

**PREMIERE PARTIE :**

**ETUDE DES SYSTEMES  
 AUTOMATISES DE  
 PRODUCTION (SAP)**

*Cette partie permet de comprendre la structure d'un Système Automatisé de Production et de définir les différentes parties de ce système. Un système de production est dit automatisé lorsqu'il peut gérer de manière autonome un cycle de travail préétabli qui se décompose en séquences et/ou en étapes. Les systèmes automatisés, utilisés dans le secteur industriel, possèdent une structure de base identique. Ils sont constitués de plusieurs parties plus ou moins complexes reliées entre elles :*

- la partie opérative (PO) ;
- la partie commande (PC) ou système de contrôle/commande (SCC) ;
- la partie relation (PR) de plus en plus intégrée dans la partie commande.

Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<b>LES SYSTEMES AUTOMATISES DE PRODUCTION (S.A.P)</b>	<b>CME</b>
--	---	------------

## 1) DEFINITIONS

### 1-1) Un système de production

#### a) Définition

Un système de production est un ensemble technique conçu pour permettre à l'Homme d'élaborer des biens destinés à satisfaire des besoins. D'une manière générale il opère sur des matières d'œuvres ou matières premières (MO) pour les faire passer d'un état initial à un état final (produit fini ou semi fini) : **Matière d'œuvre + valeur ajoutée.**

Le système de production est la première amélioration des conditions de travail en remplaçant l'énergie et souvent le savoir-faire humain par une machine.



#### b) Composition d'un système de production

Un système de production est essentiellement composé :

- ✓ D'éléments qui agissent directement sur la matière d'œuvre pour la faire passer en un produit utilisable : ce sont les **effecteurs** ;
  - ✓ De transformateurs des énergies en actions pour donner aux effecteurs les états ou mouvements nécessaires à la transformation de la matière : ce sont les **actionneurs** ;
  - ✓ D'éléments qui adaptent et distribuent les énergies aux actionneurs : ce sont des **pré-actionneurs**.
- Ces trois éléments forment un ensemble appelé partie opérative (PO).

### 1-2) Automatiser

« Faire fonctionner (quelque chose) sans recourir à une intervention active de l'homme ». C'est-à-dire substituer une machine, un ensemble de machines (électriques, électronique, mécanique...) ou un système à l'homme pour effectuer, sans assistance totale ou partielle, tout ou partie d'un travail déterminé.

### 1-3) Un système automatisé de production (SAP).

Un système automatisé de production est donc un ensemble technique capable de produire tout seul. La consigne de début d'action est délivrée par un opérateur ou par un objet technique élaborant des ordres de commande selon un modèle de savoir-faire humain, pour faire passer une matière d'œuvre d'un état initial à un état final. Ainsi, l'organisation et le fonctionnement de ces outils de production sophistiqués se rapprochent de plus en plus du comportement de l'homme :

- Les 5 sens de l'homme sont aujourd'hui reproduits par des **capteurs** et **détecteurs** appropriés.
- La réflexion, le raisonnement, le calcul et la déduction effectués par le cerveau humain sont exécutés par des **microprocesseurs électroniques...**
- La production de la force musculaire de travail est assurée par des **actionneurs**.

Prof : **M. ADIKO**  
**Automatisme**

Mat :

**LES SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE  
PRODUCTION (S.A.P)**

**CME**

## 2) OBJECTIFS DE L'AUTOMATISATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION

Les objectifs poursuivis par une automatisation peuvent être assez variés. On peut retenir quelques uns :

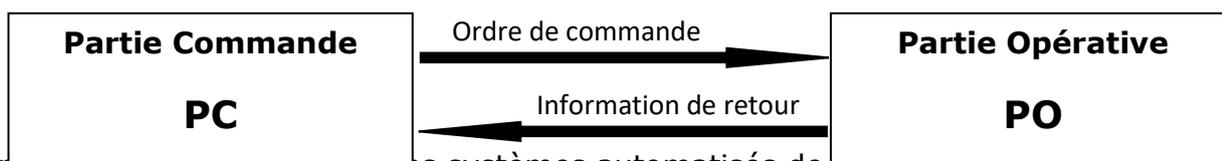
- ✓ La recherche de coûts plus bas, par réduction des frais de main-d'œuvre, d'économie de matière, d'économie d'énergie,...
- ✓ La suppression des travaux dangereux ou pénibles et l'amélioration des conditions de travail.
- ✓ La réalisation d'opérations impossibles à contrôler manuellement :
  - Assemblages miniatures ;
  - Opérations très rapides ;
  - Coordinations complexes.

## 3) STRUCTURE GENERALE D'UN SYSTEME AUTOMATISE

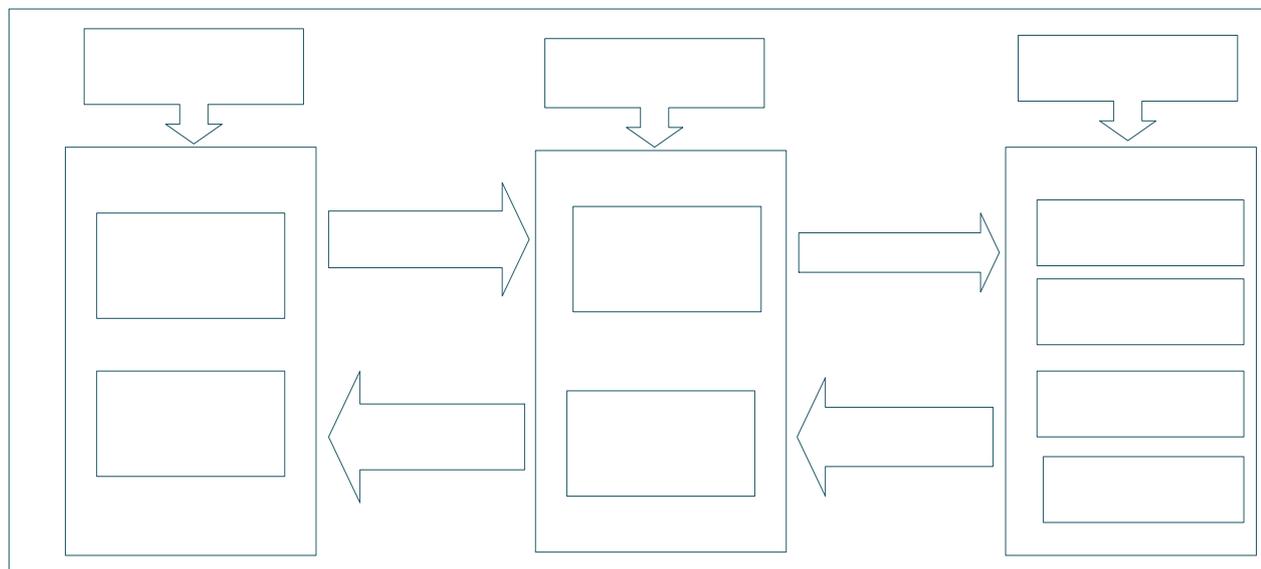
Les systèmes automatisés de production (SAP) se présentent sous des formes variées. Elles peuvent se résumer à :

- ✓ Une machine ;
- ✓ Une unité de production (ensemble de machines) ;
- ✓ Une usine (plusieurs unités de production)...

D'une façon générale, un système automatisé de production se décompose en deux (2) parties principales qui coopèrent: **la Partie Commande (PC)** et **la Partie Opérative (PO)**.



Mais pour faciliter leur analyse, les systèmes automatisés de production (SAP) sont divisés en trois (3) grandes parties : d'où la structure suivante :



Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

**LES SYSTEMES AUTOMATISES DE PRODUCTION (S.A.P)**

**CME**

### **3-1) La Partie Relation (PR)**

Organe de dialogue elle comporte le pupitre de dialogue homme-machine équipé des organes de commande permettant la mise en/hors énergie de l'installation, la sélection des modes de marche, la commande manuelle des actionneurs, la mise en référence, le départ des cycles, l'arrêt d'urgence... ainsi que des signalisations diverses telles que voyants lumineux, afficheurs, écrans vidéo, Klaxons, sonneries, etc.

#### **3-1-1) Pupitre de commande**

Il est constitué des auxiliaires de commande manuelle ; notamment :

- ✓ Les boutons poussoirs
- ✓ Les boutons rotatifs et autres commutateurs à plusieurs positions
- ✓ Les interrupteurs
- ✓ Les claviers à touches
- ✓ Les verniers de réglage
- ✓ Etc.

#### **3-1-2) Pupitre de signalisation**

Il est constitué des auxiliaires de signalisation visuelle et sonore ; notamment :

- ✓ les voyants
- ✓ Les sonneries et autres avertisseurs
- ✓ Les écrans d'affichage numérique ou analogique
- ✓ Etc.

**Remarques :** La PR des SAP a beaucoup bénéficié des avancées de la micro-informatique. C'est ainsi qu'il existe aujourd'hui des pupitres opérateurs de **supervision** qui intègrent le pupitre de commande et le pupitre de signalisation.

### **3-2) La Partie Commande (PC)**

Véritable « cerveau », la **Partie Commande** se situe au centre de la technologie du **SAP**. Elle coordonne les actions, c'est-à-dire l'ensemble des moyens de traitement des informations et de communication permettant la commande et le pilotage des parties opératives.

Cette partie commande est réalisable selon deux (2) logiques.

#### **3-2-1) La logique câblée**

Elle comporte trois (3) technologies :

- ✓ La technologie pneumatique ;
- ✓ La technologie électrique ;
- ✓ La technologie électronique.

Ces trois technologies reposent sur le câblage de composants divers tels que :

- ✓ Les Relais d'automatisme
- ✓ Les temporisateurs
- ✓ Les compteurs
- ✓ Les cartes électroniques
- ✓ Etc.

Peu souple, la logique câblée est de moins utilisée au profit de la logique programmée.

Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

**LES SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE PRODUCTION (S.A.P)**

**CME**

### 3-2-2) La logique programmée

Contrairement à la logique câblée, c'est à travers un programme qu'on traduit ou définit la gestion du SAP. Les supports matériels de cette gestion sont variés :

- ✓ Les Automates Programmables Industriels (API) ;
- ✓ Les microordinateurs ;
- ✓ Les microsystèmes spécifiques (kit à microprocesseur).

Mais les API sont plus adaptés pour la gestion des SAP.

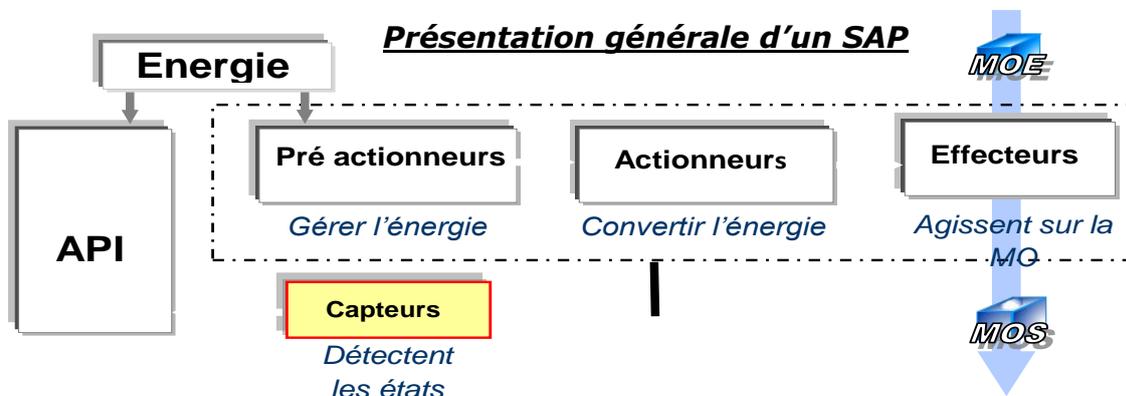
**Remarque** : Quelque soit la logique utilisée, la **PC** traite les instructions et les consignes émis par la PR et délivre des ordres vers la **PO** qui, en retour la renseigne sur son état afin d'adapter les ordres au fonctionnement souhaité.

La **PC** délivre aussi des informations de signalisation vers la **PR**.

### 3-3) La Partie Opérative (PO)

La **Partie Opérative (PO)** aussi appelé « processus » ou « partie puissance », est le siège des actions. Elle élabore la valeur ajoutée par transformation de la matière d'œuvre. Elle comporte à cet effet :

- ✓ **les effecteurs** : dispositifs terminaux qui agissent directement sur la matière d'œuvre pour lui donner sa valeur ajoutée (outils de coupe, pompes, têtes de soudure, etc.) ;
- ✓ **les actionneurs** : éléments chargés de convertir l'énergie afin de l'adapter au besoin de la partie opérative ; cette énergie étant ensuite consommée par les effecteurs (moteur, vérin, électroaimant, résistance de chauffage, etc.) ;
- ✓ **les pré-actionneurs** : éléments chargés :
  - d'adapter le faible niveau énergétique disponible en sortie de la P.C. au besoin de la P.O ;
  - de distribuer ou de moduler l'énergie délivrée aux actionneurs (contacteur, distributeur, variateur de vitesse,...).
- ✓ **les capteurs** qui assument l'ensemble des fonctions de la chaîne d'acquisition de données (fin de course de vérin, détecteur de position, capteur de température, etc.)

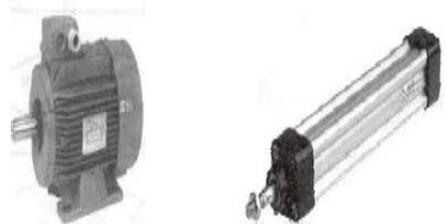
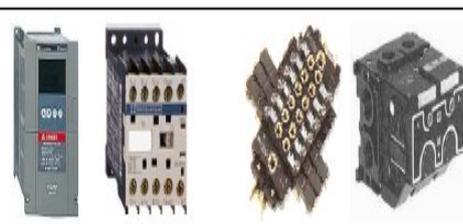


Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

**LES SYSTÈMES AUTOMATISÉS DE PRODUCTION (S.A.P)**

**CME**

**EXEMPLES DE COMPOSANTS CONSTITUANTS UN SAP**

Diagramme fonctionnel	Exemples	Commentaires
<p><b>EFFECTEUR</b></p> <p>Matière d'oeuvre → <b>AGIR Sur la M.O.</b> → Matière d'oeuvre</p> <p>↓ W2</p>	<p>Fraise, Foret, Mors d'étau, pince de robot...</p> 	<p>Les effecteurs sont multiples et variés et sont souvent conçus spécialement pour s'adapter à l'opération qu'ils ont à réaliser sur la Matière d'oeuvre.</p> <p>Ils reçoivent leur énergie des actionneurs.</p>
<p><b>ACTIONNEUR</b></p> <p>Energie d'entrée (W1) → <b>CONVERTIR L'énergie</b> → Energie utile (W2)</p>		<p>Convertissent l'énergie qu'ils reçoivent des pré-actionneurs en une autre énergie utilisée par les effecteurs. Ils peuvent être Pneumatiques, Hydrauliques ou Electriques</p>
<p><b>PRE-ACTIONNEUR</b></p> <p>Energie du réseau (W1) → <b>DISTRIBUER L'énergie</b> → Energie distribuée à l'actionneur</p> <p>↓ Pilotage</p>	 <p>Variateur    Contacteur    Distributeurs</p>	<p>Distribuent l'énergie aux actionneurs à partir des ordres émis par la PC.</p>
<p><b>CAPTEUR</b></p> <p>Information source → <b>DETECTER MESURER Une grandeur</b> → Information image</p>		<p>Renseignent la PC sur l'état de la PO, Ils peuvent détecter des positions, des pressions, des températures, des débits...</p> <p>Peuvent être électriques ou pneumatiques.</p> <p>Signaux du type TOR, Analogique ou Numérique.</p>
<p><b>TRAITEMENT</b></p> <p>Signal d'entrée (capteurs, consignes...) → <b>TRAITER L'information</b> → Signal de sortie</p> <p>Pilotage des préactionneurs, signalisation...</p>	 <p>Automate    Séquenceur pneumatique    Cellules logiques</p>	<p>Dans les systèmes modernes, l'API assure de plus en plus cette fonction.</p> <p>Certains systèmes purement pneumatiques peuvent être contrôlés par des séquenceurs ou des fonctions logiques.</p>

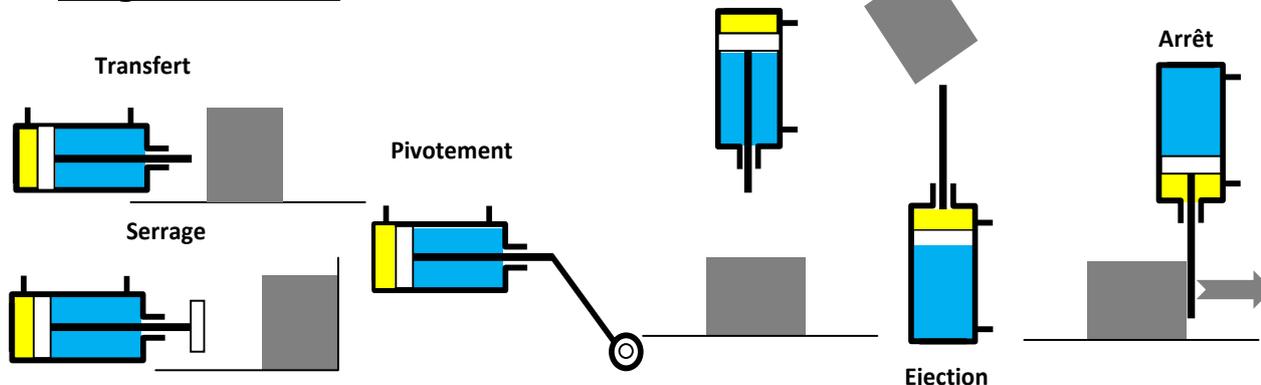
<p>Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b></p>	<p>Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES EFFECTEURS ET LES ACTIONNEURS</u></b></p>	<p><b>CME</b></p>
<p><b>1) DEFINITIONS</b></p> <p><b>1-1) Les effecteurs</b> Les effecteurs sont généralement des organes mécaniques (dispositifs terminaux) qui sont en contact direct avec la matière d'œuvre dans l'élaboration de la valeur ajoutée. Comme effecteur nous avons entre autre : lame de scie, forêt d'une perceuse, les pales d'un ventilateur...</p> <p><b>1-2) Les actionneurs</b> Ce sont les machines qui vont produire l'énergie mécanique nécessaire à l'entraînement des effecteurs. Dans certains cas, ce sont des organes qui vont produire une autre forme d'énergie pour la réalisation de la valeur ajoutée. A cet effet, les actionneurs sont variés par rapport à la source d'énergie utilisée.</p> <p><b>2) LES DIFFERENTS TYPES D'ACTIONNEURS</b></p> <p>On dispose essentiellement de deux types d'actionneurs qui sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les actionneurs électriques ;</li> <li>✓ Les actionneurs pneumatiques.</li> </ul> <p><b>2-1) Les actionneurs électriques</b></p> <p>Ils en existent une multitude permettant d'obtenir des mouvements de rotation à partir de l'énergie électrique.</p> <p><b>2-1-1) Les moteurs asynchrones</b> Les actionneurs électriques les plus utilisés dans la partie opérative des S.A.P sont les moteurs asynchrones (MAS) ; ils représentent environ 80% des moteurs électriques utilisés dans l'industrie compte tenu de la simplicité de sa construction et de la facilité de son démarrage. Il faut distinguer à cet effet les différents types.</p> <p><b>2-1-2) Les moteurs à courant continu</b> Il s'agit ici des moteurs à courant continu à faible inertie qui vont servir dans l'industrie textile. A côté de ceux-ci, on a les moteurs à courant continu à forte inertie utilisés dans les systèmes asservis de moyenne puissance.</p> <p><b>2-2) Les actionneurs pneumatiques</b></p> <p>Dans la partie opérative des systèmes automatisés de production, les principaux actionneurs pneumatiques sont les vérins pneumatiques. Ces derniers utilisent l'énergie de l'air sous pression pour produire un mouvement de déplacement rectiligne ou rotatif (Un vérin pneumatique est un actionneur linéaire dans lequel l'énergie de l'air comprimé est transformée en travail mécanique). On distingue essentiellement les vérins simples effets et les vérins doubles effets. Il existe cependant à coté de ces deux principaux types de vérin des vérins rotatifs et des vérins sans tige.</p>		

Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants des  
SAP : **LES EFFECTEURS ET LES ACTIONNEURS**

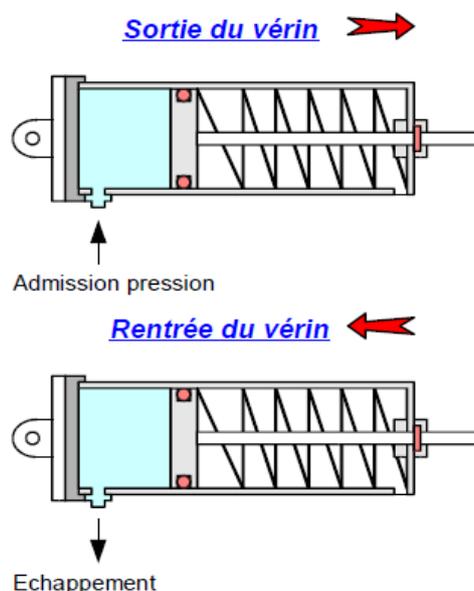
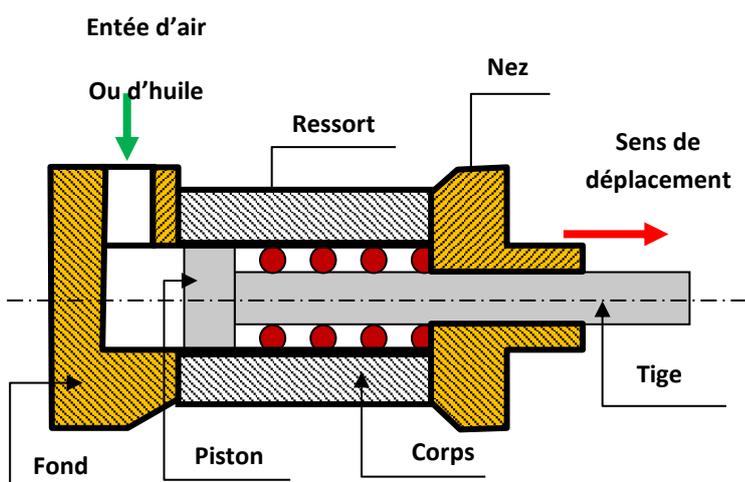
**CME**

**Usage des vérins**



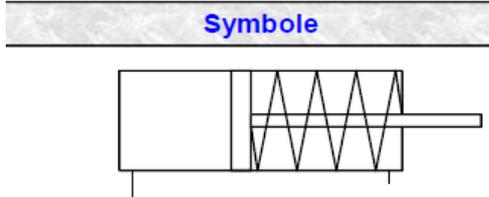
**2-2-1) Vérins simple effet**

Ce type de vérin ne peut développer un effort que dans un seul sens. Le retour dans la position initiale est réalisé à l'aide d'un ressort de rappel.



