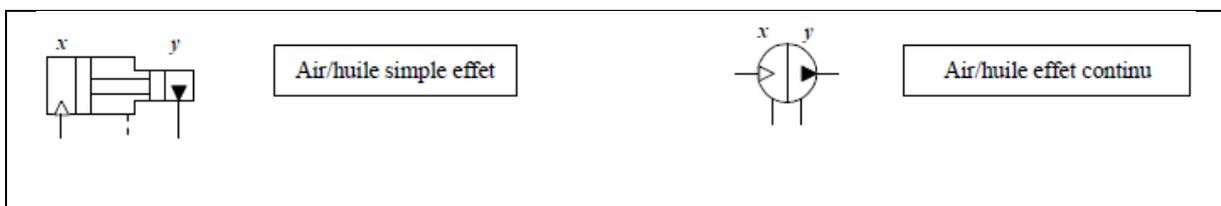


Figure 1.14

2.5 Conservation de l'énergie

2.5.1 Accumulateurs

Le rôle des accumulateurs hydrauliques est de stocker un certain volume de fluide sous pression pour le restituer en fonction des besoins. Ils sont aussi utilisés pour les commandes d'urgence (terminer un mouvement, actionner un frein,...) ou pour amortir les chocs dans les démarrages des installations (figure1.15).

Le principe des accumulateurs de pression hydraulique est simple : une chambre à deux orifices séparés par un élément étanche. L'un des orifices est relié au système et l'autre permet le remplissage avant utilisation d'un gaz générant un contre effort. Le gaz utilisé est l'azote (gaz inerte).

Il en existe 3 principaux types :

- Accumulateur hydraulique à membrane (soudé ou vissé),
- Accumulateur hydraulique à vessie,
- Accumulateur hydraulique à piston.

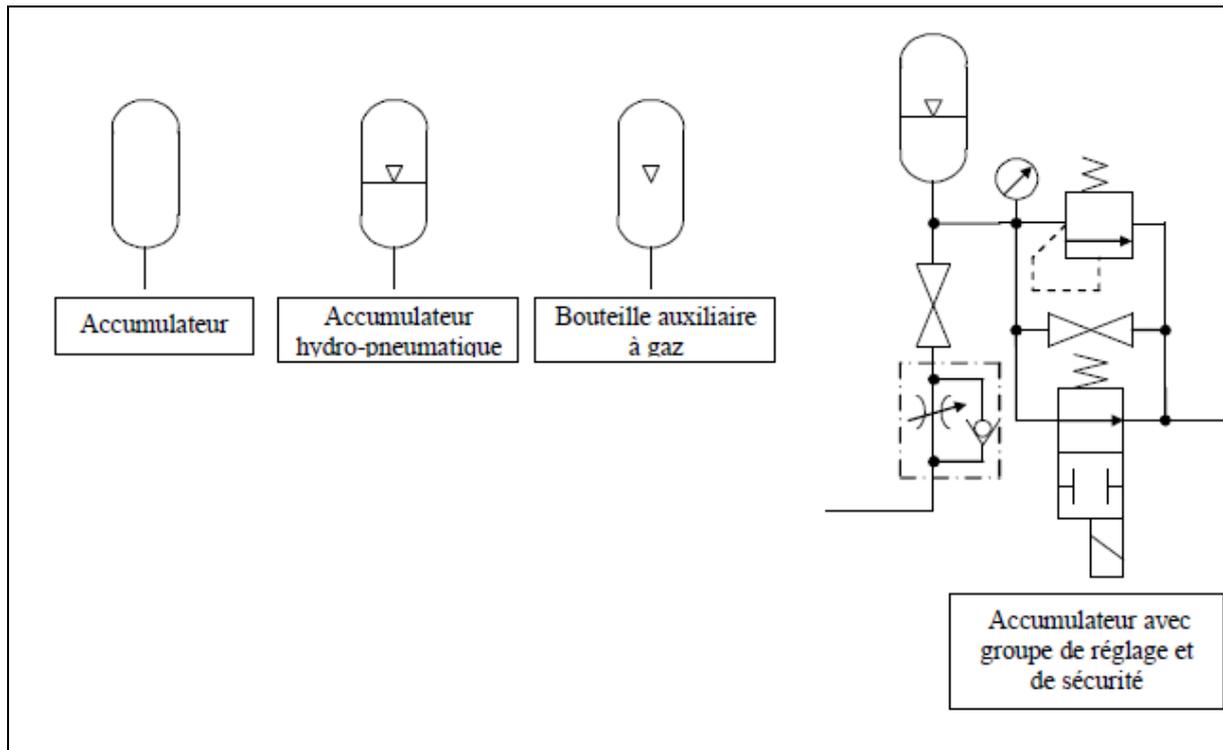


Figure 1.15

2.5.2 Sources d'énergie

Les symboles sont définis dans la figures (figure1.16)

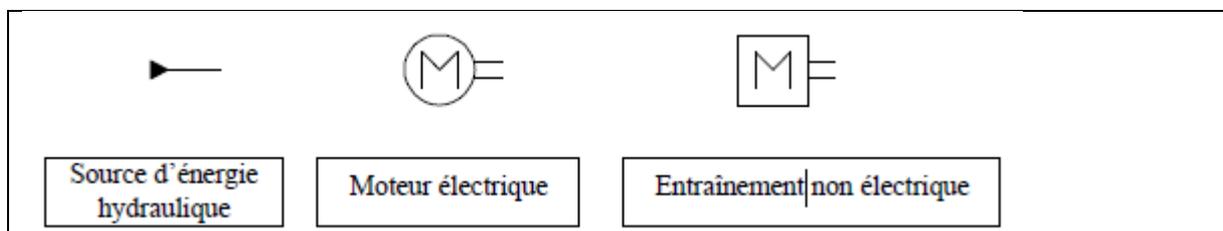


Figure 1.16

2.6 Transformateurs d'énergie tournants

2.6.1 Les pompes

La pompe hydraulique est le composant du système hydraulique qui prélève l'énergie mécanique et la convertit en énergie fluide sous forme de flux d'huile. Cette énergie mécanique est prélevée sur ce qu'on appelle la force motrice (une force de rotation) telle que la prise de force ou directement sur le moteur du camion.

La pompe sera de conception uni-rotationnelle ou bi-rotationnelle. Comme son nom l'indique, une pompe uni-rotationnelle est conçue pour fonctionner dans un sens de rotation de l'arbre. D'autre part, une pompe bi-rotationnelle a la capacité de fonctionner dans les deux sens.

Il existe généralement trois types de constructions de pompes hydrauliques utilisées dans les applications hydrauliques. Ceux-ci incluent les engrenages, les pistons et les palettes ; cependant, il existe également des pompes à embrayage, des pompes de vidange et des pompes pour véhicules à ordures telles que les pompes à soupape sèche (figure 1.17)

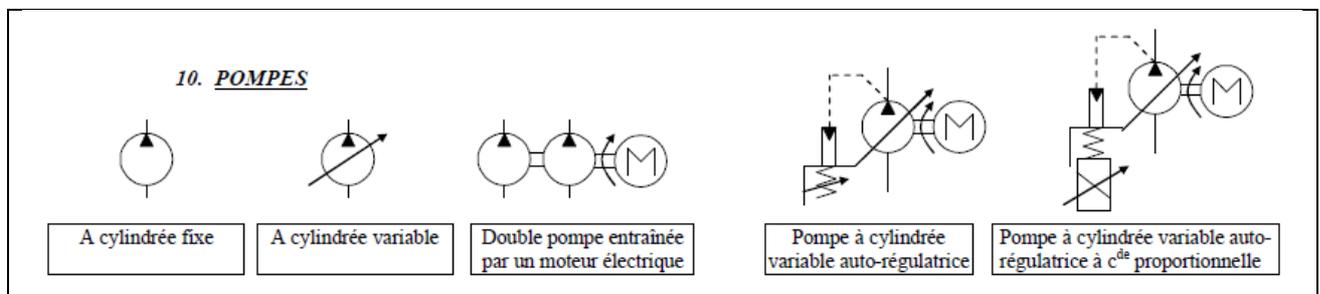


Figure 1.17

2.6.2 Moteurs

Un moteur hydraulique convertit l'énergie hydraulique, sous forme de pression et de débit, en énergie mécanique rotative. Ces moteurs sont avantageux par leur puissance massique élevée et leur couple de démarrage important. L'attribut le plus important à considérer lors de la recherche de moteurs hydrauliques est le type de moteur. Les trois types les plus courants aujourd'hui sont : les moteurs à engrenages, les moteurs à palettes et les moteurs à pistons (figure 1.18).

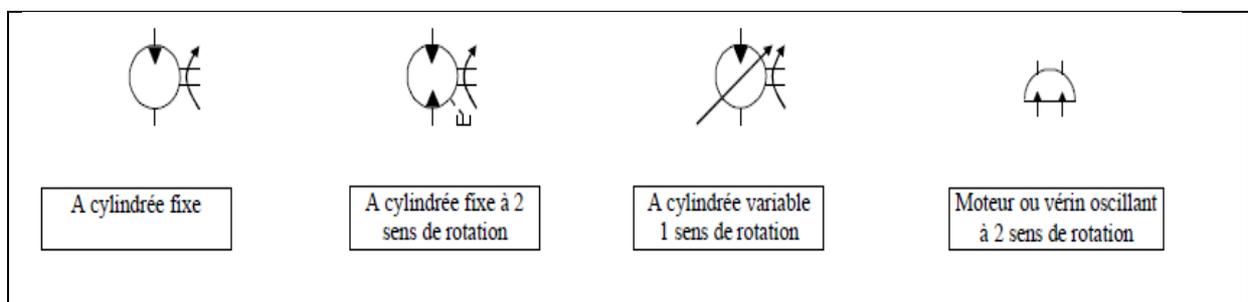
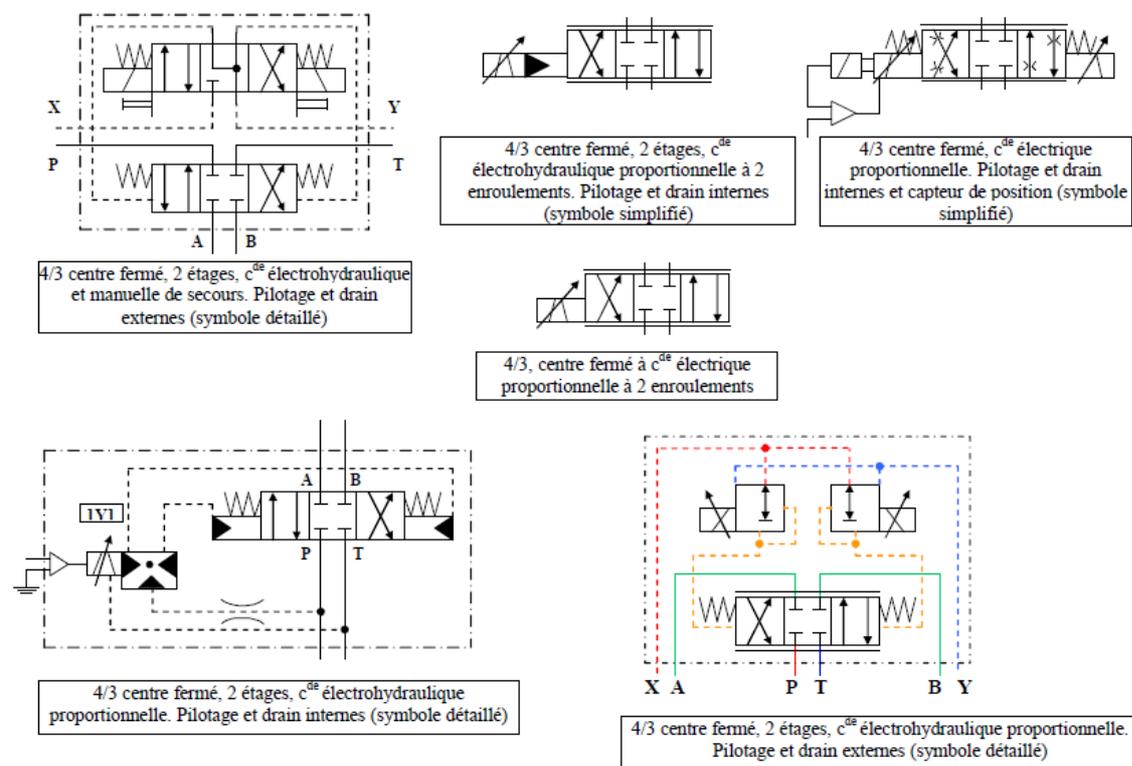


Figure 1.18

2.7 Les distributeurs

Pour permettre le retour du piston dans sa position d'origine, on monte un distributeur hydraulique possédant 2 entrées et 2 sorties donc 4 orifices. Ce distributeur permettra d'envoyer le fluide sous pression, soit du côté gauche soit du côté droit du vérin. Le retour « réservoir » se fera par les 2 orifices restant. Ce distributeur possède donc 2 positions (figure1.19).



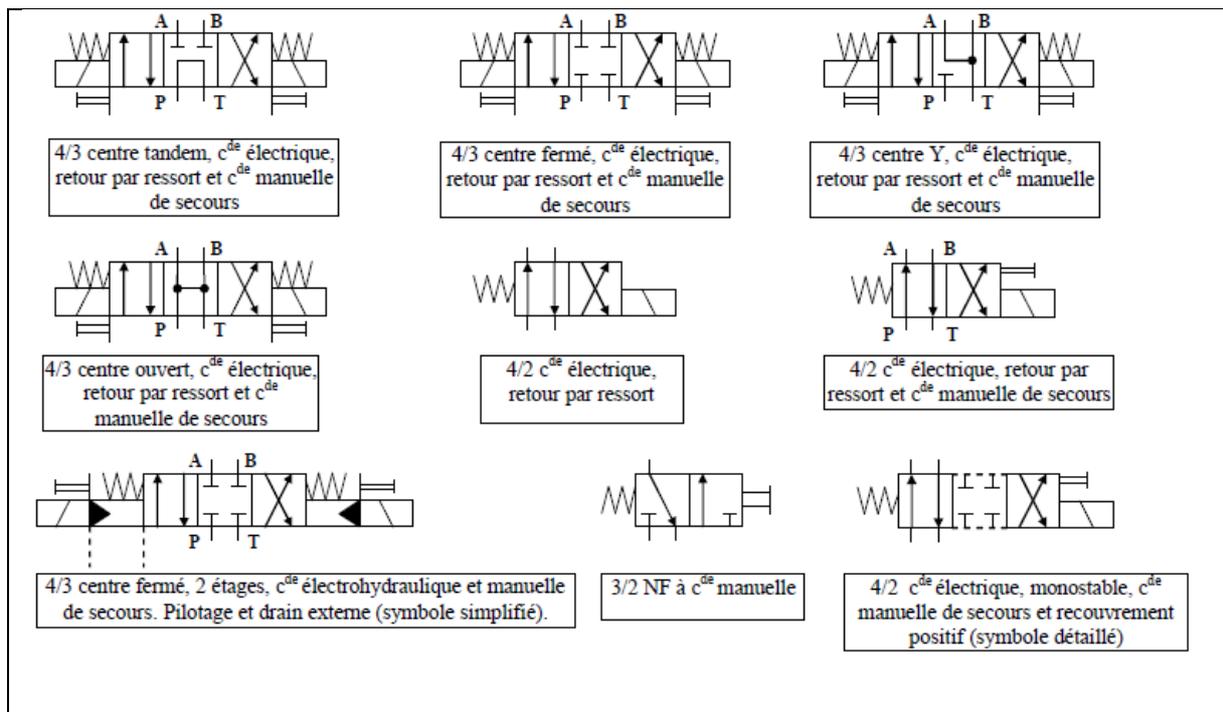


Figure 1.19

2.8 Réglage du débit

2.8.1 Réducteur de débit

Pour régler un débit constant (REGULATION de DEBIT) , il faut :

- utiliser un limiteur de débit avec un orifice à paroi courte pour que le débit soit indépendant de la température,
- maintenir constante la perte de charge ΔP aux bornes de l'orifice (figure1.20) .

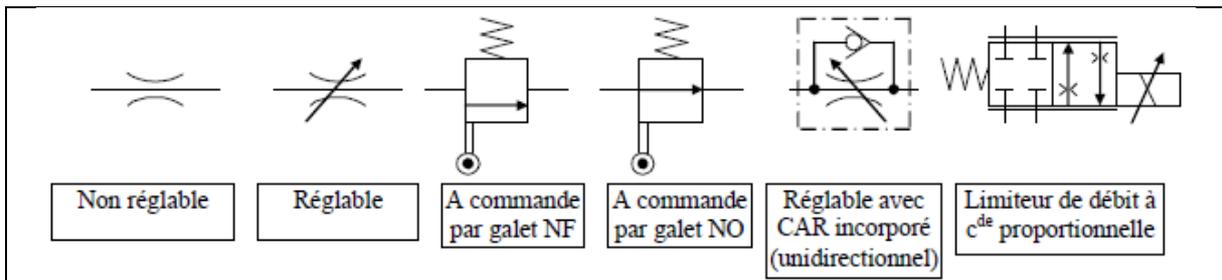
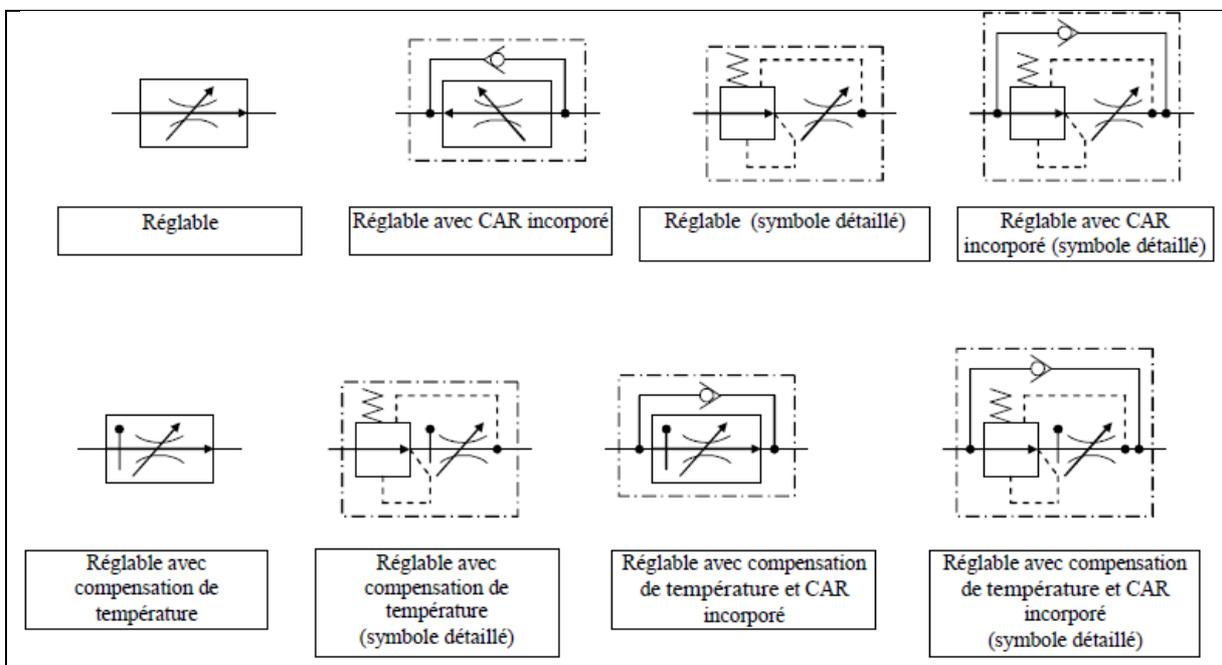


Figure 1.20

2.8.2 Régulateur de débit

Pour permettre l'avancement plus ou moins rapide du piston, on disposera d'un contrôleur de débit. Ce dernier sera toujours monté avec un limiteur de pression (figure1.21).



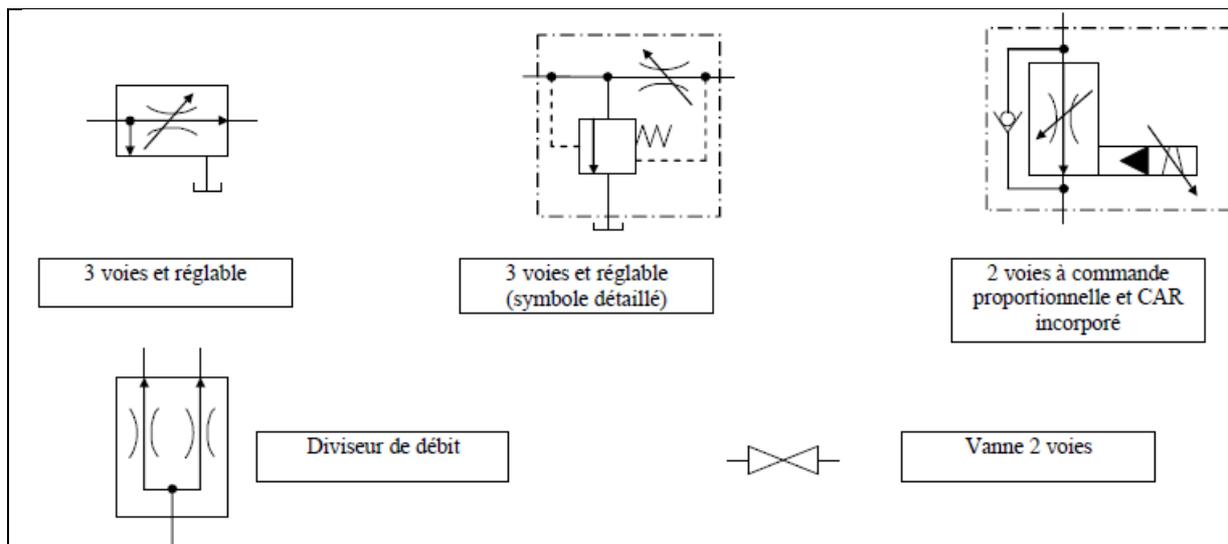


Figure 1.21

2.8.3 Les clapets

Un clapet anti-retour permet la circulation du fluide dans un seul sens :

- le fluide peut s'écouler de A vers B
- l'écoulement est interdit de B vers A

On peut les monter de 2 façons différentes comme le montre la figure 1.22 :

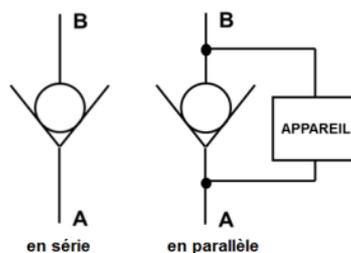


Figure 1.22

➤ **Montage en série :**

- maintien d'un circuit sous pression à l'arrêt
- Protection d'un organe contre d'éventuelles surpressions
- évite la vidange d'un circuit lors du démontage d'un appareil

➤ **Montage en parallèle (figure 1.23) :**

- - le fluide à travers l'appareil dans le sens A vers B
- - le fluide contourne l'appareil en passant dans le clapet de A vers B

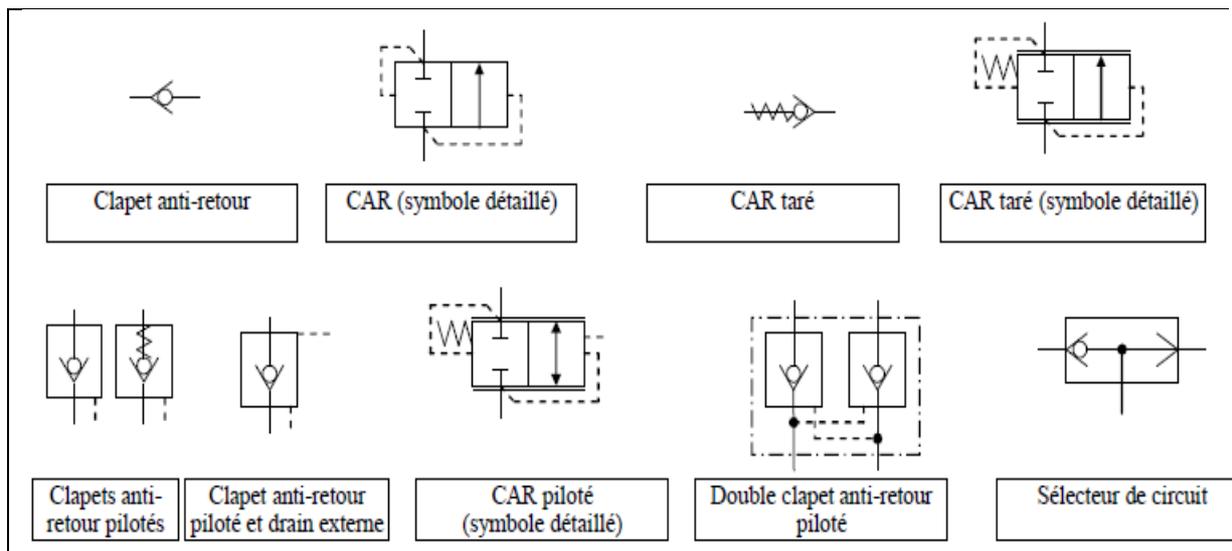


Figure 1.23

2.9 Conservation et conditionnement de l'énergie

2.9.1 Les réservoirs

Lorsque les machines et engins de chantier sont au stade de la conception, la pensée considérable est accordée au type, la taille et l'emplacement du réservoir hydraulique (huile). Une fois que la machine ou l'équipement est en fonctionnement, les principales fonctions du réservoir hydraulique sont: stockage de l'huile hydraulique, dispositif d'évacuation de la chaleur de l'huile, et séparateur (pour éliminer l'air de l'huile).

