

Département de Génie mécanique

**Module :**

# **Automatisation des systèmes industriels**

(Résumé)

Master 1 : construction mécanique

**2020/2021**

1. Un cours par semaine
2. Un TP par semaine

Dr. Khettab / 2020-2021

# Plan

- **1. Généralité**
- **2. Systèmes Automatisés**
- Constituants d'une chaîne d'automatisme
- Constituants de la chaîne d'information
- Les capteurs :
  - Capteurs TOR (Tout Ou Rien) ou capteurs logiques (2 valeurs)
  - Capteurs analogiques (infinité de valeurs)
  - Capteurs numériques (nombre limité de valeurs)
- **3. Systèmes Automatisés pour les Automates Programmables**
  - L'automatisme
  - Partie opérative (PO)
  - Partie commande (PC) & Partie relation (PR)
  - La logique câblée
  - Logique programmée
- **4. Automate programmable industriel (API)**
  - Architecture des API
  - Aspect extérieur des API
  - Description des éléments d'un API
  - Nature des informations traitées par l'automate.

# Chapitre 1

## Généralités sur les systèmes automatisés

### Définition

#### Automatisme

Est un ensemble productif qui, une fois mis en mouvement fonctionne de lui-même sous le contrôle d'un programme unique à chaque instant.

#### Automatique

Est l'étude des automatismes, la réunion des compétences de celui qui met en œuvre des connaissances en électronique, en informatique, en mécanique, en physique... au service du client qu'il sert en vue d'automatiser un ensemble de tâches.

#### Automatisation

Est la commande et le contrôle d'un processus par un système qui le conduit vers un objectif en dépit des perturbations qu'il subit.

#### But de l'automatisme

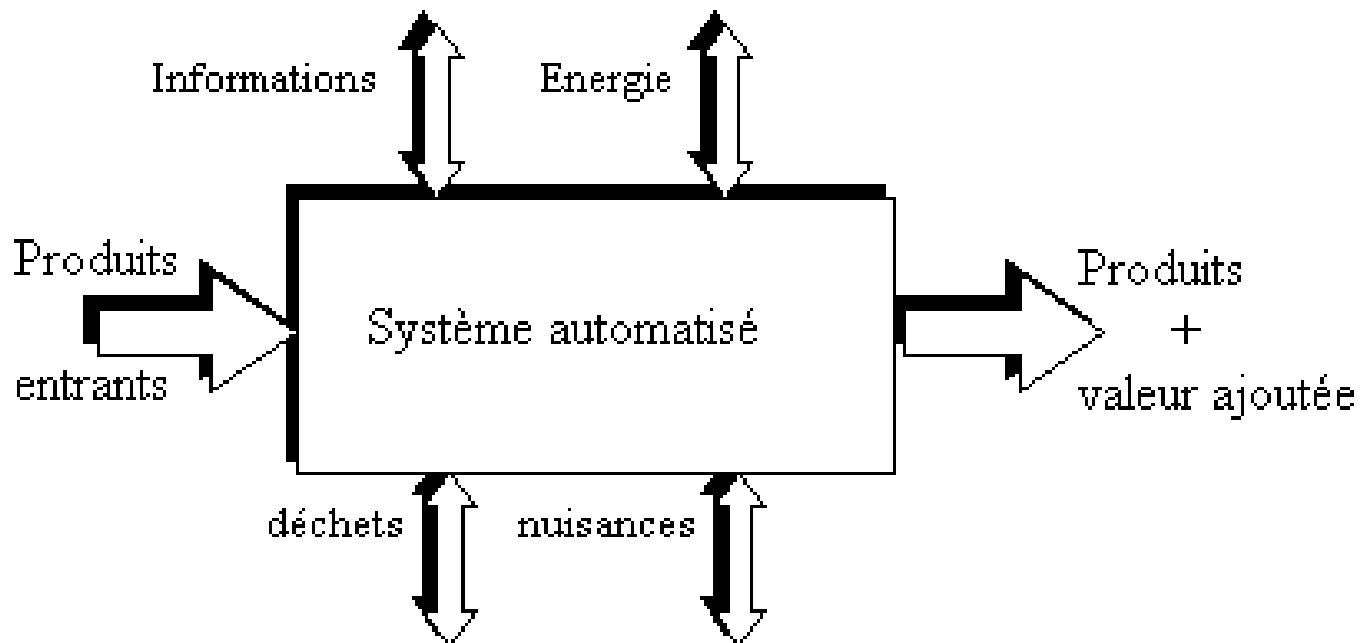
- Effectuer une production qualitative. (Pas d'erreur humaine / zéro défaut.)
- Effectuer une production quantitative. (On peut solliciter un système automatisé 24h/24h)
- Supprimer les tâches ou actions physiques peu ou pas gratifiantes pour l'homme.
- Pouvoir accéder : A des milieux de travail hostiles. (Chimique, -Nucléaires ...) ou des sites inaccessibles à l'homme (mer, Espace).