**Fonctionnement :**

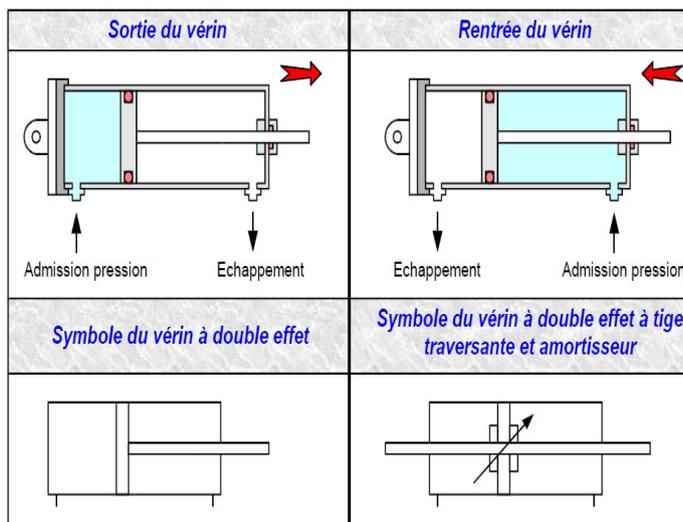
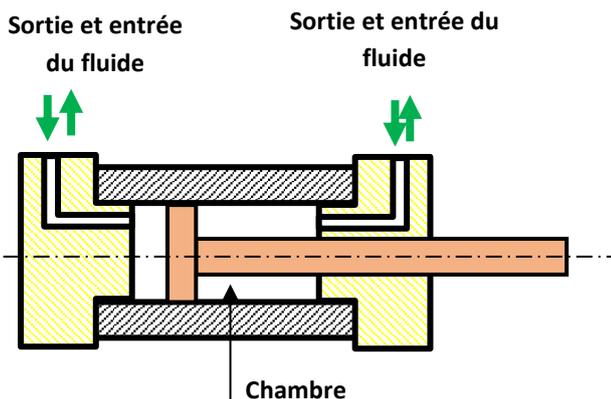
L'ensemble tige-piston se déplace dans un seul sens sous l'action de l'air sous pression. Le retour est effectué par un autre moyen que l'air comprimé : ressort. Pendant le retour, l'orifice d'admission de l'air comprimé est mis à l'échappement. Il est assimilé à un mono stable. Pour maintenir la tige sortie, il faut toujours maintenir la pression.



<p>Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b></p>	<p>Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES EFFECTEURS ET LES ACTIONNEURS</u></b></p>	<p><b>CME</b></p>
--	--	-------------------

**2-2-2) Vérin double effet**

Ce type de vérin permet de transmettre des efforts dans les deux sens : quand la tige du vérin sort et quand elle rentre.



Un piston muni d'une tige se déplace librement à l'intérieur d'un tube. Pour faire sortir la tige, on applique une pression sur la face avant du piston, et sur la face arrière pour faire rentrer la tige.

Désignation :

**Sortie vérin  $C^+$ , Entrée vérin  $C^-$**

**Tableau récapitulatif**

Vérin simple Effet	Vérin Double Effet.
<p>La sortie de la tige est obtenue par injection d'air dans la chambre arrière du vérin</p>	<p>La sortie de la tige est obtenue par injection d'air dans la chambre arrière du vérin</p>
<p>La rentrée de la tige est obtenue grâce au ressort de rappel</p>	<p>La rentrée de la tige est obtenue par injection d'air dans la chambre avant du vérin</p>
<p>Le vérin ne produit un effort qu'en phase de sortie de tige. Il peut uniquement « POUSSER »</p>	<p>Le vérin produit un effort en phase de sortie de tige et de rentrée de tige. Il peut « POUSSER » et « TIRER »</p>

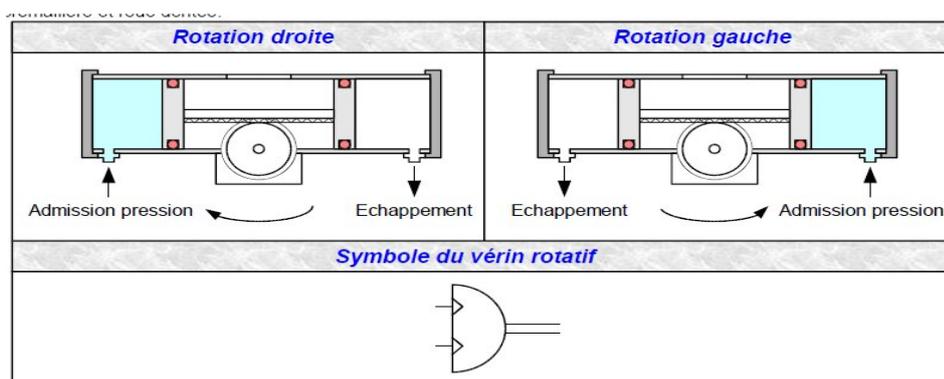
Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :  
**LES EFFECTEURS ET LES  
ACTIONNEURS**

**CME**

### 2-2-3) Vérin rotatif

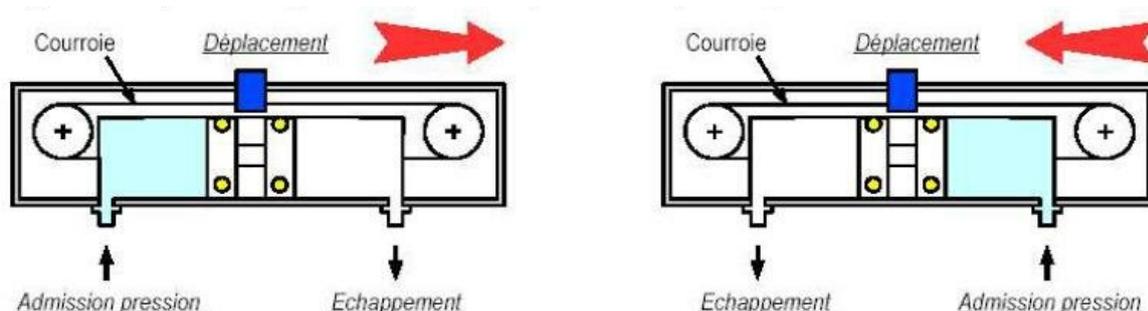
Ce type de vérin permet de transformer un mouvement de translation en un mouvement de rotation par un système crémaillère et roue dentée.



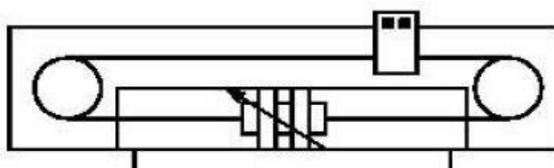
### 2-2-3) Vérin sans tige

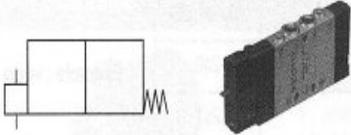
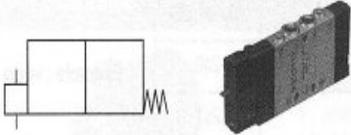
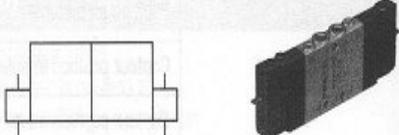
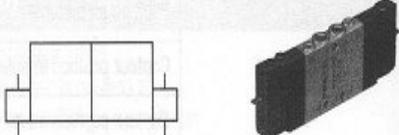
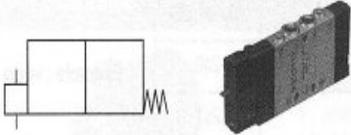
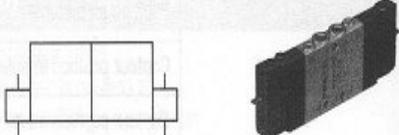
Le piston est fixé sur un courroie munie de deux poulies aux extrémités du vérin. Sur la courroie est fixé le support qui doit être déplacé.

Ce type de vérin permet une grande longueur de déplacement de pièces légères.



> Symbole :



Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<i>Etude technologique des principaux constituants des</i> SAP : <b><u>LES PRÉ-ACTIONNEURS</u></b>	<b>CME</b>											
<b>1) DEFINITION</b>													
Un pré-actionneur est un organe de relation entre la partie commande et la partie opérative. Il permet :													
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ d'adapter le faible niveau énergétique disponible en sortie de la P.C. au besoin de la P.O ;</li> <li>✓ de distribuer ou de moduler l'énergie délivrée aux actionneurs (contacteur, distributeur, variateur de vitesse,...).</li> </ul>													
C'est donc un distributeur d'énergie.													
<b>2) LES DIFFERENTS TYPES DE PRÉ-ACTIONNEURS</b>													
On dispose essentiellement de deux types de pré-actionneurs qui sont :													
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Les pré-actionneurs électriques ;</li> <li>✓ Les pré-actionneurs pneumatiques.</li> </ul>													
<b>2-1) Les pré-actionneurs électriques</b>													
On appelle pré-actionneur électrique tout élément de la partie opérative d'un S.A.P permettant la distribution de l'énergie électrique nécessaire à la réalisation des actions. Il s'agit généralement des relais électromagnétiques (pour les faibles intensités) et des contacteurs (pour fortes intensités).													
<b>2-2) Les pré-actionneurs pneumatiques</b>													
Utilisé comme principal pré-actionneur associé aux vérins, le distributeur a pour fonction essentielle de distribuer l'énergie pneumatique (l'air) nécessaire aux déplacements des tiges des vérins. C'est donc un robinet directionnel qui dirige l'air issu des organes de génération, selon les besoins du circuit.													
On distingue deux(02) types de distributeurs :													
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Le distributeur mono stable</b> : avec ressort de rappel</li> <li>✓ <b>Le distributeur bistable</b> : sans ressort de rappel</li> </ul>													
<b>Monostable</b> : L'évènement est maintenu tant que la stimulation est présente. En absence de stimulation l'ensemble revient à son état de repos. On parle aussi de simple effet dans le cas des vérins.													
<b>Bistable</b> : Une première stimulation active l'évènement, une deuxième la désactive. Dans le cas des vérins, on parle aussi de double effet.													
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Distributeur monostable</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Un ordre pour passer du repos au travail Retour automatique en position repos</td> </tr> </table>	Distributeur monostable				Un ordre pour passer du repos au travail Retour automatique en position repos		<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Distributeur bistable</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Un ordre pour passer du repos au travail. Un ordre pour passer du travail au repos.</td> </tr> </table>	Distributeur bistable				Un ordre pour passer du repos au travail. Un ordre pour passer du travail au repos.	
Distributeur monostable													
													
Un ordre pour passer du repos au travail Retour automatique en position repos													
Distributeur bistable													
													
Un ordre pour passer du repos au travail. Un ordre pour passer du travail au repos.													

Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES PRE-ACTIONNEURS</u></b>	<b>CME</b>
--	---	------------

### 2-2-1) Désignation et symbolisation

Un distributeur sera désigné par le nombre d'ORIFICES qu'il comporte (nombre d'orifices par case) et le nombre de positions pouvant être occupées par le tiroir (nombre de cases). La symbolisation complète d'un distributeur tient compte de trois fonctions :

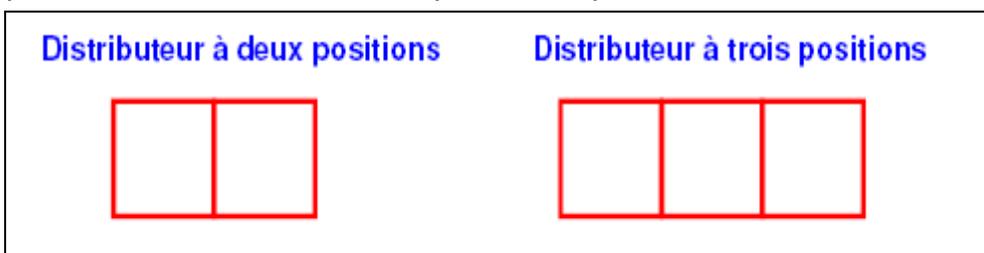
- ✓ **Les positions** : chaque position est représentée par une case.
- ✓ **Les orifices**, c'est-à-dire le nombre de liaisons qu'il peut avoir avec son environnement (pression ou admission, sortie ou vers vérin, échappement).

On remarquera que la désignation d'un distributeur prend en compte ces deux premières fonctions : distributeur 3/2 (3 orifices ; 2 positions)

- ✓ **L'organe de commande** qui précise la manière dont le distributeur est piloté.

#### a) Les positions

Chaque position du distributeur est symbolisée par un carré.



#### b) Les orifices

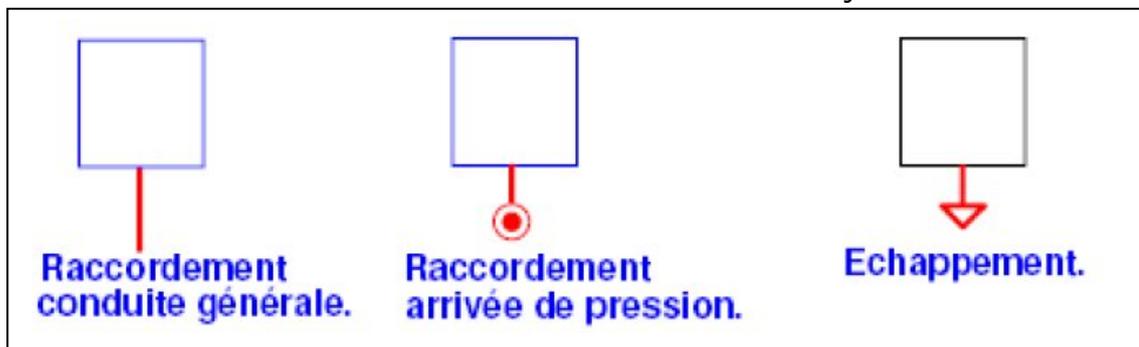
**Les orifices** d'un distributeur sont repérés par des **chiffres** :

**Alimentation** est repérée par le chiffre **1** (pour la pression par exemple) ;

**Chiffres impairs** désignent l' Echappements (**3** pour le premier échappement et **5** pour le second) ;

**Chiffres pairs** désignent les Sorties vers l'organe à commander (**2** et **4**).

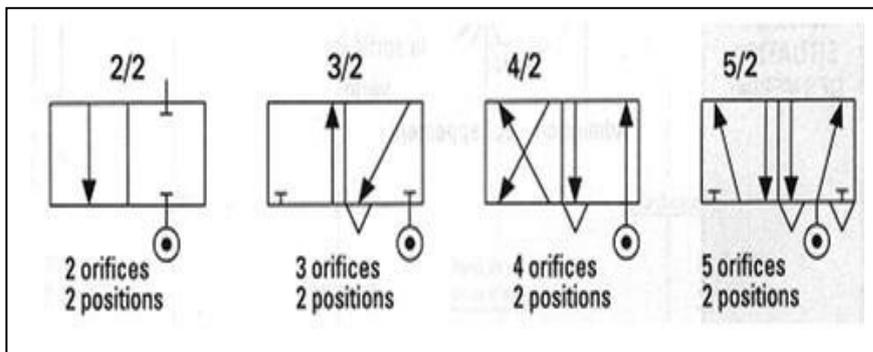
La symbolisation du raccordement des orifices s'effectue de la façon suivante.



**Remarque** : Les canalisations aboutissent à la case représentant la position initiale

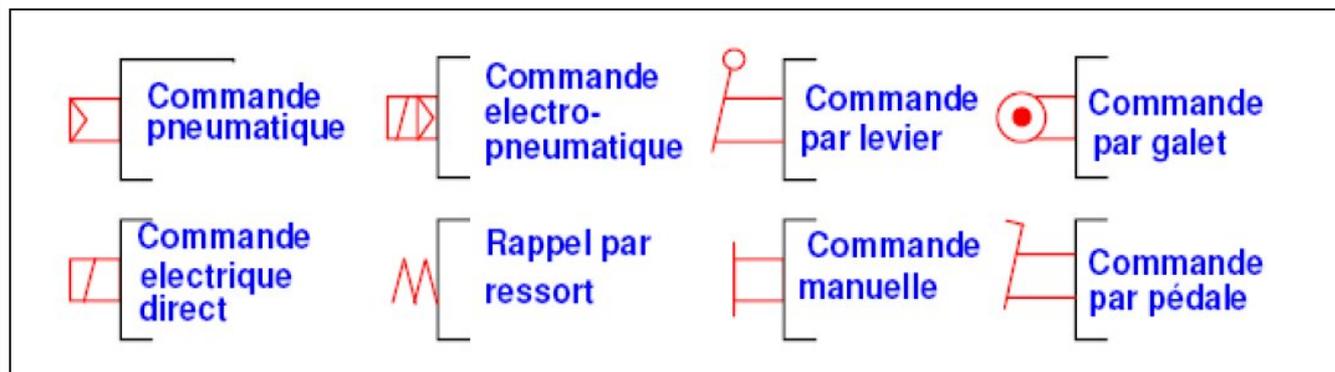
Prof : <b>M. ADIKO</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP :	<b>CME</b>
Mat : <b>Automatisme</b>	<b>LES PRE-ACTIONNEURS</b>	

Une possibilité de passage du fluide est symbolisée par une flèche indiquant le sens de circulation. Un blocage du fluide est symbolisé par un "T".



**c) L'organe de commande**

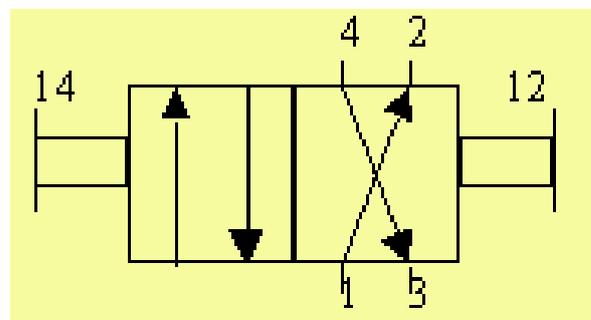
La représentation des différents types de commande, s'ajoute de chaque coté du symbole de base.



**Repérage des pilotes :**

Les pilotes sont repérés par deux chiffres identifiant la communication entre l'orifice d'alimentation 1 et l'orifice d'utilisation. Le pilote permettant d'alimenter l'orifice 2 est repéré 12 et le pilote permettant d'alimenter l'orifice 4 est lui repéré 14. Dans le cas d'un distributeur 3/2 bistable une des deux positions interdit la communication de l'alimentation, dans ce cas le pilote correspondant est repéré 10.

**Exemple :** Dans certains cas, une numérotation des distributeurs permet de connaître les liaisons pneumatiques établies. Ici, en alimentant la bobine **14**, l'orifice **1** est relié à l'orifice **4**. En alimentant **12**, **1** est relié à **2**.



Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :  
**LES PRE-ACTIONNEURS**

**CME**

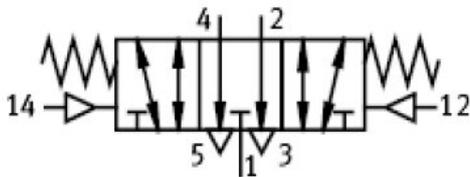
**d) Règles de câblage**

- ✓ Il ne faut représenter les connexions que sur **UNE SEULE CASE**
- ✓ Dans le cas d'un distributeur 3/2 ou 4/2 l'alimentation se fait par l'orifice de **GAUCHE** de la case concernée par les connexions.
- ✓ On représente le distributeur dans la position du **pilotage actif** sur le schéma. Ce n'est donc pas forcément la position de rappel par le ressort
- ✓ L'état de la tige du vérin doit être **en rapport** avec la position du distributeur.

**e) Principaux distributeurs et principaux dispositifs de pilotage**

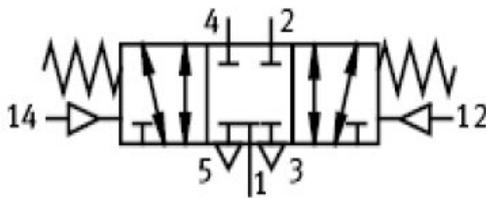
En plus des distributeurs usuels, (2/2, 3/2, 4/2) Il existe des distributeurs à 3 positions dont la position centrale sert à maintenir la tige du vérin dans une position souhaitée

- Pour des applications particulières on peut utiliser un distributeur **5/3 à centre ouvert** pour alimenter un VDE. Ce distributeur possède une position centrale repos qui permet de relier les deux chambres du vérin à l'échappement.



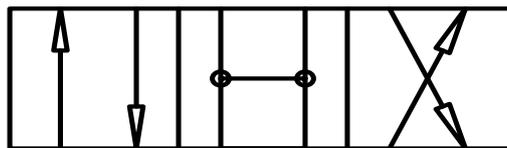
**Symbole d'un distributeur 5/3 centre ouvert**

- Pour des applications particulières on peut utiliser un distributeur **5/3 à centre fermé** pour alimenter un VDE. Ce distributeur possède une position centrale repos qui permet de fermer les deux chambres du vérin ce qui a pour effet de bloquer le vérin dans sa position.