Les composants du réservoir hydraulique vus sur la dernière figure sont :

- **Bouchon de remplissage** : garde les contaminants hors de l'ouverture lors du remplissage et d'appoint d'huile dans le réservoir et scelle le réservoir sous pression.
- **Jauge (indicateur de niveau)** : utilisé pour vérifier le niveau d'huile. Le niveau d'huile devrait être vérifié quand l'huile est froide. Le niveau d'huile est habituellement correct lorsque l'huile est au milieu du Voyant (indicateur de niveau).
- **Canalisations d'alimentation et de retour** : La conduite d'alimentation permet à l'huile de s'écouler du réservoir vers le système. La conduite de retour permet à l'huile de s'écouler à partir du système vers le réservoir.
- **Orifice de vidange** : Situé au point le plus bas dans le réservoir hydraulique, l'orifice de vidange est utilisé pour enlever la vieille huile du réservoir, l'orifice de vidange permet également d'éliminer l'eau et les sédiments dans l'huile (figure 1.24).

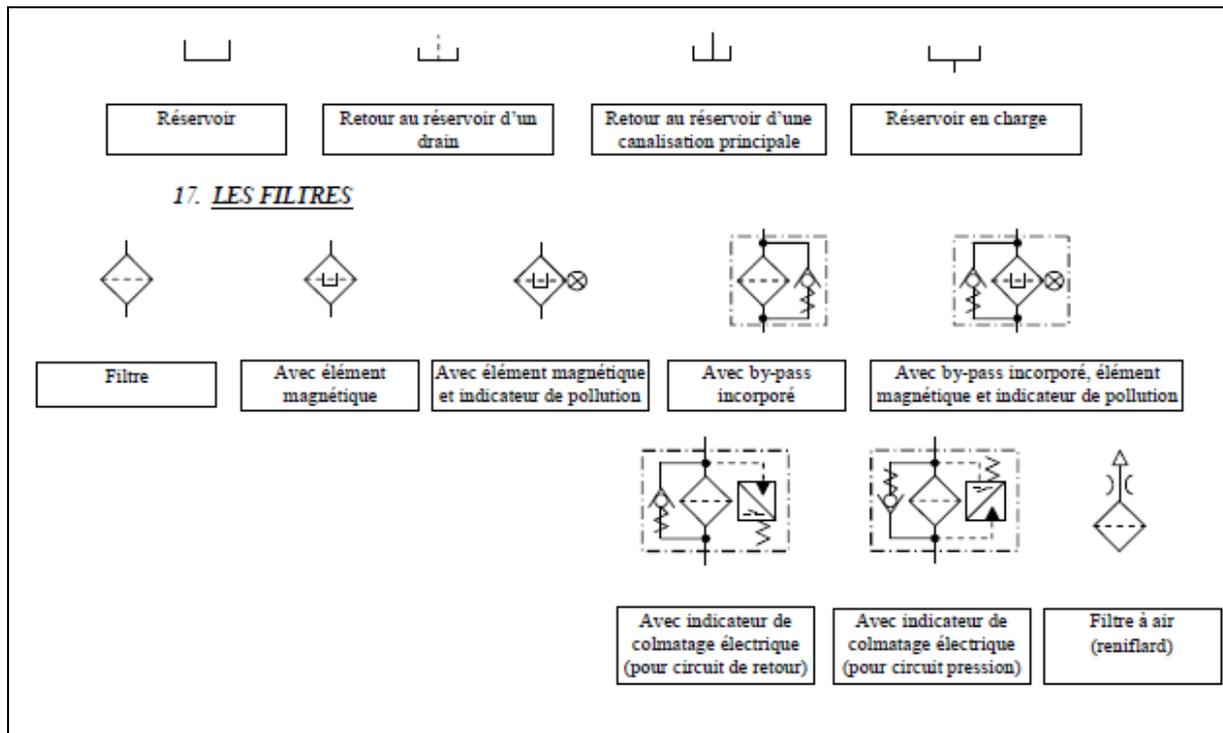


Figure 1.24

2.9.2 Echangeur de température

Un échangeur de chaleur est un appareil destiné à transmettre la chaleur d'un fluide à un autre. (Figure1.25)

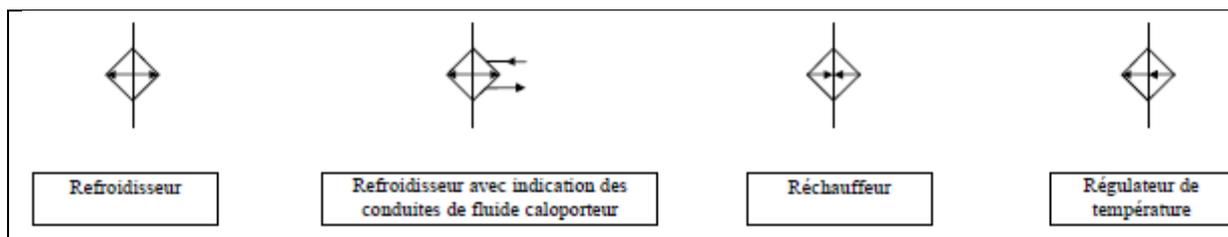


Figure 1.25

2.10 Appareils complémentaires

Plusieurs d'autres appareils peuvent être utilisés en hydraulique comme par exemple (figure1.26):

- Le Débitmètre : Un débitmètre est un instrument utilisé pour mesurer le débit linéaire, non linéaire, massique ou volumétrique d'un liquide.
- Le manomètre : Le manomètre est un instrument servant à mesurer la pression, régulièrement utilisé pour les installations.

- Les indicateurs de niveau hydraulique : également appelés indicateurs de niveau de fluide, sont utilisés pour vérifier les niveaux de fluide dans les réservoirs et autres systèmes hydrauliques.

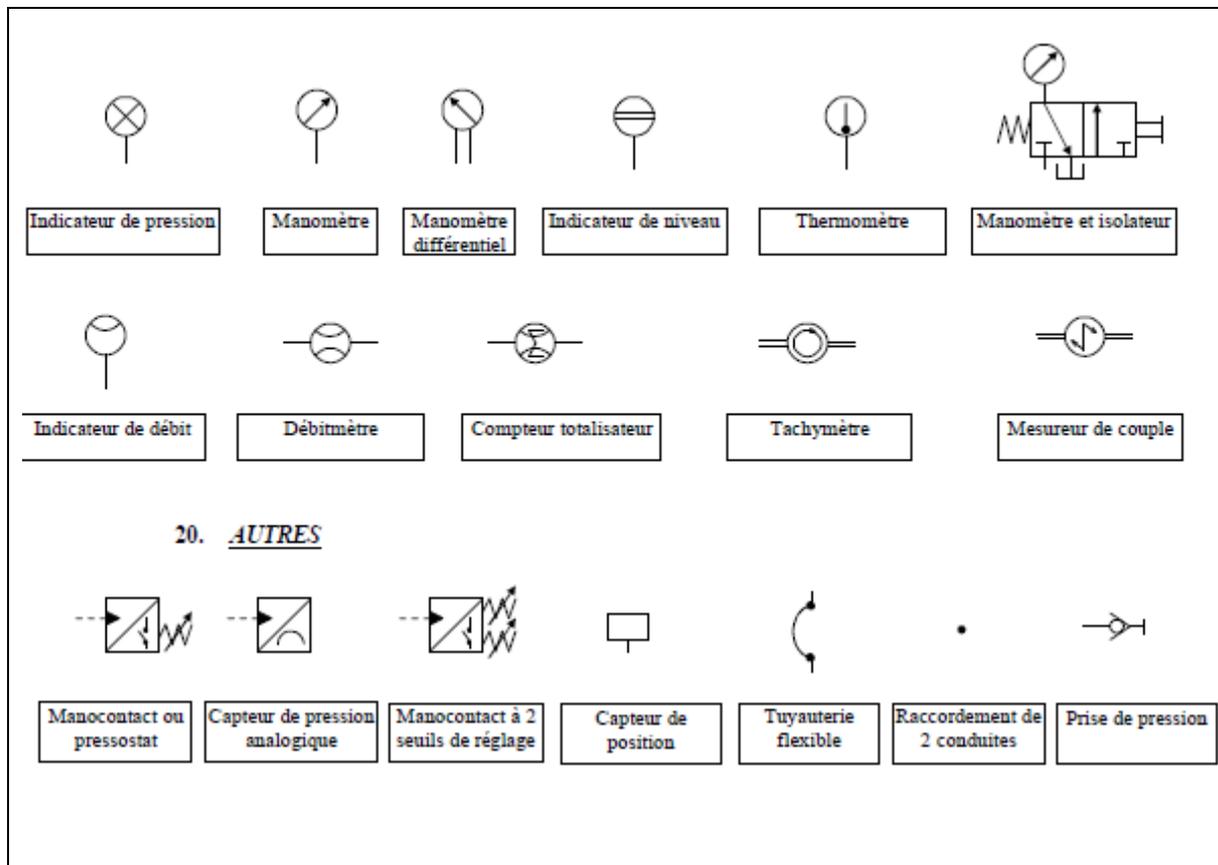


Figure 1.26

2.11 Valves en cartouche logique 2 voies

Les valves en cartouche à 2-voies sont insérées dans le bloc de contrôle et fermées par un couvercle de pilotage. En fonctionnement, elles agissent simplement en tant qu'amplificateurs, suivant la valve pilote du couvercle, qui peut être commandée soit manuellement, soit électriquement via une interface analogique ou numérique. Avec une électronique intelligente, il est possible de réaliser des circuits hydrauliques complexes au sein d'un bloc hydraulique, qui se caractérisent par des pressions et des débits très élevés (figure 1.27)

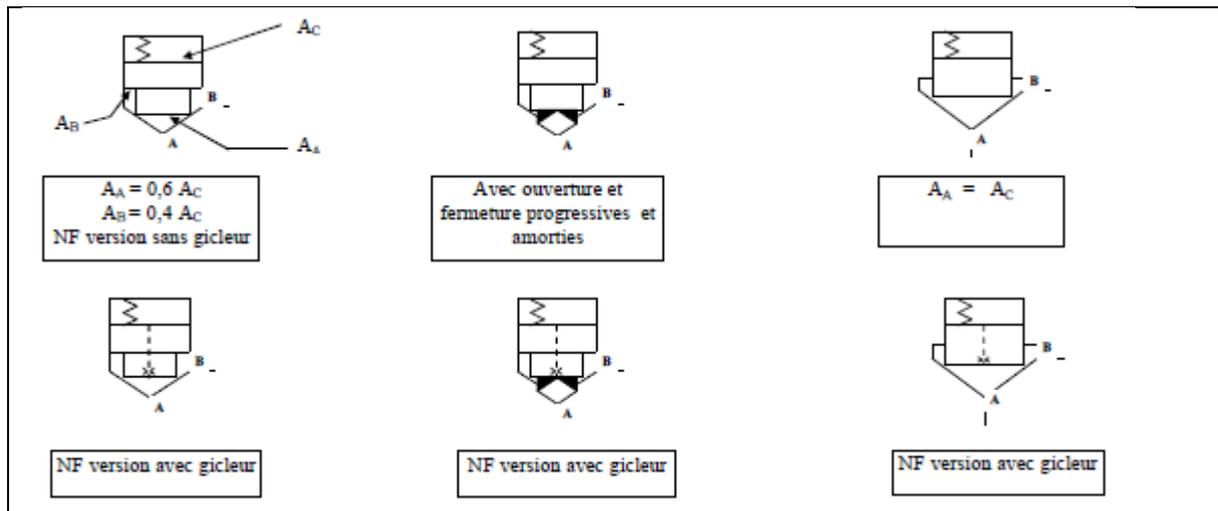


Figure 1.27

2.12 Fonction anti-retour

Un clapet **anti-retour** permet la circulation du fluide dans un seul sens : le fluide peut s'écouler de A vers B. l'écoulement est interdit de B vers A. (figure1.28)

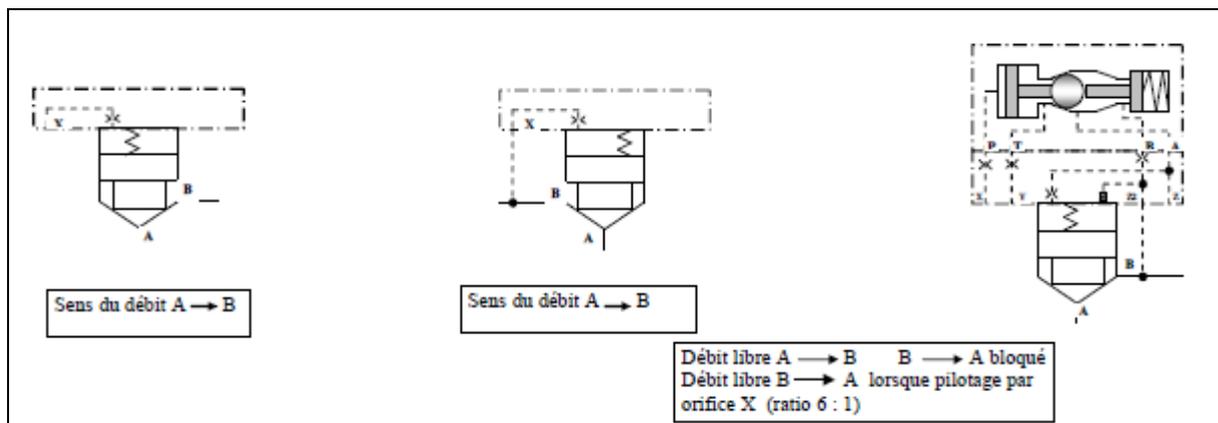


Figure 1.28

2.13 Fonction limiteur de pression

Le rôle du limiteur de pression principale est de protéger la pompe des surpressions. La pompe génère un débit qu'il faut en permanence aiguiller :

- vers les récepteurs.
- vers le réservoir à l'aide d'un distributeur.
- vers le réservoir à l'aide d'un limiteur de pression (figure 1.29)

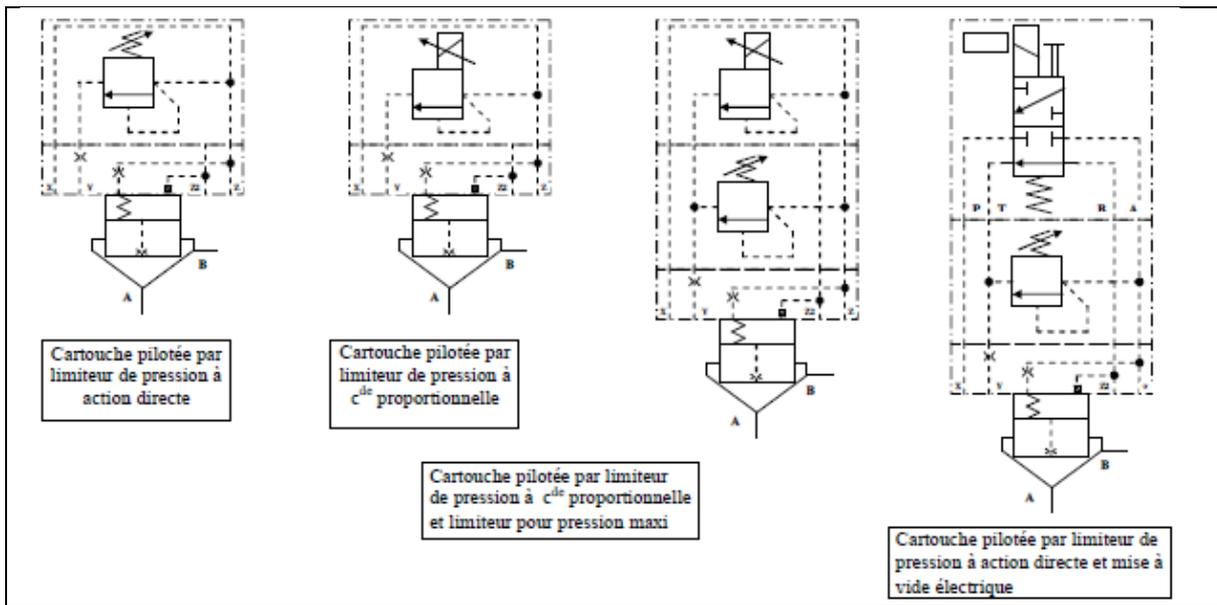


Figure 1.29

Chapitre II

INTRODUCTION SUR LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

1. Introduction :

Avant que les automates ne deviennent courants dans l'industrie, toutes les commandes automatiques étaient gérées par des circuits composés de relais², d'interrupteurs, d'horloges et de compteurs, etc.... De telles commandes nécessitaient beaucoup de câblage et remplissaient généralement de grandes armoires remplies de relais électromagnétiques. Les électriciens devaient assembler des commandes ou utiliser un schéma de câblage de relais préparé. Les schémas de câblage des relais montraient comment tous les interrupteurs, capteurs, moteurs, vannes, relais, etc. étaient connectés.

Cette logique câbler avait de nombreux inconvénients. En effet, elle prend beaucoup de place, elle demande beaucoup de temps et de la main d'œuvre pour la mettre en place et pour apporter d'éventuelles modifications à ces équipements. Une commande de relais se compose généralement d'une centaine de relais connectés entre eux par des fils allant dans toutes les directions. Si la fonction logique doit être modifiée ou étendue, toute l'unité physique doit être recâblée, ce qui est évidemment coûteux en temps de travail. Étant donné que les relais sont des dispositifs électromécaniques, ils avaient également une durée de vie limitée, ce qui a entraîné de fréquentes interruptions de fonctionnement avec des perturbations ultérieures.

Il n'y avait également aucun moyen de tester avant que la commande ne soit câblée. Les tests devaient donc avoir lieu en faisant fonctionner l'unité. S'il y avait une petite panne dans le schéma de principe ou si un électricien avait mal branché un fil, cela pourrait entraîner des événements dramatiques.

L'arrivée des automates programmables dans l'industrie a complètement modifier ces installations. Le premier automate est entré en production commerciale lorsque General Motors cherchait un remplaçant pour les commandes de relais. La concurrence accrue et les exigences accrues de la part des clients signifiaient une demande d'efficacité accrue, et l'étape naturelle était de concevoir un système basé sur un logiciel qui pourrait remplacer les relais. L'exigence était que le nouveau système soit capable de :

- Rivaliser sur le prix avec les commandes de relais traditionnelles
- Être flexible
- Résister à un environnement difficile

- Être modulaire par rapport au nombre d'entrées et de sorties³
- Être facile à programmer et à reprogrammer.

Les premiers automates étaient relativement simples dans le sens où leur fonction était de remplacer la logique de relais et rien d'autre. Peu à peu, les capacités se sont améliorées de plus en plus et des fonctions telles que des compteurs et des temporisations ont été ajoutées. L'étape suivante du développement était l'entrée/sortie analogique et les fonctions arithmétiques telles que les comparateurs et les additionneurs. Avec le développement de la technologie des semi-conducteurs et des circuits intégrés, les commandes programmables sont devenues largement utilisées dans l'industrie. En particulier lorsque les microprocesseurs sont arrivés sur le marché au début des années 1970, le développement s'est déroulé à un rythme rapide.

Au fur et à mesure que la fonctionnalité de l'automate évoluait, les dispositifs de programmation et les communications ont également connu une croissance rapide. La première programmation des appareils étaient dédiés, mais malheureusement de la taille de valises. Plus tard, des appareils de programmation portables sont apparus, mais ont rapidement été remplacés par un logiciel de programmation propriétaire fonctionnant sur un ordinateur personnel. DirectSOFT d'AutomationDirect, développé par Host Engineering, a été le premier progiciel de programmation PLC basé sur Windows. Avoir un PC communiquant avec un automate permettait non seulement de programmer, mais permettait également de tester et de dépanner plus facilement. Les communications ont commencé avec le protocole MODBUS en utilisant les communications série RS-232. L'ajout de divers protocoles d'automatisation communiquant sur RS-485, DeviceNet, Profibus et d'autres architectures de communication série a suivi. L'utilisation des communications série et des différents protocoles API a également permis aux API d'être mis en réseau avec d'autres API, des entraînements de moteur et des interfaces homme-machine (IHM).

2. Architecture d'un système automatisés ou robotisé :

2.1 Introduction

Un système automatisé se caractérise par sa capacité à s'adapter à son environnement et à être programmé par ses utilisateurs (portail automatique, système d'alarme, régulation de chauffage...). Pour cela, il dispose d'une chaîne d'informations (partie commande) qui commande une chaîne d'énergie (partie opérative) agissant pour obtenir l'effet attendu (mouvement, son, chaleur). Pour traduire les informations provenant de la partie commande vers la partie opérative, vice et versa, on place une interface programmable entre les deux parties.

La structure d'un système automatisé est donnée par la figure 2.1 suivante :

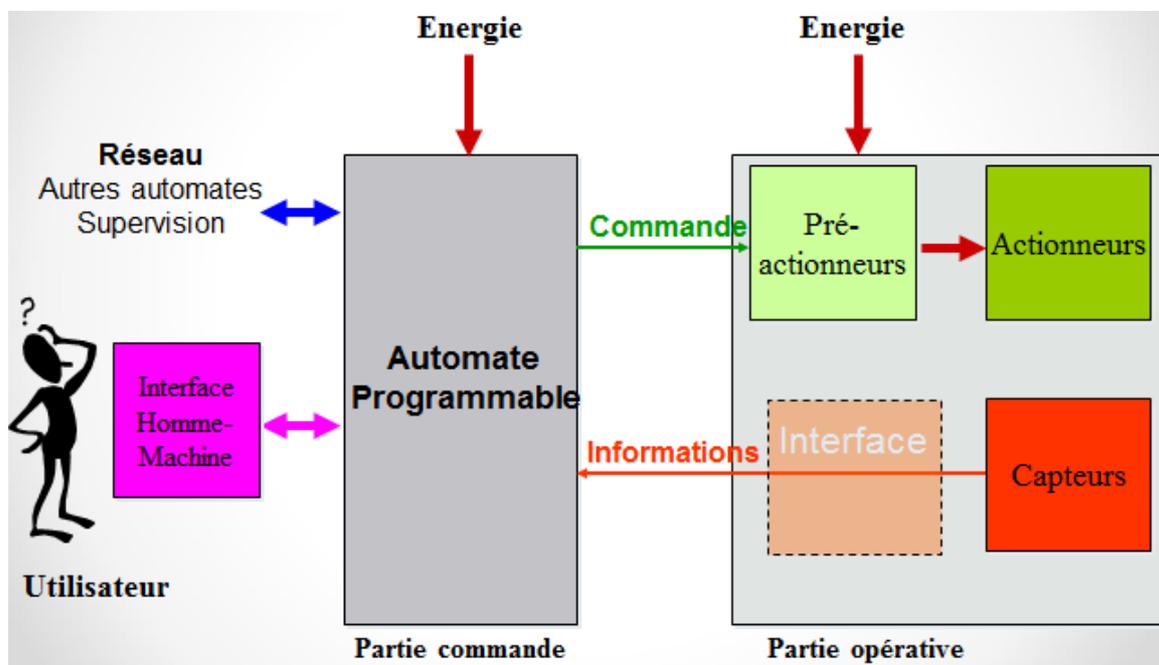


Figure 2.1 : Architecture d'un système automatisé

2.2 Partie commande

La partie commande d'un automatisme est le sous-ensemble qui effectue les opérations de calcul et transmet les ordres à la partie opérative. Elle est généralement composée de microcontrôleurs et microprocesseurs. Plus simple : la partie commande reçoit les informations de la partie opérative, les traite et les renvoie. Son rôle est d'ordonner et traiter les informations, elle fait fonctionner la partie opérative.

2.3 Partie opérative

La partie opérative d'un automatisme est le sous-ensemble qui effectue les actions physiques (déplacement, émission de lumière...), mesure des grandeurs physiques (température, humidité, luminosité...) et rend compte à la partie commande. Elle est généralement composée d'actionneurs et de capteurs.

Exemple : l'ensemble des pompes électriques, des électrovannes, des capteurs de niveau d'eau et de température est la partie opérative d'un lave-linge.

Elle agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs / détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système.

2.4 L'opérateur

C'est la personne chargée d'agir sur un matériel technologique divers :

- Bouton poussoir
- Clavier
- Pédale
- Console
- Pupitre de commande (IHM : interface Home/machine)

Tout système de production nécessite la présence d'opérateurs humains d'exploitation, de réglage et de maintenance. Automatiser un système de production consiste donc à réduire l'intervention humaine tout au long du processus de fabrication, à optimiser l'utilisation des matières et des énergies par l'emploi de nouvelles technologies, à innover en termes de performances, de qualité. Cette automatisation permet donc globalement de rendre plus compétitif le produit.