## Architecture des Systèmes Automatisés :

### Définition d'un système automatisé :

- **Un système est dit automatisé** lorsqu'il exécute de manière autonome un cycle de travail prédéfini qui se décompose en séquences et/ou en étapes.
- **Un système est dit automatisé** s'il exécute le même cycle de travail pour lequel il a été programmé.

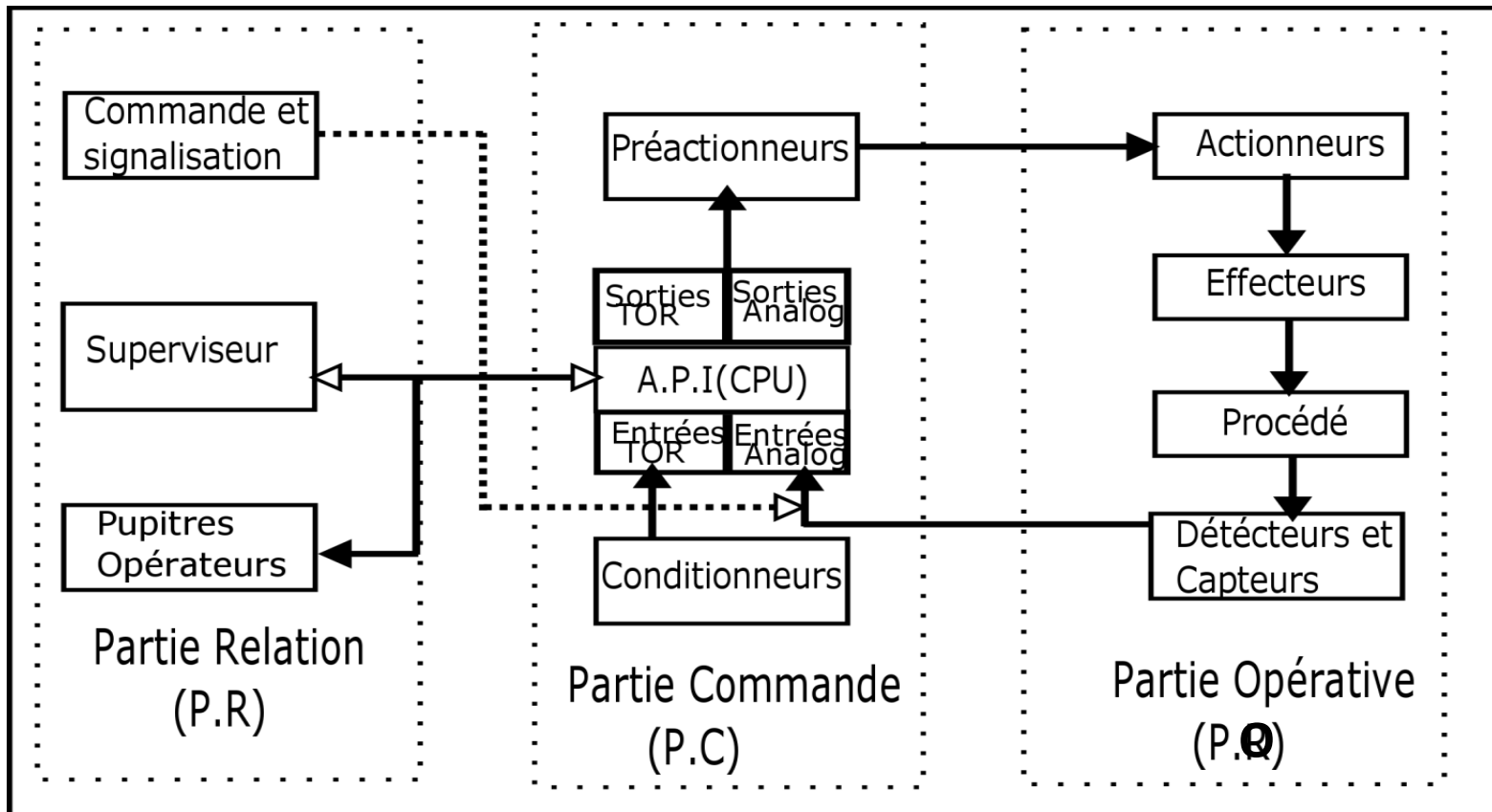
**Systèmes automatisés de production (SAP) :** Répondent au besoin de produire à un coût rentable pour l'utilisateur du système autrement apporter de la valeur ajoutée à une matière première.