**Symbole d'un distributeur 5/3 centre fermé**

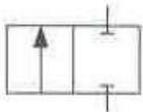
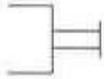
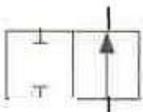
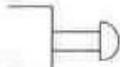
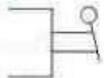
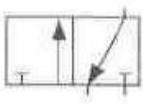
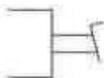
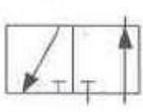
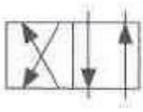
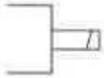
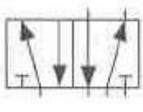
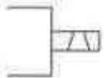
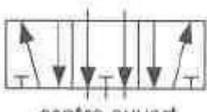
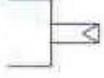
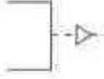
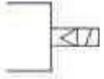
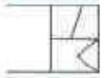
- Distributeur **4/3**



Prof : **M. ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
 des SAP :  
**LES PRE-ACTIONNEURS**

**CME**

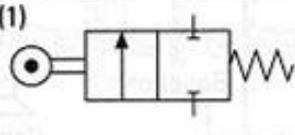
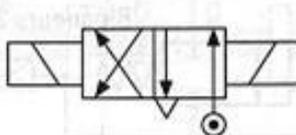
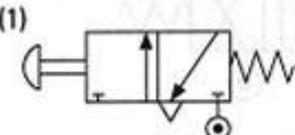
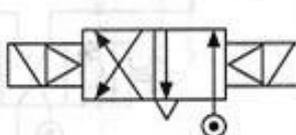
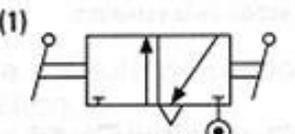
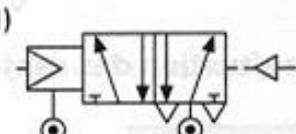
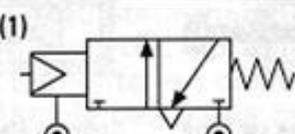
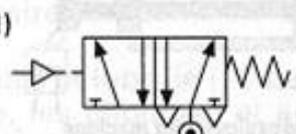
	symbole	orifices	positions	symboles de pilotages	
2/2	 N.F.	2	2		manuel
2/2	 N.O.	2	2		
					
3/2	 N.F.	3	2		mécanique
3/2	 N.O.	3	2		
					
4/2		4	2		électro-aimant
5/2		5	2		
4/3	 centre fermé	4	3		distributeur pilote
5/3	 centre ouvert	5	3		
					
					
					

N.F. : normalement fermé  
 N.O. : normalement ouvert

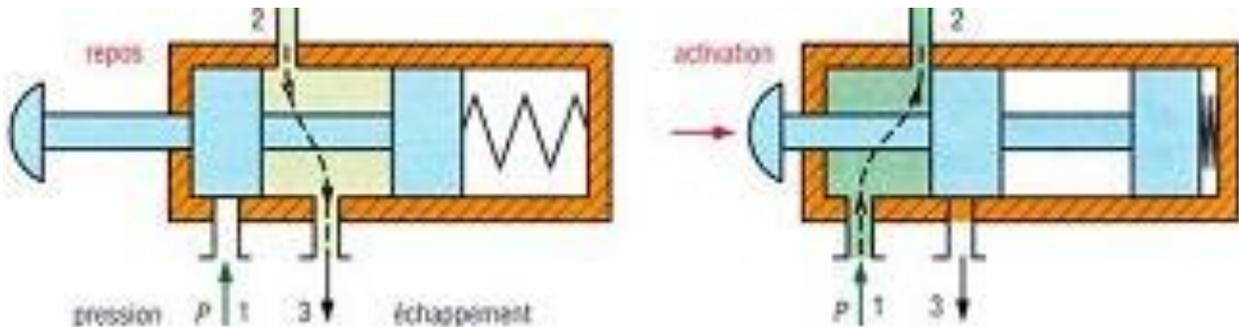
Prof : **M. ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
 des SAP :  
**LES PRE-ACTIONNEURS**

**CME**

Exemples de symbolisations complètes (NF normalement fermé) (1)			
(1) 	Distributeur 2/2 Commande par galet Rappel par ressort		Distributeur 4/2 Commande électromagnétique Rappel électromagnétique
(1) 	Distributeur 3/2 Commande par bouton-poussoir Rappel par ressort		Distributeur 4/2 Commande électropneumatique Rappel électropneumatique
(1) 	Distributeur 3/2 Commande par levier Rappel par levier	(1) 	Distributeur 5/2 Commande pneumatique Rappel par pression
(1) 	Distributeur 3/2 Commande pneumatique Rappel par ressort	(1) 	Distributeur 5/2 Commande par pression Rappel par ressort

**2-2-2) Fonctionnement des distributeurs**  
**a) Fonctionnement en monostable**



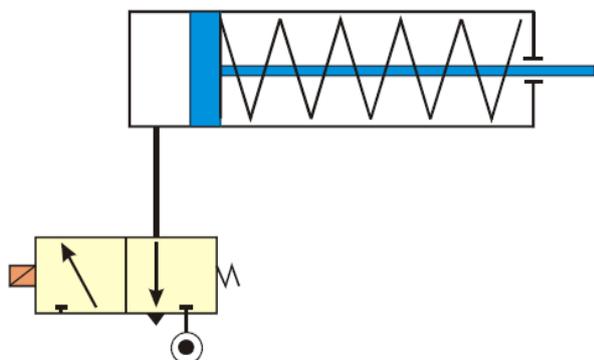
**Distributeurs monostable pour vérin simple effet :**

En présence d'un Vérin simple effet au minimum 3 orifices suffisent, un pour la chambre du vérin, un pour la pression et un pour l'échappement. D'où l'utilisation d'un distributeur 3/2 à trois orifices (pression, sortie, échappement) et deux positions.

Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :  
**LES PRE-ACTIONNEURS**

**CME**

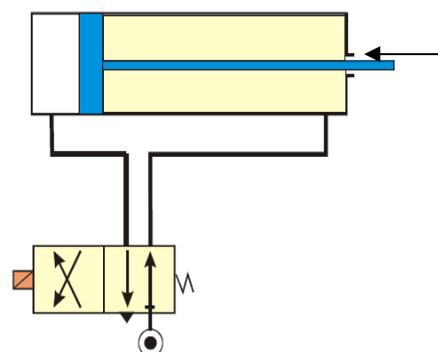
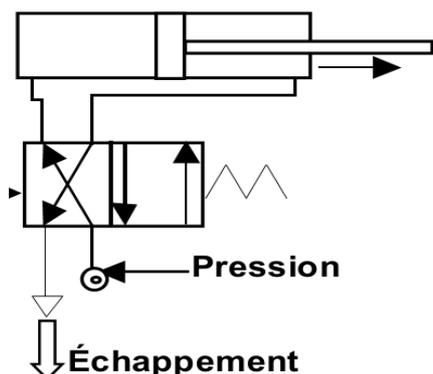


**Fonctionnement :**

L'alimentation de la bobine du distributeur provoque la sortie de la tige du vérin. L'absence d'alimentation provoque le retour à la position de repos grâce au ressort de rappel.

**Distributeur monostable pour vérin double effet**

Un vérin double effet comporte deux orifices sur lesquels il faut alterner les états de pressions et d'échappement, le distributeur utilisé doit comporter deux orifices de sorties. Exemple d'un distributeur 4/2 à quatre orifices (pression, sortie 1, sortie 2, échappement) et deux positions selon la figure ci-dessous :

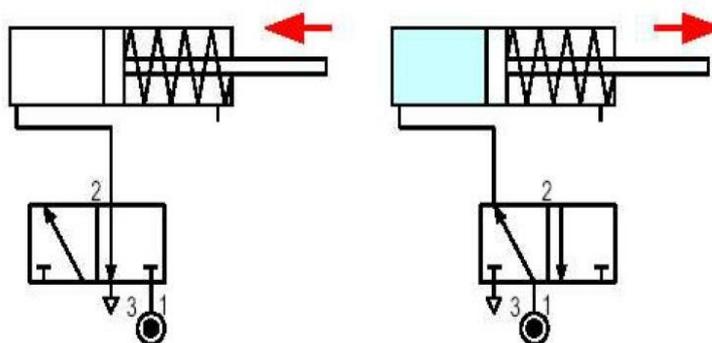


Dans la position de repos du distributeur, la tige du vérin est rentrée. Tant que le distributeur est alimenté, la tige est sortie.

**b) Fonctionnement en bistable**

**Distributeurs bistable pour vérin simple effet :**

✓ Avec un distributeur 3/2



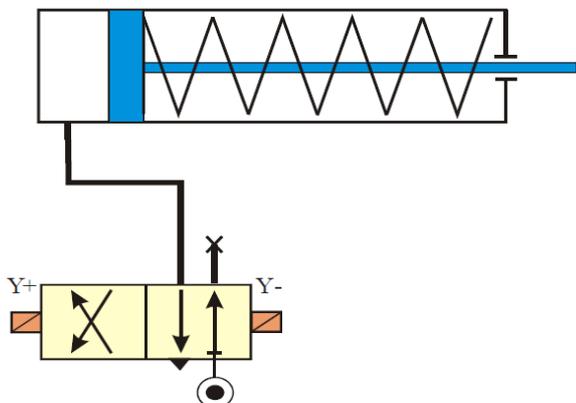
Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :

**LES PRE-ACTIONNEURS**

**CME**

✓ Avec un distributeur 4/2



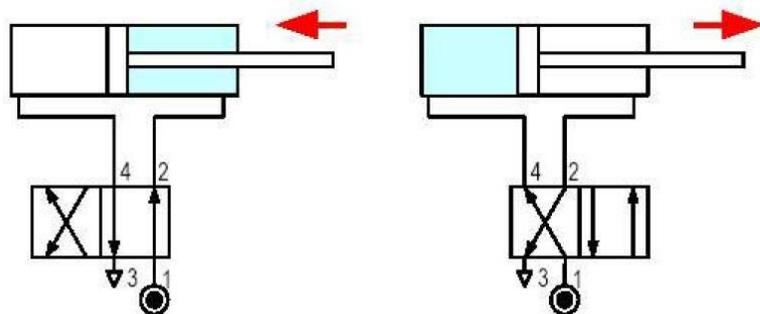
Fonctionnement :

L'alimentation de la bobine Y+ du distributeur provoque la sortie de la tige du vérin. En alimentant Y-, le ressort du vérin provoque l'entrée de la tige. Un bouchon ferme l'un des orifices pour éviter les pertes de pression et réduire les

**Distributeurs bistable pour vérin double effet :**

Un vérin double effet comporte deux orifices sur lesquels il faut alterner les états de pressions et d'échappement, le distributeur utilisé doit comporter deux orifices de sorties.

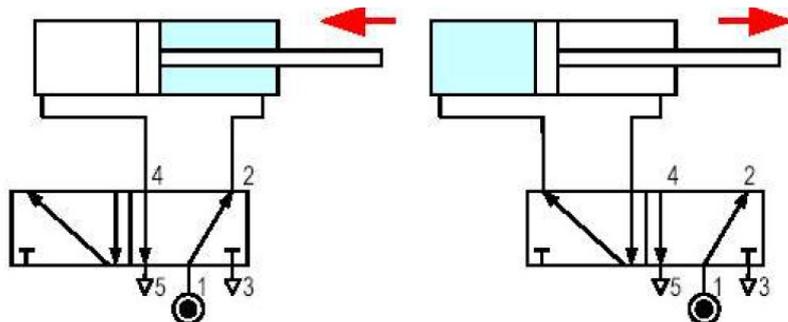
✓ Avec un distributeur 4/2



Fonctionnement :

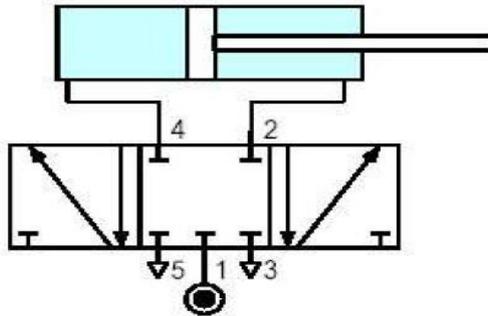
L'alimentation du distributeur provoque la sortie de la tige du vérin. La rentrée de la tige du vérin nécessite une nouvelle alimentation du distributeur.

✓ Avec un distributeur 5/2



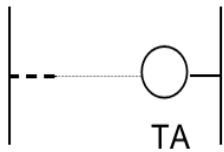
Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES PRE-ACTIONNEURS</u></b>	<b>CME</b>
--	---	------------

✓ Avec un distributeur 5/3



**Exercice d'application**

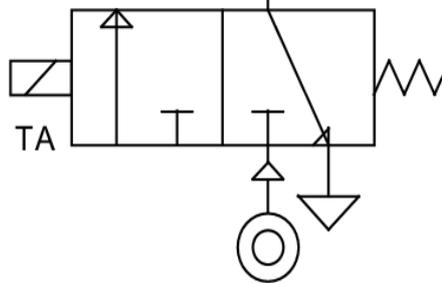
Circuit de commande du distributeur



TA bobine de commande du distributeur



Circuit de puissance



**Questions :**

1. indiquer le type de vérin et de distributeur utilisés dans le schéma.
2. Indiquer sur le schéma l'arrivée d'air comprimé et l'échappement de cet air comprimé.
3. Rechercher et dessiner le schéma développé électrique du circuit de commande correspondant à la bobine du distributeur EV. Les conditions de fonctionnement sont les suivantes :

\* A l'appui sur le bouton poussoir S, la tige du vérin V sort. Si on relâche le bouton poussoir S, la tige du vérin V rentre.

4. Réaliser le schéma de sorti de V.

Prof : **M. ADIKO**

Etude technologique des principaux  
constituants des SAP :

**CME**

doc : 1/1

Matière : **Schéma-Auto**

**LES PRE-ACTIONNEURS**

**Panoplies de relais électromagnétiques (pré-actionneurs électriques)**



**REMARQUE:** Le contacteur est un relais de puissance. Il est utilisé pour assurer la fermeture et l'ouverture des circuits parcourus par des courants élevés (moteurs triphasés...).

Prof : <b>M. ADIKO</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP :	<b>CME</b>
Mat : <b>Automatisme</b>	<b><u>LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS</u></b>	
<p><b>1) DEFINITION</b></p> <p>Un capteur est un objet technique capable de détecter une grandeur physique (force, présence, vitesse, position, niveau...) et de transformer les variations de cette grandeur en un signal exploitable par l'unité de traitement du SAP.</p> <p>Les capteurs fournissent, à l'unité de traitement, des COMPTE-RENDUS sur l'état du système (Partie opérative de la machine).</p> <p><b>2) CARACTERISTIQUES</b></p> <p>Les capteurs et détecteurs sont caractérisés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La nature de l'information à détecter</li> <li>✓ Leurs principes de fonctionnement</li> <li>✓ La nature de l'information à délivrer</li> <li>✓ Leurs qualités</li> <li>✓ Les facteurs d'environnement</li> <li>✓ Etc.</li> </ul> <p><b>2-3) <u>La nature de l'information à détecter</u></b></p> <p>Dans les SAP, les informations à détecter sont relatives aux positions ainsi qu'aux autres grandeurs physiques telles que forces, températures, débits, pressions, temps, déplacements, vitesses...</p> <p>La connaissance de l'information à détecter est primordiale dans le choix du capteur mais n'est pas suffisante.</p> <p><b>2-4) <u>Leurs principes de fonctionnement</u></b></p> <p>Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est de contrôler, mesurer, surveiller et informer la PC sur l'évolution du système. Leur principe de fonctionnement est généralement basé sur une transformation mécanique (contact électrique à commande mécanique : interrupteur de position), thermique (dilatation : sondes de température), physique (capteur de proximité), électronique (photo électrique, temporisation) en une grandeur exploitable par la partie commande.</p> <p><b>2-5) <u>La nature de l'information</u></b></p> <p>Les informations à délivrer peuvent être sous forme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tout Ou Rien (TOR)</li> <li>✓ Analogique</li> <li>✓ Numérique</li> </ul> <p><b>2-6) <u>Leurs qualités</u></b></p> <p>Un capteur possède un élément de mesure qui doit avoir les qualités suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>La sensibilité</b> : c'est la plus petite valeur de la grandeur mesurée que peut détecter un capteur.</li> <li>✓ <b>La rapidité</b> : elle est définie par le temps de réponse qui doit être le plus court possible.</li> </ul>		

Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS</u></b>	<b>CME</b>
--	--	------------

- ✓ **La linéarité** : qualité importante surtout analogique avec laquelle les valeurs de sortie sont toujours proportionnelles aux valeurs d'entrée sur toute l'étendue de mesure.
- ✓ **L'étendue de mesure** : elle est définie par les valeurs minimales et maximales que peut détecter un capteur.

### 2-7) Les facteurs d'environnement

Un capteur subit des influences externes auxquelles, il doit résister. Les principaux agents extérieurs sont : les poussières, l'eau, les chocs, la température ambiante. L'encombrement ainsi que leur fixation font partie des caractéristiques mécaniques des capteurs.

### 3) LES DIFFERENTS TYPES DE CAPTEURS

#### 3-1) Les capteurs TOR (Tout Ou Rien)

L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien (0 ou 1) et peut être électrique ou pneumatique. En général, on utilise les tensions. Comme capteurs de type TOR, nous pouvons distinguer :

- ✓ les interrupteurs de position ou fin de course
  - ✓ les interrupteurs à lame souple
  - ✓ les détecteurs de proximité inductifs
  - ✓ les détecteurs de proximité capacitifs
  - ✓ les détecteurs photo-électriques
- } **Capteurs avec contact**  
} **Capteurs sans contact**

#### 3-1-1) Les interrupteurs de position

Les capteurs à commande mécanique ou interrupteurs de position situés sur la partie opérative, ils détectent par contact la présence d'une partie mobile (par ex : la tige d'un vérin déplacement d'un chariot...).

Lorsqu'il est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique solidaire du corps d'épreuve.

Comme tout contact, les interrupteurs de position sont caractérisés par le courant d'emploi et la durée de vie (la durée de vie est liée aux nombre de cycle (ouverture-fermeture)).

Il y a aussi le type de commande.

**Symbole :**



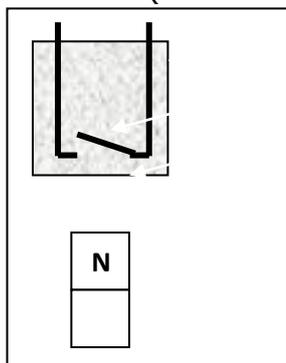
Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS</u></b>	<b>CME</b>
--	--	------------

### 3-1-2) Les interrupteurs à lame souple

Un interrupteur à lame souple est constitué d'un corps (2) à l'intérieur duquel est placé un contact électrique métallique souple (1) sensible aux champs magnétiques.

Lorsqu'un champ magnétique (4) est dirigé sur la face sensible (3) du capteur, le contact s'établit entre les deux bornes du capteur.

Ce type de détecteurs est souvent monté directement sur le corps de vérins en tant que fin de course (dans ce type de montage, le piston du vérin est magnétisé).



**Symbole :** (voir document 3/4)

### 3-1-3) Les détecteurs photoélectriques

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible (un objet ou une personne), au moyen d'un faisceau lumineux. Il est constitué d'un **émetteur** et d'un **récepteur** de lumière.

Il y a détection effective quand la cible pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

On distingue principalement trois (3) types de détecteurs photoélectriques:

- Le détecteur de type barrage ;
- Le détecteur de type réflex ;
- Le détecteur de type proximité.

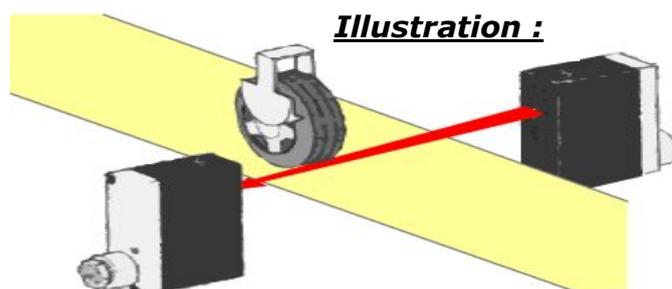
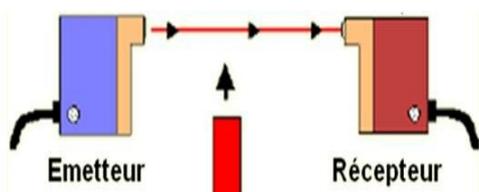
#### **a) Le détecteur de type barrage**

Un détecteur de type barrage est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

Dans le cas du système barrage, les deux composants sont indépendants et placés l'un en face de l'autre.

La présence d'un objet dans le champ du capteur interrompt le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

#### **Schéma de Principe :**



Prof : **M. ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
 des SAP :  
**LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**

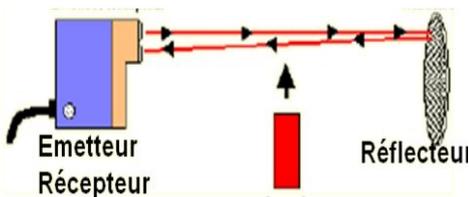
**b) Le détecteur de type réflex**

Un détecteur photoélectrique de type réflex est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

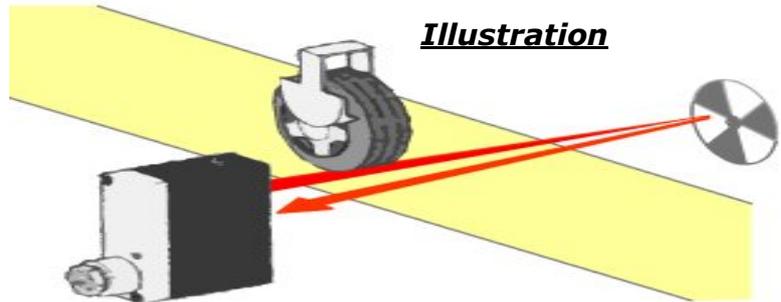
Dans le cas du système réflex, les deux composants sont placés dans le même boîtier et c'est un réflecteur qui renvoie le faisceau lumineux vers le récepteur.

La présence d'un objet dans le champ du capteur interrompt le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

**Schéma de Principe :**



**Illustration**



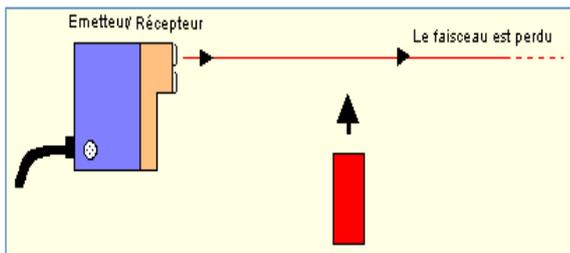
**c) Le détecteur de type proximité**

Un détecteur photoélectrique de type proximité est composé d'un émetteur de lumière associé à un récepteur photosensible.

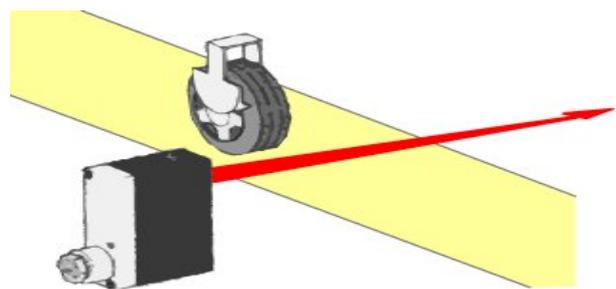
Dans le cas du système proximité, les deux composants sont placés dans le même boîtier et c'est l'objet à détecter qui renvoie le faisceau lumineux vers le récepteur.