2.5 Architecture d'un système automatisé

L'interaction entre les différentes parties se fait selon le schéma de la figure (2.2) suivante :

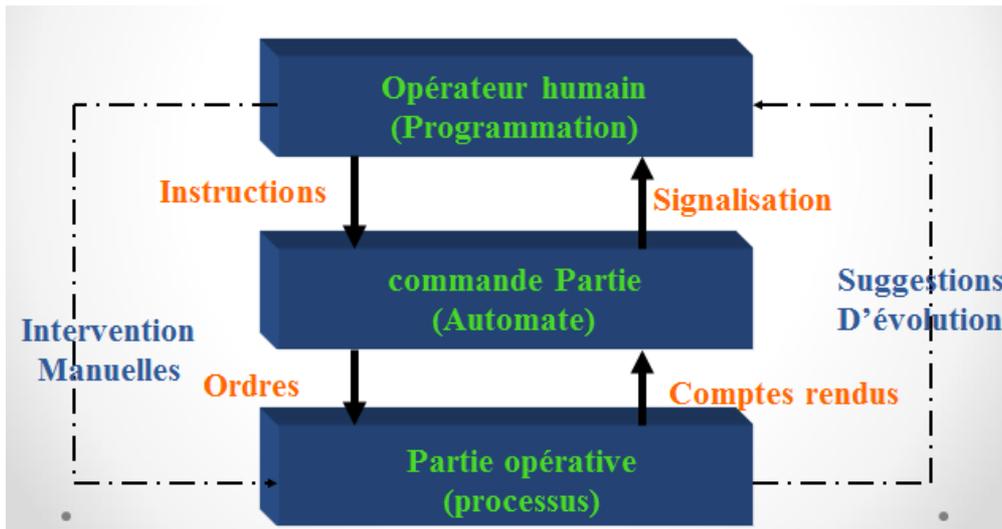


Figure 2.2 : Interaction PO/PC

La partie commande donne les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Les pré- actionneurs permettent de commander les actionneurs ; ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance (réseau électrique, pneumatique ...) et les actionneurs.

Exemple : contacteur, distributeur ... Ces pré actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc traitement des informations. Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs / détecteurs. En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches (implanté dans un automate programmable), elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

2.6 Technologies et énergies utilisés pour la PO/PC

Les tableaux suivant résumant les différentes technologies utilisées dans les systèmes automatisés :

PARTIE OPERATIVE				
Électrique		Pneumatique		Hydraulique
PARTIE COMMANDE				
Logique câblée			Logique programmée	
Électrique	Pneumatique	Électrique	Automate prog	Microprocesseur

Tableau 2.1

2.7 Automate programmable industriel

2.7.1 Introduction sur les automates programmables

Un Automate programmable industriel (API : ou contrôleur logique programmable : PLC) est un type de petit ordinateur qui peut recevoir des données via ses entrées et envoyer des instructions de fonctionnement via ses sorties. Fondamentalement, le travail d'un API consiste à contrôler les fonctions d'un système à l'aide de la logique interne qui y est programmée. Les entreprises du monde entier utilisent des API pour automatiser leurs processus les plus importants.

Un API accepte les entrées, qu'elles proviennent de points de capture de données automatisés ou de points d'entrée humains tels que des interrupteurs ou des boutons. En fonction de sa programmation, l'automate décide alors de modifier ou non la sortie.

Les sorties d'un API peuvent contrôler une grande variété d'équipements, y compris des moteurs, des électrovannes, des lumières, des appareillages de commutation, des arrêts de sécurité et bien d'autres.

L'emplacement physique des automates peut varier considérablement d'un système à l'autre. Cependant, les automates programmables sont généralement situés à proximité des systèmes qu'ils exploitent et ils sont généralement protégés par un boîtier ou dans une armoire électrique.

Aujourd'hui, les automates restent un élément fondamental de nombreux systèmes de contrôle industriels. En fait, ils restent la technologie de contrôle industriel la plus utilisée dans le monde. La capacité à travailler avec des API est une compétence requise pour de nombreuses professions différentes, des ingénieurs qui conçoivent le système aux techniciens électriciens qui le maintiennent.

2.7.2 Avantage d'un automate programmable industriel :

Les automates programmables sont un élément standard de la conception de machines industrielles depuis de nombreuses décennies. Parmi les avantages des automates on peut citer :

- Les API sont assez intuitifs à programmer. Leurs langages de programmation sont simples par rapport à d'autres systèmes de contrôle industriels, ce qui rend les API parfaits pour les entreprises qui souhaitent minimiser la complexité et les coûts.

- Les API programmables sont une technologie mature avec des années de tests et d'analyses à l'appui. Il est facile de trouver des recherches approfondies sur de nombreux types d'API différents et des didacticiels complets pour les programmer et les intégrer.

- Les API sont disponibles dans une large gamme de prix, y compris de nombreux modèles de base extrêmement abordables que les petites entreprises et les startups utilisent souvent.

- Les API sont extrêmement polyvalents et la plupart des modèles d'API conviennent au contrôle d'une grande variété de processus et de systèmes.

- Les API sont des dispositifs entièrement à semi-conducteurs, ce qui signifie qu'ils n'ont aucune pièce mobile. Cela les rend exceptionnellement fiables et plus aptes à survivre aux conditions difficiles présentes dans de nombreuses installations industrielles.

- Les API ont relativement peu de composants, ce qui les rend plus faciles à dépanner et aide à réduire les temps d'arrêt pour maintenance.

- Les API sont efficaces et consomment peu d'électricité. Cela permet d'économiser de l'énergie et peut simplifier les considérations de câblage.

2.7.3 Architecture externe d'un automate programmable industriel

Deux architectures se présentent sur les marchés actuellement :

- **Les automates compacts (non modulaire) :**

Les automates programmables compacts augmentent les chances de pouvoir configurer l'automate directement en fonction des besoins. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties. Selon les modèles et les fabricants, il pourra réaliser certaines fonctions supplémentaires (comptage rapide, E/S analogiques ...) et recevoir des extensions en nombre limité. Ces automates, de fonctionnement simple, sont généralement destinés à la commande de petits automatismes. Exemple d'automate compact : LOGO de Siemens (figure 2.3) , ZELIO de Schneider, MILLENIUM de Crouzet, Zen de OMRON ...



Figure 2.3 : automate compact Logo de Siemens

A°/ Avantages de l'automate compact :

Ils ont été spécialement conçus pour répondre aux petits projets d'automatisation bas de gamme. Les avantages d'un automate compact sont:

- De petite taille, ils ne prennent pas beaucoup de place dans une enceinte.
- Rapide et facile à monter.
- Peu coûteux, ils constituent donc une solution économique pour les applications de base.

B°/ Inconvénients de l'automate compact :

Les inconvénients d'un automate compact sont :

- La puissance de traitement du processeur est faible et la mémoire est petite, de sorte que les tâches complexes peuvent être difficiles à réaliser.

- Inflexible car le nombre d'interfaces d'entrée, de sortie et de communication est fixe.
- Il convient uniquement aux applications de base avec un petit nombre d'entrées et de sorties.

- **Les automates modulaires :**

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 de connexion) figure (2.4).

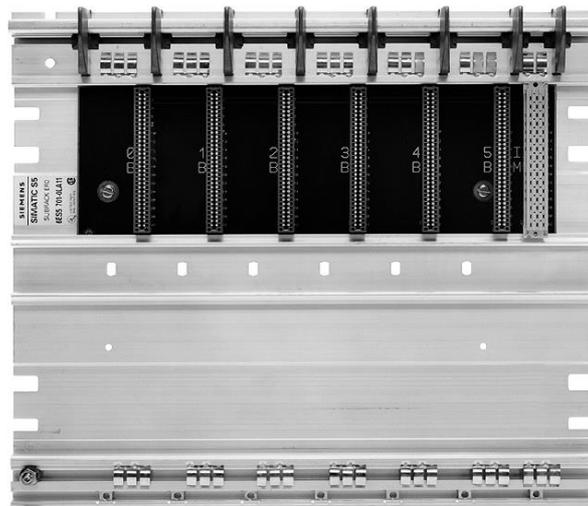


Figure 2.4 : carte fond de panier

Les API modulaires sont utilisées pour automatiser les applications industrielles où un processeur plus puissant et un grand nombre de dispositifs d'entrée et de sortie sont nécessaires. Ces types d'applications qui utilisent des automates modulaires sont généralement associés à un niveau de complexité plus élevé en ce qui concerne l'exploitation, le contrôle et la surveillance des processus. Quelques exemples d'industries qui utilisent facilement des automates programmables modulaires sont la fabrication, l'alimentation et les boissons, l'exploitation minière et la logistique.

Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires figure (2.5).

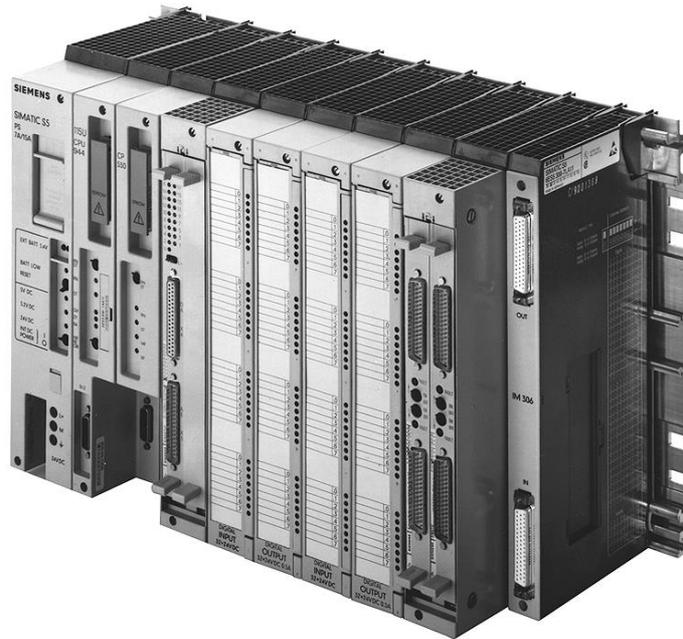


Figure 2.5 : automate modulaire

A°/ Avantages de l'automate compact :

Les automates modulaires présentent de grands avantages par rapport aux autres automates compacts. Ils ont été spécialement conçus pour répondre aux projets d'automatisation de moyenne à haute gamme.

Les avantages de l'utilisation d'un API modulaire au lieu d'un API compact sont que les API modulaires ont une mémoire plus grande, des processeurs plus performants, un plus grand nombre d'entrées et de sorties, des options de communication accrues, sont entièrement personnalisables et sont facilement extensibles. Cela permet à l'automate modulaire de gérer des applications à plus grande échelle et d'une plus grande complexité par rapport à un automate compact.

Les API modulaires ont également la possibilité d'avoir des modules d'entrée et de sortie montés à distance (E/S distribuées) qui sont interconnectés à l'aide d'une liaison de communication. Cela permet d'augmenter le nombre d'entrées et de sorties, de réduire les besoins en câbles et la flexibilité d'installation.

L'automate modulaire présente également des avantages de maintenance par rapport aux automates fixes. Chaque composant matériel est logé séparément dans un module qui peut être remplacé s'il est défectueux. Alors qu'un automate fixe a tous ses composants intégrés

dans une seule unité. Ainsi, lorsqu'il y a un défaut, l'ensemble de l'unité doit être remplacé dans son intégralité et l'unité défectueuse se retrouve à la poubelle.

B°/ Inconvénients de l'automate compact :

Les inconvénients des automates modulaires :

- De grande taille donc ils prennent plus de place dans un coffret qu'un automate compact.
- Le système de montage est plus complexe qu'un automate compact.
- Plus coûteux qu'un automate compact, il peut donc ne pas être rentable pour les petites applications.

2.7.4 Architecture interne d'un automate programmable industriel

L'architecture interne d'un automate est donnée par la figure 2.6 suivante :

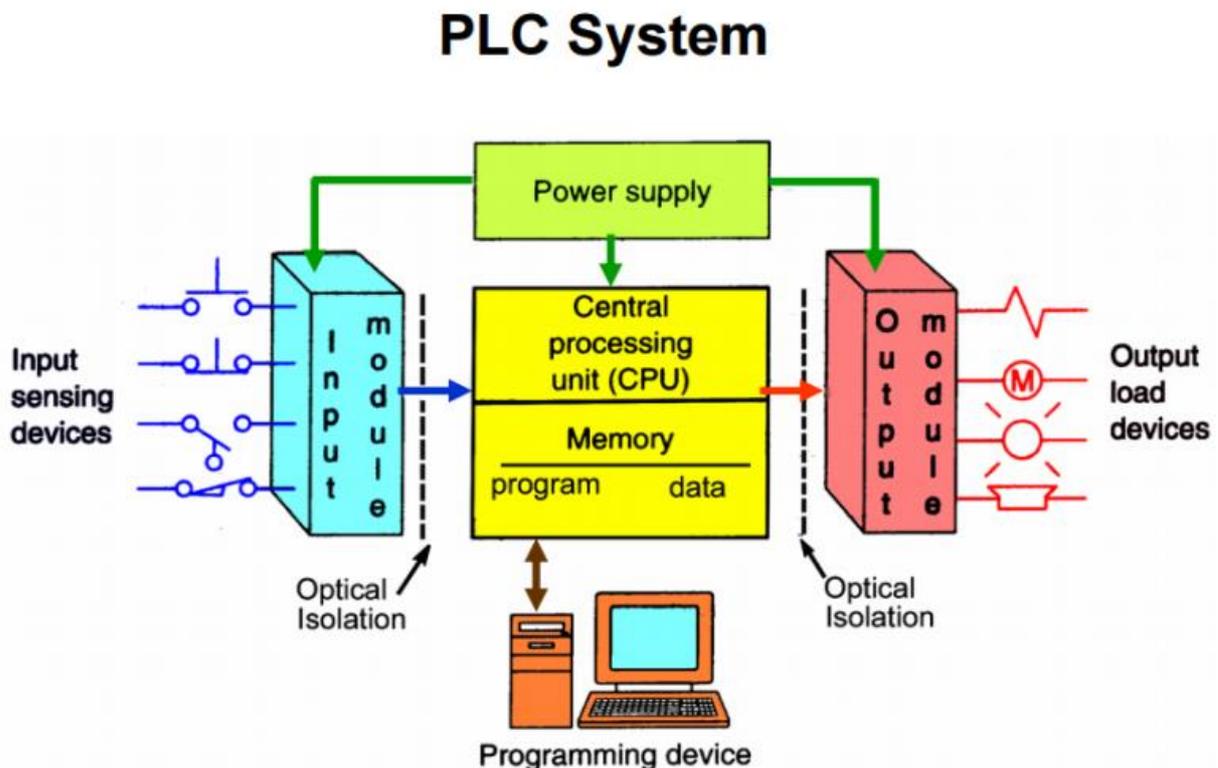


Figure 2.6 : Architecture interne d'un API

L'automate programmable est formé par :

Module d'alimentation : il assure la distribution d'énergie aux différents modules.

Unité centrale : à base de microprocesseur, elle réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...).

Le bus interne : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions.

La CPU : C'est le cerveau de l'automate et exécute les opérations programmées. Ces opérations ou sorties sont exécutées sur la base des signaux et des données fournies par les entrées connectées.

Modules d'E/S : Les modules d'entrée de l'API connectent divers périphériques externes, tels que des capteurs, des commutateurs et des boutons poussoirs à l'API pour lire divers paramètres numériques et analogiques, tels que la température, la pression, le débit, la vitesse, etc. Les modules de sortie convertissent les signaux de l'UC en signaux numériques ou analogiques. Valeurs analogiques pour contrôler les périphériques de sortie.

L'alimentation : alimente l'API en convertissant l'alimentation CA entrante disponible en alimentation CC requise par l'UC et les modules d'E/S pour fonctionner correctement.

D'une manière générale l'organisation fonctionnelle est donnée par la figure 2.7 suivante :

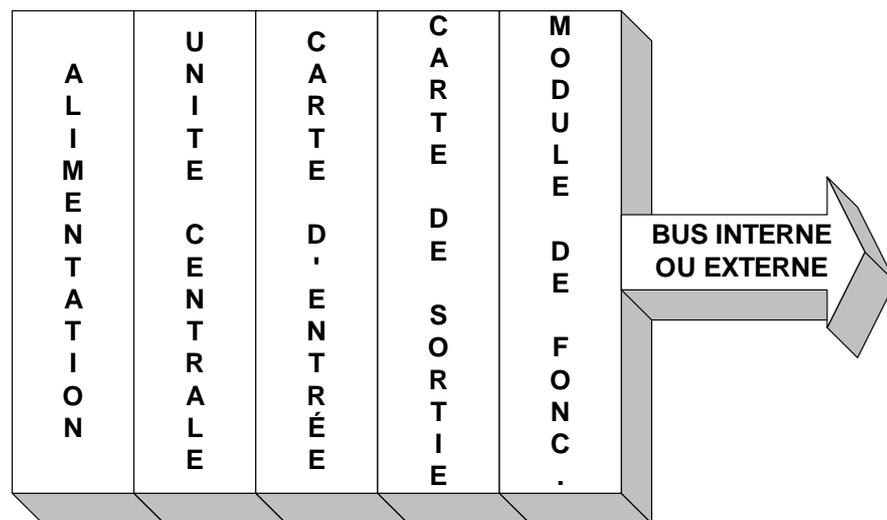


Figure 2.7 : organisation fonctionnelle d'un API

2.7.5 Le module d'alimentation

Ce module génère l'ensemble des tensions nécessaires au bon fonctionnement de l'automatisme. Elle est fournie à partir d'un réseau 220V en courant alternatif, ou d'une source 24V en courant continu, elle permet d'assurer les tensions internes distribuées aux

modules de l'automate. Dans la pratique il vaut mieux éviter d'alimenter les capteurs et les actionneurs par cette alimentation à cause du faible courant qu'elle délivre. Donc il est préférable d'utiliser une alimentation stabilisée externe pour les alimentés

Pour le dimensionnement de l'alimentation il faut que la somme de la puissance consommée par l'API soit inférieure ou égale à la puissance secteur (220V) comme le montre la figure 2.8 suivante :

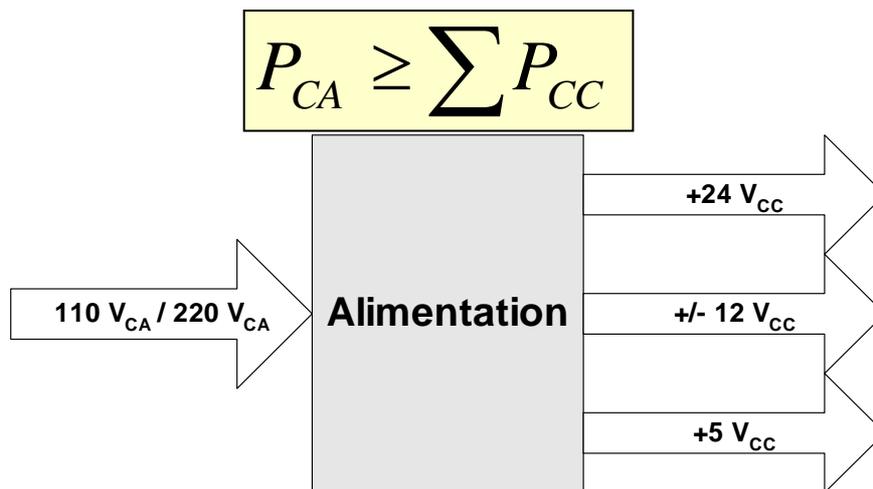


Figure 2.8 : bilan de puissance de l'alimentation d'un API

2.7.6 Le processeur

La CPU (unité centrale de traitement) contient un microprocesseur, une mémoire de stockage et d'autres circuits intégrés qui sont utilisés pour exécuter le programme de contrôle, stocker des données logiques et communiquer avec des périphériques externes. Le processeur aura besoin d'un moyen de communiquer et cela se fait généralement à l'aide de ports de communication Ethernet, série ou USB. Les ports série sont importants car de nombreux réseaux existants utilisent ces normes, mais Ethernet est devenu la méthode privilégiée pour communiquer dans les applications industrielles d'aujourd'hui. L'USB est un ajout récent et est extrêmement utile lors de la connexion à un processeur pour programmer ou surveiller sa logique. Tout aussi importants que les ports disponibles sont les protocoles que le CPU peut supporter : Ethernet/IP, Modbus TCP, etc... Certains automates utilisent une communication propriétaire et d'autres utilisent des standards ouverts.

Un autre aspect important de la CPU est la taille de la mémoire. Votre CPU a besoin de suffisamment d'espace de stockage pour gérer la quantité de tâches que vous allez assigner il faut avoir un peu plus pour les besoins futurs. La mémoire du processeur s'est étendue avec le temps et certains processeurs actuels peuvent avoir 50 Mo ou plus de mémoire disponible pour l'utilisateur. La grande capacité de mémoire de ces processeurs permet une programmation presque illimitée, un espace suffisant pour la documentation du programme et des temps de balayage incroyablement rapides. La prise en charge des cartes mémoire amovibles est une autre fonctionnalité populaire aujourd'hui. En ajoutant 1 à 32 Go supplémentaires de stockage mémoire, ces cartes mémoire permettent un enregistrement de données étendu et des téléchargements de programmes faciles, sans PC. Les autres options matérielles disponibles pour les processeurs incluent une batterie de secours, des E/S intégrées et des indicateurs d'état/affichages de messages OLED.

Les fonctions principales du processeur :

- Lecture des informations d'entrée
- Exécution de la totalité des instructions du programme en mémoire
- Écriture des actions en sortie

Les types d'instructions disponibles pour un processeur

- Lecture immédiate des entrées
- Écriture immédiate des sorties
- Branchements, sauts
- Test de bit ou de mot
- Décalage
- Conversion
- Interruption
- Contrôle P.I.D.

Remarque :

Le mode de fonctionnement de l'unité centrale est synchrone :

- Lecture synchrone de toutes les entrées

- Écriture synchrone à toutes les sorties

Le temps de cycle :

C'est le temps nécessaire pour exécuter le cycle de la figure 2.9 suivante :

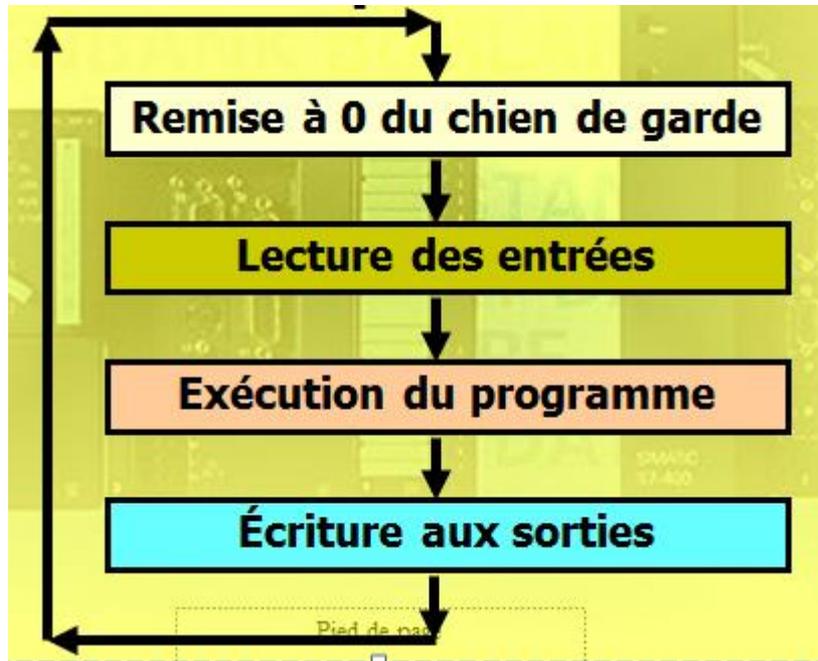


Figure 2.9 : Temps de cycle d'une unité centrale d'un API

Temps de réponse :

Le temps de réponse d'une unité centrale d'un API dépend du temps d'arriver des entrées mais il ne dépasse jamais deux fois le temps de cycle. Mais il peut être inférieur à un cycle comme le montre la figure 2.10 suivante :

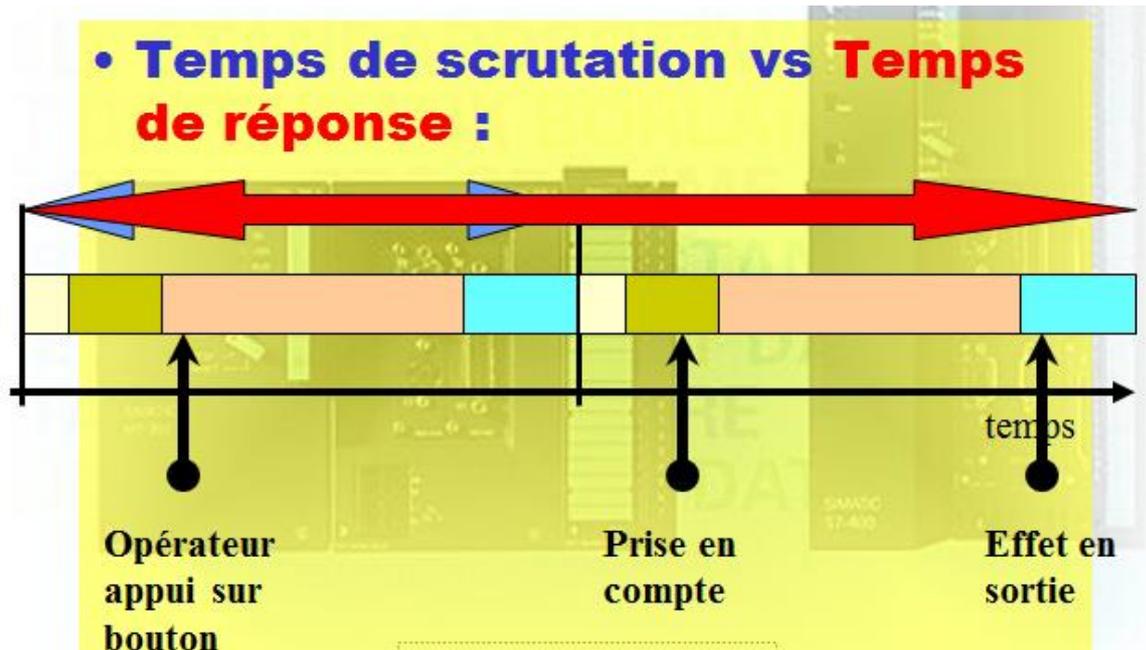


Figure 2.10 : temps de réponse d'un API

Remarque : Chien de garde (WATCHDOG):

- C'est un circuit qui surveille le C.P.U. de façon à éviter les graves conséquences d'un dérèglement de celui-ci.
- Nécessaire puisque le CPU intervient dans 5 pannes sur 1000.