## Architecture des systèmes automatisés

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 :

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



## 1. Partie Opérative (PO)

C'est la partie visible du système. Elle comporte les éléments du procédé, c'est à dire :

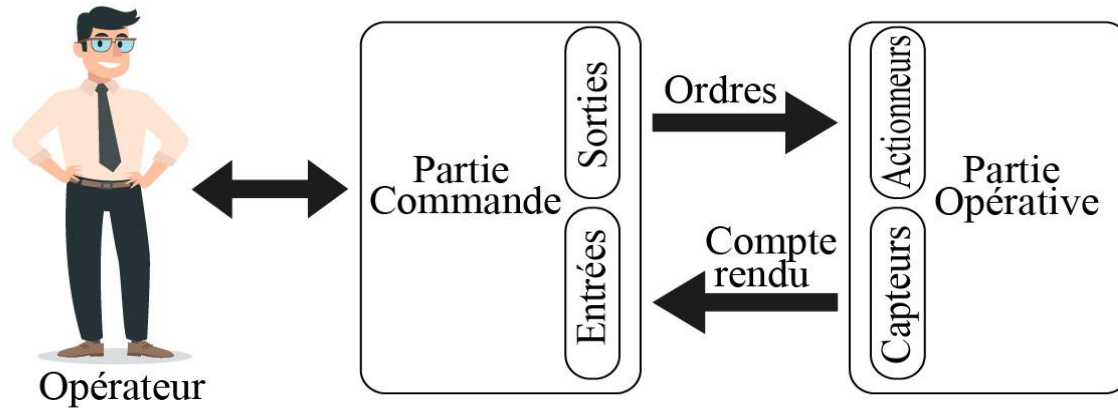
- des pré-actionneurs (distributeurs, contacteurs) qui reçoivent des ordres de la partie commande ;
- des actionneurs (vérins, moteurs, vannes) qui ont pour rôle d'exécuter ces ordres. Ils transforment l'énergie pneumatique (air comprimé), hydraulique (huile sous pression) ou électrique en énergie mécanique ;
- des capteurs qui informent la partie commande de l'exécution du travail. Par exemple, on va trouver des capteurs mécaniques, pneumatiques, électriques ou magnétiques montés sur les vérins. Le rôle des capteurs (ou détecteurs) est donc de contrôler, mesurer, surveiller et informer la PC sur l'évolution du système.

## 2. Partie Commande (PC)

La Partie Commande (PC) regroupe les composants (relais électromagnétique, opérateur logique, etc.) et les constituants (API, cartes à microprocesseur, etc.). Selon les informations émises par la partie PR (consignes) et les capteurs de la PO elle traite ces informations par un programme préétabli et les restitue vers la PO sous forme d'ordres.

## 3. Partie relation (PC)

Permet d'intervenir sur le système (consignes marche et arrêt, arrêt d'urgence...) et de visualiser son état (voyants et afficheurs).



*Structure d'un système automatisé*

L'automatisme est obtenu en reliant entre eux les différents constituants de base ou fonctions logiques par câblage logique ou programmée.

### 1. Logique câblée :

La logique câblée correspond à un traitement parallèle de l'information.

Plusieurs constituants peuvent être sollicités simultanément.

Elle est étudiée et réalisée une fois pour toutes sur un schéma donné : **Les fonctions sont réalisées par voie matérielle.**

### 2. Logique programmée

Elle correspond à une démarche séquentielle, seule une opération élémentaire est exécutée à la fois, c'est un traitement série. Le schéma électrique est transcrit en une suite d'instruction qui constitue le programme. En cas de modification des équations avec les mêmes accessoires, l'installation ne comporte aucune modification de câblage seul le jeu d'instructions est modifié.