La présence d'un objet suffisamment réfléchissant dans le champ du capteur réfléchit le faisceau lumineux et le récepteur délivre alors un signal.

**Schéma de Principe :**



**Illustration**



**3-1-1) Les détecteurs de proxi**

Un détecteur de proximité inductif détecte sans contact tous les objets en matériaux conducteurs. La pièce à détecter doit donc être à base de matériau magnétique. Depuis sa face active (3), le détecteur de proximité inductif génère des champs électromagnétiques alternants.

L'approche d'un matériau conducteur (6) provoque une modification de ces champs magnétiques, et le capteur délivre alors un signal (voir doc ¼ pour le symbole).

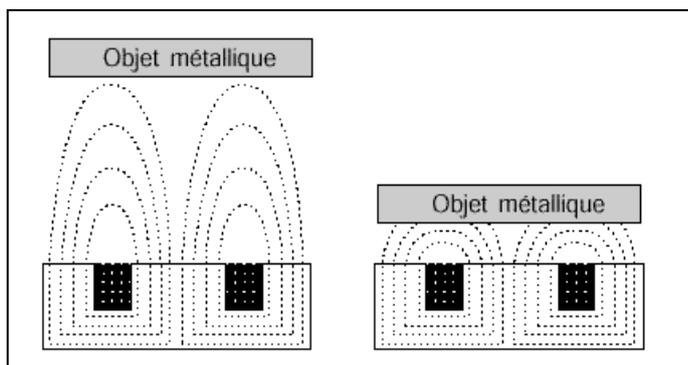
Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
SAP : **LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**



- 1:** Câble.
- 2:** Corps fileté.
- 3:** Face active.
- 4:** Led de visualisation.
- 5:** Ecrous de fixation.



**Symbole :** (voir doc 3/4)

### **3-1-5) Les détecteurs de proximité capacitifs** (voir doc ¼)

Les capteurs capacitifs sont des capteurs de proximité qui permettent de détecter des objets métalliques ou isolants. Lorsqu'un objet entre dans le champ de détection des électrodes sensibles du capteur, il provoque des oscillations en modifiant la capacité de couplage du condensateur. Les détecteurs capacitifs sont donc basés sur la variation de la capacité d'un condensateur, situé entre une cible et une partie fixe du détecteur.

### **3-2) Les capteurs analogiques (ANA)**

La sortie est une grandeur électrique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs **continues**. Comme capteurs analogiques, on a : les capteurs de température et les détecteurs de pression auxquels on peut ajouter La dynamo tachymétrique.

#### **3-2-1) Les capteurs de température**

Les **capteurs de température** sont des capteurs permettant de transformer l'effet du réchauffement ou du refroidissement sur leurs composants en signal électrique. Les plus utilisés sont **les sondes de température ou thermocouples, les Résistances détectrices de températures (RTD) et les thermistances**

Les techniques automatisées voyant le jour, il fallut trouver le moyen de traduire les températures en signaux analogiques compréhensibles par des machines.

#### **3-2-2) La dynamo tachymétrique**

La dynamo tachymétrique est une génératrice à courant continu placée en bout d'arbre d'un système dont on veut connaître la vitesse. Sa tension de sortie est directement proportionnelle à la vitesse ( $U=kN$ ). Le coefficient  $k$  dépend de la dynamo tachymétrique utilisée. La liaison de la dynamo à une entrée analogique ne peut généralement pas se faire directement. Un adaptateur de tension doit généralement être conçu.

<p>Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b></p>	<p>Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS</u></b></p>	<p><b>CME</b></p>
<p><b>3-2-3) <u>Les détecteurs de pression</u></b></p> <p>Dans un capteur de pression, on mesure la force qui s'exerce sur la surface constante et connue <b>S</b> d'un corps d'épreuve.</p> <p>La pression est la force appliquée à une surface ou répartie sur celle-ci. Elle se définit comme suit :</p> $P = \frac{F}{S}$ <p>P : pression en N/m<sup>2</sup> (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>) F : force en Newton S : surface en m<sup>2</sup></p> <p>La pression est souvent exprimée en bar (1 bar = 10<sup>5</sup> Pa) Certains constructeurs utilisent des unités anglo-saxonnes p.s.i (1 p.s.i = 0,07 bar)</p> <p>Comme détecteurs de pression on a :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Pressostat ou manostat</b> : Il permet de détecter une pression. Envoie un signal électrique ou pneumatique ;</li> <li>➤ <b>Vacuostat</b>: IL permet de détecter une dépression. Envoie un signal électrique.</li> </ul> <p><b>3-3) <u>Les capteurs numériques</u></b></p> <p>La grandeur électrique de sortie est de type numérique. L'information délivrée peut être représentée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ soit un signal électrique ;</li> <li>➤ soit un signal numérique codé sur n variables binaires</li> </ul> <p>il s'agit essentiellement des décodeurs (lecteurs de codes) et les codeurs rotatifs</p> <p><b>3-3-1) <u>Les lecteurs de codes</u></b></p> <p>Le lecteur de codes barres est un capteur optique capable de vérifier le code détecté et de stocker l'information et la transmettre à l'unité de traitement. L'étiquette peut-être écrite ou lue par la station. L'étiquette évolue pendant la fabrication du produit. Les données (associations de "0" et de "1") sont transmises par liaison série.</p> <p><b>3-3-2) <u>Les Codeurs rotatifs</u></b></p> <p>Les codeurs rotatifs sont des capteurs de position angulaire. Le disque du codeur est solidaire de l'arbre tournant du système à contrôler. L'information numérique provient d'un système généralement optique comportant une source de lumière, un disque strié et un <u>photo-détecteur</u>. On distingue deux types de codeurs rotatifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Le codeur absolu, qui donne un message binaire distinct pour chaque position angulaire de son arbre ;</b></li> </ul>		

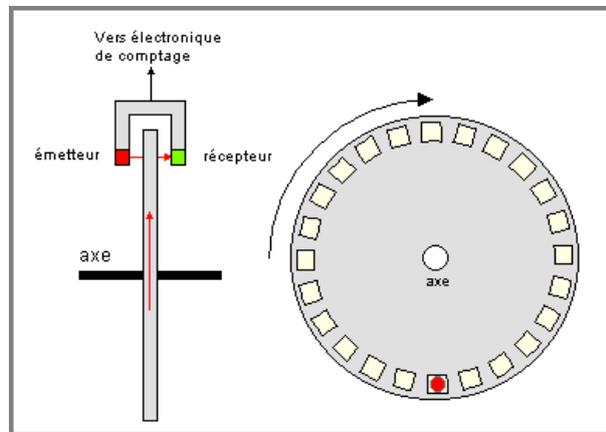
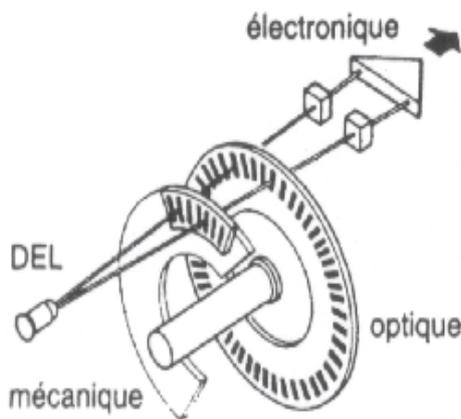
Prof : **M. ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :  
**LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**

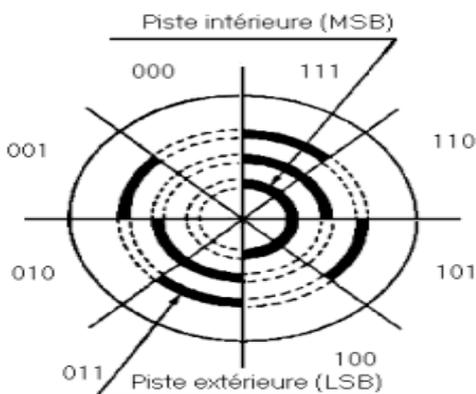
- **Le codeur incrémental, qui donne des impulsions en fonction de l'angle de rotation de l'arbre, avec souvent un top « 0 » qui définit une position particulière de l'arbre (position 0).**  
**a) Le codeur rotatif incrémental**

La périphérie du disque du codeur est divisée en "n" fentes régulièrement réparties. Un faisceau lumineux se trouve derrière ces fentes dirigés vers une diode photosensible. Chaque fois que le faisceau est coupé, le capteur envoie un signal qui permet de connaître la variation de position de l'arbre. Pour connaître le sens de rotation du codeur, on utilise un deuxième faisceau lumineux qui sera décalé par rapport au premier. Le premier faisceau qui enverra son signal indiquera aussi le sens de rotation du codeur.



**b) Le codeur rotatif absolu**

Cette fois ci, le disque possède un grand nombre de pistes et chaque piste est munie d'une diode émettrice d'un faisceau lumineux et d'une diode photosensible. La piste centrale est la piste principale, elle détermine dans quel demi-tour la lecture est effectuée. La piste suivante détermine dans quel quart de tour on se situe, la suivante le huitième de tour etc. Plus il y aura de pistes plus la lecture angulaire sera précise. Il existe des codeurs absolus simple tour qui permettent de connaître une position sur un tour et les codeurs absolus multi tours qui permettent de connaître en plus le nombre de tours effectués. exemple [ici](#)

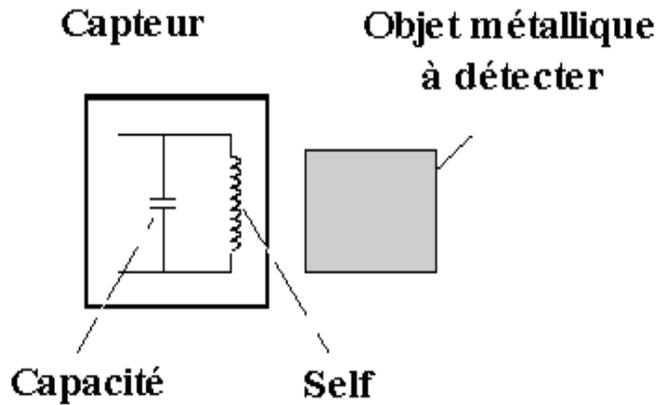


Prof : **M. ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

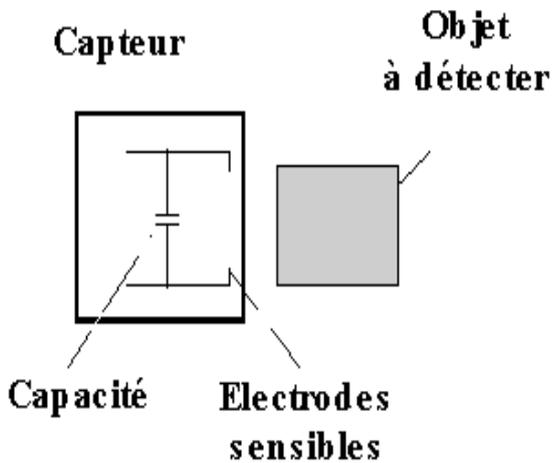
Etude technologique des principaux constituants  
 des SAP :  
**LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**  
 doc 1/4

**Les Capteurs inductifs**



**Les Capteurs capacitifs**



**Exemple de Détecteur  
 photoélectrique**

Prof : <b>M. ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Etude technologique des principaux constituants des SAP : <b><u>LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS</u></b>	<b>CME</b> doc 2/4
--	--	-----------------------

**TABLEAU RECAPITULATIF DES CAPTEURS ET DETECTEURS**

Type de capteur	Type de signal de sortie	Appellation	Exemple
Analogique	Bas niveau	Capteur	Sonde pH - 50 mV/unité pH
	Haut niveau	Capteur transmetteur	Capteur pression 4 – 20 mA
Numérique	Numérique absolu	Codeur absolu	Capteur de position angulaire
	Numérique incrémental	Codeur incrémental	Capteur de vitesse
Logique	Tout ou rien	Détecteur	Détecteur de niveau

**CRITERES GENERAUX DE CHOIX DES CAPTEURS ET DETECTEURS**

• Démarche générale de choix d'un détecteur

**Principaux facteurs intervenant dans le choix d'un détecteur :**

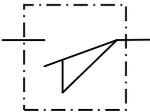
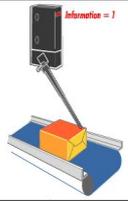
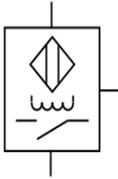
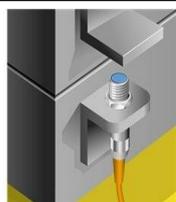
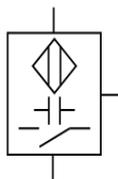
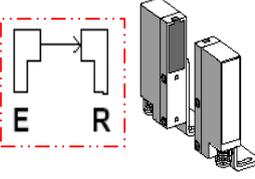
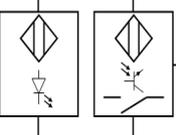
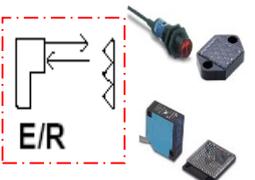
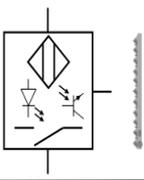
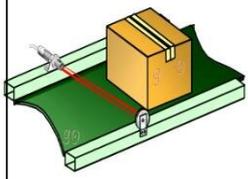
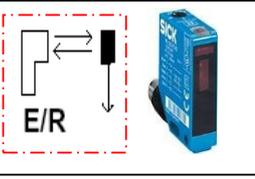
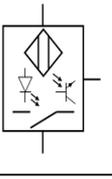
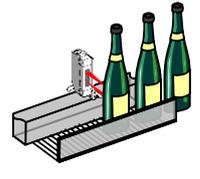
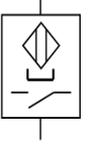
- les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées, ou encore l'effort nécessaire pour actionner le contact,
- la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, température,
- le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections liquides,
- le nombre de cycles de manœuvres,
- la nature du circuit électrique,
- le nombre et la nature des contacts,
- la place disponible pour loger, fixer et régler le capteur,
- etc.

Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
des SAP :  
**LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**  
doc 3/4

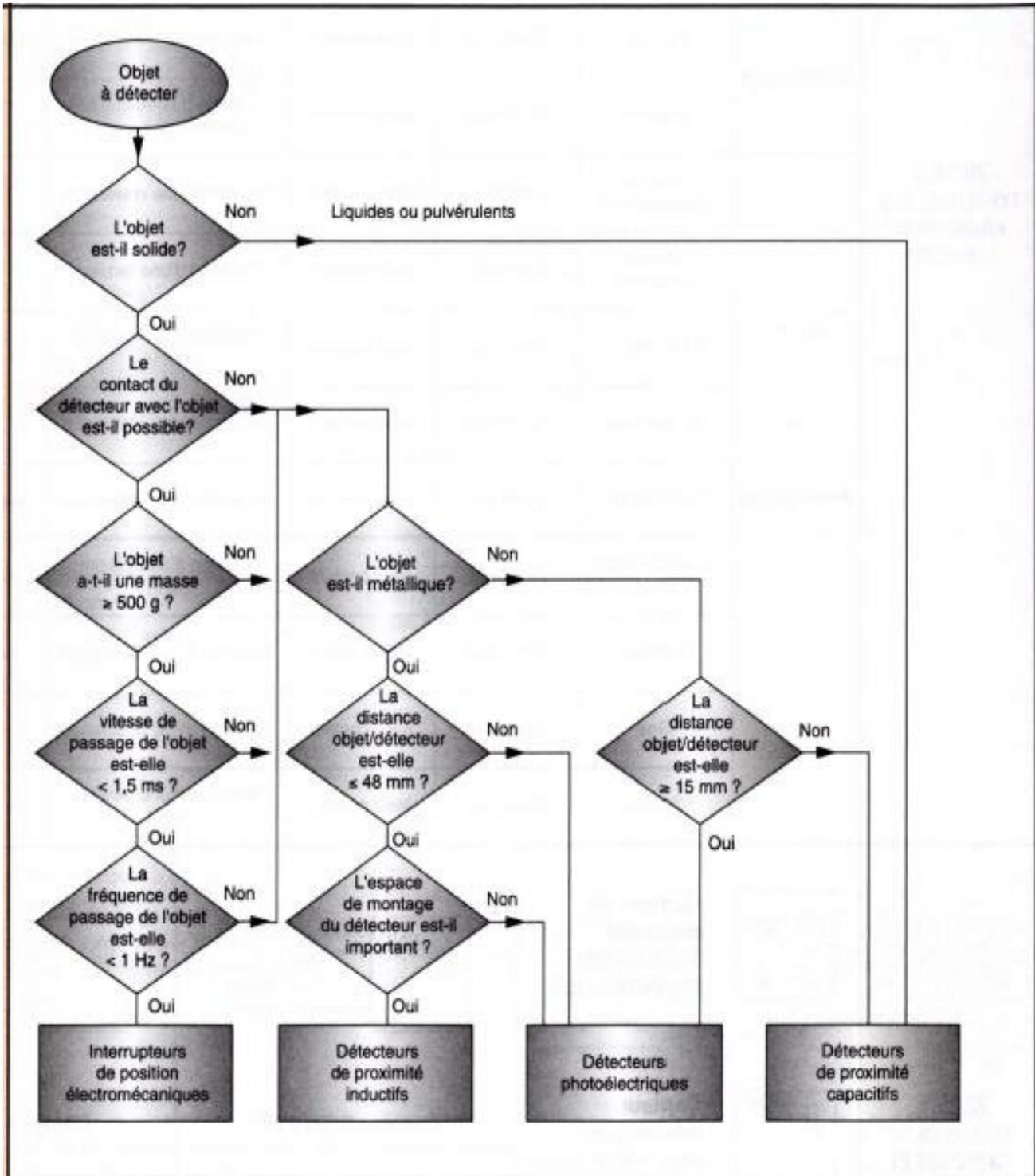
**LES DIFFERENTS CAPTEURS TOR**

Désignation : détecteurs	Photo des composants	Détection avec ou sans contact	Symbole	Éléments à détecter	Application
Position ou fin de course		<b>Détection de l'objet</b> <input checked="" type="checkbox"/> Avec contact <input type="checkbox"/> Sans contact		Tous types d'éléments solides en mouvement	
Proximité inductif		<b>Détection de l'objet</b> <input type="checkbox"/> Avec contact <input checked="" type="checkbox"/> Sans contact		Objets métalliques	
Proximité capacitif		<b>Détection de l'objet</b> <input type="checkbox"/> Avec contact <input checked="" type="checkbox"/> Sans contact		Tous les matériaux y compris les liquides	
<b>Photoélectriques</b>	Système barrage 	<b>Détection de l'objet</b> <input type="checkbox"/> Avec contact <input checked="" type="checkbox"/> Sans contact		Tous les matériaux opaques ou réfléchissants	
	Système reflex 			Matériaux opaques et non réfléchissants	
	Système proximité 			Matériaux réfléchissants	
Interrupteur à lame souple ILS		<b>Détection de l'objet</b> <input type="checkbox"/> Avec contact <input checked="" type="checkbox"/> Sans contact		Champ magnétique	

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Etude technologique des principaux constituants  
 des SAP :  
**LES CAPTEURS ET DÉTECTEURS**

**CME**  
 doc 4/4



**Méthode de choix de la technologie des capteurs**

## **DEUXIEME PARTIE :**

# **LE GRAFCET**

La création d'une machine automatisée nécessite un dialogue entre le client qui définit le cahier des charges (qui contient les besoins et les conditions de fonctionnement de la machine) et le constructeur qui propose des solutions. Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème. D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément). C'est pourquoi l'**ADEPA** (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie) a créé le **GRAFCET**.

Le GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande des étapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (en 1977 et normalisé en 1982 par la NF C03-190).

Le GRAFCET est une représentation alternée d'**étapes** et de **transitions**.

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>NOTIONS DE BASE</b>	<b>CME</b>
<p><b>1) DEFINITIONS</b></p> <p><b>1-1) Cahier de charge</b></p> <p>Le cahier de charges est un document technique permettant les descriptions claires et précises du rôle et des performances des systèmes automatisés (équipements à réaliser). Au sens strict du terme, il s'agit des conditions imposées au réalisateur (concepteur et fournisseur), par le client (demandeur et acheteur) en vue de création ou de modification d'une installation automatisée.</p> <p>C'est le client qui indique les objets à atteindre en précisant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Quelle est la valeur ajoutée au produit traité ?</li> <li>✓ Quelle est la cadence de production à atteindre ?</li> <li>✓ Quel est le budget disponible ou coût maximal à ne pas dépasser ?</li> <li>✓ etc.</li> </ul> <p>Le cahier des charges ne peut se limiter à la partie technique ; des clauses d'ordres commercial, juridique et financier y sont également consignées.</p> <p><b>1-2) Le GRAFCET</b></p> <p>Le GRAFCET (<b>GRA</b>phe <b>F</b>onctionnel de <b>C</b>ommande des <b>E</b>tapes et <b>T</b>ransitions) est un outil de représentation graphique de tout système automatisé dont les évolutions peuvent s'exprimer séquentiellement. Il a été conçu par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie). Véritable langage d'automatisme, il sert à la conception, à la réalisation, à la maintenance et surtout au fonctionnement des SAP.</p> <p><b>2) LES ÉLÉMENTS GRAPHIQUE DE BASE DU GRAFCET</b></p> <p>Le GRAFCET se compose d'un ensemble :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ d'étapes auxquelles sont associées des actions ;</li> <li>✓ de transitions auxquelles sont associées des réceptivités ;</li> <li>✓ des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.</li> </ul> <p><b>2-1) L'étape</b></p> <p>Les étapes caractérisent le comportement à un instant donné des éléments du système automatisé. Elles se représentent par un carré repéré d'un nombre (numéro de l'étape). A un instant donné et suivant l'évolution du système, une étape est soit active, soit inactive. Les étapes qui sont actives au début du processus sont appelées « étape initiale » et elles se présentent par un double carré.</p> <p><b>2-1-1) Etape initiale</b></p> <p style="text-align: center;"><b><u>Symbolisation:</u></b></p> <p>Elle se présente par un double carré.</p> <p>Une étape initiale doit être activée lors de la mise en énergie de la partie commande d'un automatisme.</p> <p style="text-align: right; font-size: 2em;"><b>01</b></p>		

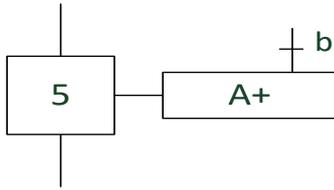


Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**NOTIONS DE BASE**

**CME**

✓ Une action conditionnelle.