À chaque cycle, le C.P.U. doit réarmer le chien de garde, sinon ce dernier entame les actions suivantes:

- Mise à 0 de toutes les sorties
- Arrêt de l'exécution du programme
- Signalisation de la défaillance

2.7.7 La mémoire

Elle est destinée au stockage des instructions qui constituent le programme de fonctionnement de l'automatisme, ainsi que des données qui peuvent être :

- Des informations susceptibles d'évoluer en cours de fonctionnement de l'application. C'est le cas par exemple de résultats de traitements effectués par le processeur et rangés dans l'attente d'une utilisation ultérieure. Ces données sont appelées variables internes ou mots internes.

- Des informations qui n'évoluent pas au cours de fonctionnement, mais qui peuvent en cas de besoin être modifiées par l'utilisateur : textes à afficher, valeurs de présélection, etc.. Ce sont des mots constants.
- Les mémoires d'état des entrées/sorties, mises à jour par le processeur à chaque tour de scrutation du programme.

Deux familles de mémoires sont utilisées dans les automates programmables :

- **Les mémoires vives RAM(figure 2.11):** ou mémoires à accès aléatoire « Random Access Memory (RAM) . Le contenu de ces mémoires peut être lu et modifié à volonté, mais il est perdu en cas de manque de tension (mémoire volatiles). Elles nécessitent par conséquent une sauvegarde par batterie. Les mémoires vives sont utilisées pour l'écriture et la mise au point du programme, et pour le stockage des données.

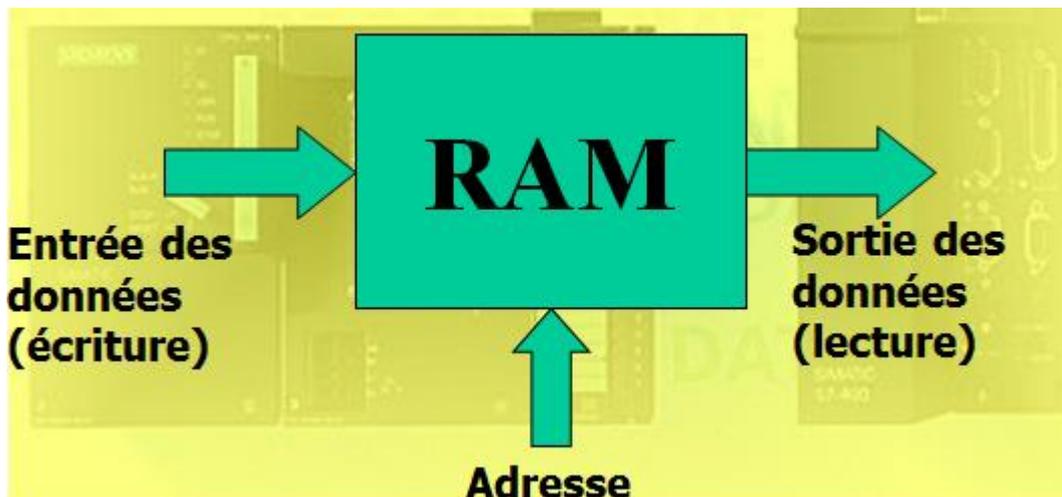


Figure 2.11 : Une mémoire RAM

- **Les mémoires mortes (figure 2.12) :** Elles sont à lecture seule, les informations ne sont pas perdues lors de la coupure de l'alimentation des circuits. On peut citer les types suivants :
 - ROM « Read Only Memory » : Elle est programmée par le constructeur et son Programme ne peut être modifié.
 - PROM « Programmable ROM » : Elle est livrée non enregistrée par le fabricant. Lorsque celle-ci est programmée, on ne peut pas l'effacer
 - EPROM « Erasable PROM » : C'est une mémoire PROM effaçable par un

rayonnement ultraviolet intense.

- EEPROM « Electrically EPROM » : C'est une mémoire PROM programmable plusieurs fois et effaçable électriquement.

- Mémoire Flash : C'est une mémoire EEPROM rapide en programmation. L'utilisateur peut effacer un bloc de cases ou toute la mémoire.

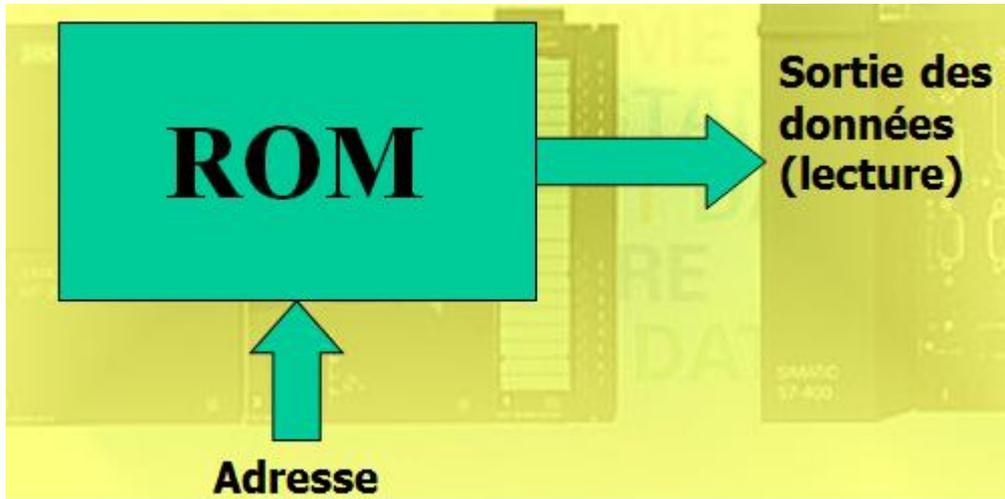


Figure 2.12 : Mémoire Morte

Remarque :

La mémoire morte est destinée à la mémorisation du programme après la phase de mise au point. La mémoire programme est contenue dans une ou plusieurs cartouches qui viennent s'insérer sur le module processeur ou sur un module d'extension mémoire.

Répartition des zones mémoires

- Table image des entrées
- Table image des sorties
- Mémoire des bits internes
- Mémoire programme d'application

➤ La tables d'image des entrées est donnée comme suit figure (2.13) :

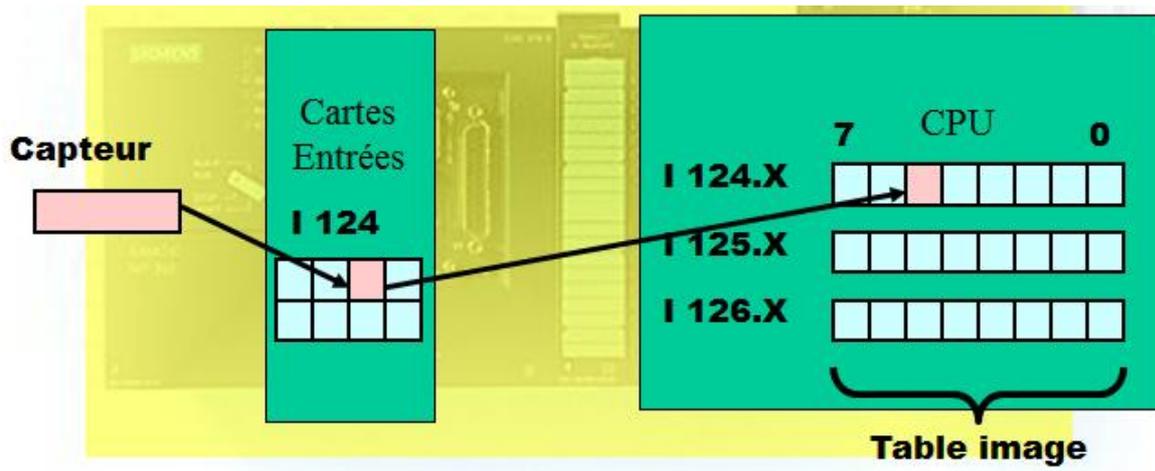


Figure 2.13 : table image des entrées

➤ La tables d'image des entrées est donnée comme suit figure (2.14) :

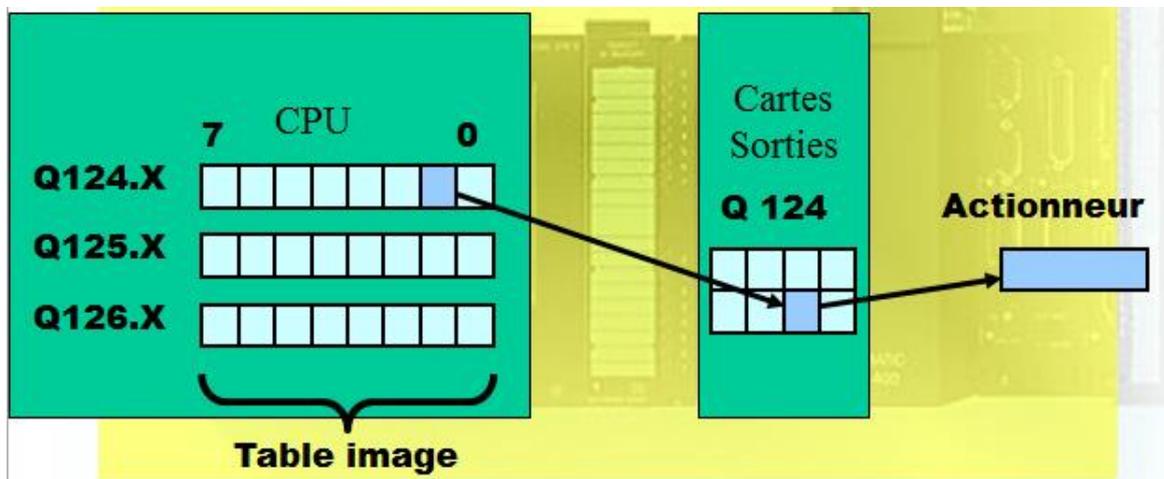


Figure 2.14 : table image des sorties

Recommandation sur la mémoire :

Selon les recommandation de l'ISA (Instrument Society of America) sur la quantité de mémoire à acheter:

On estime que chaque E/S utilise 10 octets

On ajoute une marge supplémentaire de 25 à 50 %

Exemple :

Exemple on dispose d'un automate ayant:

- 74 entrées logiques 24 Vcc;
- 59 entrées logiques 120 Vca;
- 40 entrées logiques 5 Vcc;

- 88 sorties logiques 24 Vcc (relais);
- 37 sorties logiques 120 Vcc (triac).

Donc 173 entrées et 125 sorties donc la mémoire requise est:

$$10 \times (173+125) + 25\% = \underline{\underline{3725 \text{ octets}}}.$$

Alors on choisit une mémoire minimale de 4 ko (recommandée).

2.7.8 Les modules d'entrées/sorties

A°/ Module d'Entrées TOR (tout ou Rien) :

Un automate programmable doit recueillir des informations avant même de pouvoir commencer à traiter des données. Il y a deux sources principales d'entrées : celles qui proviennent des relevés de l'équipement et celles qui sont facilitées par l'homme.

Les modules d'entrée relient l'automate programmable à des dispositifs sur l'équipement tels que des capteurs, des détecteurs de niveau et d'autres instruments de mesure. Ces modules d'entrée peuvent également se connecter à des entrées facilitées par l'homme, comme des boutons, des interrupteurs et des cadrans.

Le schéma interne e du module d'entrée est donné par la figure 2.15 et 2.16 suivante :

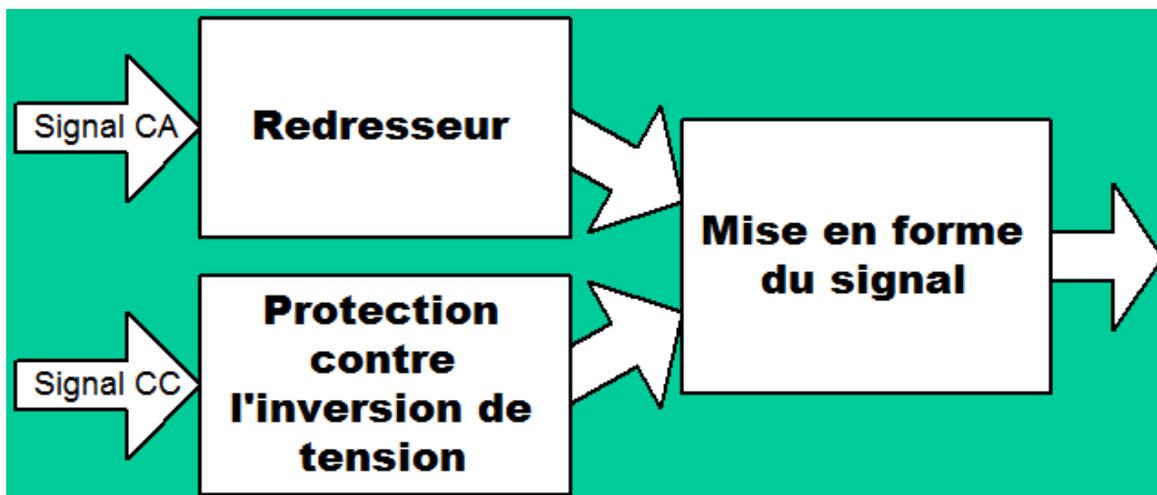


Figure 2.15 : Schéma électronique d'un module d'Entrée d'un API partie1

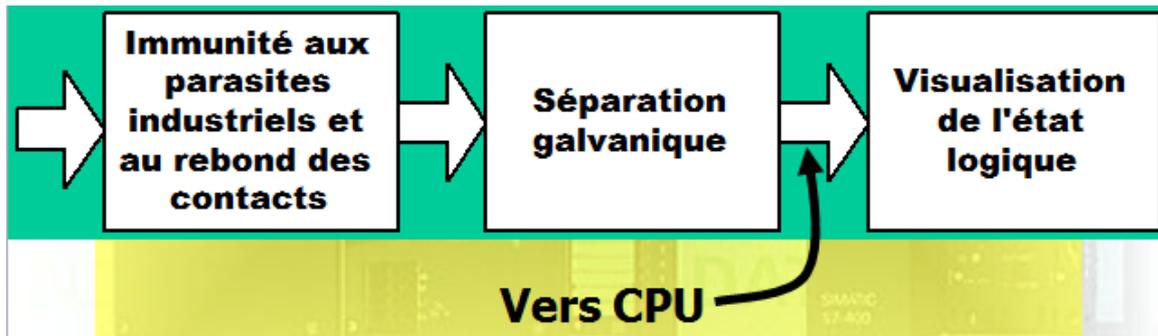


Figure 2.16 : Schéma électronique d'un module d'entrée d'un API partie 2

Chaque module un rôle bien déterminé :

Le redresseur: Transforme la tension CA en tension CC comme le montre la figure 2.17. C'est un pont à diode.

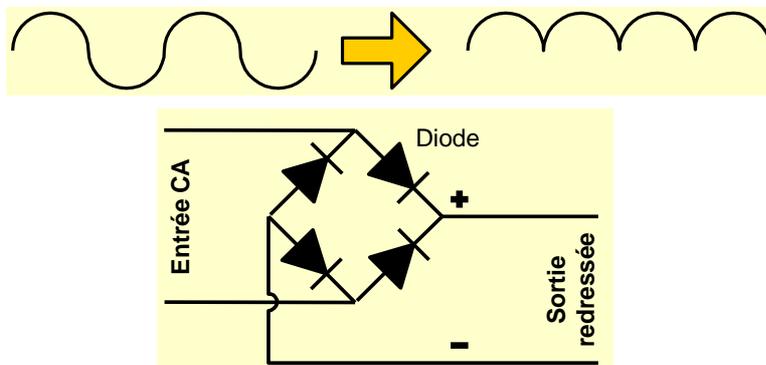


Figure 2.17 : Le circuit redresseur

Protection contre l'inversion de tension: Il évite de détruire la carte suite à une erreur de câblage. La figure 2.18 montre son schéma électronique.

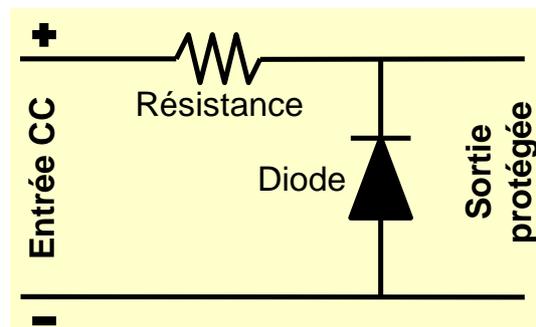


Figure 2.18 : Circuit de protection

Mise en forme du signal: Détecteur à seuil de tension. C'est un circuit de mise en forme des signaux d'entrées. So schéma est donné par la figure 2.19 suivante :

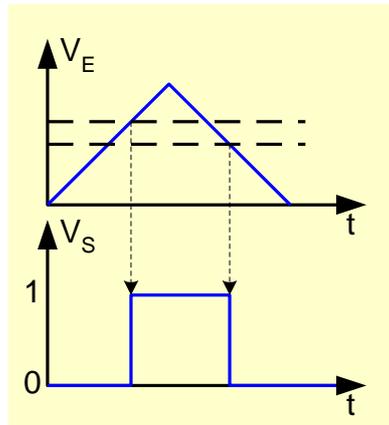


Figure 2.19 : Circuit de mise en forme

Immunité aux parasites industriels et élimination des effets de rebondissement: Il a pour rôle d'éliminer les effets du rebond comme le montre la figure 2.20 suivante : c'est Filtres retardateurs.

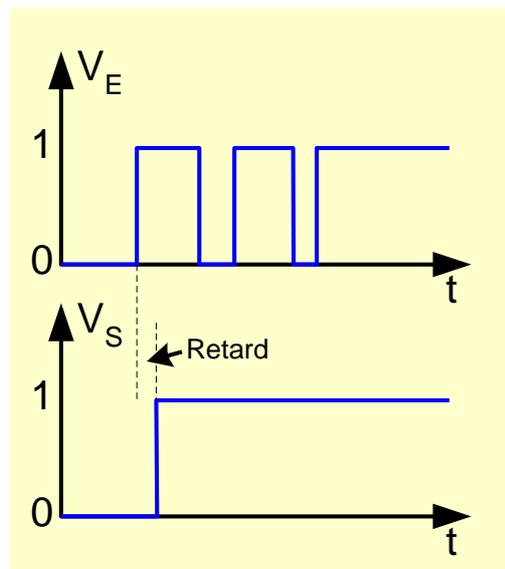


Figure 2.20 : Anti-rebond

Isolation galvanique: Il assure la protection de l'automate contre des surtensions. En effet la présence de l'optocoupleur est primordiale pour séparer la partie forte courant de celle faible courant Le module est présenté dans la figure 2.21 :

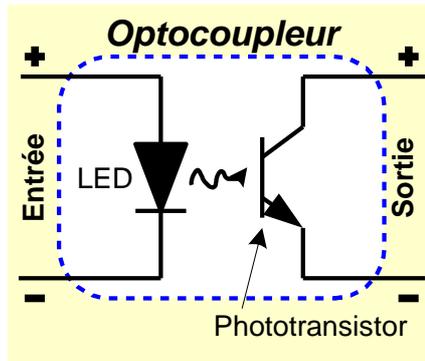


Figure 2.21 : Isolation galvanique

Visualisation de l'état logique: (figure 2.22) Diode électroluminescente.

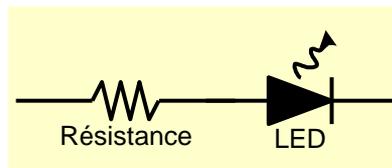


Figure 2.22 : Diode d'affichage

B°/ Module de sortie TOR (tout ou Rien) :

Après avoir traité les données, un automate programmable doit traduire ses résultats en actions externes correspondantes pour l'équipement lié. Des modules de sortie relient l'automate à des dispositifs de sortie tels que des relais, des lumières, des vannes et d'autres composants.

Le module de sortie est formé par le blocs suivant figure 2.23 et 2.24:

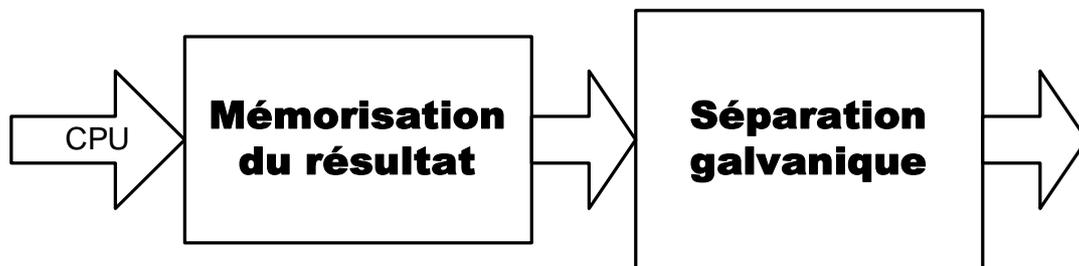


Figure 2.23 : Constituant d'un module de sortie partie 1

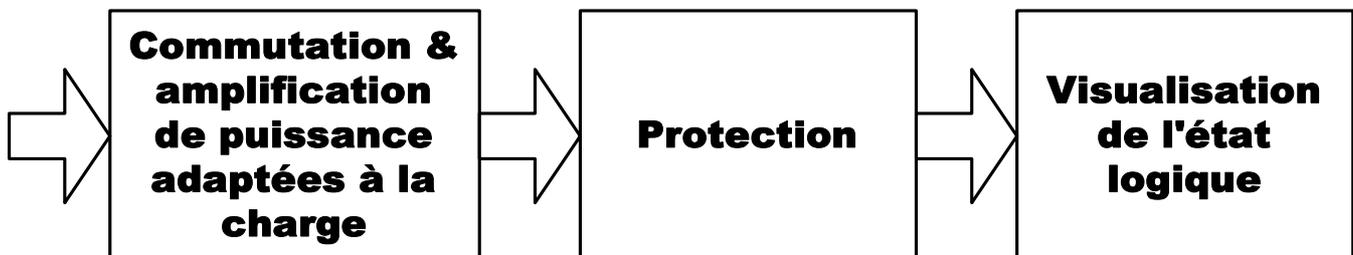


Figure 2.24 : Constituant d'un module de sortie partie 2

Contrairement au module d'entrée à la sortie on a besoin d'un étage d'amplification dont son schéma électronique est donné comme suit par la figure 2.25 :

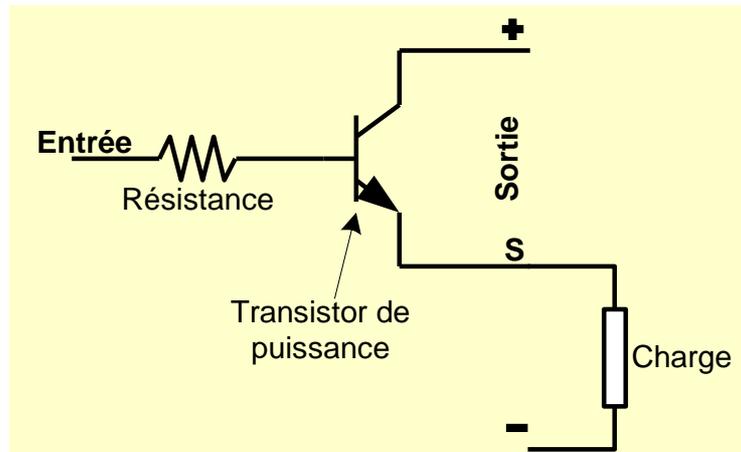


Figure 2.25 : Montage amplification de puissance

De même la présence d'un circuit de protection contre la surintensité et les retours de courant est primordiale dans un module de sortie. Le schéma du circuit est donné par la figure 2.26 suivante :

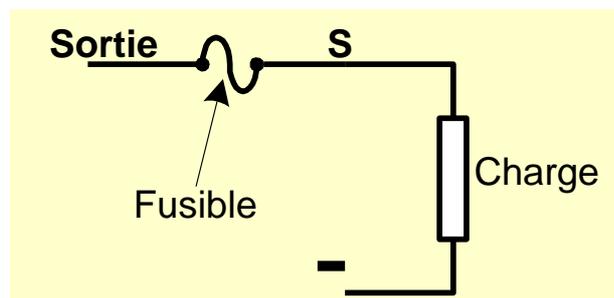


Figure 2.26 : Circuit de protection

C°/ Module d'Entrée Analogique :

- **Module d'Entrée analogique :**

Contrairement à un signal binaire, qui peut seulement prendre les deux états de signal 0 et 1, les signaux analogiques peuvent prendre de nombreuses valeurs à l'intérieur d'un domaine donné. L'exemple typique de capteur analogique est le potentiomètre. Selon la position du curseur sur le potentiomètre, on peut lui faire prendre une résistance quelconque en-dessous de sa résistance maximale.