## Automate

L'automate simplifie grandement le schéma de la logique câblée prenant en compte tout ce qui est extérieur à la programmation, comme les voyants. Il sert pour se substituer à une partie d'une commande complexe qu'on programmera dans un automate.

### Automatiser avec les automates pour :

- Réduire les coûts d'ingénierie
- Réduire les coûts de maintenance

### Choix de la logique

Le choix du type d'une logique pour résoudre un problème, dépend de plusieurs critères :

- Complexité ;
- coût ;
- évolutivité ;
- rapidité.



## Chapitre 2

# Automate Programmable Industriel (API)

### Définition

Un automate programmable est un système électronique programmable par un personnel non informaticien, destiné à être utilisé dans un environnement industriel. Il utilise une mémoire programme pour le stockage interne des instructions utilisées aux fins de la mise en œuvre des fonctions spécifiques

### Architecture des API :

L'architecture du processeur d'un automate programmable est fondamentalement la même que celle d'un ordinateur à usage général. Néanmoins, il existe certaines caractéristiques importantes qui les distinguent :

- Tout d'abord, contrairement aux ordinateurs, les automates programmables sont conçus pour résister aux conditions difficiles de l'environnement industriel.
- Un automate bien conçu peut être placé dans une zone avec d'importantes quantités : de bruit électrique, des interférences électromagnétiques, des vibrations et d'humidité sans condensation
- Une deuxième distinction des automates est que leurs matériels et logiciels sont conçus pour une utilisation facile par les électriciens et les techniciens.

## Caractéristiques fondamentales d'un API :

- Il peut être directement connecté aux capteurs et pré-actionneurs grâce à ses E/S industrielles.
- Il est conçu pour fonctionner dans des ambiances industrielles sévères.
- Enfin, sa programmation à partir de langages spécialement développés pour le traitement de fonctions d'automatisme facilite son exploitation et sa mise en œuvre.

## Aspect extérieur des API :

Les automates peuvent être de type compact ou modulaire.

**Type compact** : les modules de programmation (**LOGO** de Siemens, **ZELIO** de Schneider, **MILLENIUM** de Crouzet...) des micros automates. Il intègre le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties.



**Figure III-2** Api de type compact : LOGO Siemens

**Type modulaire :** Le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "Fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissants, où la capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.



**API de type modulaire : S7-300 Siemens**

**Structure interne d'un automate :** Les API comportent quatre parties principales :

- Une mémoire
- Un processeur
- Des interfaces d'entrées/sorties
- Une alimentation (240VAC, 24VDC).

Ces quatre parties sont reliées entre elles par des bus (ensemble de câbles autorisant le passage de l'information entre ces 4 secteurs de l'API).

**1- L'alimentation du système :** joue un rôle majeur dans le fonctionnement total du système. En fait, il peut être considéré comme le "gestionnaire de premier niveau" de la fiabilité et l'intégrité du système. Sa fonction n'est pas seulement de fournir des tensions continues internes pour les composants du système, mais aussi pour surveiller et réguler les tensions fournies et prévenir la CPU si quelque chose ne va pas. Le bloc d'alimentation a pour fonction de fournir une puissance bien régulée et de protection pour les autres composants du système.

**2- Unité centrale ou CPU :** L'unité centrale commande l'interprétation et l'exécution des instructions programmées. Elle est aussi chargée de détecter les pannes de communication, ainsi que d'autres défaillances qui peuvent survenir pendant le fonctionnement du système. Il doit alerter l'opérateur ou le système en cas de dysfonctionnement. A base de microprocesseur, l'unité centrale réalise toutes les fonctions logiques, arithmétiques et de traitement numérique (transfert, comptage, temporisation ...). Ce module se compose essentiellement de :

- **Microprocesseur :** Il constitue le cœur de la CPU. Son rôle consiste, d'une part, à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'E/S et, d'autre part, à gérer les instructions du programme.
- **Bus :** C'est un ensemble de pistes conductrices (pistes en cuivre) par lesquelles s'achemine une information binaire (suite de 0 ou 1), c'est-à-dire ensemble de fils autorisant le passage des informations entre les quatre secteurs (l'alimentation, la mémoire, le processeur et l'interface E/S) de l'automate. L'unité centrale dispose de trois bus : bus de données, bus d'adresses et bus de commandes.