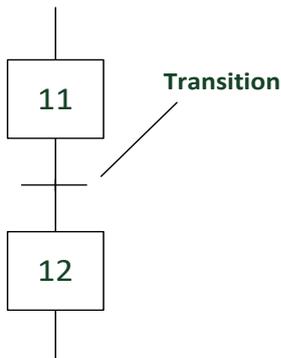


Vérin **A** tige sortie si  $b=1$

✓ etc

### 2-3) La transition

Une transition indique la possibilité de changement de comportement du système par le passage d'une étape à la suivante. Le passage d'une étape à une autre correspond au franchissement d'une et une seule transition. Elle est représentée graphiquement par un tiret perpendiculaire à la ligne de liaison entre deux étapes.



### 2-4) Réceptivités associées aux transitions

À chaque transition on associe une ou des conditions logiques appelées **réceptivité**. Cette réceptivité peut être vraie ou fausse (**1** ou **0**). Elle s'écrit toujours à la droite de la transition et traduit des informations telles que:

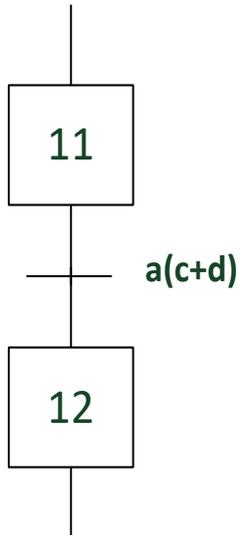
- ✓ états de capteurs ;
- ✓ action de bouton poussoir par l'opérateur ;
- ✓ action d'un temporisateur, d'un compteur ;
- ✓ états actif ou inactif d'autres étapes.

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafset :  
**NOTIONS DE BASE**

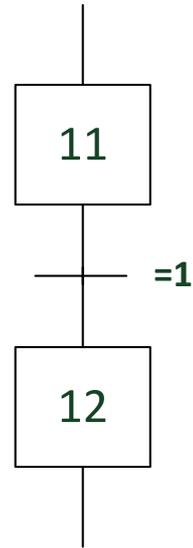
**CME**

**Exemples de quelque réceptivité**



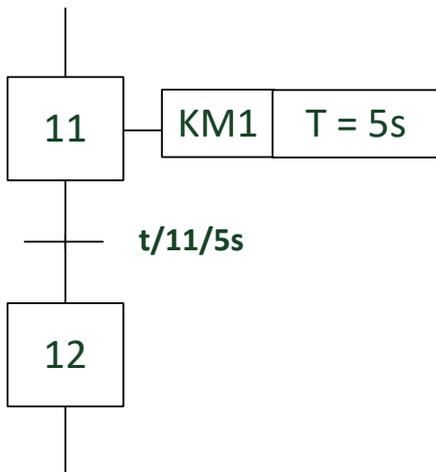
**Figure 1 : Réceptivité à niveau**

Elle fait intervenir une condition logique



**Figure 2 : Réceptivité toujours vraie**

sa valeur logique est toujours **1**. La transition associée à cette réceptivité est toujours franchie dès sa



**Figure 3 : Réceptivité temporisée**

Elle fait intervenir le temps comme condition particulière. Elle implique l'utilisation d'un temporisateur. Notée généralement : **t/i/q** où **i** est le numéro de l'étape comportant l'action de temporisation et **q** est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape **i**.

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**NOTIONS DE BASE**

**CME**

**2-5) Les liaisons orientées**

Les liaisons orientées sont des segments reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles indiquent les voies suivant lesquelles se fait l'évolution du GRAFCET et ne peut être parcouru que dans un sens :

- ✓ **du haut vers le bas** pour les liaisons verticales, sinon il faut le préciser par une flèche ;
- ✓ **de la gauche vers la droite** pour les liaisons horizontales, sinon le préciser par une flèche.

**Liaison orientée de haut en bas :**

- Les voies d'évolution entre les étapes sont indiquées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.
- Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises pour plus de clarté au diagramme.
- Les croisements de liaisons verticales et horizontales sont admis, s'il n'existe aucune relation entre ces liaisons.

**Exemple :** Les trois représentations ci-dessous sont admises, mais les (2) et (3) sont recommandées.

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

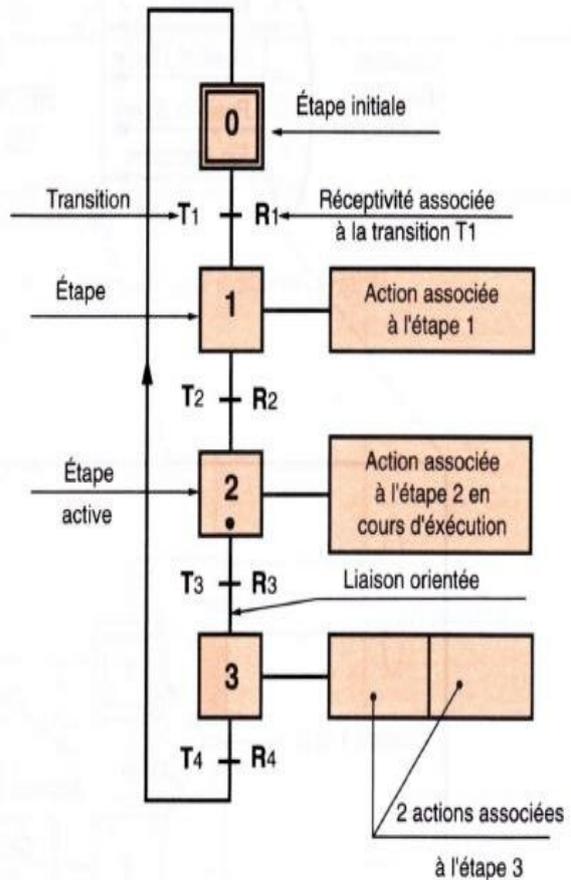
Le Grafcet :  
**NOTIONS DE BASE**

**CME**  
 (doc 1/1)

**LES ELEMENTS DE BASE DU GRAFCET**

**Éléments de base.**

- Le **GRAFCET** est un modèle de représentation des systèmes logiques. C'est un diagramme fonctionnel qui décrit l'évolution séquentielle (par étape) des processus automatisés.
- Il est composé d'un ensemble :
  - d'**étapes** qui caractérisent un comportement invariant d'une partie ou de la totalité du système. Suivant l'évolution du processus, chaque étape peut être active (•) ou inactive
  - d'**actions** associées aux étapes : Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que les étapes auxquelles elles sont associées sont actives.
  - de **transitions** : Elles indiquent la possibilité d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
  - de **réceptivités** associées aux transitions : Ce sont des propositions logiques ; vraies (= 1), fausses (= 0)
  - de **liaisons orientées** : Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles précisent le sens de lecture (haut vers le bas).



Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

### 1) NECESSITE

La représentation du GRAFCET est faite à partir d'éléments graphiques de base (étapes, transitions, liaisons orientées). A ces éléments graphiques sont associés des actions et des réceptivités qui permettent la compréhension ou la description du grafcet. Il est donc nécessaire de les maîtriser.

### 2) LES ACTIONS ET LES RECEPTIVITES

#### 2-1) Les actions associés aux étapes

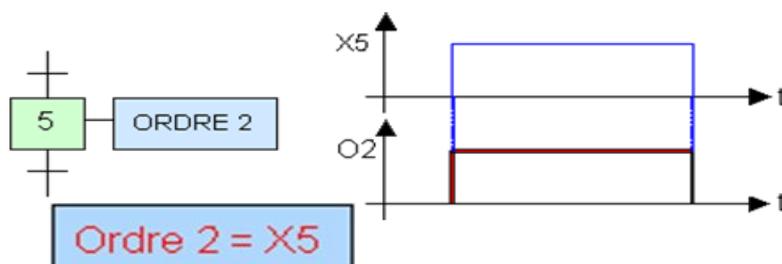
Les actions peuvent être de natures diverses, le rectangle peut avoir des dimensions quelconques et comporter plusieurs actions.

##### 2-1-1) Actions continues

Une action continue est une action dont l'exécution se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée est active. C'est-à-dire que l'action est exécutée pendant le temps durant lequel l'étape reste active. Aucune mention complémentaire n'est indiquée dans le rectangle d'action.

#### Exemple :

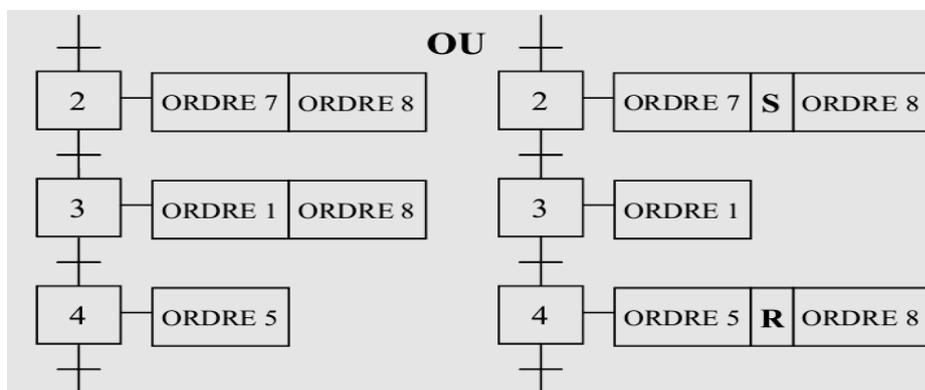
Ouvrir porte, fermer porte...



##### 2-1-2) Actions à effets maintenus ou répétitives

L'action maintenue est une action qui se poursuit tant qu'au moins une des étapes à laquelle elle est associée est active. L'action maintenue est donc associée à une suite d'étapes successives. L'effet maintenu est obtenu soit par répétition de l'ordre à toutes les étapes concernées, soit par mise en mémoire à l'étape de début (S pour SET), et la mise hors mémoire à la dernière étape concernée (R pour RESET).

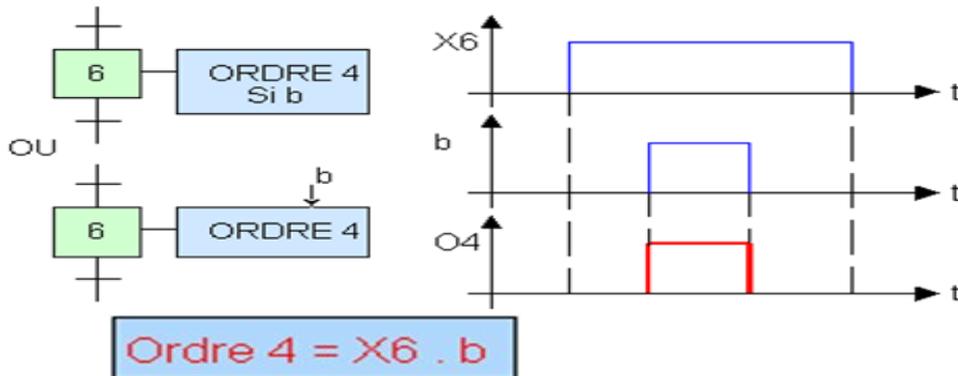
#### Exemple :



Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Le Grafcet : <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b>	<b>CME</b>
---	---	------------

### 2-1-3) Actions conditionnelles

L'action conditionnelle est un ordre dont l'exécution a lieu à une étape donnée et qui est en plus soumise à la réalisation d'une condition logique.  
 Cette condition peut être indiquée à l'intérieur ou à l'extérieur du rectangle d'action, suivant la place disponible.

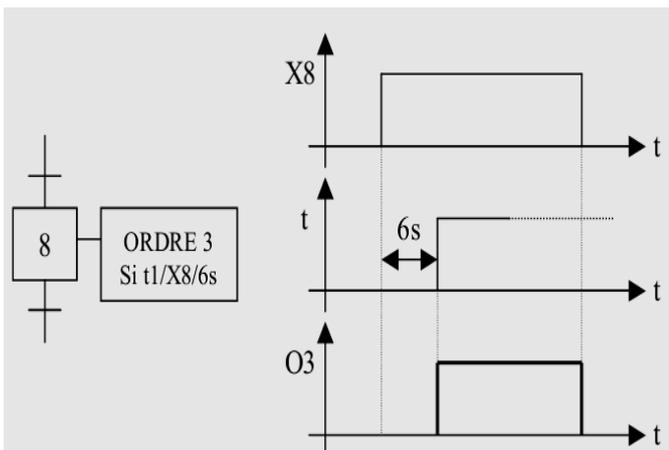


### 2-1-4) Actions temporisées

Une action temporisée est une action conditionnelle dans laquelle le temps intervient comme condition logique.  
 A ce niveau il faut distinguer l'action retardée et l'action à durée limitée.

#### a) Action retardée

C'est une action conditionnée à une temporisation (temporisateur) ; elle est retardée par rapport à l'activation de l'étape qui lui est associée. Elle débute donc après un temps **t** après l'activation de l'étape.



*L'action est retardée par rapport à l'activation de l'étape : elle débute dès que l'étape 8 est active et que la temporisation ( $t=6s$ ) est écoulé.*

*L'action temporisée s'écrit avec la notion générale :  $T/Xi/q$ .*

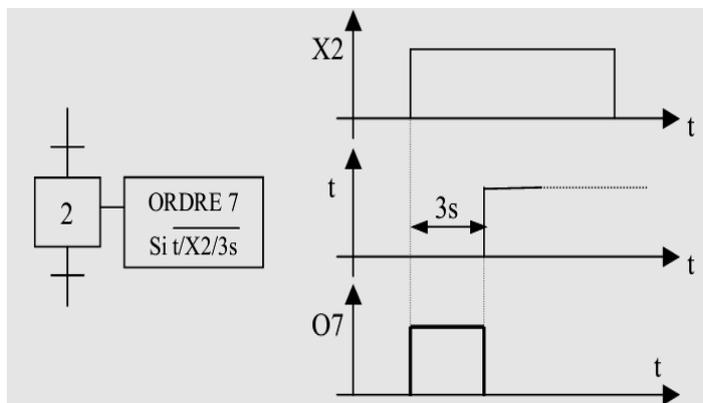
**T** : cette lettre indique que l'on a à faire à une temporisation.

**Xi** : repère de l'étape **i** qui détermine le

#### b) Action à durée limitée

C'est une action conditionnée. L'action est limitée dans le temps ; elle débute dès que l'étape est active et se termine à la fin de la temporisation **t** avant la désactivation de l'étape.

<p>Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b></p>	<p><u>Le Grafcet :</u> <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b></p>	<p><b>CME</b></p>
---	--	-------------------

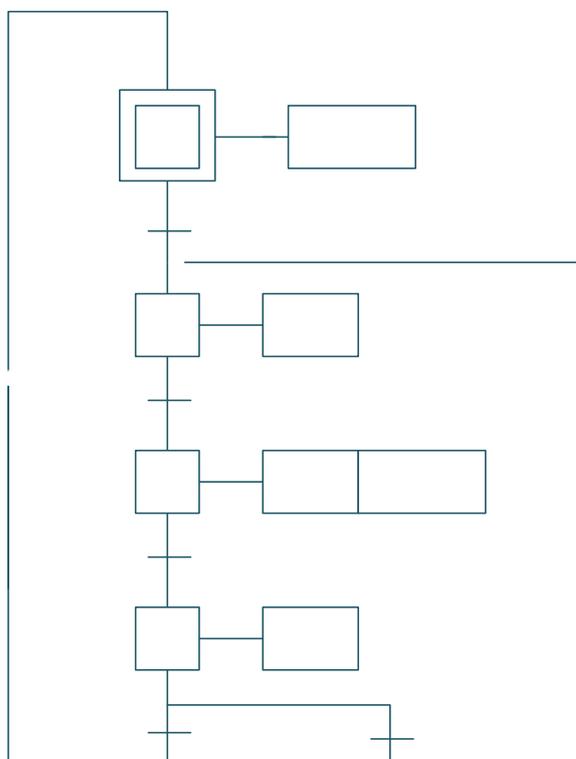


*L'action est limitée dans le temps :  
Elle débute dès que l'étape 2 est active, et se termine à la fin de la temporisation t (3s).*

### 2-1-5) Le comptage et le décomptage

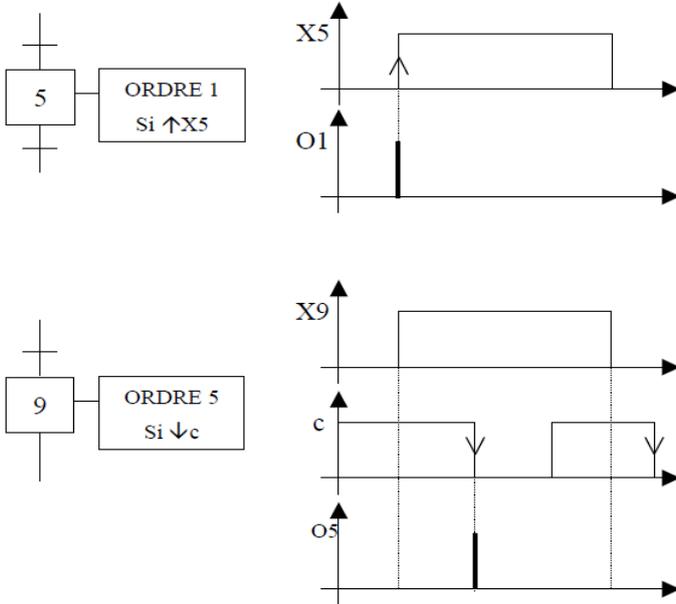
Il s'agit de traduire l'action d'un compteur :

- Un compteur peut être utilisé pour réaliser un cycle un certain nombre de fois.
- Le compteur peut être incrémenté (+1), décrémenté (-1), mis à zéro ou mis à une valeur donnée.
- On peut utiliser les signes =, ≠, <, ≤, >, ≥ dans les réceptivités.



Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

**2-1-6) Action impulsionnelle fugitive**



✓ La prise en compte du changement d'état signifie que l'on tient compte des fronts montants ou descendants. Ici l'ordre 1 n'est réalisé que pendant le front montant (changement d'état) de l'étape 5.

✓ Ici l'ordre 5 est réalisé que pendant le front descendant (changement d'état) de la variable c.

**2-2) les receptivités**

Les réceptivités associées aux transitions sont des conditions logiques provenant des capteurs, détecteurs, boutons de pupitre, parties commande, temporisations, compteurs, mémoires, ... qui doivent être remplies pour franchir la transition.

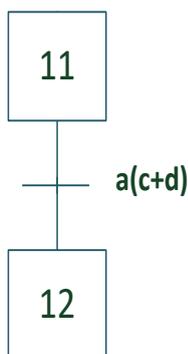
Comme réceptivité on a :

- La réceptivité à niveau ;
- La réceptivité toujours vraie ;
- La réceptivité temporisée ;
- La réceptivité impulsionnelle ;
- etc.

**2-2-1) La réceptivité à niveau**

C'est une réceptivité faisant intervenir une condition logique (Ex :  $\overline{abc}$ )

**Exemple :**

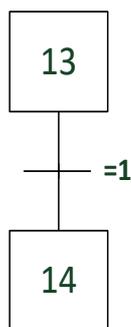


Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

### 2-2-2) La réceptivité toujours vraie

C'est une réceptivité dont la valeur logique est toujours 1. On représente la réceptivité par la condition logique « =1 ». La transition associée à cette réceptivité est toujours franchie dès sa validation (elles se rencontrent très souvent lors des convergences en ET).

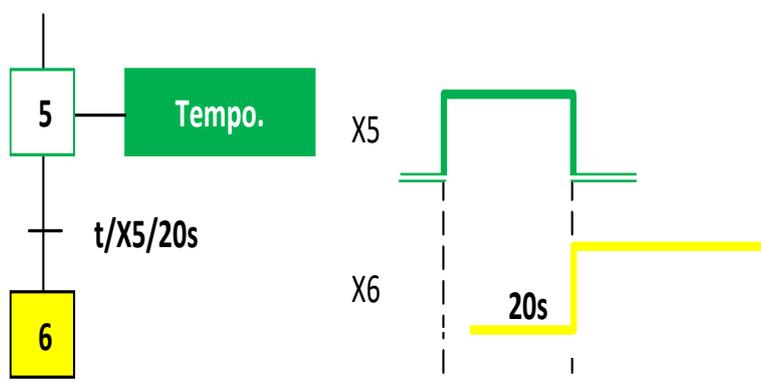
**Exemple :**



### 2-2-3) La réceptivité temporisée

C'est une réceptivité faisant intervenir le temps comme condition particulière. Elle implique l'utilisation d'un temporisateur. La notation utilisée pour désigner ce genre de réceptivité est  $t/Xi/q$  ou  $t/Xi/q$  où  $Xi$  est le numéro de l'étape comportant l'action de la temporisation et  $q$  est la durée écoulée depuis l'activation de l'étape  $Xi$ .

**Exemple :**



L'activation de l'étape 5 déclenche la temporisation, la réceptivité devient vraie au bout d'un temps  $t = 20s$

### 2-2-4) La réceptivité impulsionnelle

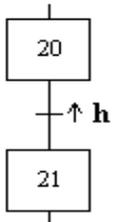
c'est une réceptivité faisant intervenir un changement d'étape sur une transition soit sur front montant ou front descendant.

Le front montant d'une variable binaire est son passage du niveau logique **0** au niveau logique **1**. Le front descendant est l'inverse.

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>DESCRIPTION DES ACTIONS ET DES RECEPTIVIES</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

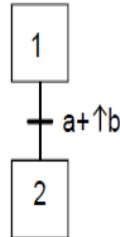
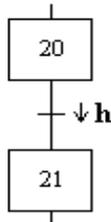
**Exemples :**

Cas n°1

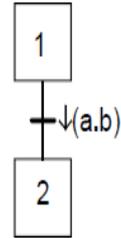


La transition 20 - 21 est franchie lors d'un **front montant** sur h c'est-à-dire lorsque h passe de 0 à 1 (cas n°1) ou lors d'un **front descendant** sur h c'est-à-dire lorsque h passe

Cas n°2



La réceptivité n'est vraie que lorsque a est vraie ou que b passe de l'état 0 à l'état 1

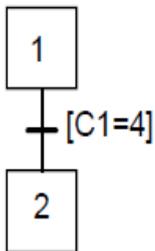


La réceptivité n'est vraie que lorsque le produit logique « a.b » passe l'état 1 à l'état 0

Une réceptivité est donc une proposition logique qui peut renfermer diverses variables booléennes qui peuvent :

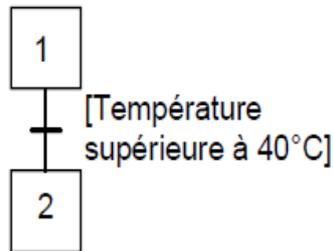
- Des informations extérieures :
  - ✓ Capteurs ;
  - ✓ Directives de l'opérateur.
- Des variables auxiliaires :
  - ✓ Compteurs ;
  - ✓ Temporisateurs.
- De l'état de d'autres étapes (attentes, interdictions)
- Des transitions sur d'autres variables (fronts montants ou descendants).