Exemples de grandeurs analogiques en technique des régulations :

- Température -50 ... +150°C

- Débit 0 ... 200l/min
- Nombre de tours 500 ... 1500 U/min
- Etc....

L'acquisition de signaux proportionnels à une grandeur physique donnée est obtenue par des cartes d'entrées analogiques exemple figure 2.27.

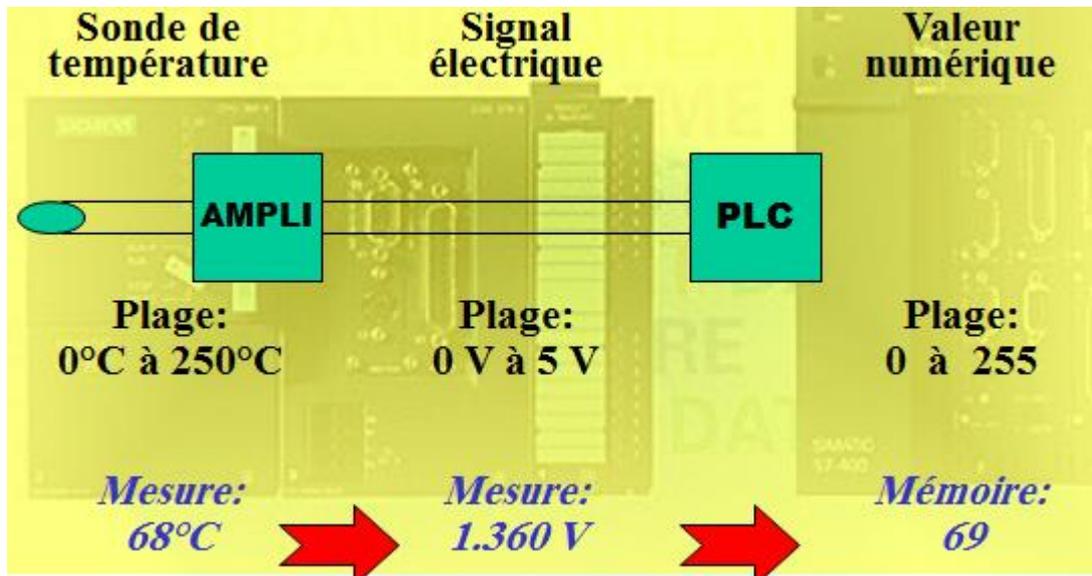


Figure 2.27 : Acquisition des données avec un module analogique

Remarque :

- La résolution du convertisseur A/N est en générale de 8, 10, 12 ou 16 bits
- La précision de la carte dépend essentiellement de la précision de l'amplificateur
- Le temps de conversion est de quelque μ s à des centaines de ms
- Le nombre de points d'entrée est en générale de 1, 2, 4 ou 8 points
- La Plage de mesure est une tension ou un courant:

Pour la tension elle est comprise entre :

- 0 - 5 Volts
- 0 - 10 Volts
- -5 - +5 Volts
- -10 - +10 Volts

Pour le courant elle est comprise entre :

- 0 - 20 mA

- 4 - 20 mA (la plus courante)

- **Module de Sortie analogique :**

Sert à envoyer à un actionneur un signal proportionnel à l'ampleur de l'action voulue comme e montre la figure 2.28

Ex. 1: Ouverture d'une valve

Ex. 2: Vitesse d'un moteur CC

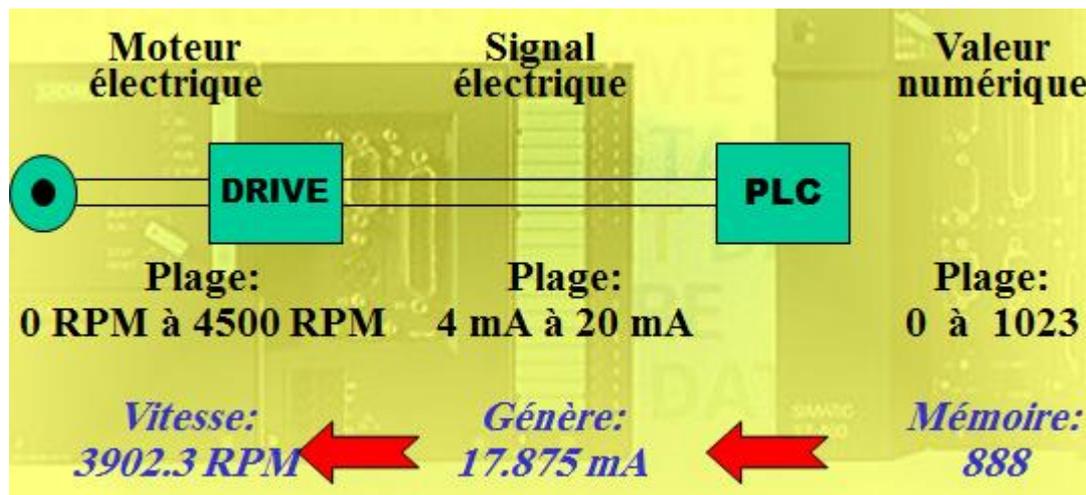


Figure 2.28 : Module de sortie Analogique

Remarque :

- La résolution de la carte est de 8, 10, 12 ou 16 bits
- Le temps de conversion est de l'ordre des μ s
- Le nombre de points de sortie est de 1, 2, 4 ou 8 points
- La plage de tension ou de courant est la même que me module d'entrée analogique
- La charge maximale admissible doit être bien étudiée selon le périphérique.

Chapitre III

MODELISATION DES SYSTEME AUTOMATISE/ROBOTISE

1. Introduction sur le GRAFCET

1.1 Historique

- 1975 – Décision du groupe de travail "Systèmes Logiques" de l'AFCEC (Association Française de Cybernétique Economique et Technique) sur la création d'une commission pour étudier une norme de représentation des systèmes logiques et des automatismes.
- 1977 – Définition du GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape-Transition).
- 1979 – Diffusion dans les écoles et adoption comme domaine de recherche pour la mise en œuvre de solutions d'automatisation dans l'industrie.
- 1988 - GRAFCET devient une norme internationale dénommée "Sequential Function Chart", par I.E.C. 60848.

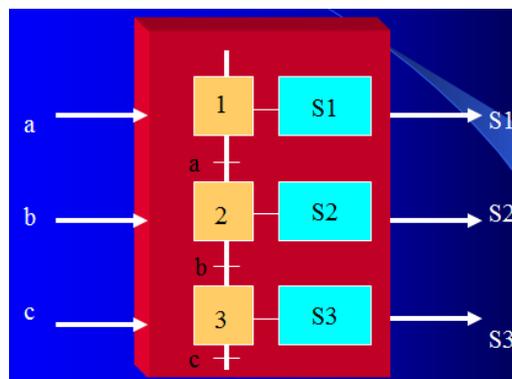
1.2 Définition

C'est un outil graphique de la description du cahier des charges d'un Système automatisé séquentiel

GRAFCET : GRAPhe Fonctionnel de Commande Étape Transition

Le grafcet décrit le comportement des sorties booléennes « Sn » à partir des entrées « En » et de l'état interne du système. Un grafcet est formé à partir d'éléments graphiques de base (figure3.1):

- Des Étapes.
- Des transitions.
- Des liaisons orientées.



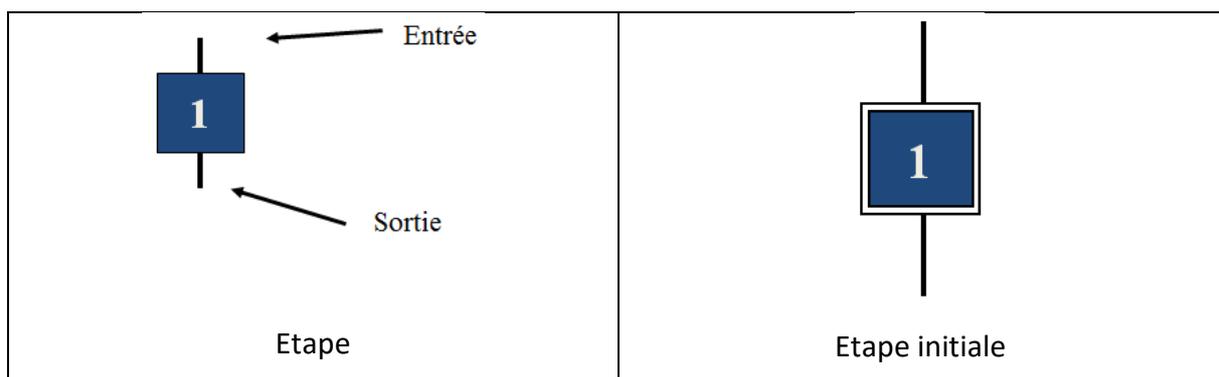
(Figure3.1)

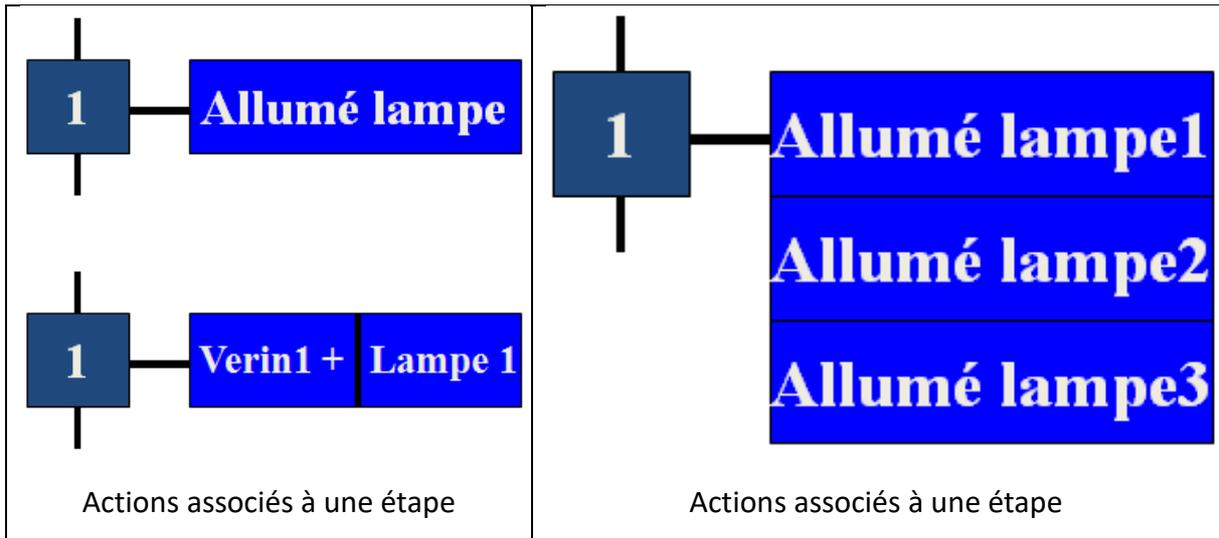
1.3 Les règles d'évolution d'un GRAFCET

- **Règle 1** : État initial : L'évolution de l'état nécessite des Étapes actives en début d'exploitation (au moins une).
- **Règle 2** : Transposition d'une Transition : Une Transition n'est active ou activée que si tous les Pas à son entrée sont actifs (sinon elle est inactive). Une Transition ne peut être transposée que si elle est active et que la condition associée est vraie (fonction de réceptivité).
- **Règle 3** : Évolution des Étapes actives : La transposition d'une Transition entraîne la désactivation de toutes les Étapes sur ses entrées et l'activation de toutes les Étapes sur ses sorties.
- **Règle 4** : Transposition simultanée des transitions : Toutes les transitions actives sont transposées simultanément.
- **Règle 5** : Activation et désactivation simultanée d'une étape Dans ce cas l'activation est prioritaire.

1.4 Éléments graphiques de base d'un grafcet

Étapes (figure3.2): Elle est représentée par un carré identifié par un repère alphanumérique





(Figure3.2)

Remarque :

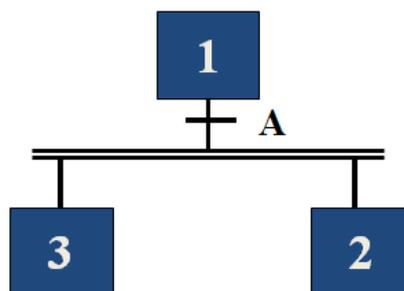
La représentation n'indique aucune priorité entre les actions. (Figure3.3)



(Figure 3.3)

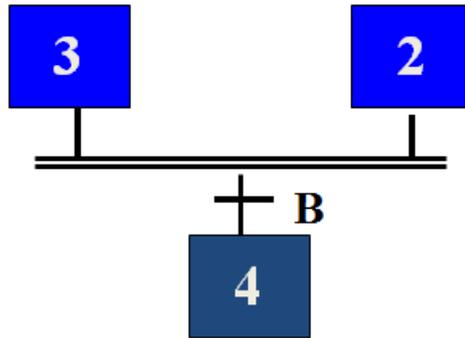
Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer plusieurs séquences en même temps, ces séquences sont dites séquences simultanées ou parallélisme structural. Après l'activation simultanée de ces séquences, les évolutions des étapes actives dans chacune des séquences deviennent alors indépendantes.

Divergence en ET : (figure3.4)

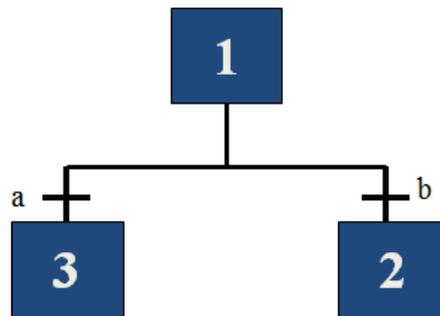


(Figure 3.4)

Convergence ET :

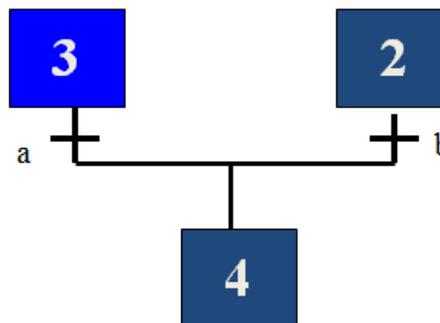


Divergence en OU : (figure 3.5)



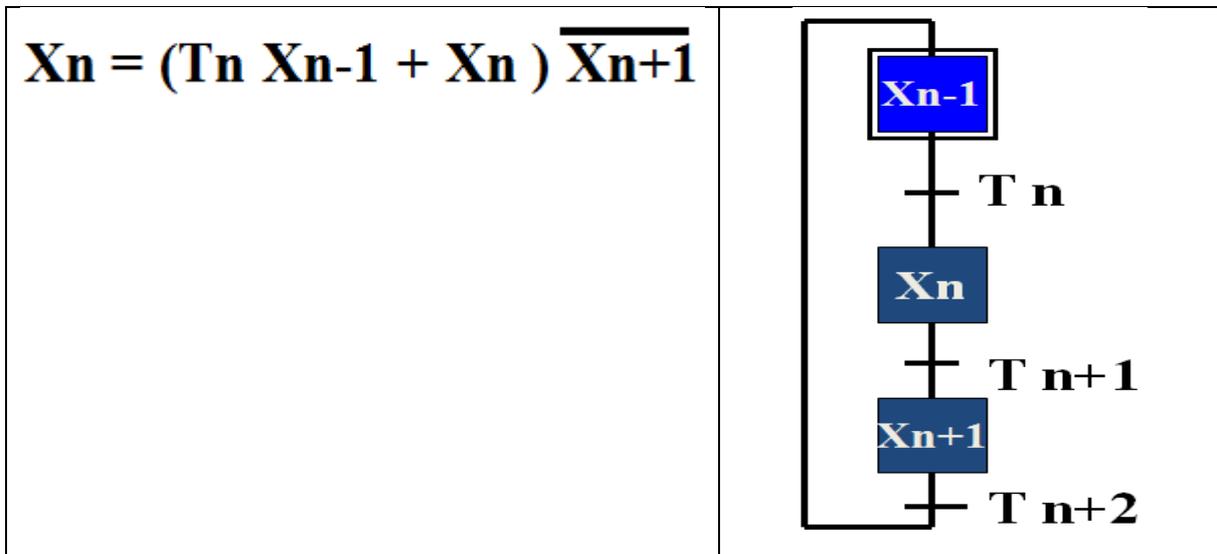
(Figure 3.5)

Convergence en OU :



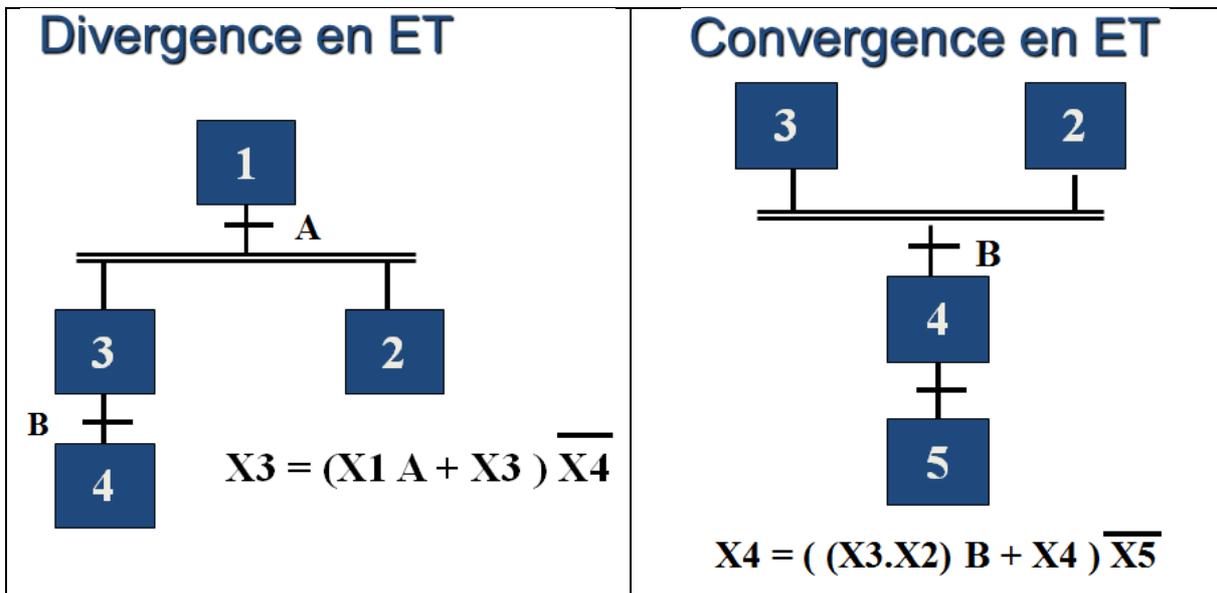
1.5 Interprétation algébrique d'un grafcet

Équation d'une étape : (figure3.6)

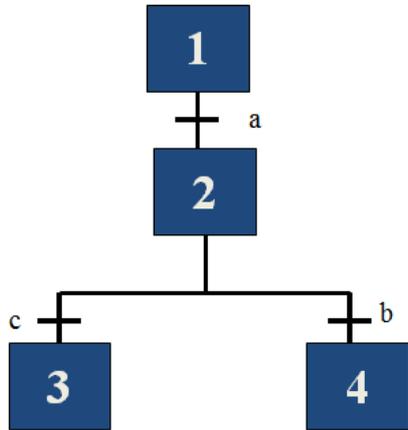
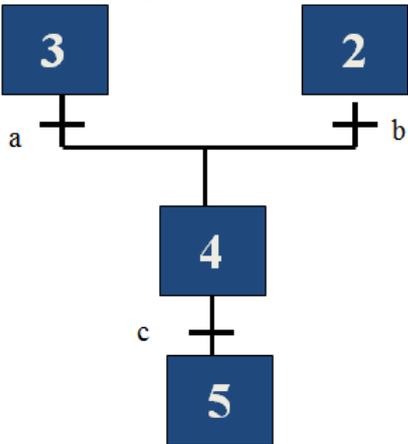


(Figure 3.6)

Équation d'une divergence et convergence en ET :

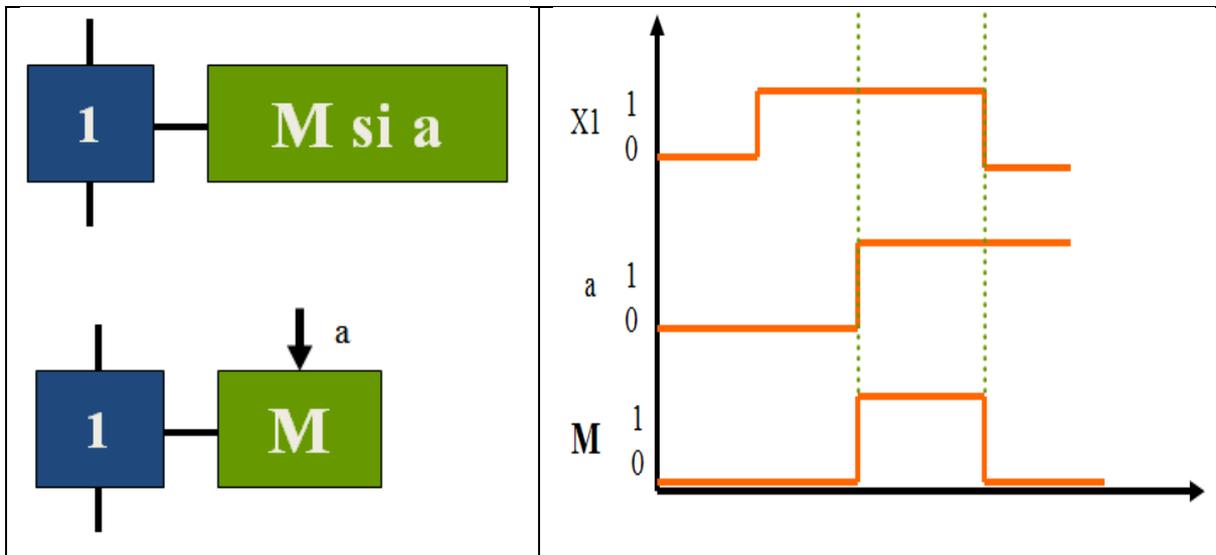


Équation d'une divergence et convergence en OU :

Divergence en ou	Convergence en OU
	
$X2 = (a X1 + X2) \overline{(X3+X4)}$	$X4 = ((aX3+bX2) + X4) \overline{X5}$

2. Notion complexe sur le GRAFCET

2.1 Étape conditionnelle



2.2 Notion de « macro-étape »

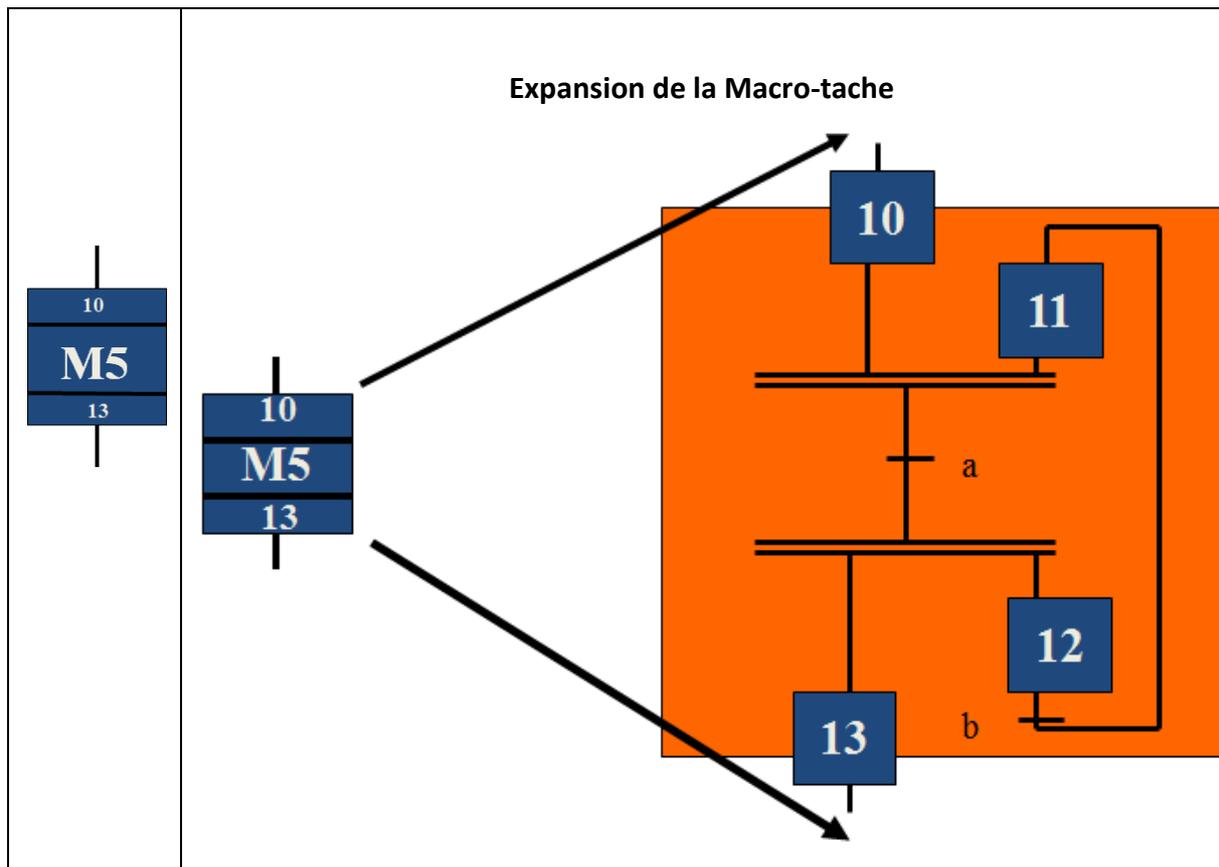
2.2.1 Définition

Une macro-étape ME est l'unique représentation d'un ensemble Unique d'étapes et de transitions nommé « Expansion de ME »

2.2.2 Objectif de la macro-étape

Une Macro-étape est utilisée pour simplifier la représentation, pour la rendre plus lisible, ou pour insister sur certaines structures sans se perdre dans les détails.