**Mémoire :** Elle est conçue pour recevoir, gérer et stocker des informations issues des différents secteurs du système qui sont :

- Le terminal de programmation.
- Le processeur, qui lui gère et exécute le programme.

Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

**Interfaces d'entrées / sorties :** Les interfaces d'entrées / sorties permettent à l'unité centrale de communiquer avec l'environnement ou les périphériques.

**Nature des informations traitées par l'automate :** Les informations peuvent être de type:

**Analogique :**

L'information est continue et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température, variateur de vitesse etc....

**Numérique :**

L'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire Tout ou rien : ce type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir etc...

**Hexadécimale :**

Ce type d'information délivrée par des modules spéciaux.

## Présentation de l'automate S7-300 : (Figure III-4)

L'automate programmable industriel S7-300 fabriqué par **SIMENS**, qui fait partie de la gamme SIMATIC S7 est un automate destiné à des tâches d'automatisation moyennes et hautes gammes.

La configuration et le jeu d'instruction des **API SIMENS** sont choisis pour satisfaire les exigences typiques et industrielles et la capacité d'extension variable permet une adaptation à la tâche considérée.

L'automate lui-même est constitué d'une configuration minimale composée d'un module d'alimentation, de la CPU, du coupleur et de modules d'entrées/sorties.

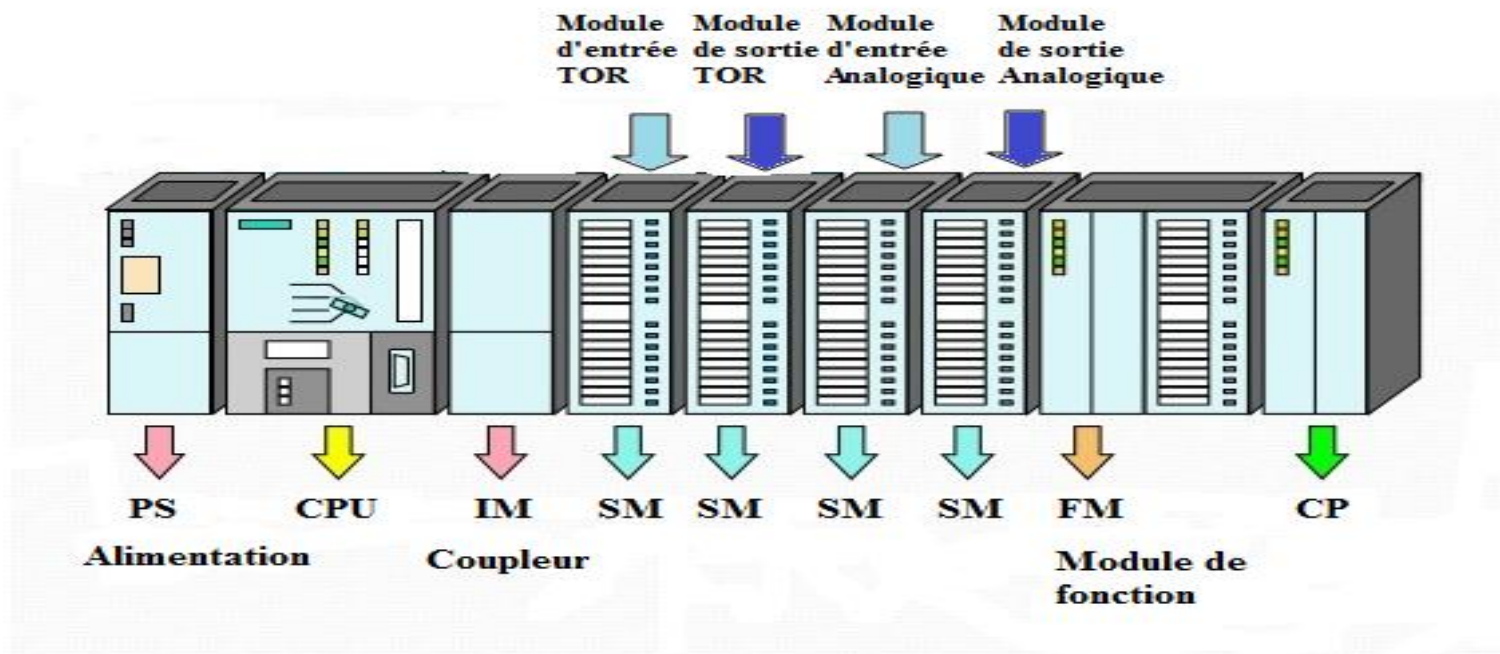


Figure III-4 L'automate programmable S7-300

## Qu'est qu'un profilé support ?

Les profilés supports ou les châssis (rack) constituent des éléments mécaniques de base de la SIMATIC S7-300, ils remplissent les fonctions suivantes :

La fixation des modules ou l'assemblage mécanique des modules.