Exemple 1



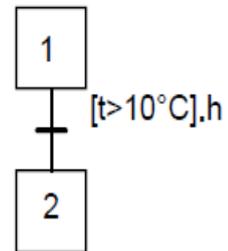
La réceptivité est vraie lorsque la valeur courante du compteur est égale à 4.

Exemple 2

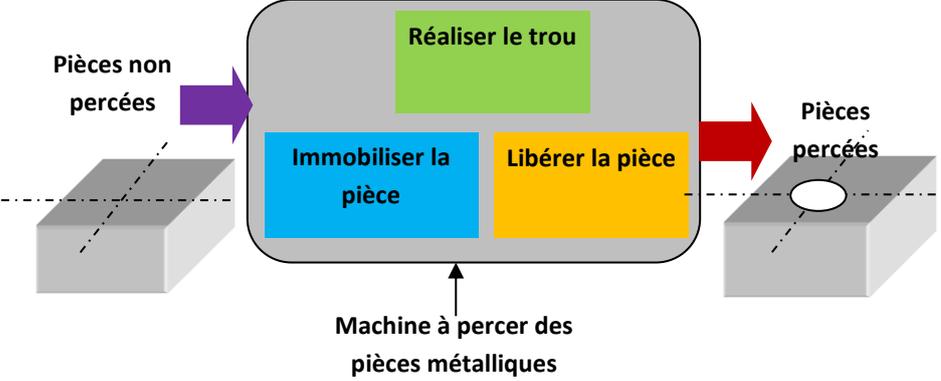


Le langage littéral peut être utilisé.

Exemple 3



La réceptivité est vraie lorsque la température est supérieure à 10°C et le niveau haut h est atteint.

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Le Grafcet : <b>LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE                      DU GRAFCET</b>	<b>CME</b>
<p><b>1) NECESSITE</b></p> <p>La création d'un système automatisée nécessite un dialogue entre le client (qui définit le cahier des charges) et le constructeur (qui propose des solutions). Ce dialogue n'étant pas toujours facile (le client ne possédant pas la technique pour définir correctement son problème), le concepteur de l'automatisme doit connaître les <b>besoins du client</b> et les <b>moyens techniques</b> dont il dispose pour les réaliser. Ainsi, à partir d'une description abstraite et peu détaillée des tâches ou fonctions principale assurée par le système automatisé, l'automaticien doit écrire un GRAFCET décrivant le fonctionnement du système en prenant en compte les éléments techniques et les informations nécessaires au fonctionnement : il s'agit ici d'écrire un GRAFCET selon différents points de vue.</p> <p><b>2) LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE</b></p> <p>Le GRAFCET est un model de représentation graphique des comportements successifs d'un système automatisé, préalablement définis par ses entrées et ses sorties. Il décrit le comportement des systèmes suivant différents points de vue.</p> <p><b>2-1) Grafcet point de vue système, procédé ou niveau global</b></p> <p>Le point de vue système ou point de vue global est une description très abstraite et peu détaillée, elle donne une vue globale des tâches ou fonctions principale assurée par le système automatisé. On identifie les sorties comme correspondants aux tâches opératives (ex : serrer pièce, lever charge). Les entrées correspondent aux informations nécessaires sur l'état des matières et l'avancement des tâches (ex : pièce serrée, charge au niveau haut).</p> <p>Le GRAFCET du point de vue système permet le dialogue entre le client et le concepteur pour la spécification du système automatisé.</p> <p><b>Exemple : (Machine à percer automatiquement des pièces métalliques)</b></p> <p>On désire construire un machine à percer des trous dans des pièces métalliques. La pièce est mise en place manuellement. Un ordre de marche et la machine fait un trou dans la pièce. Elle est dégagée manuellement et le cycle reprend. Les fonctions que doivent réaliser le système automatisé sont spécifiées dans le schéma ci-dessous.</p> 		

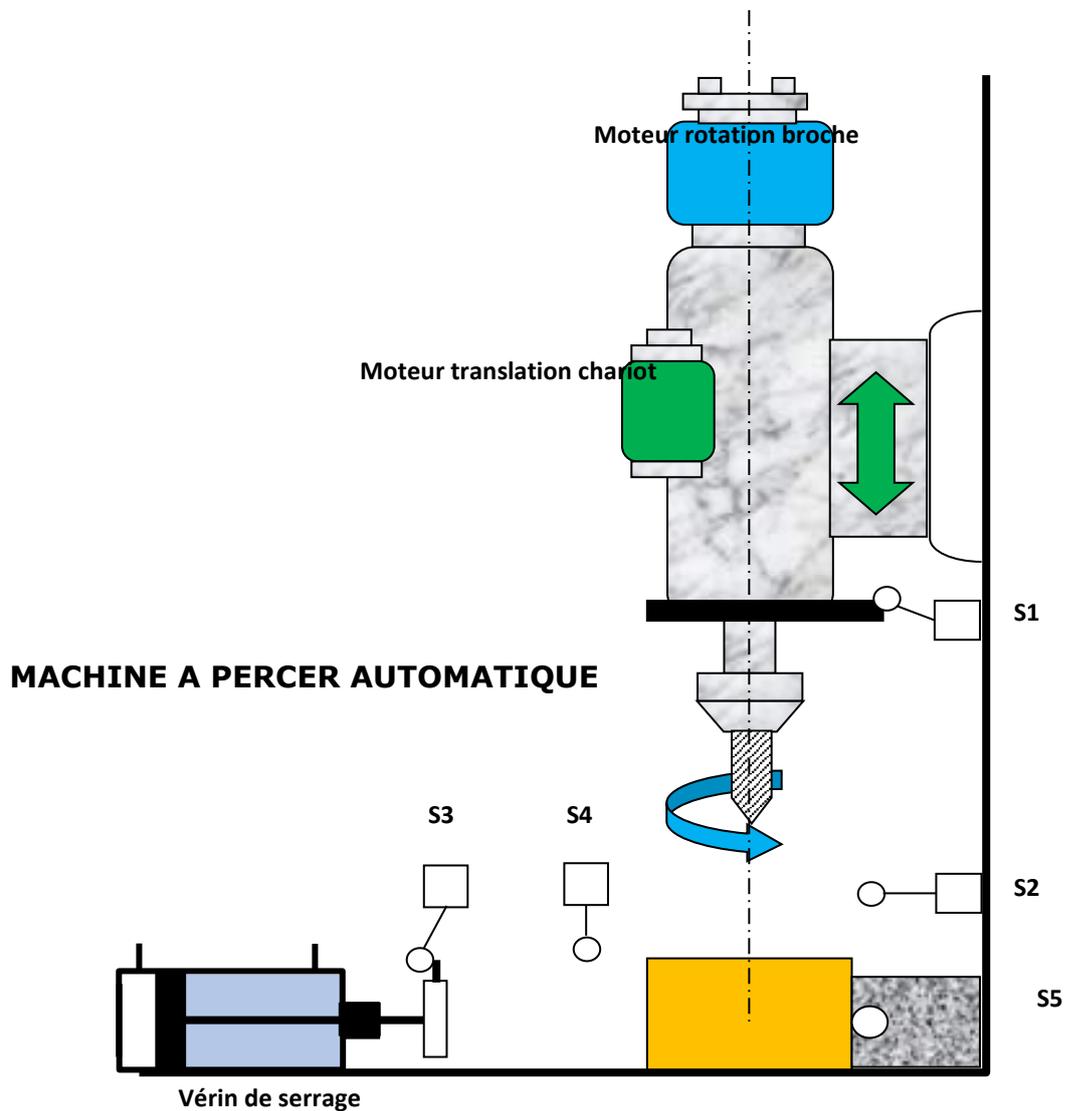
Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE DU GRAFCET</b>	<b>CME</b>
<p>Cette représentation donne une interprétation de la solution retenue pour un problème posé, en précisant la coordination des tâches opératives. Elle est destinée à permettre une compréhension globale du système (fonctions principales assurées par le système). <b>On s'intéresse aux actions !</b> Règles à respecter :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ne pas présumer dans l'écriture du grafcet point de vue partie système, d'un choix technologique.</li> <li>✓ A ce niveau d'étude, le choix du procédé d'obtention du trou n'est pas retenu:                         <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce pourrait être par poinçonnage,</li> <li>• détouré au Laser, par jet d'eau,</li> <li>• etc</li> </ul> </li> </ul> <p><b>2-2) Grafcet point de vue partie opérative ou niveau 1 ou encore spécifications fonctionnelles</b></p> <p>La partie opérative est assurée par des effecteurs mis en œuvre par des actionneurs et contrôlés par des capteurs. Ce grafcet décrit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Soit le fonctionnement des effecteurs en fonction des informations d'évolution de la PO (Partie Opérative) ;</i></li> <li>➤ <i>Soit la mise en œuvre des actionneurs en fonction des informations des capteurs.</i></li> </ul> <p>Il est donc nécessaire de préciser ce qui est décrit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Action = fonctionnement des effecteurs et réceptivités = information de l'évolution de la PO ;</i></li> <li>➤ <i>Action = mise en œuvre des actionneurs et réceptivités = informations des capteurs.</i></li> </ul> <p>Le point de vue partie opérative est une description qui prend en compte les actionneurs permettant de réaliser les tâches en entraînant les effecteurs (ex : avancer tige vérin, actionner moteur ou tourner forêt...). Les entrées sont des informations correspondant aux états des actionneurs (ex : tige vérin sortie, pièce immobilisée) ou des informations des capteurs.</p> <p>La notation, à ce niveau peut être littérale (ex : fermer la porte) ou symbolique en utilisant les repères du dossier technique.</p> <p><b>Exemple :</b> dans l'exemple précédent, nous choisissons la solution du perçage par forêt. Ainsi la rotation des broches se fera par moteur électrique, l'avance et le recule sont confiés à un autre moteur électrique et le serrage à un vérin pneumatique.</p> <p><b>Fonctionnement</b></p> <p>Quand l'opérateur donne l'ordre de marche, un vérin vient immobiliser la pièce à percer. Quand la pièce est immobilisée, elle le reste, le moteur de la broche (forêt) se met à tourner et la rotation du moteur du chariot le fait descendre pour percer la pièce. Dès le perçage terminer, la broche remonte jusqu'en position haute, le forêt s'arrête et la pièce est libérée. Un nouveau cycle peut commencer.</p>		

Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE  
DU GRAFCET**

**CME**

Actions	Actionneurs	Pré-actionneurs	Capteurs
Rotation broche	Moteur (M1)	KM1	Position haute S1
Descente chariot	Moteur (M2)	KM2	Position basse S2
Montée chariot		KM3	Pièce en place S5

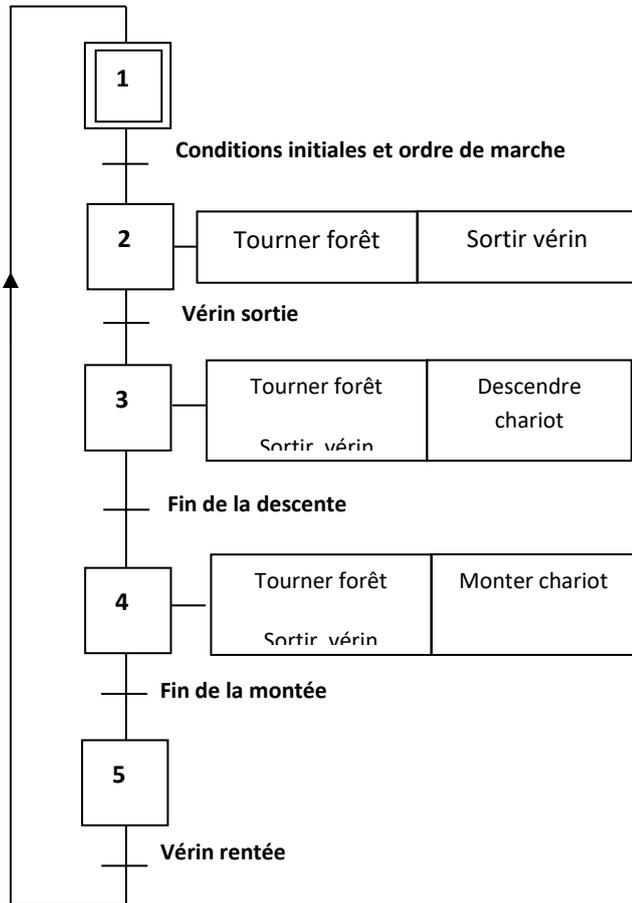


Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

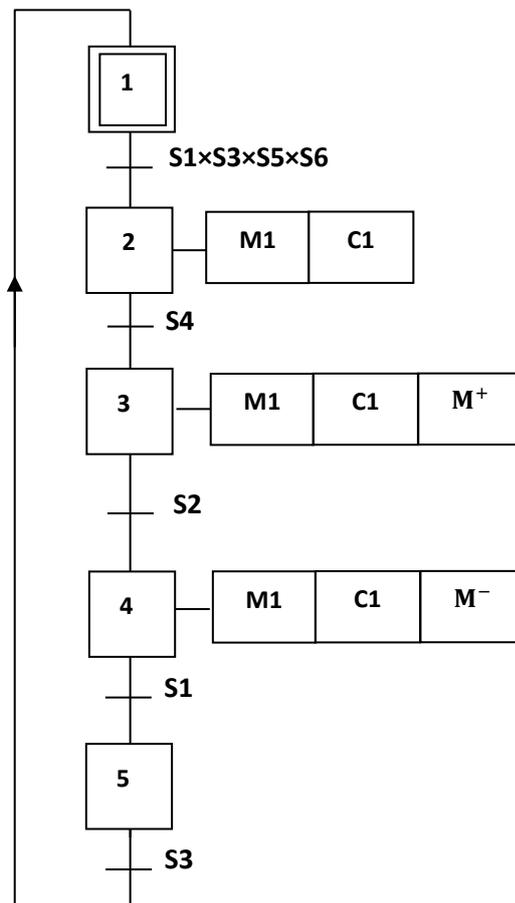
Le Grafcet :  
**LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE  
DU GRAFCET**

**CME**

**GRAFCET POINT DE VUE PARTIE OPERATIVE  
LITERAL**



**GRAFCET POINT DE VUE PARTIE OPERATIVE  
SYMBOLIQUE**



**2-4) Grafcet point de vue partie commande ou niveau 2 ou encore Spécifications technologiques**

Cette représentation correspond à la réalisation de la Partie Commande. Les choix technologiques de cette partie, permettent de préciser le comportement de celle-ci. On s'intéresse aux **pré-actionneurs**.

C'est le point de vue du réalisateur de la partie commande et correspond à ce qui est réellement commandé par l'automate.

Les sorties sont principalement les ordres envoyés aux pré-actionneurs.

Les entrées sont les signaux provenant des capteurs, du pupitre et des autres parties commandes.

La notation retenue à ce niveau est la notation symbolique utilisant les repères du dossier technique.

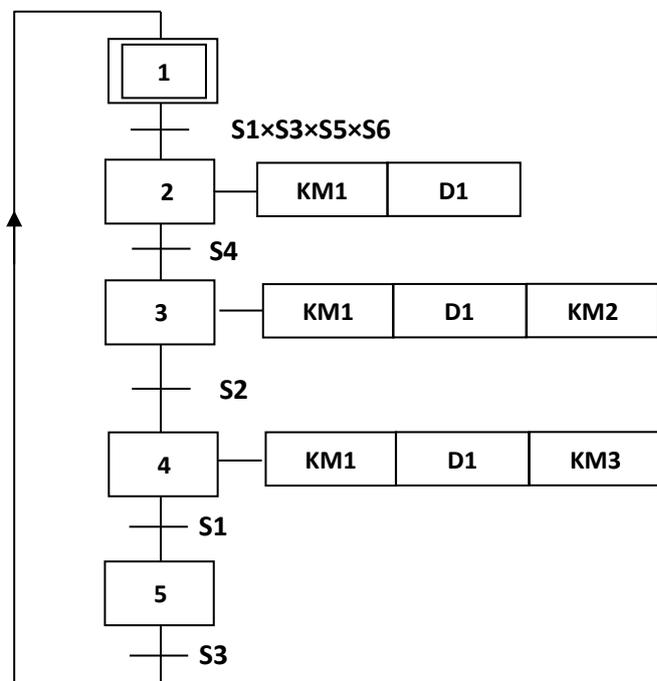
**Remarque :** Cette représentation prend en compte les pré-actionneurs qui commandent les actionneurs. La question posée est : quel pré-actionneur commande tel actionneur ? La représentation est de spécification technologique donc symbolique.

Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**LES DIFFÉRENTS POINTS DE VUE  
DU GRAFCET**

**CME**

**GRAFCET POINT DE VUE PARTIE COMMANDE**

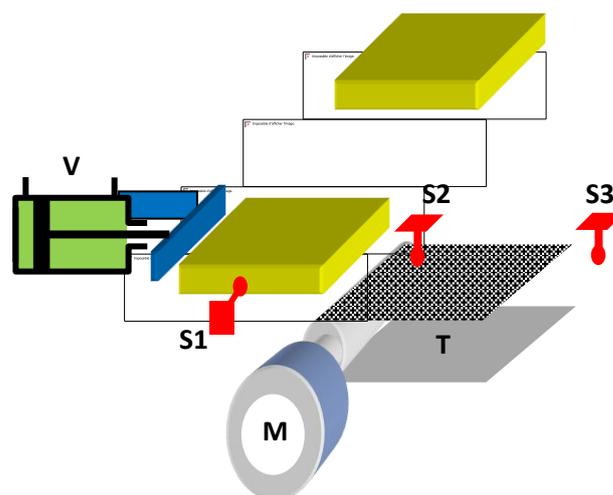


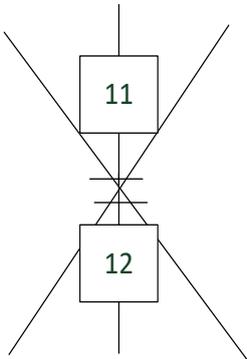
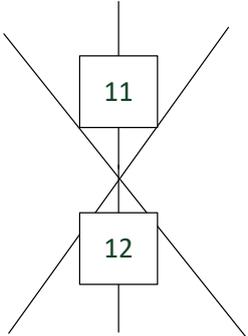
**Remarque :** A ces 3 points de vue on peut ajouter le grafcet de Point de vue automate (point de vue commande avec des adressages)

**Exercice (transfert de cartons)**

Les cartons arrivent par gravité sur un plan incliné sont transférés vers un poste de triage. Ils actionnent un fin de course S1. Le vérin V est actionné et pousse le carton sur un tapis roulant qui est immobile. Le carton actionne le contact S2, ce qui met le tapis T en fonctionnement. Le contact S1 est libéré, ce qui entraîne le retour du vérin. Le contact S2 est relâché mais le tapis T continu à fonctionner. Le carton actionne le contact S3 qui arrête le tapis T et actionne l'avertisseur H.

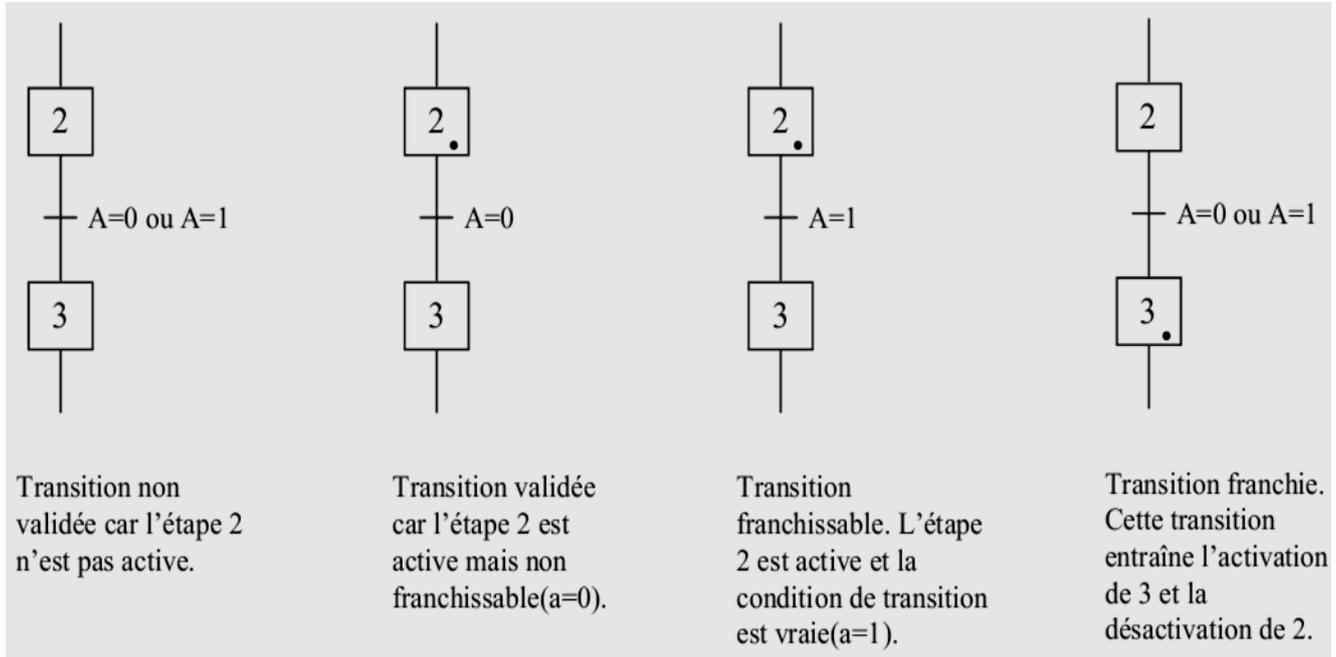
Le retrait du carton par le manœuvre permet le redémarrage du cycle si, pendant le transfert, un autre carton est arrivé face au vérin (S1) et que l'ouvrier donne l'ordre de marche (S5). Le vérin est à double effet.