2.2.3 Symbole de la macro-étape

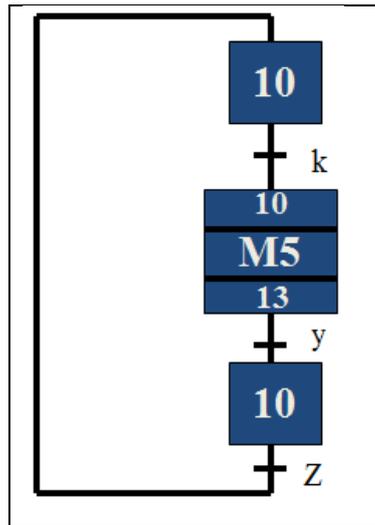


Remarque :

L'expansion de la Macro-étape commence par une Seul étape d'entrée et se termine par une seul étape de sortie, étapes qui représentent les seuls liens possibles avec le GRAFCET auquel elle appartient.

Une Macro-étape sera dite active si au moins une étape de l'expansion de la Macro est active.

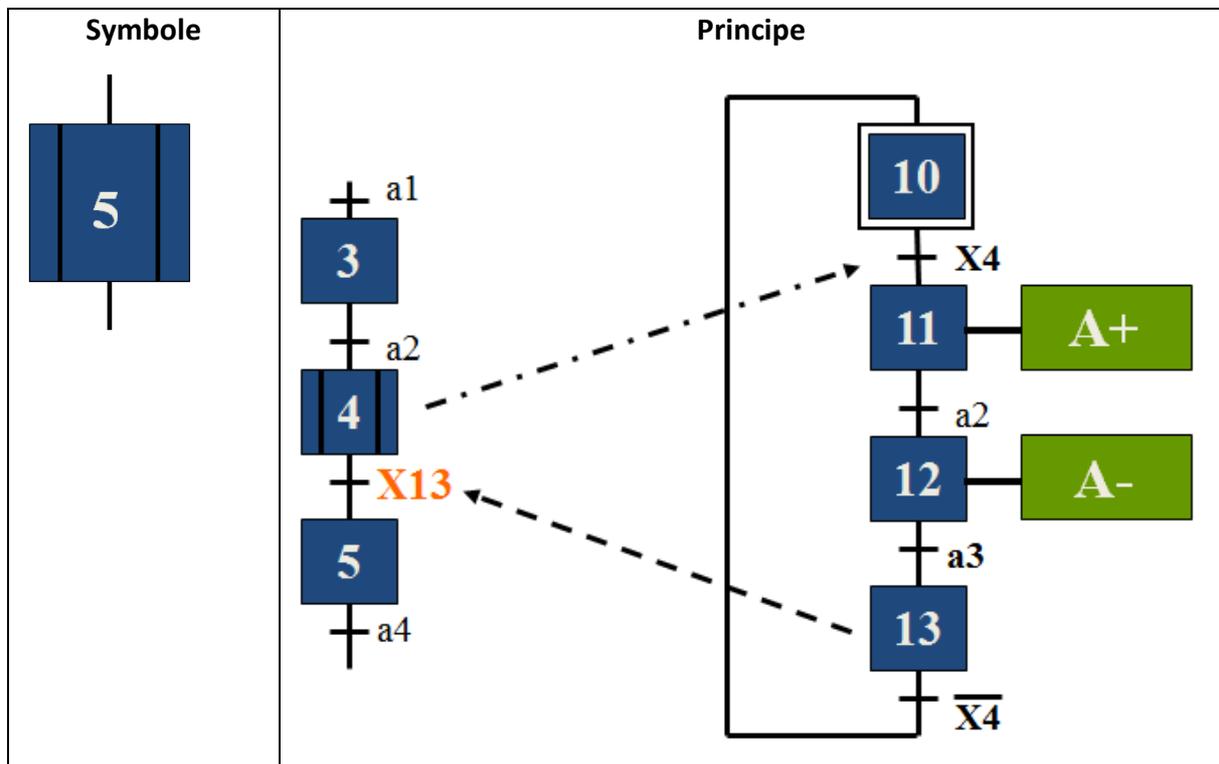
L'intégration de la Macro-étape dans le grafcet se fait comme suit:



La ou les transitions qui suivent le symbole de la Macro-étape dans le grafcet Connexe principal n'est ou ne sont validées que lorsque l'étape de sortie De l'expansion de la Macro-étape est active.

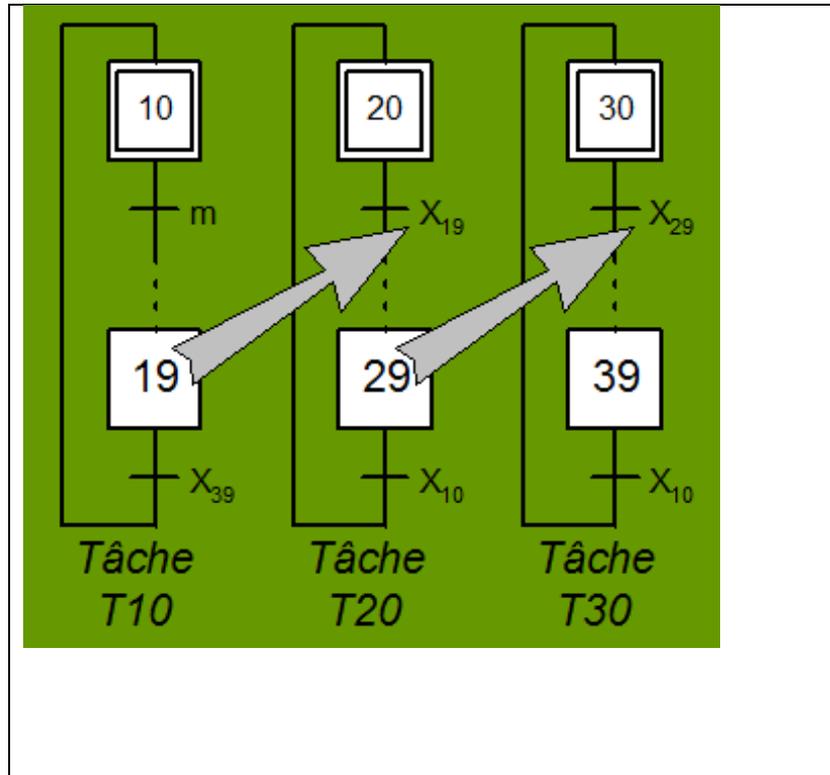
2.3 Notion de « macro-tâches »

Elle est utilisée pour faciliter le grafcet, elle peut être utilisée comme un sous-programme, ou lors de tâches répétitives.



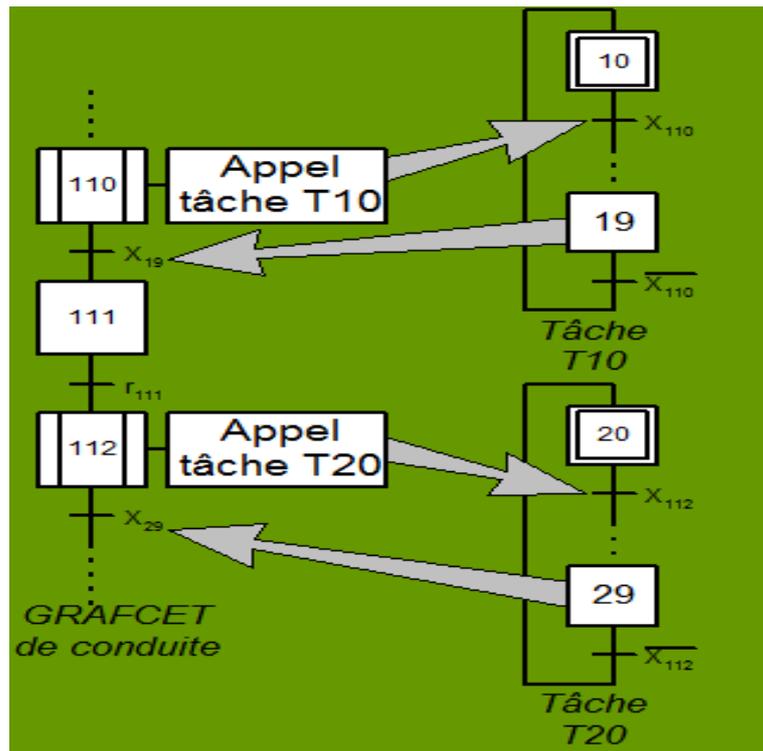
2.3.1 Coordination horizontale

Ces GRAFCET de tâches peuvent être structurés entre eux selon une coordination horizontale. Les tâches ont toutes le même niveau hiérarchique et une seule tâche à la fois est en cours d'exécution. Pensez à des coureurs à relais, seul un coureur à la fois transporte le relais :



2.3.2 Coordination Verticale

Ces GRAFCET de tâches peuvent aussi être structurées selon une coordination verticale introduisant une hiérarchie. Un GRAFCET maître dirige un ensemble de GRAFCET esclaves qui sont des tâches.



2.4 Hiérarchie des Grafcet

Il existe des grafcet maître GM (ou de niveau Supérieur) et des Grafcet Esclave GE (de niveau inférieur) Pour que u grafcet soit maître il doit être capable de forcer un grafcet Esclave à Zéro ou à UN.

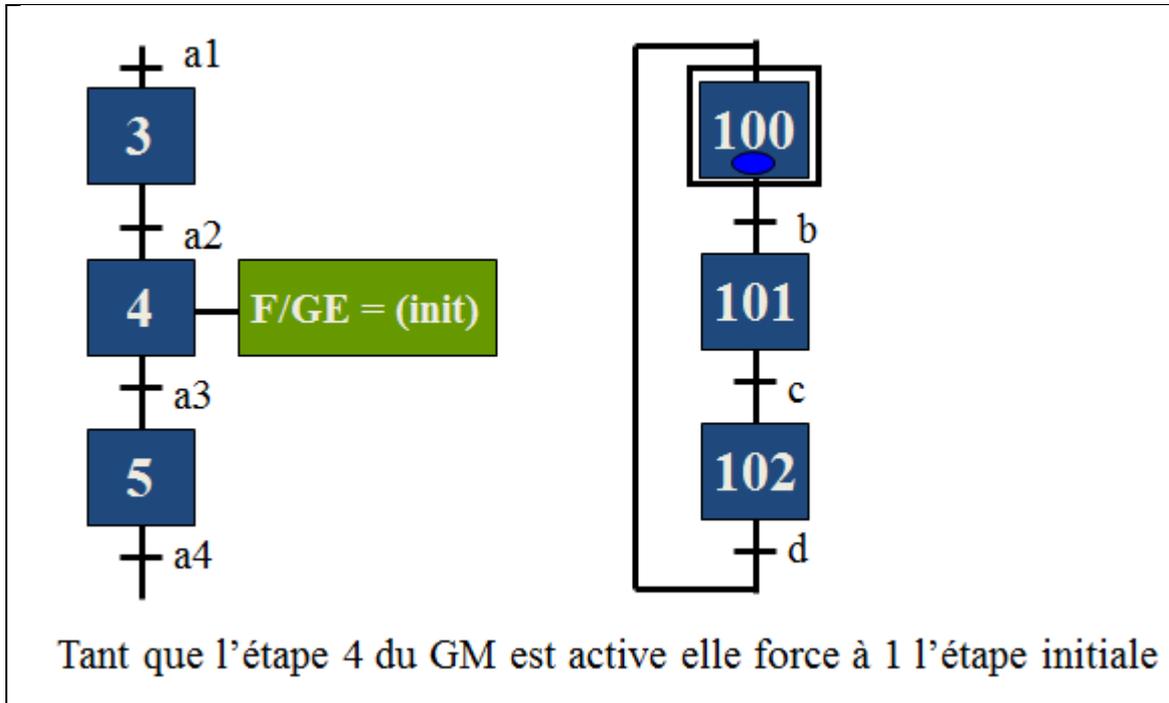
2.4.1 Forçage à un d'un grafcet

- Le forçage à 1 d'une étape d'un grafcet, consiste à activer cette étape et à La Maintenir active, en désactivant toutes les autres.

Le forçage doit suivre les règles suivantes :

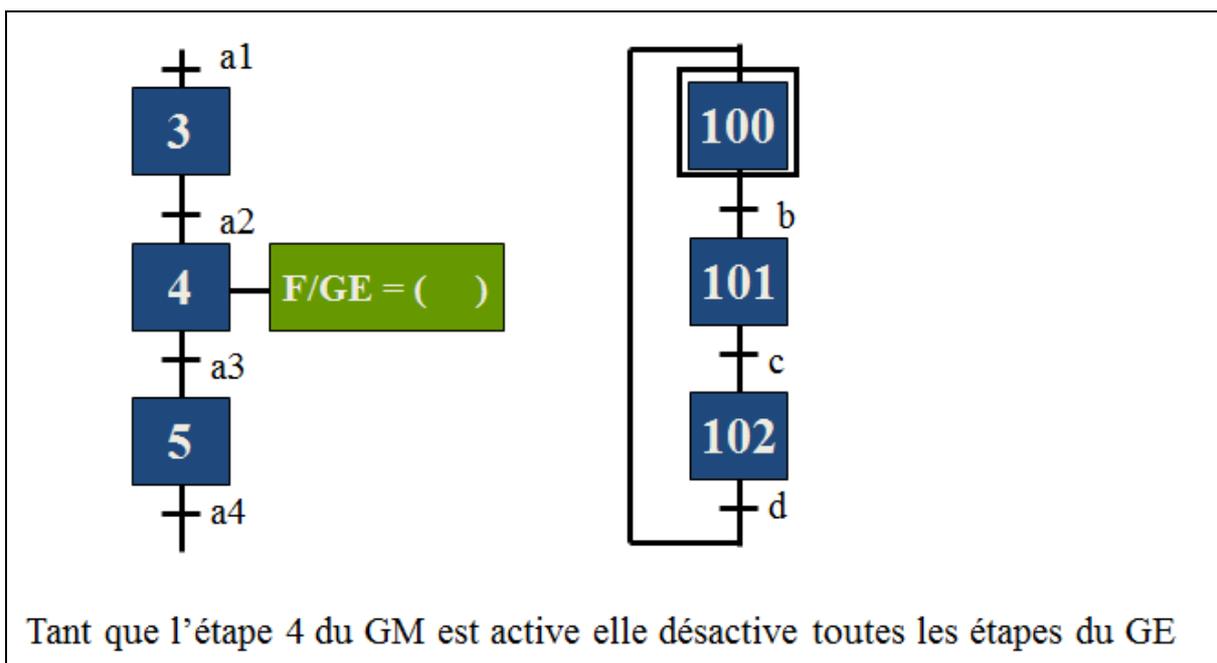
- Le forçage est un ordre interne au GRAFCET consécutif à une évolution. Pour une situation comportant plusieurs ordres de forçages, les GRAFCET forcés prendront immédiatement et directement la ou les situations imposées.
- Toute apparition d'une situation de forçage est prioritaire par rapport à toute autre activité du GRAFCET.
- Les GRAFCET forcés sont maintenus dans la situation de forçage tant que l'ordre de forçage est valide.
- Un GRAFCET ne peut être forcé que par un GRAFCET hiérarchiquement supérieur.

- A tout instant un GRAFCET ne peut être forcé que dans une situation et une seule à partir d'un et un seul GRAFCET supérieur.



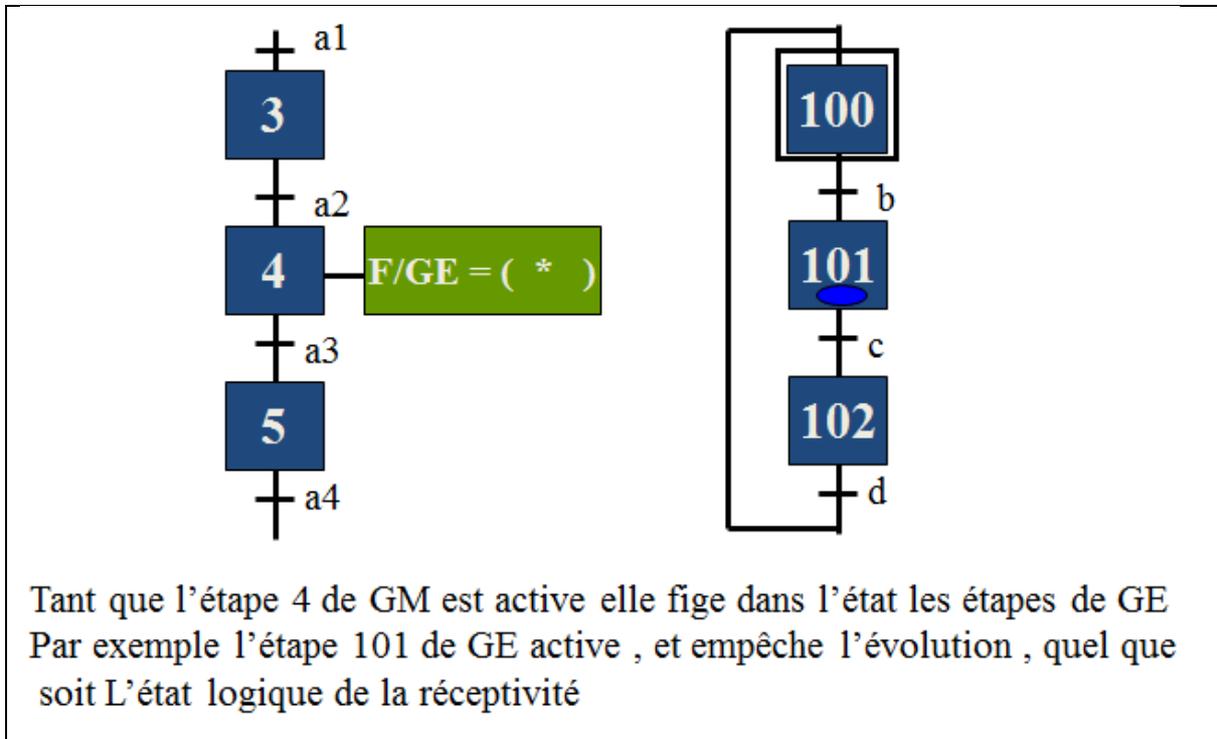
2.4.2 Forçage à zéro d'un grafcet

Le forçage à 0 d'une étape ou de toutes les étapes d'un grafcet cela Consiste à désactiver ces étapes et à les maintenir désactiver.



2.4.3 Figeage d'un grafcet

Il consiste à maintenir dans l'état les étapes d'un grafcet et à empêcher son Évolution quel que soit l'état logique des réceptivités.



Chapitre IV

PROGRAMMATION D'UN SYSTEME AUTOMATISE

1. Introduction sur la programmation des automates programmables :

Les automates sont fabriqués en série. Au départ, ils n'ont pas encore de tâche. Les fabricants intègrent tous les composants nécessaires à l'ingénierie de contrôle tels que les éléments logiques, les fonctions de verrouillage/déverrouillage, les temps, les compteurs, etc. et ces composants sont liés pour former un contrôleur fonctionnel au moyen de la programmation. Là Il existe un grand nombre d'unités de contrôle différentes qui diffèrent les unes des autres par les unités fonctionnelles suivantes :

- ✓ Logique
- ✓ Arithmétique
- ✓ Transfert de mémoire
- ✓ Comptage
- ✓ Temporisation
- ✓ Scrutation pas à pas
- ✓ Interruption
- ✓ Contrôle P.I.D.

Le but de ce chapitre est d'instruire le lecteur sur la programmation d'un API. Par "programmation", nous entendons l'acte d'émettre les instructions ou les commandes de l'automate qui exécuteront les tâches ou les étapes de fabrication d'un processus. La programmation d'un automate se produit lors de l'étape "automatiser". Par conséquent, les hypothèses suivantes s'appliquent :

- (i) Il existe une solide compréhension du processus.
- (ii) Le processus est aussi simplifié que possible.
- (iii) Les étapes du processus ont été décomposées en un programme de cycle de travail et un chronogramme.
- (iv) L'API ainsi que tous les capteurs et actionneurs ont été sélectionnés, installés et câblés.

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

IL : Instruction List ou liste d'instructions. Ce langage textuel de bas niveau est un langage à une instruction par ligne. ...

ST : Structured Text ou texte structuré.

LD : Ladder Diagram ou schéma à contacts.

SFC : Sequential Function Chart.

FBD : Function Block Diagram.

Dans ce document on va se concentré sur le langage « **Ladder diagramme de SIEMENS STEP7** »

2. Identification des entrées / sorties d'un API de type SIEMENS :

Les entrées Sortie d'un API SIEMENS sot définie comme suit :

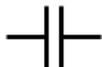
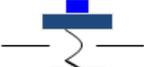
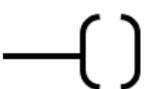
Entrées	Sorties	Mémento
I X.Y	Q X.Y (ou A X.Y)	M X.Y

Ou X : représente le numéro du module

Y : représente le numéro de l'entrée ou de la sortie dans le module

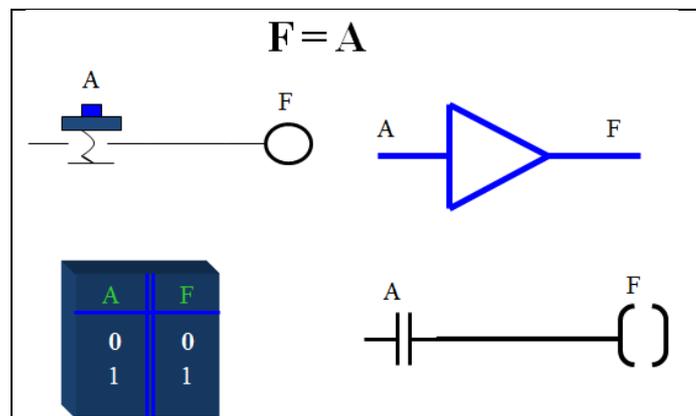
3. Ladder diagramme

Le Ladder diagramme a été conçu à partir du schéma électrique une correspondance étroite entre les deux est évidente comme le montre le tableau suivant :

Schéma a contact	Schéma électrique
	
	
	

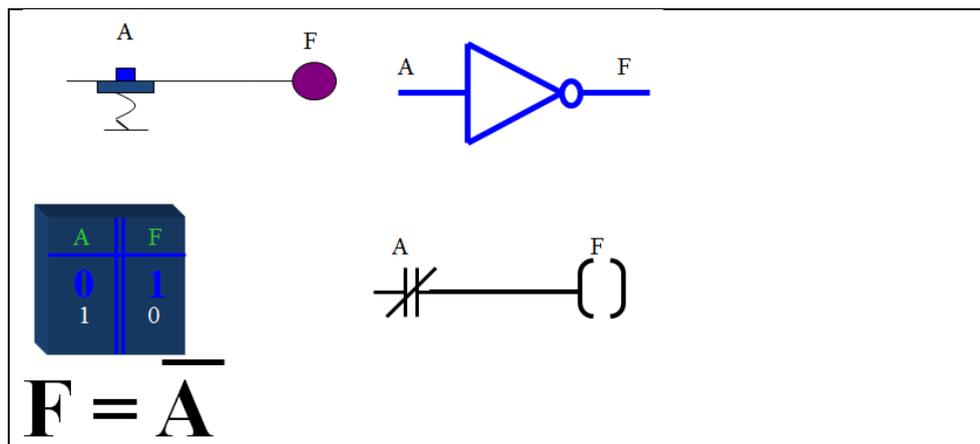
3.1 Les portes logiques de base dans le Ladder Diagram :

3.1.1 La porte « OUI » (figure4.1):



(Figure4.1)