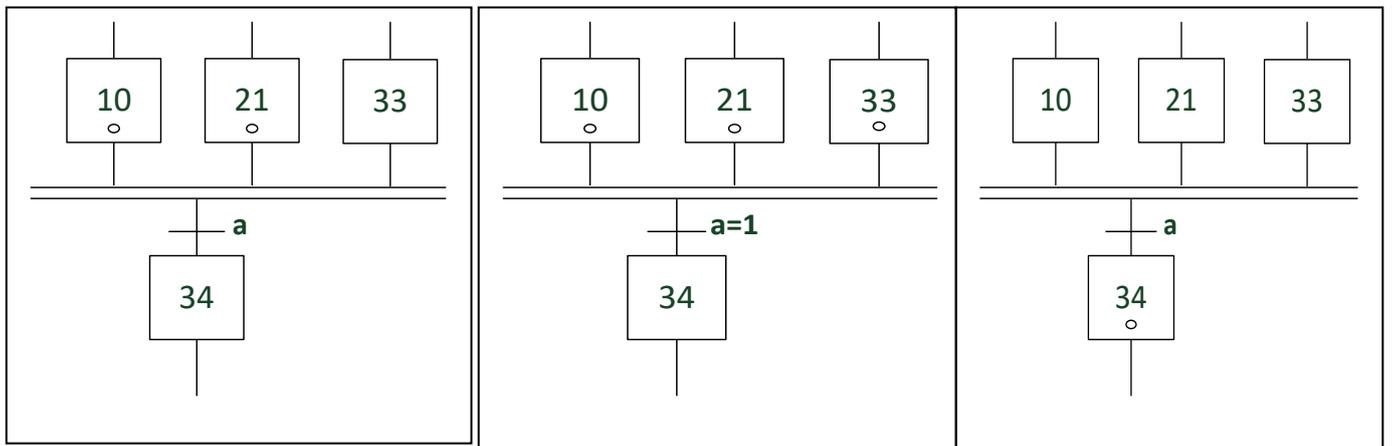
<p>Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b></p>	<p><u>Le Grafcet :</u> <b>LES RÈGLES D'ÉVOLUTION DU GRAF CET</b></p>	<p><b>CME</b></p>
<p><b>1) NECESSITE</b> Le Grafcet est un outil universel (normalisé) de description graphique des SAP. De ce fait, sa conception répond à certains nombres de règles.</p> <p><b>2) EXEMPLES DE REPRESENTATIONS INTERDITES</b> Le grafcet est une suite alternée d'étapes et de transitions. Par principe, l'alternance étape-transition, transition-étape doit être toujours respectée. Deux transitions ne peuvent se suivre, deux étapes ne peuvent se suivre.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p><b>3) LES REGLES D'EVOLUTION</b></p> <p>Les règles d'évolution précisent les conditions dans lesquelles le grafcet évolue, c'est-à-dire les conditions dans lesquelles les étapes sont actives ou inactives.</p> <p><b>3-1) Première règle : situation initiale (initialisation)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La situation initiale du grafcet caractérise l'état dans lequel se trouve la partie opérative au début du fonctionnement de la partie commande ;</li> <li>✓ Elle correspond aux étapes actives à l'initialisation ;</li> <li>✓ L'étape initiale est représentée sur le grafcet par <b>un double carré</b> ;</li> <li>✓ Un grafcet peut avoir plusieurs étapes initiales.</li> </ul> <p><b>3-2) Deuxième règle : franchissement d'une transition</b></p> <p>Une transition est soit validée, soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition ne s'effectue que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Lorsque cette transition est validée</b> et que,</li> <li>✓ <b>la réceptivité associée à la transition est vraie (=1)</b></li> </ul> <p>Lorsque ces deux conditions sont réunies, la transition devient <b>franchissable</b> et est <b>obligatoirement franchie</b>.</p>		

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<b>Le Grafcet :</b> <b>LES RÈGLES D'ÉVOLUTION DU</b> <b>GRAF CET</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

**Exemple 1 :**



**Exemple 2 :**



**Transition non validée donc non franchissable**

**Transition franchissable**

**Transition franchie**

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

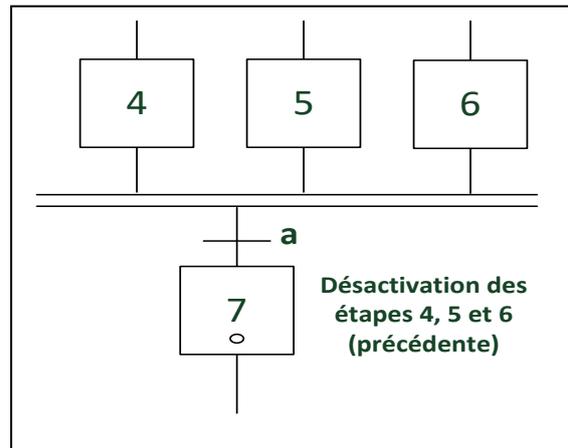
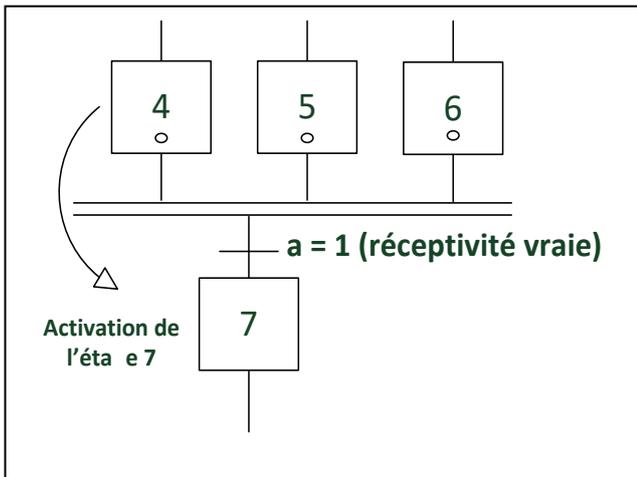
Le Grafcet :  
**LES RÈGLES D'ÉVOLUTION DU GRAFCET**

**CME**

**3-3) Troisième règle : Evolution des étapes actives**

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

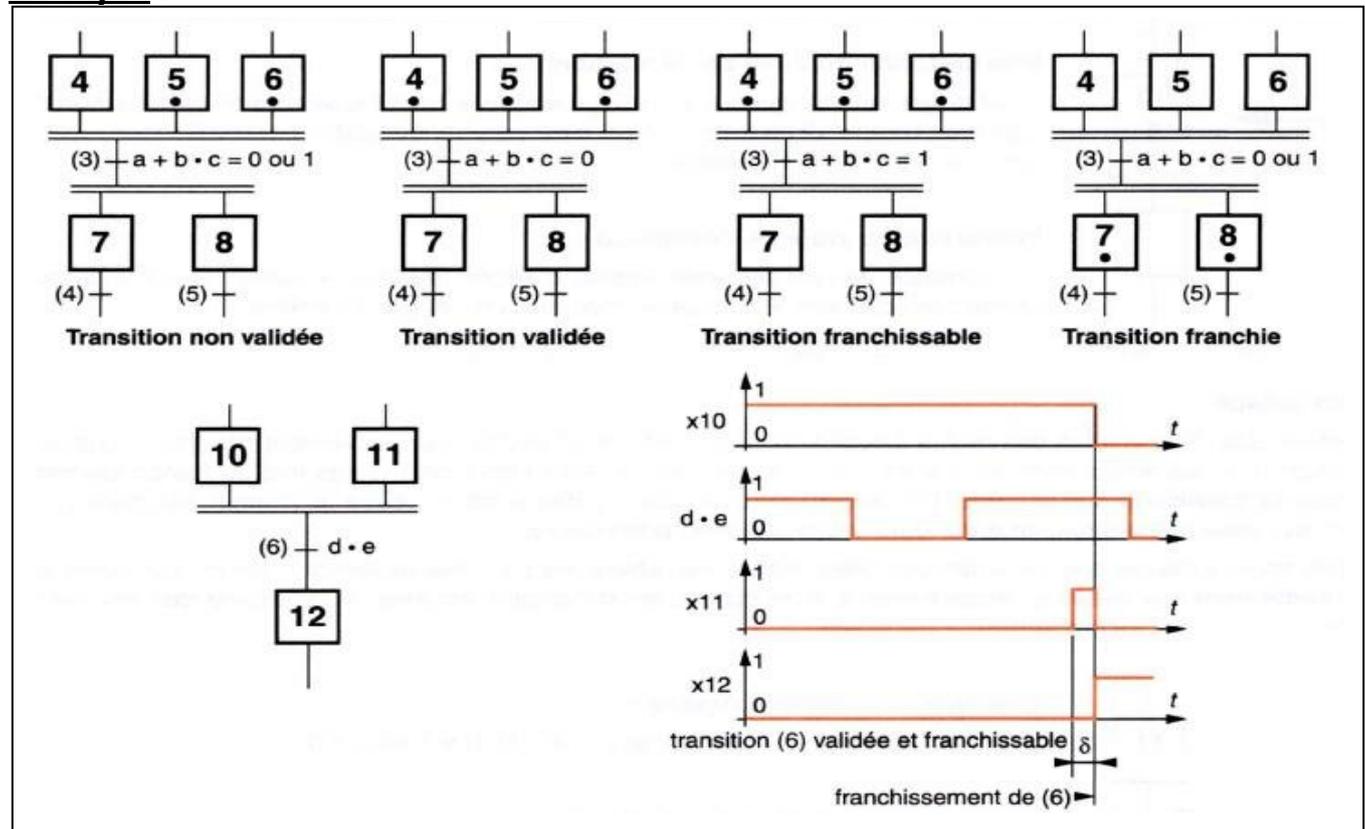
**Exemple :**



**3-4) Quatrième règle : évolution simultanée**

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

**Exemple :**



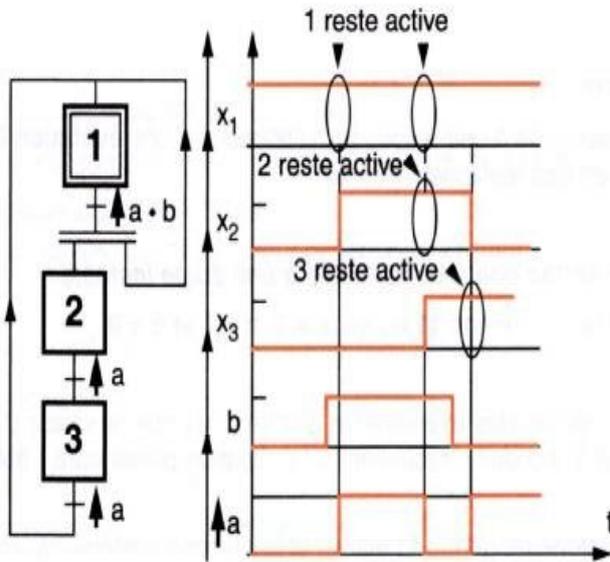
Prof : **M.ADIKO**  
Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**LES RÈGLES D'ÉVOLUTION DU  
GRAF CET**

**CME**

**3-5) Cinquième règle : activation et désactivation**

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée. Cette règle se rencontre très rarement dans la pratique.



**Remarque :**

Le front montant d'une variable logique, qui se note par le "↑" devant une variable booléenne, indique que ce front montant n'est vrai qu'au passage de la valeur 0 à la valeur 1 de la variable concernée. Le front descendant d'une variable logique, qui se note par le "↓" devant une variable booléenne, indique que ce front descendant n'est vrai qu'au passage de la valeur 1 à la valeur 0 de la variable concernée.

**A retenir :**

- ✓ **Pour franchir une transition, il faut que :**
  - Les étapes immédiatement précédentes soient actives ;
  - Et que la réceptivité associée à la transition soit vraie.
- ✓ **Le franchissement d'une transition entraîne :**
  - L'activation des étapes immédiatement suivantes,
  - Et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

**EXEMPLE D'APPLICATION**

Soit un chariot mue par un moteur 2 sens dont la mise en marche est obtenue par une impulsion sur un bouton poussoir **S1**. Le chariot part ainsi jusqu'au point B, revient au point C, repart en B puis revient en A.

Représenter le fonctionnement de ce système à l'aide d'un GRAFCET :



Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>STRUCTURES DE BASE</b>	<b>CME</b>
---	--	------------

**1) NECESSITE**

Le grafcet est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement les différents comportements d'un automatisme séquentiel. Partant de la, sa structure sera donc fonction des exigences de l'automatisme à étudier.

**2) LES STRUCTURES USUELLES DU GRAFCET**

**2-1) Grafcet linéaire ou à séquence unique**

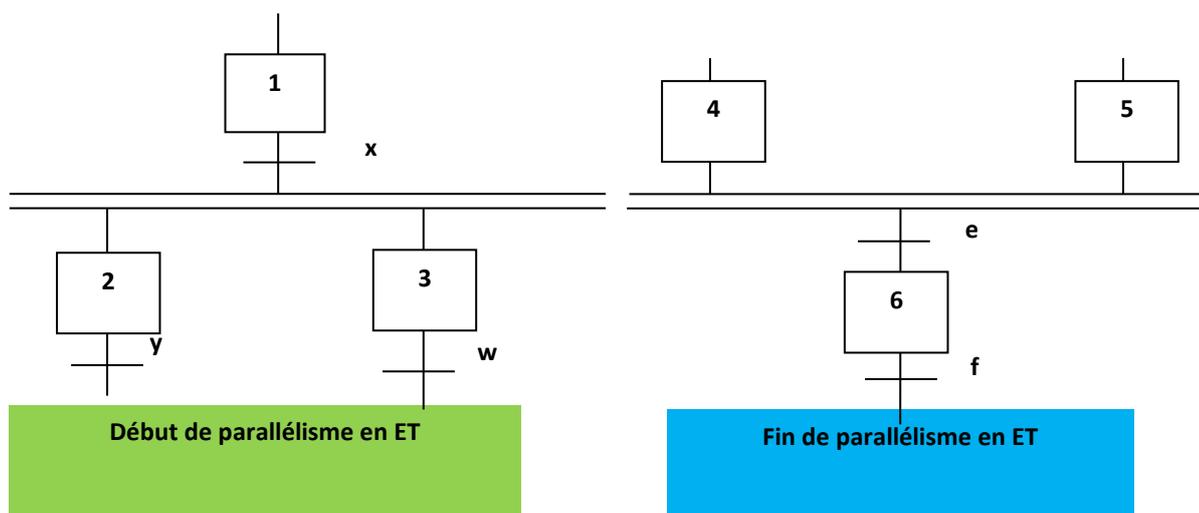
Dans un GRAFCET à cycle linéaire ou à séquence unique, on a une succession d'étapes pouvant être activées les unes après les autres. Chaque étape est suivie par une seule transition et chaque transition est validée par une seule étape. C'est le cas des exercices traités dans la leçon précédente.

**2-2) Grafcet à séquences simultanées (Divergence et Convergence en ET ou Parallélisme)**

Il arrive dans un SAP que des séquences se déroulent simultanément, l'une indépendante de l'autre. On parle alors de séquences simultanées. Pour représenter ces séquences simultanées, une transition unique et deux traits parallèles horizontaux indiquent le début et la fin des séquences. Le début est une divergence en ET, la fin est nommée convergence en ET.

**Divergence en ET :** lorsque l'étape **1** est active la transition **1-(2 ; 3)** est validée. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie ( $x=1$ ), alors il y a activation simultanée des étapes **2** et **3** et désactivation l'étape **1**

**Convergence en ET :** lorsque les étapes **4** et **5** sont actives ensemble, la transition **(4 ;5)-6** est validée Si la réceptivité associé à cette transition est vraie ( $e=1$ ), alors il y a activation de l'étape **6** et désactivation simultanée des étapes **4** et **5**.



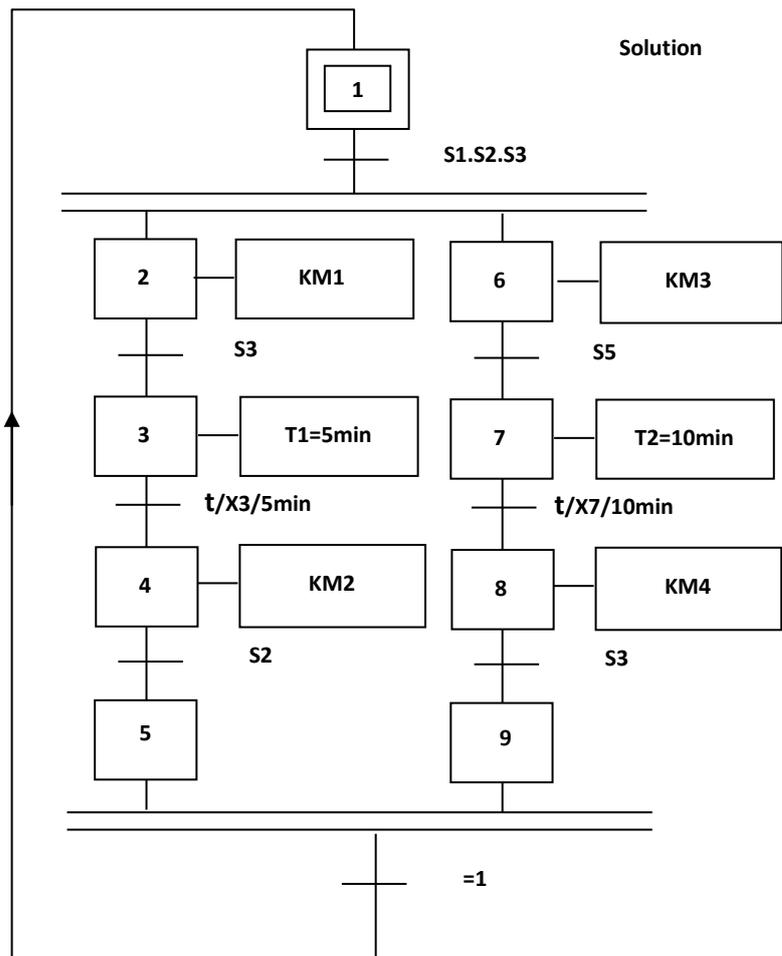
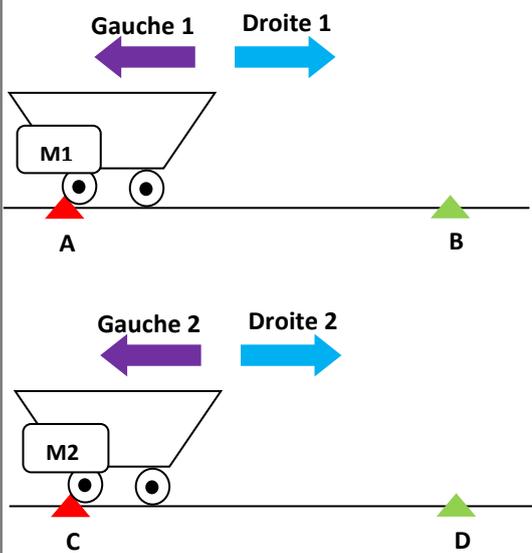
Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafset :  
**STRUCTURES DE BASE**

**CME**

**Exemple : Cahier des charges**

Après action sur le bouton poussoir marche (S1), les chariots 1 et 2 partent respectivement en B (S3) et D (S5) où ils restent 5mn (chariot 1) et 10mn (chariot 2), puis reviennent à leur point de départ A (S2) et C (S3). Les chariots ne peuvent reprendre un nouveau cycle que tous deux sont bien à leur point de départ. La longueur des trajets diffèrent. Chaque chariot met un temps différent pour les parcourir. M1 est commandé par KM1 et KM2, M2 par KM3 et KM4.



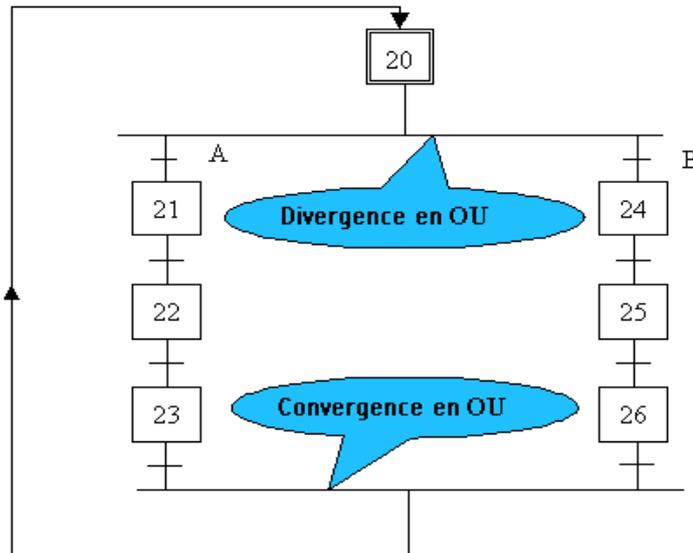
Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**STRUCTURES DE BASE**

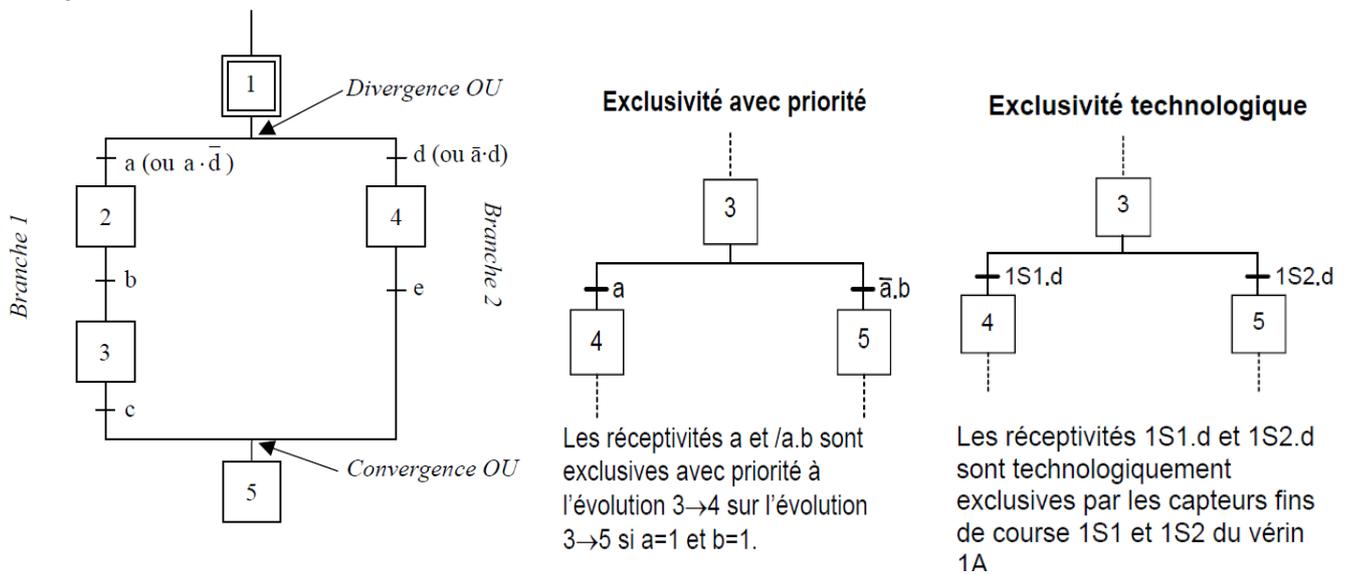
**CME**

**2-3) Grafcet à sélection de séquence (Divergence en OU ou Aiguillage)**

Dans un automatisme, il arrive souvent qu'un choix doit s'opérer entre deux ou plusieurs séquences : on parle de sélection de séquence ou aiguillage.