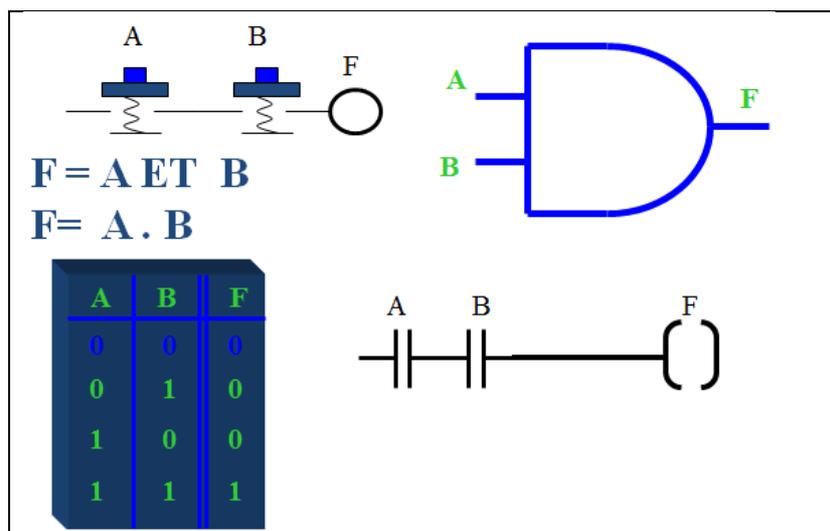
3.1.2 La porte « NON » (figure4.2):



(Figure4.2)

3.1.3 La porte « ET »:

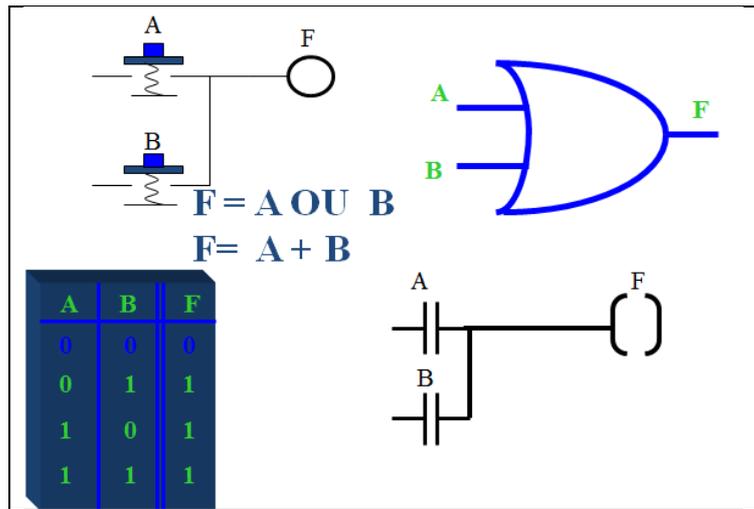
Voir (figure4.3)



(Figure4.3)

3.1.4 La porte « OU »:

Voir (figure4.5)



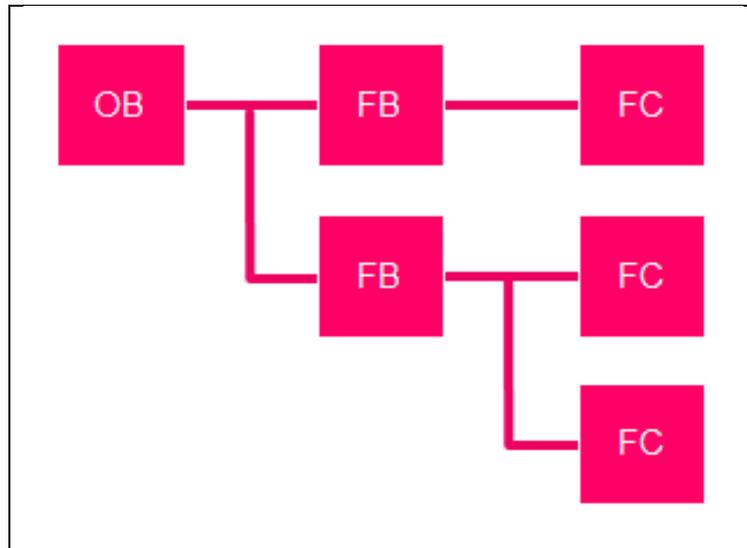
(Figure4.5)

4. Programmation en STEP7 de Siemens

4.1 Architecture du programme

Le programme en STEP 7 est divisé comme suit (figure4.6)

:



(Figure4.6)

OB : Blocs d'Organisation pour l'interface entre le système d'exploitation et l'utilisateur

FB : Blocs fonctionnels réutilisables et paramétrables (blocs avec mémoire) selon le standard IEC

FC : Fonctions (sans mémoire) selon le standard IEC Blocs standard prêt à l'emploi

Les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et gèrent le traitement de programme cyclique et déclenché par alarme, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs. Vous pouvez programmer les blocs d'organisation et déterminer ainsi le comportement de la CPU.

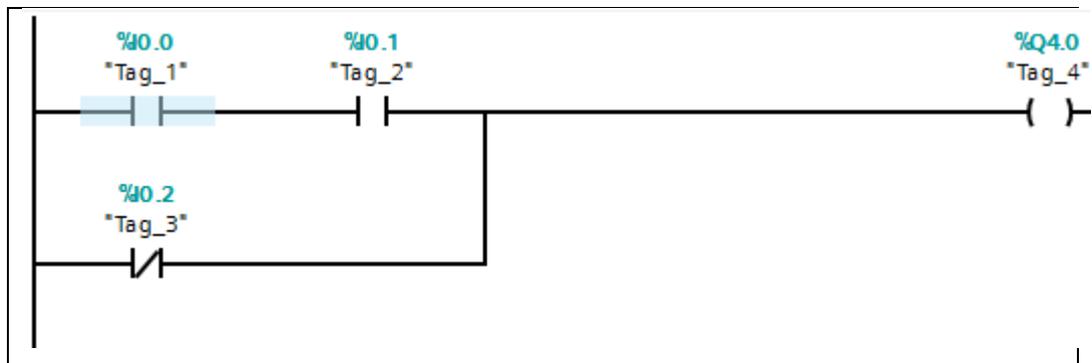
La priorité des blocs d'organisation Les blocs d'organisation définissent l'ordre (événements de déclenchement) dans lequel les différentes parties du programme sont traitées. L'exécution d'un OB peut être interrompue par l'appel d'un autre OB. Cette interruption se fait selon la priorité : les OB de priorité plus élevée interrompent les OB de priorité plus faible. La priorité la plus faible est celle de l'OB d'arrière-plan(figure4.7)

Type d'alarme	Bloc d'organisation	Classe de priorité (prédéfinie)	Pour plus de détails, voir
Cycle libre	OB1	1	Bloc d'organisation pour le traitement de programme cyclique (OB1)
Alarmes horaires	OB10 à OB17	2	Blocs d'organisation pour l'alarme horaire (OB10 à OB17)
Alarmes temporisées	OB20	3	Blocs d'organisation pour l'alarme temporisée (OB20 à OB23)
	OB21	4	
	OB22	5	
	OB23	6	
Alarmes cycliques	OB30	7	Blocs d'organisation pour l'alarme cyclique (OB30 à OB38)
	OB31	8	
	OB32	9	
	OB33	10	
	OB34	11	
	OB35	12	
	OB36	13	
	OB37	14	
	OB38	15	

(Figure4.7)

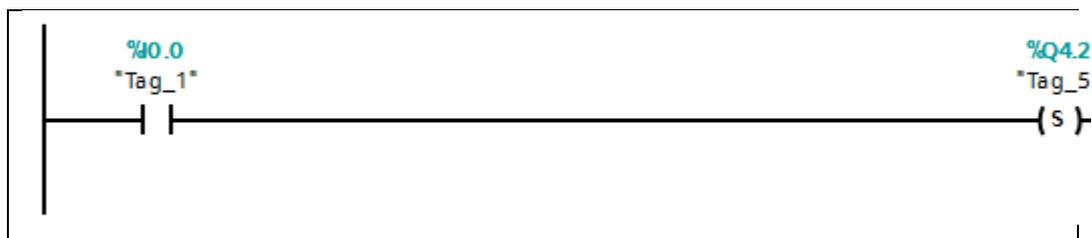
4.2 Exemple de programmation

Pour programmer $Q4.0 = (I0.0 \text{ and } I0.1) \text{ or not}(I0.2)$ il faut implémenter le réseau suivant :



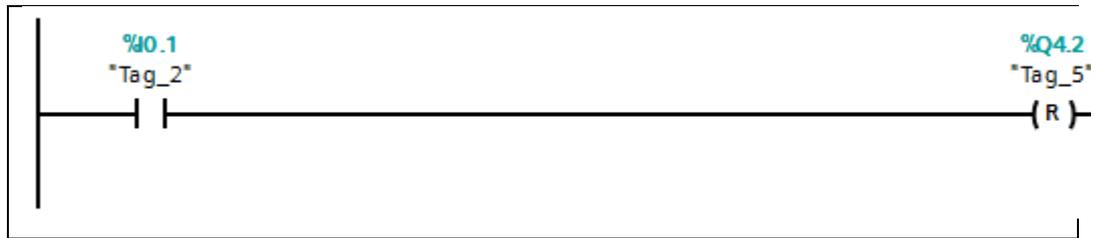
4.3 Mise à 1 d'une sortie (SET)

L'activation de **I0.0** entraîne le fonctionnement de la sortie **Q4.2** et elle reste active même si **I0.0** passe à zéro



4.4 Mise à Zéro d'une sortie

L'activation de **I0.1** entraîne une désactivation de la sortie **Q4.2**



4.5 Temporisation

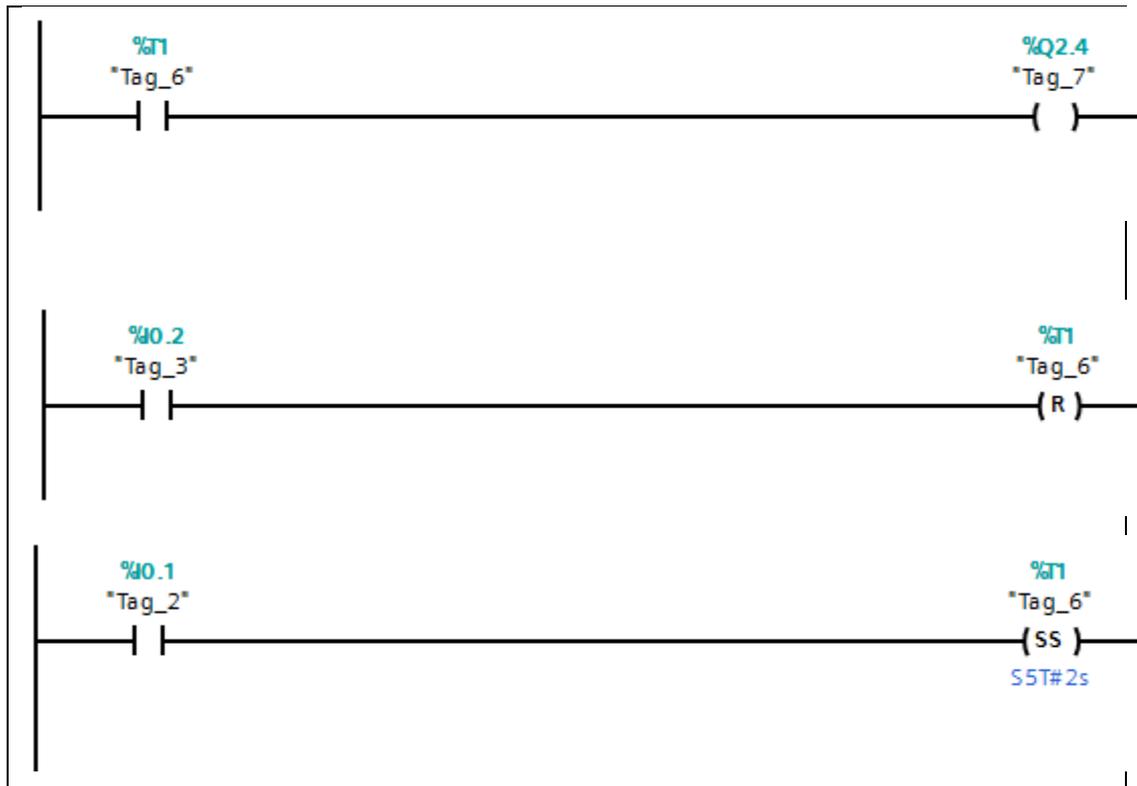
4.5.1 Temporisation 'Retard à la montée mémorisé'

Avec l'instruction "Lancer la temporisation 'Retard à la montée mémorisé'", vous démarrez une temporisation programmée quand un changement de "0" à "1" (front montant) est détecté sur le résultat logique (RLO). La temporisation s'écoule avec la durée indiquée, même quand le RLO passe à l'état logique "0". Lorsque la durée est écoulée, l'interrogation à "1" de l'état de temporisation donne l'état logique "1". Une fois la temporisation écoulée, elle ne peut être redémarrée qu'après une remise à 0 explicite.

La durée se compose en interne d'une valeur de temps et d'une base temps. Lorsque l'instruction est démarrée, la valeur de temps programmée est décomptée jusqu'à zéro.

La base temps indique la période selon laquelle la valeur de temps est modifiée. L'instruction "Lancer la temporisation 'Retard à la montée mémorisé'" requiert une opération amont pour l'évaluation du front et elle peut être placée uniquement sur le bord droit du réseau.

L'exemple suivant montre le fonctionnement de l'instruction :

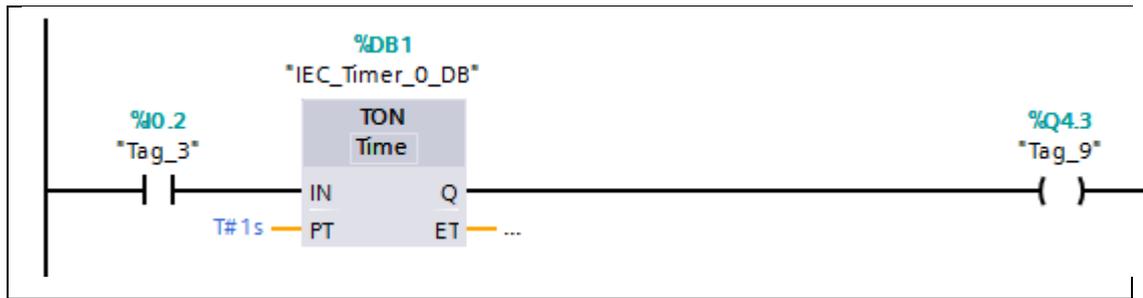


4.5.2 Temporisation TON

L'instruction "Retard à la montée" permet de retarder un front montant de la durée PT. L'instruction est démarrée lorsque le résultat logique (RLO) du paramètre IN passe de "0" à "1" (front montant). La durée programmée PT commence à s'écouler au démarrage de l'instruction. Lorsque la durée PT est écoulée, le paramètre Q prend l'état logique "1".

L'opérande du paramètre Q reste à 1 tant que l'entrée de démarrage IN est à 1. Lorsque l'état logique à l'entrée de démarrage passe de 1 à 0, le paramètre Q est remis à 0. La fonction de temporisation est redémarrée lorsqu'un nouveau front montant est détecté à l'entrée de démarrage.

Vous pouvez interroger la valeur de temps actuelle au niveau de la sortie ET. La valeur commence à T#0s et s'achève lorsque la valeur de la durée PT est atteinte. Lorsque la durée PT est atteinte et que l'état logique à l'entrée IN est "0", la sortie ET est remise à 0.



4.6 Comptage

4.6.1 Comptage CTU

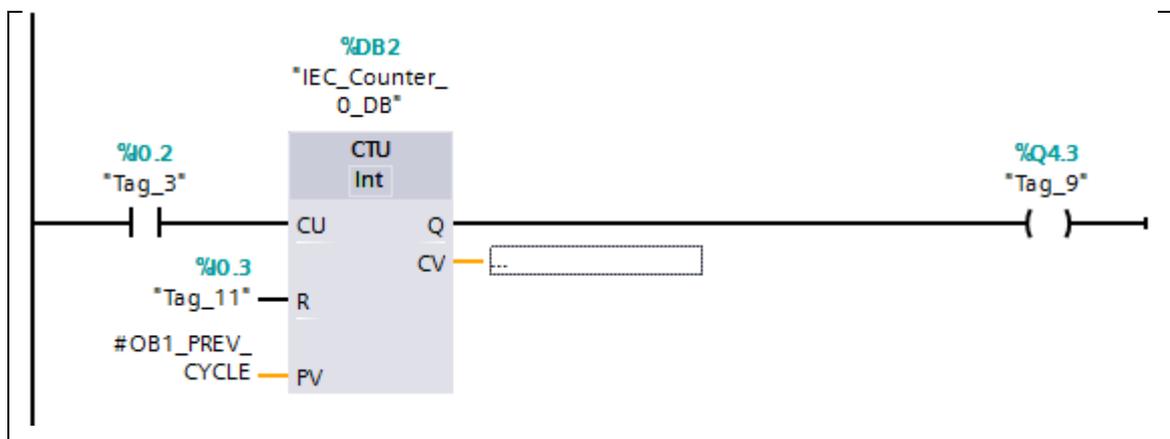
Avec l'instruction "Comptage", vous incrémentez la valeur à la sortie CV. Quand l'état logique passe de "0" à "1" (front montant) à l'entrée CU, l'instruction est exécutée et la valeur de comptage actuelle à la sortie CV est augmentée de un. A la première exécution de l'instruction, la valeur de comptage actuelle à la sortie CV est sur zéro.

La valeur de comptage est incrémentée à chaque détection d'un front montant jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur limite supérieure du type de données spécifié à la sortie CV.

Une fois la valeur limite supérieure atteinte, l'état logique à l'entrée CU n'a plus d'influence sur l'instruction.

Vous pouvez interroger l'état du compteur à la sortie Q. L'état logique à la sortie Q est déterminé par le paramètre PV. Quand la valeur de comptage actuelle est supérieure ou égale à la valeur du paramètre PV, la sortie Q est mise à l'état logique "1". Dans tous les autres cas, l'état logique à la sortie Q est "0".

La valeur à la sortie CV est remise à zéro lorsque l'état logique à l'entrée R passe à "1". Tant que l'entrée R présente l'état logique "1", l'état logique à l'entrée CU n'a pas d'effet sur l'instruction

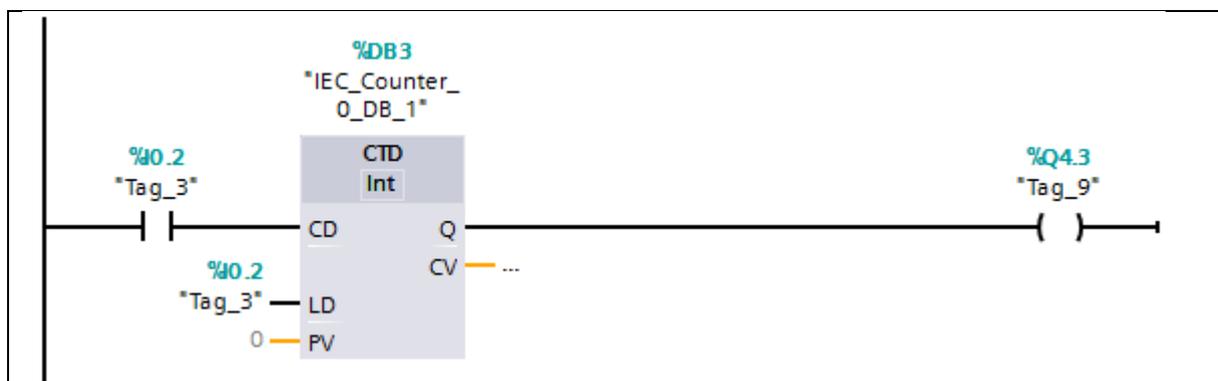


4.6.2 Décomptage CTD

Avec l'instruction "Décomptage", vous pouvez compter à rebours la valeur à la sortie CV. Quand l'état logique passe de "0" à "1" (front montant) à l'entrée CD, l'instruction est exécutée et la valeur de comptage actuelle à la sortie CV est diminuée de un. A la première exécution de l'instruction, la valeur de comptage au paramètre CV prend la valeur du paramètre PV. La valeur de comptage est décrétementée chaque fois qu'un front montant est détecté, jusqu'à ce que la valeur limite inférieure du type de données spécifié soit atteinte. Une fois la valeur limite inférieure atteinte, l'état logique à l'entrée CD n'a plus d'influence sur l'instruction.

Vous pouvez interroger l'état du compteur à la sortie Q. Quand la valeur de comptage actuelle est inférieure ou égale à zéro, la sortie Q est mise à l'état logique "1". Dans tous les autres cas, l'état logique à la sortie Q est "0".

La valeur de la sortie CV prend la valeur du paramètre PV quand l'état logique de l'entrée LD passe à 1. Tant que l'entrée LD présente l'état logique "1", l'état logique à l'entrée CD n'a pas d'effet sur l'instruction



4.7 Comparaison

Avec l'instruction "Différent de", vous testez si la première valeur à comparer (<opérande1>) est différente de la seconde valeur à comparer (<opérande2>). Quand la condition de comparaison est vraie, l'instruction fournit le résultat logique (RLO) "1". Quand la condition de comparaison n'est pas vraie, l'instruction fournit le RLO "0". Le RLO de l'instruction est relié au RLO du circuit de courant entier de la manière suivante :

- par ET quand l'instruction de comparaison est connectée en série.
- par OU quand l'instruction de comparaison est connectée en parallèle.

Vous indiquez la première valeur à comparer (<opérande1>) dans l'emplacement réservé au-dessus de l'instruction. Vous indiquez la seconde valeur à comparer (<opérande2>) dans l'emplacement réservé au-dessous de l'instruction.

Pour comparer des chaînes de caractères, chaque caractère est comparé au moyen de son code (par ex. 'a' est supérieur à 'A'). La comparaison s'effectue de gauche à droite. Le premier caractère différent détermine le résultat de la comparaison.

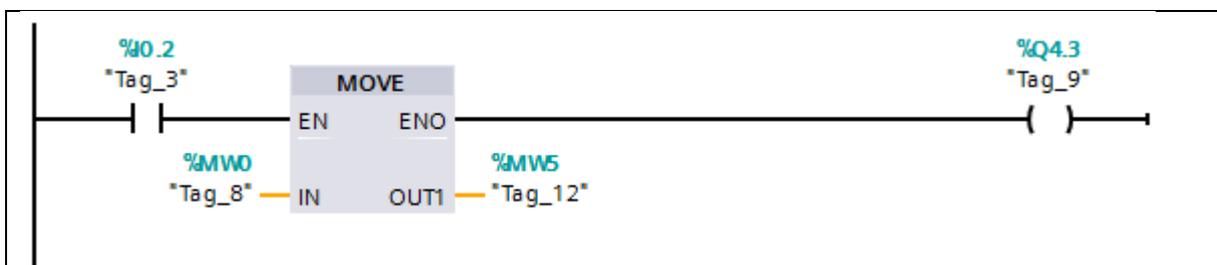


4.8 L'instruction MOVE

L'instruction "Copier valeur" vous permet de transférer le contenu de l'opérande à l'entrée IN dans l'opérande à la sortie OUT1. Le transfert s'effectue toujours dans le sens croissant des adresses.

La sortie de validation ENO fournit l'état logique "0" quand l'une des conditions suivantes est vraie :

- L'entrée de validation EN fournit l'état logique "0".
- Le type de données du paramètre IN ne peut pas être converti en type de données indiqué au paramètre OUT1.