**Remarque :** Il est toujours nécessaire pour obtenir un aiguillage entre plusieurs séquences que les réceptivités soient exclusives au niveau de la divergence en OU. Cette pratique peut



**Figure 1 et 2 : Exclusivités logiques**

**Figure 3 : Exclusivités technologique**

**Exemple :** Établir le grafcet du démarreur étoile-triangle inverseur d'un MAS

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

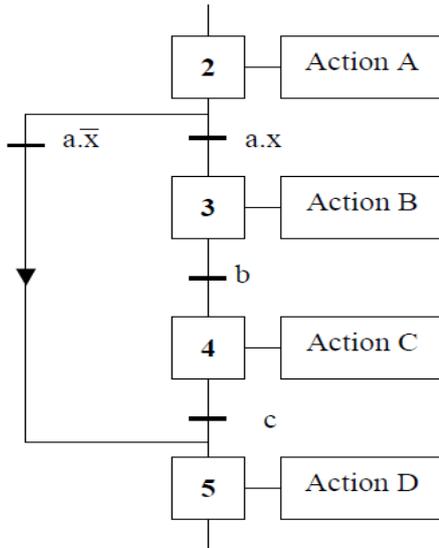
Le Grafcet : **STRUCTURES DE BASE**

**CME**

## 2-4) Saut d'étape et reprise de séquence

### 2-4-1) Saut d'étape

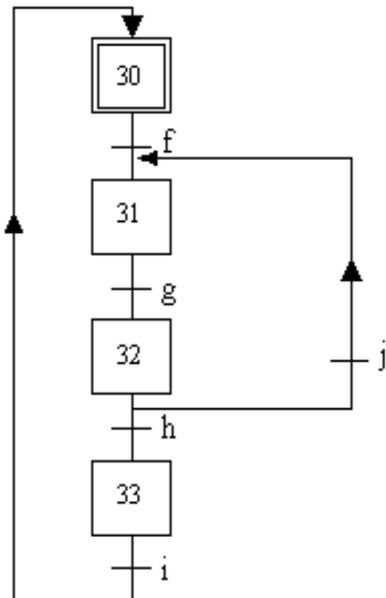
Cas particulier de sélection de séquences qui permet d'éviter d'activer une ou plusieurs étapes lorsque les actions associées à ces étapes sont inutiles à ce moment donné. C'est donc un aiguillage en OU dans lequel une des branches ne comporte pas d'étapes.



**Si la réceptivité « $a\bar{x}$ » est vrai, saut de l'étape 2 à l'étape 5 sinon séquence 3-4-5**

### 2-4-2) Reprise de séquence

La reprise de séquences permet de reprendre une ou plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition n'est pas satisfaite.



**Le saut en arrière permet de reprendre une séquence lorsque les actions à réaliser sont répétitives**

Prof : **M.ADIKO**

Le Grafcet :

Mat : **Automatisme**

**STRUCTURES DE BASE**

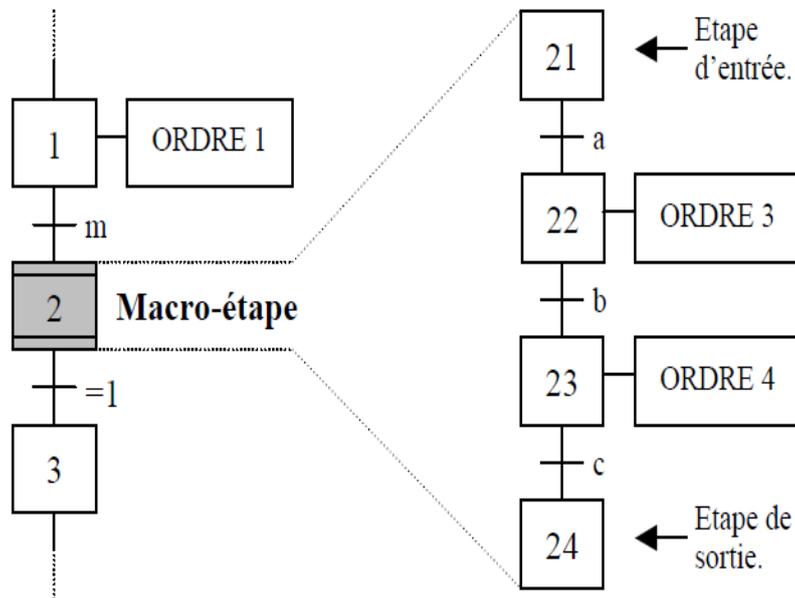
**CME**

### 2-5) La Macro étape

La macro étape se substitue à une étape normale du grafcet mais représente une suite d'étapes et de transitions uniques.

La représentation d'une macro étape est appelé expansion de la macro étape. Cette représentation permet de simplifier le graphisme de l'outil grafcet et d'en faciliter son élaboration et sa lecture.

Une macro-étape peut elle-même comporter d'autres macro-étapes.



#### Remarque :

- ✓ Le saut d'étape et la reprise de séquence sont deux cas particuliers de l'aiguillage en OU ;
- ✓ Le saut d'étape comprend au minimum le saut d'une étape ;
- ✓ La reprise de séquence doit comporter au moins trois étapes puisque l'activation d'une étape comporte la désactivation de l'étape précédente et la validation de l'étape suivante. Dans une boucle de reprise de séquence avec deux étapes, il n'est pas possible de remplir ces conditions ;
- ✓ Le sens des flèches et la position des transitions sur les liaisons orientés sont très importants.

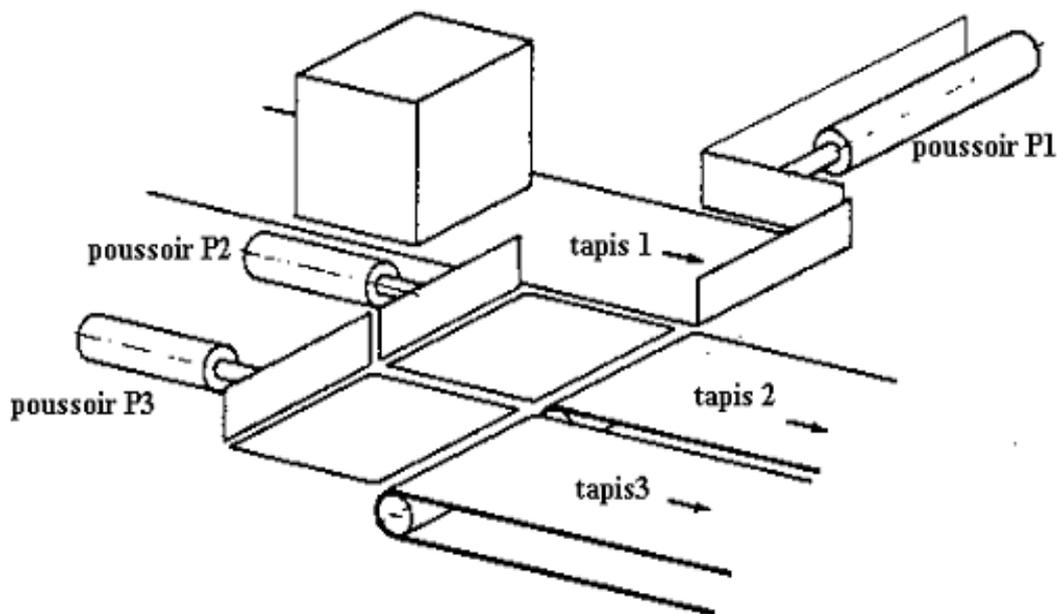
Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**STRUCTURES DE BASE**

**CME**

**Exemple d'application de sélection de séquences :**

Tri de caisse :



Un dispositif automatique destiné à trier des caisses de deux tailles différentes se compose d'un tapis amenant les caisses, de trois poussoirs et de deux tapis d'évacuation. Le poussoir P1 pousse les petites caisses devant le poussoir P2 qui à son tour les transfère sur le tapis 2, alors que les grandes caisses sont poussées devant le poussoir P3, ce dernier les évacuant sur le tapis 3.

Pour effectuer la sélection des caisses, un dispositif de détection placé devant le poussoir P1 permet de reconnaître sans ambiguïté le type de caisse qui se présente et l'on suppose que les trois tapis sont constamment en mouvement.

**Établir le grafcet point de vue partie opérative du système.**

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>MISE EN EQUATION DU GRAFCET</b>	<b>CME</b>
---	---	------------

### 1) NECESSITE

La mise en équation du grafcet va permettre ou faciliter la programmation du grafcet (fonctionnement du système) ; ceci facilitera le travail du programmeur ainsi que de tous ceux ayant à relire ou modifier le programme.

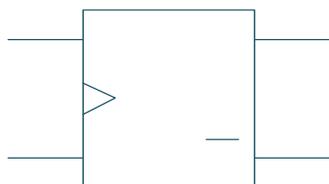
Malheureusement, ce ne sont pas tous les automates qui se programment en GRAFCET directement. Ils peuvent généralement être programmés en « diagramme échelle » ou LADDER.

Il faut donc pouvoir transformer le GRAFCET qui est la meilleure approche qui existe pour traiter les systèmes séquentiels en langage LADDER qui est le langage le plus utilisé par les automates.

### 2) MISE EN EQUATION

#### 2-1) Règles générales

Quatre variantes de transformation existent et sont très équivalentes. Elles reposent sur l'utilisation de bascules. Une bascule est une fonction logique ayant deux entrées « **SET (S)** » et « **RESET (R)** » et une sortie « **Q** ». lorsque l'entrée « **S** » est active (**S=1**), la sortie « **Q** » est mise à **1** et reste à **1** tant que l'entrée « **R** » n'est pas active. Si l'entrée « **R** » est active, la sortie « **Q** » est mise à **0** et reste à **0** tant que l'entrée « **S** » n'est pas active. Si les deux entrées sont actives en même temps, l'état de la sortie « **Q** » dépendra du design interne de la bascule ; ce qui explique le nombre de variantes.



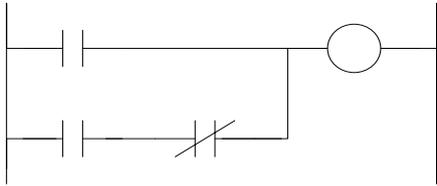
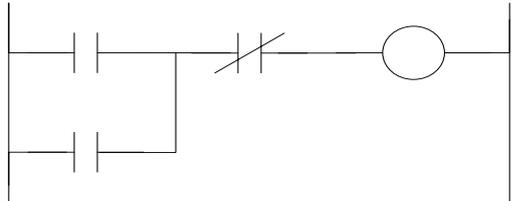
- **Q** est appelée sortie normale
- $\bar{Q}$  est appelée sortie inversée
- On dit que la bascule est à "1" (niveau HAUT) si **Q = 1 et  $\bar{Q} = 0$**
- On dit que la bascule est à "0" (niveau BAS) si **Q = 0 et  $\bar{Q} = 1$**

Pour montrer comment le GRAFCET est mis en équation, supposons une suite de trois (3) étapes tel que montré par la figure suivante :



Pour trouver l'équation logique de **X<sub>n</sub>** (équation d'activation de l'étape de rang n) il faut appliquer les règles du GRAFCET.

- L'étape « **n** » s'activera lorsque la transition « **n-1 ; n** » sera franchie. Cette transition est franchie si l'étape « **n-1** » est active et si la condition logique **R<sub>1</sub>** (réceptivité) est vraie (**R<sub>1</sub>=1**). L'étape « **n** » s'activera alors et désactivera l'étape « **n-1** ». l'équation logique de la mise à 1 de **X<sub>n</sub>** sera : **X<sub>n</sub>=X<sub>n-1</sub>.R<sub>1</sub>**

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	Le Grafcet : <b>MISE EN EQUATION DU GRAFCET</b>	<b>CME</b>
<p>➤ L'étape « n » se désactivera lorsque la transition « n ; n+1 » sera franchissable. Lorsque le franchissement se fera, l'étape « n+1 » s'activera et l'étape « n » se désactivera. L'équation logique de la mise à 0 de <math>X_n</math> sera : <math>\overline{X_{n+1}}</math></p> <p><b>2-2) Mise en équation</b></p> <p><b>2-2-1) Variante 1 : priorité à l'activation</b></p> <p>La première variante est l'utilisation de bascules ayant une priorité à l'activation. Dans cette variante, la bascule mettra la sortie « Q » à 1 si les deux entrées sont activées simultanément (RS NAND). En langage « LADDER » le schéma de cette bascule est :</p>  <p>Si on applique cette représentation pour écrire l'équation logique de <math>X_n</math>, on aura que :</p> $X_n = (X_{n-1} \cdot R_1 + X_n \cdot \overline{X_{n+1}})$ <p><b>2-2-2) Variante 2 : priorité à la désactivation</b></p> <p>La seconde variante est l'utilisation de bascules ayant une priorité à la désactivation (RS NOR). Dans cette variante, la bascule mettra la sortie « Q » à 0 si les deux entrées sont activées simultanément. En langage LADDER le schéma de cette bascule est :</p>  <p>Si on applique cette représentation pour écrire l'équation logique de <math>X_n</math>, on aura que :</p> $X_n = (X_{n-1} \cdot R_1 + X_n) \cdot \overline{X_{n+1}}$ <p>Cette variante viole la cinquième règle du GRAFCET et ne devrait pas être utilisée.</p> <p><b>2-2-3) Variante 3</b></p> <p>La troisième variante utilise la fonction bascule de l'automate. Dans cette application on aura deux équations logiques. L'équation logique de <b>SET</b> <math>X_n</math> est <b>SET</b> <math>X_n = X_{n-1} \cdot R_1</math> et de <b>RESET</b> <math>X_n</math> est : <b>RESET</b> <math>X_n = X_{n+1}</math></p>		

Prof : <b>M.ADIKO</b> Mat : <b>Automatisme</b>	<u>Le Grafcet :</u> <b>MISE EN EQUATION DU GRAFCET</b>	<b>CME</b>
---	---	------------

**2-2-4) Variante 4 : A utiliser obligatoirement car respectant au mieux les règles du GRAFCET**

Dans la quatrième variante les transitions sont évaluées indépendamment des étapes du GRAFCET, ce qui permet d'éviter d'avoir deux étapes actives en même temps lors des transitions d'une étape à une autre. Ce problème d'étapes actives en même temps devient dangereux lorsque le temps de structuration de l'automate devient long.

Chaque transition sera identifiée par «  $Y_n$  ». Ainsi, la transition entre l'étape «  $n-1$  » et «  $n$  » sera identifiée «  $Y_{n-1}$  », puis celle entre l'étape «  $n$  » et «  $n+1$  » sera identifiée «  $Y_n$  » et ainsi de suite...

L'équation logique du franchissement de la transition «  $Y_n$  » est :  $Y_n = X_n \cdot R_2$

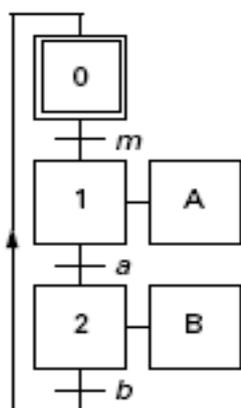
Elle donne un niveau logique **1** lorsque l'étape qui précède «  $X_n$  » est active et lorsque la réceptivité **R2** est vraie.

L'équation logique de l'étape «  $X_n$  » est :  $X_n = Y_{n-1} + X_n \cdot \overline{Y_n}$ . L'étape  $X_n$  s'active si la transition précédente  $Y_{n-1}$  est franchie et se désactive si la transition  $Y_n$  suivante est franchie.

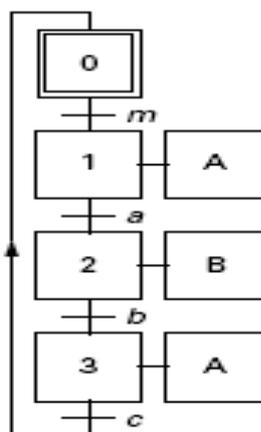
**NB :** la variante 4 devra être utilisée puisqu'elle élimine bien de problèmes. Elle est supérieure à toutes les autres variantes.

**2-3) Mise en équation des actions**

**2-3-1) Action normale**

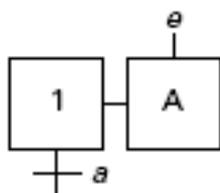


**Exemple 1 :**  
 L'Action A se produit à l'étape 1 et l'action B se produit seulement à l'étape 2  
 $A = X_1$   
 $B = X_2$



**Exemple 2 :**  
 L'Action A se produit à l'étape 1 ou à l'étape 3, alors que l'action B se produit seulement à l'étape 2  
 $A = X_1 + X_3$

**2-3-2) Action conditionnelle**



L'action A se produit à l'étape 1 à condition que e soit vraie.  
 $A = X_1 \cdot e$

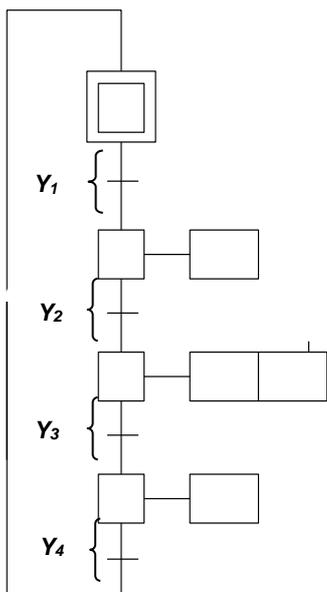
Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**MISE EN EQUATION DU GRAFCET**

**CME**

**2-4) Exemple de mise en équation**

**2-4-1) Grafcet linéaire**

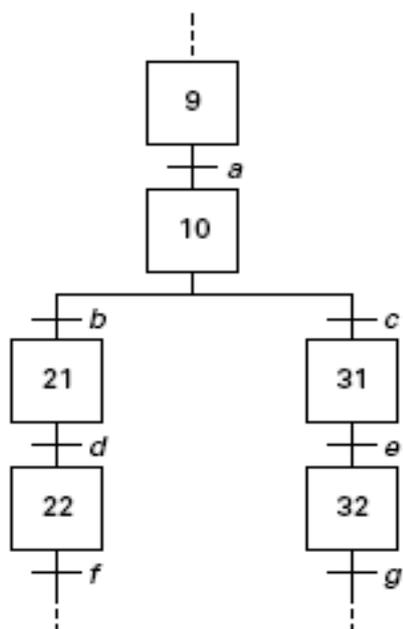


Equation des transitions

Equation des Actions

Equation des Etapes

**2-4-2) Divergence en OU**



Equation des transitions

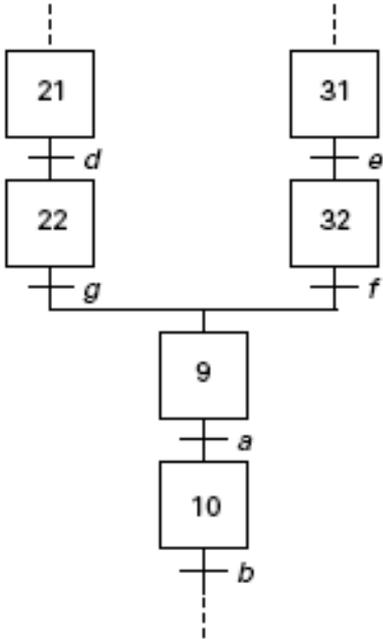
Equation des Etapes

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**MISE EN EQUATION DU GRAFCET**

**CME**

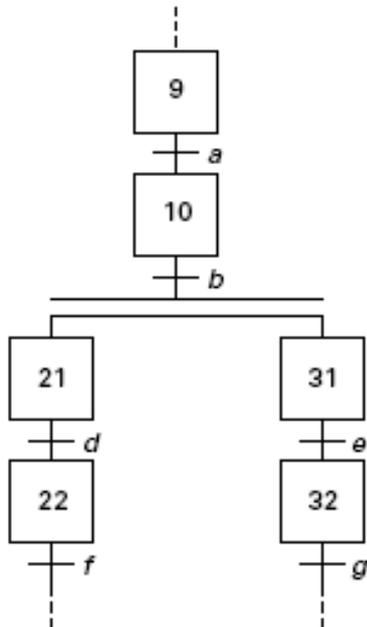
**2-4-3) Convergence en OU**



Equation des transitions

Equation des Etapes

**2-4-4) Divergence en ET**



Equation des transitions

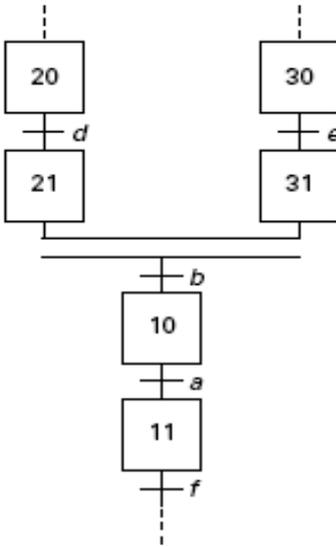
Equation des Etapes

Prof : **M.ADIKO**  
 Mat : **Automatisme**

Le Grafcet :  
**MISE EN EQUATION DU GRAFCET**

**CME**

**2-4-5) Convergence en ET**

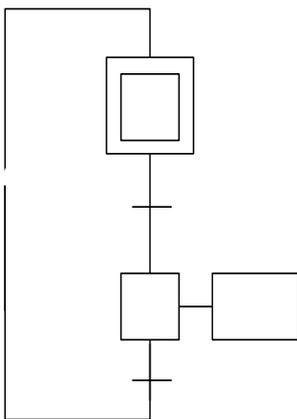


Equation des transitions

Equation des Etapes

**Exercice d'application**

Soit le grafcet suivant



- 1) Faites la mise en équation de ce grafcet en utilisant la deuxième variante. Que remarquez-vous quand à l'activation et la désactivation de l'étape 2?
- 2) Que préconisez-vous comme solution pour y remédier ?
- 3) Réalisez maintenant la mise en équation en utilisant la quatrième variante.