5. Traduction d'un Grafcet en « Ladder Diagram »

On donne le Grafcet suivant :

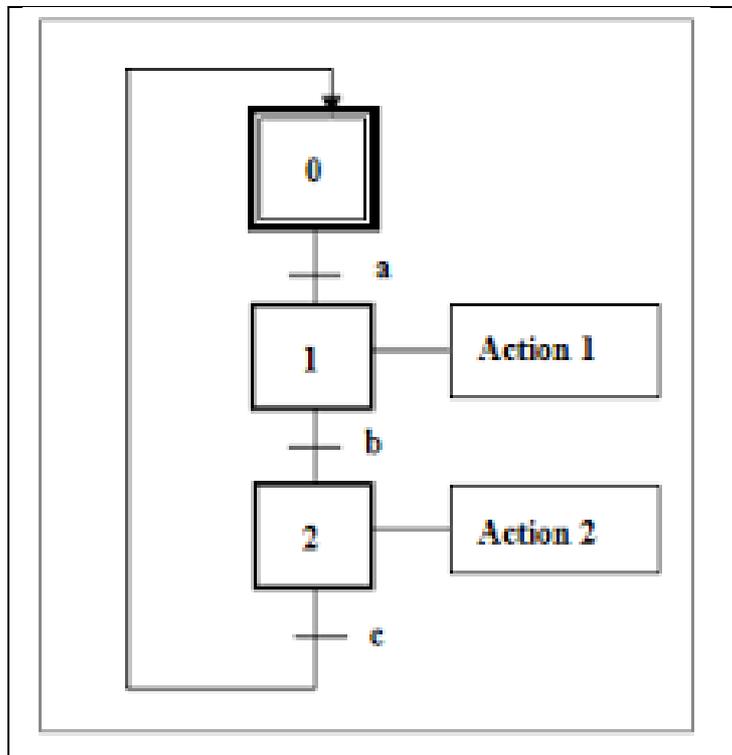
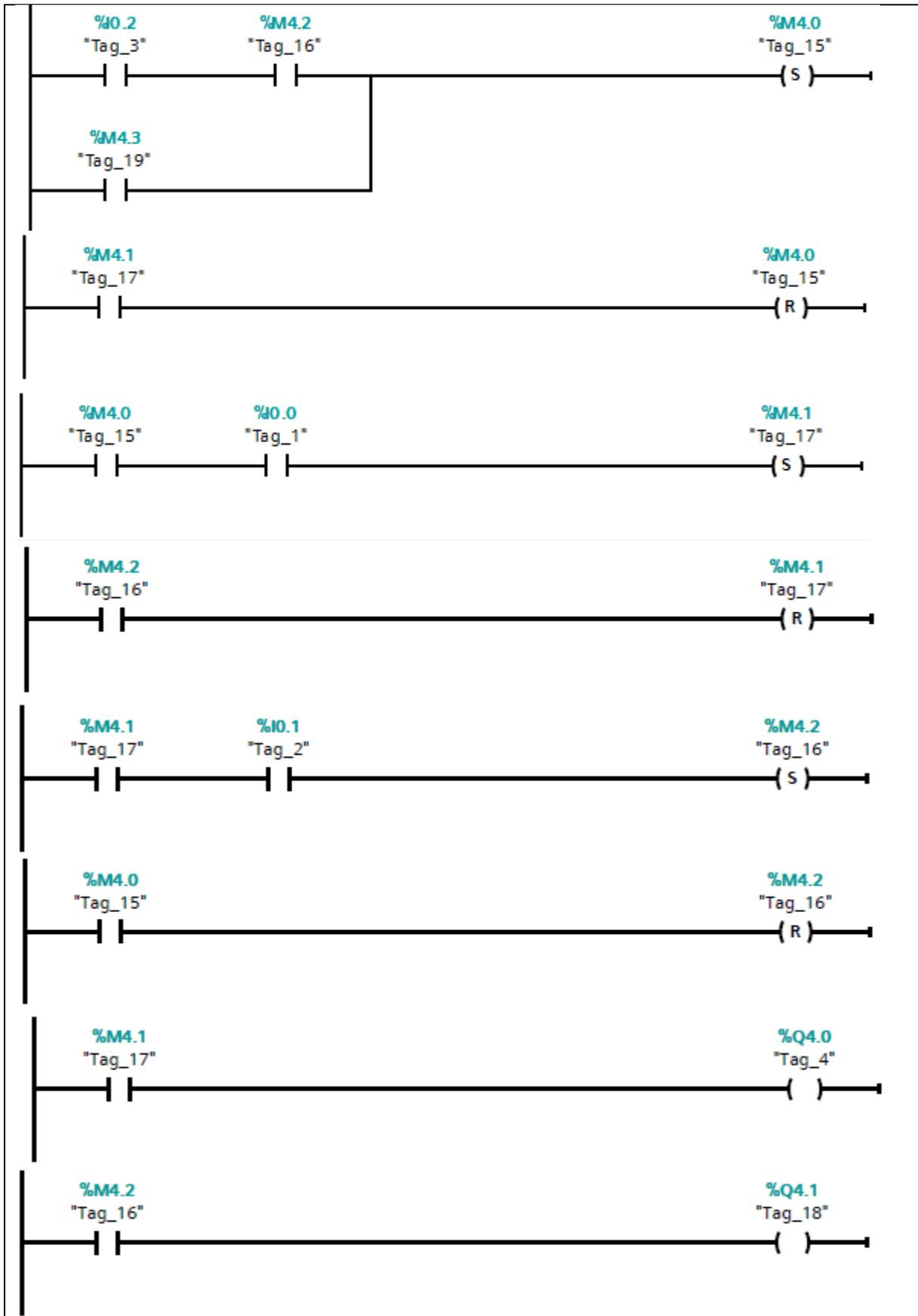
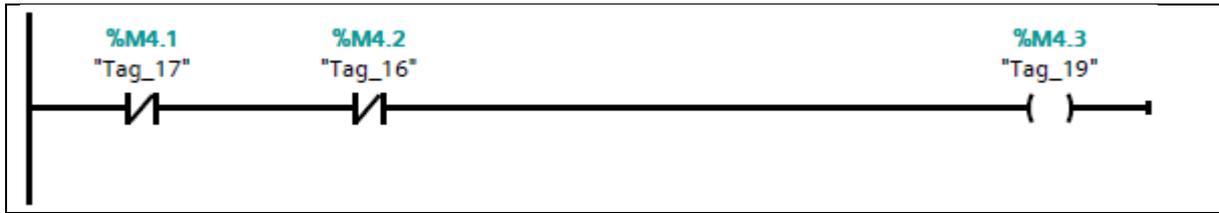


Tableau Mnémorique

Capteur	Adresse API
a	I0.0
b	I0.1
c	I0.2
Actionneur	Adresse API
Action 1	Q4.0
Action 2	Q4.1
Mémento	Adresse API
Etape 0	M4.0
Etape 1	M4.1
Etape 2	M4.2

Le programme en **Ladder Diagram** :





Chapitre V

CABLAGE DES SYSTEMES AUTOMATISEES

1. Introduction

Lors de la conception de l'armoire de commande de l'installation automatisée, on doit câbler les différents boutons poussoirs, capteurs et actionneurs sur les différentes entrées/sorties de votre automate. Il est donc important de savoir comment réaliser le câblage de chaque élément de commande sur l'automate que l'on doit utiliser (figure 5.1).



(Figure5.1)

La plupart des constructeurs d'automates fournissent dans leur manuel d'utilisation les schémas de câblage de leur contrôleur. Pour câbler les E/S de l'automate il faut se référer à la documentation du constructeur.

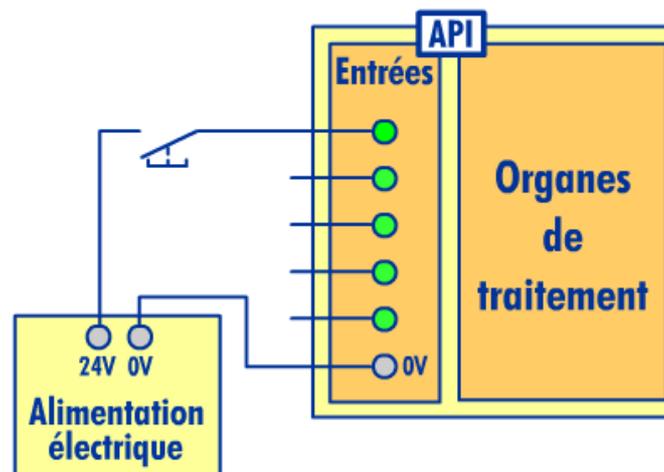
En fonction de l'architecture matérielle de l'automate, le câblage peut différer. Les constructeurs d'automates proposent dans leurs catalogues deux catégories d'automates : les automates compacts (qui ont une alimentation et des entrées/sorties intégrées) et des automates modulaires qui nécessitent des modules séparés pour assurer leur alimentation ou pour ajouter des entrées/sorties supplémentaires. Lors du câblage d'un automate, les entrées/sorties de l'automate doivent toujours être alimentées. On rencontre souvent pour ce qui est des entrées digitales du 24 VDC (d'autres tensions d'alimentation alternatives ou continues peuvent être utilisées en fonction du modèle de l'automate). Pour les sorties digitales, on rencontre souvent du 220-240 VAC, il faut cependant noter que l'on peut aussi

avoir une tension continue (DC) comme tension de sortie. Aussi les sorties digitales peuvent être de plusieurs types :

- Transistors, relais ou triacs. Les sorties relais ou contact sec sont les plus flexibles vu qu'elles peuvent actionner à la fois des actionneurs DC et AC. Les sorties de type relais sont néanmoins plus lentes (temps de commutation plus longue, environ 10 ms).
- Les modules de sortie de type relais sont généralement aussi plus chers. Cependant, les sorties de type relais sont plus puissantes et moins sensibles aux variations et pics de tensions.

1.1 Problématique du câblage du système automatisé ou robotisé :

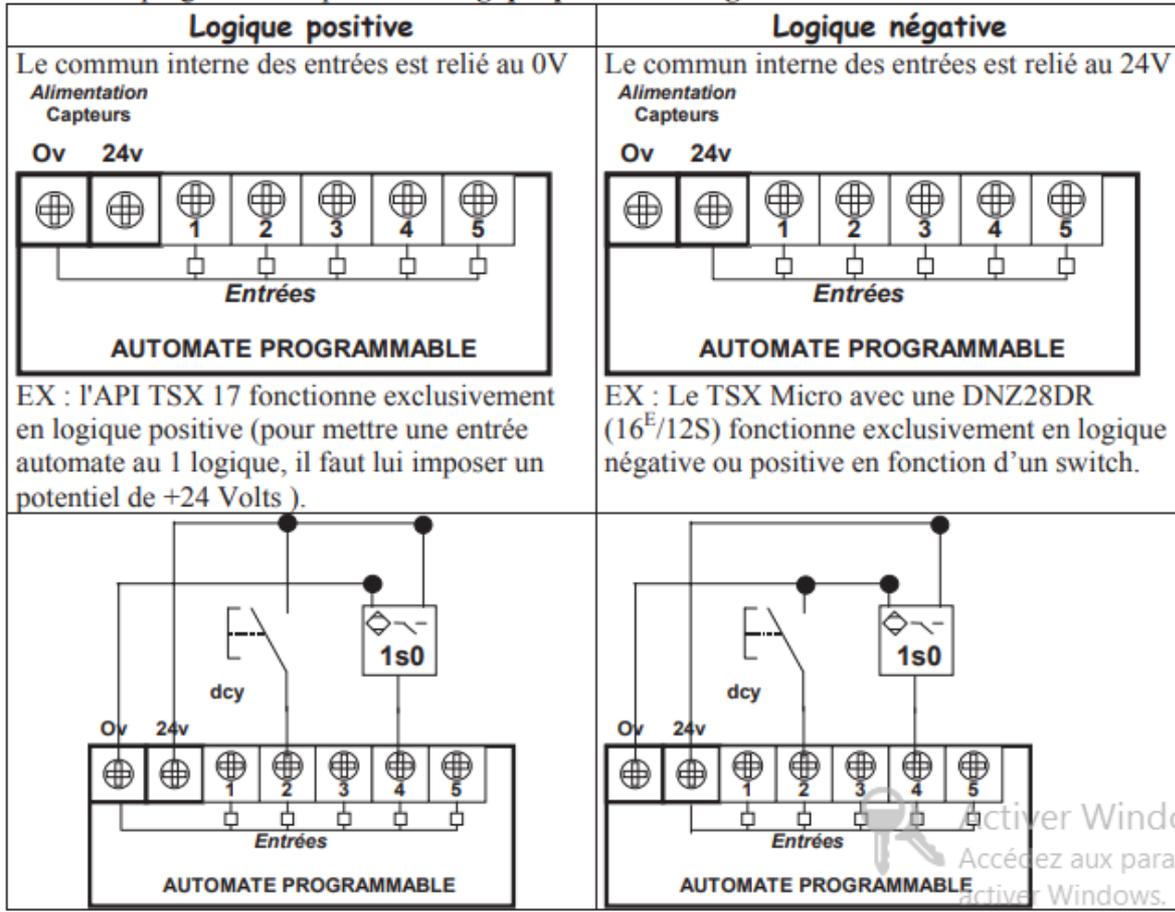
Les entrées de L'automate (API) doivent recevoir l'information sous forme d'un potentiel électrique (souvent 24V). (figure 5.2)



(figure 5.2)

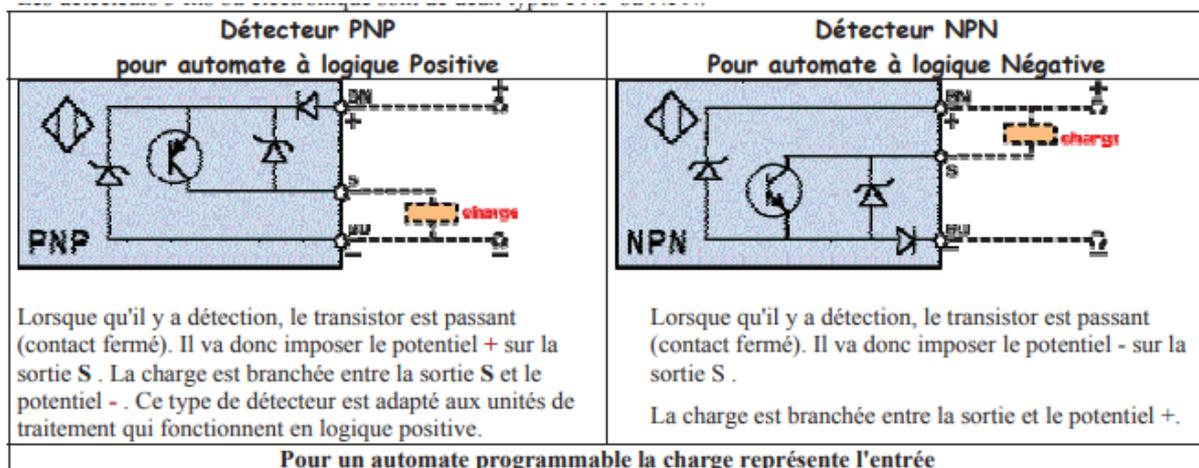
1.2 Branchement des entrées TOR :

Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers l'entrée choisie sur l'automate dès que l'information est présente. L'alimentation électrique peut être fournie par l'automate (en général 24V continu) ou par une source extérieure. (Dans nos TP l'alimentation est tjrs fournis par l'automate) Un automate programmable peut être à logique positive ou négative comme le montre le tableau suivant (figure 5.3) :



(figure 5.3)

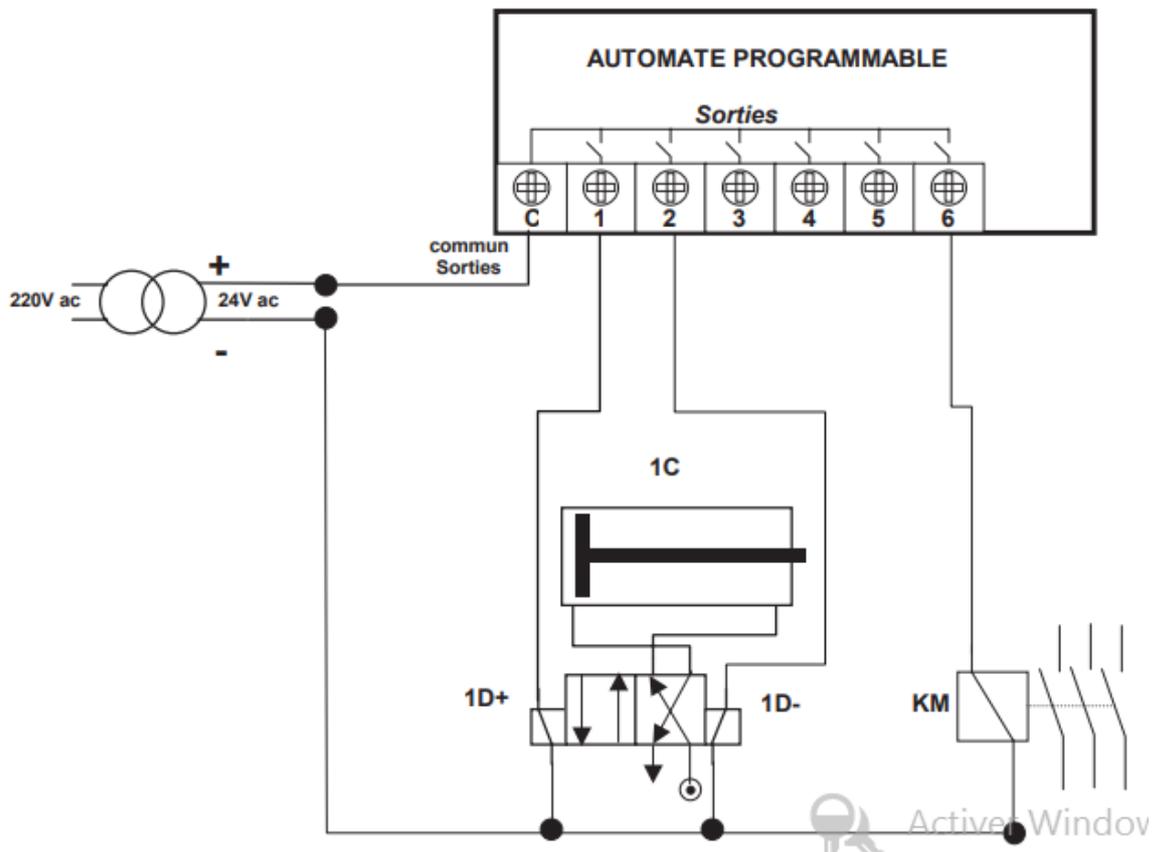
Les détecteurs doivent être de type NPN ou PNP pour chaque logique comme le montre le tableau suivant (figure 5.4):



(figure 5.4)

1.3 Branchement des Sorties TOR :

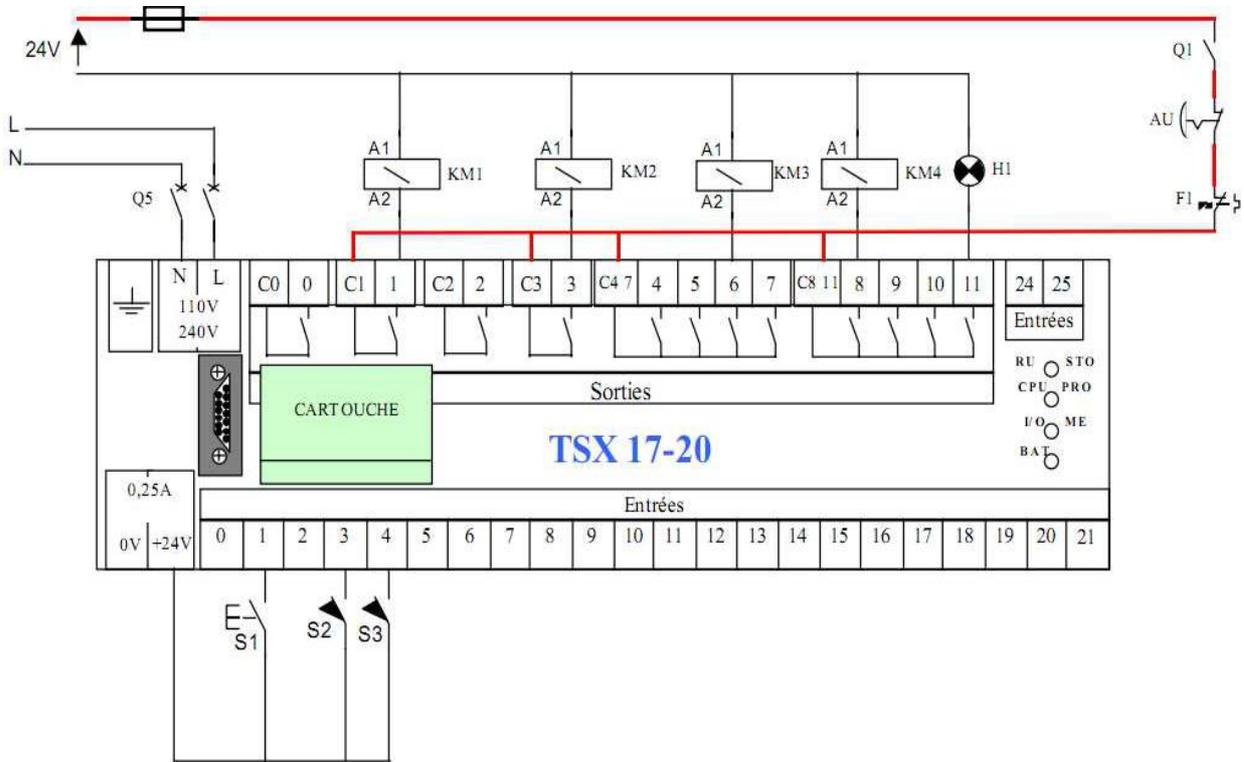
Le principe de raccordement consiste à envoyer un signal électrique vers le pré actionneur connecté à la sortie choisie de l'automate dès que l'ordre est émis. L'alimentation électrique est fournie par une source extérieure à l'automate programmable (figure 5.5)



(figure 5.5)

1.4 Exemple de câblage des capteurs et d'actionneur avec un Automate :

1.1.1 Exemple 1 (figure 5.6)

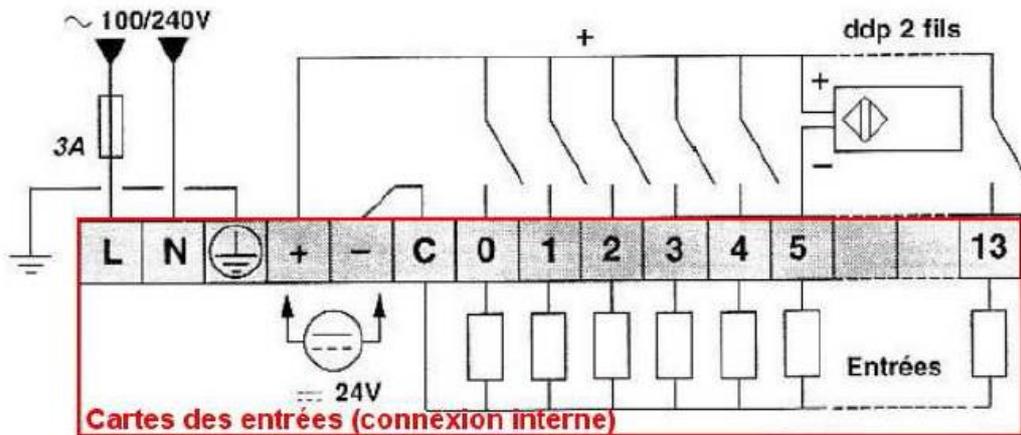


(figure 5.6)

1.1.2 Exemple 2 (figure 5.7)

Câblage des Entrées en logique Positive

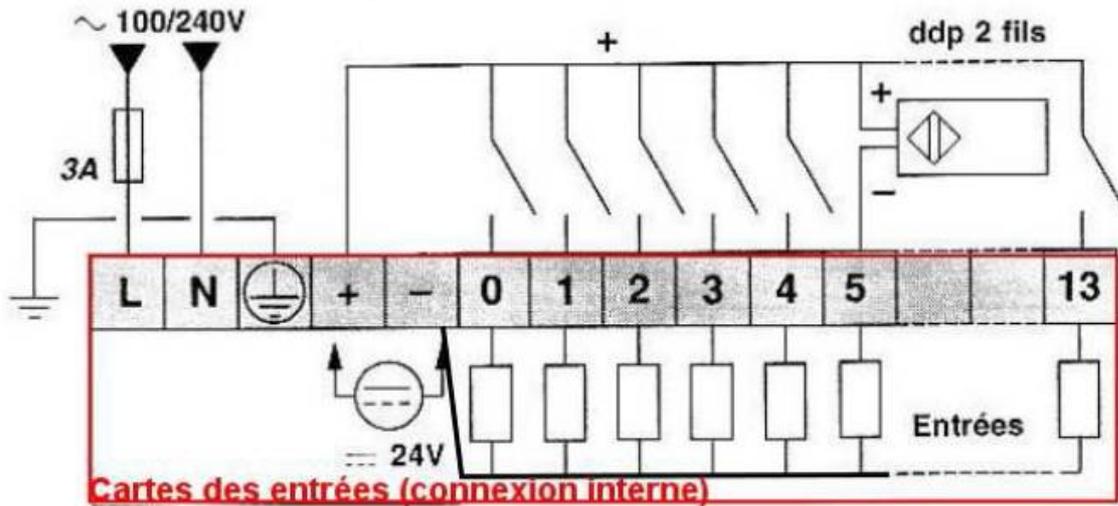
Exemple avec bornes communes des entrées à relier au potentiel « négatif ».



(figure 5.7)

1.1.3 Exemple 3(figure 5.8)

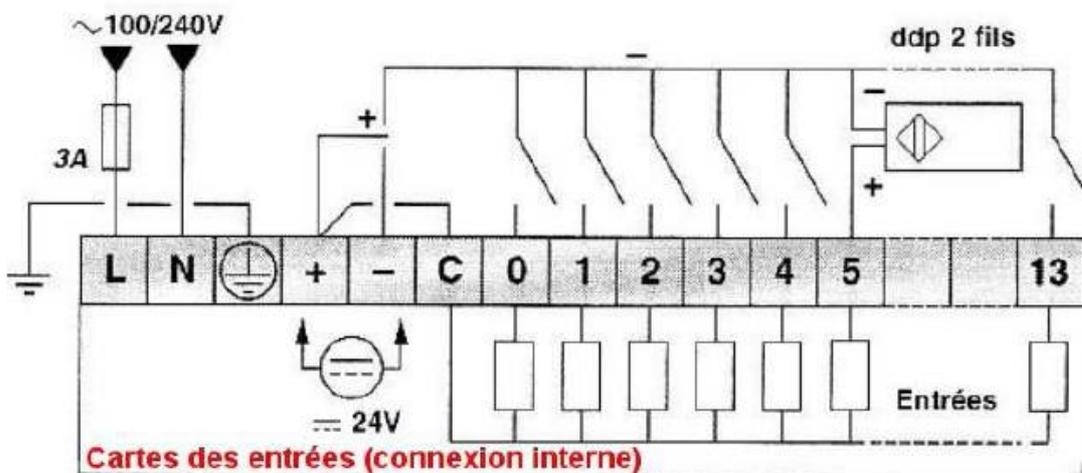
Exemple avec entrées pré-connectés, en interne, au potentiel « négatif ».



(figure 5.8)

1.1.4 Exemple 4: (figure 5.8)

Câblage des Entrées en logique Négative
Exemple avec bornes communes des entrées à relier au potentiel « positif ».



(figure 5.8)