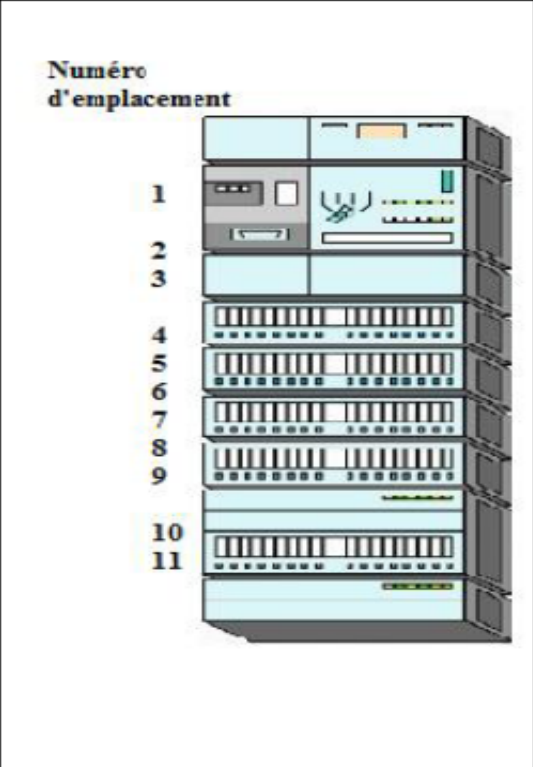
La distribution de la tension.

L'acheminement du bus de fond de panier aux différents modules.

Dans le S7 -300 ; les modules sont fixés dans l'ordre et leurs nombres sont limités.

C'est-à-dire que le profilé support dans le S7-300 contient au maximum 11 emplacements :

Numéro d'emplacement	Module
1	Module d'alimentation (PS)
2	Unité centrale (CPU)
3	Coupleur (IM)
4	1 <sup>er</sup> module (SM, FM, ou CP)
5	2 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
6	3 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
7	4 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
8	5 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
9	6 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
10	7 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)
11	8 <sup>ème</sup> module (SM, FM, ou CP)



## Gamme des CPU :

Une gamme de CPU graduée avec une plage de puissance large est disponible pour la configuration du contrôleur. La gamme de produits comprend 7 CPU standard, 7 CPU compactes, 5 CPU à sécurité et 3 CPU technologiques.

Les processeurs sont disponibles à partir d'une largeur de seulement 40 mm.[13].

## Les propriétés :

- Leur vitesse de traitement élevée, les processeurs permettent de courts temps de cycle de la machine.
- La portée de la S7-300 de processeurs fournit la solution adaptée à chaque application, et les clients ne paient que pour la performance réellement nécessaire pour une tâche spécifique.
- Le S7-300 peut être mis en place dans une configuration modulaire sans la nécessité de règles de sous pour les modules d'E / S.[13]



**Figure III-6 CPU314C-2 DP**



## La Communication

Processeurs de communication sont utilisés pour la connexion S7-300 pour les différents réseaux de systèmes de bus / de communication aussi bien pour liaison point - à-point. Selon la jurisprudence de l'application et le module différents protocoles et différents systèmes de bus sont disponibles comme PROFIBUS DP ou Industriel Ethernet.

La communication avec les automates SIMATIC S5 au SIMATIC 505 existants est également possible .la configuration de la périphérie décentralisée s'effectue à l'aide de STEP7 comme pour la périphérie centralisée, ce qui réduit le cout d'ingénierie. le S7 -300 s'utilise en tant que maître ou esclave.

## Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur les systèmes automatisés et les automates programmables, ainsi que leurs langages de programmation et les outils informatiques associés. Les systèmes automatisés à base d'automate programmable sont des systèmes essentiels pour moderniser le secteur industriel et assuré principalement la souplesse d'utilisation grâce à sa configuration et aux divers langages et modes de communication possibles, ce qui permet son adaptation tant à des installations existantes à moderniser.

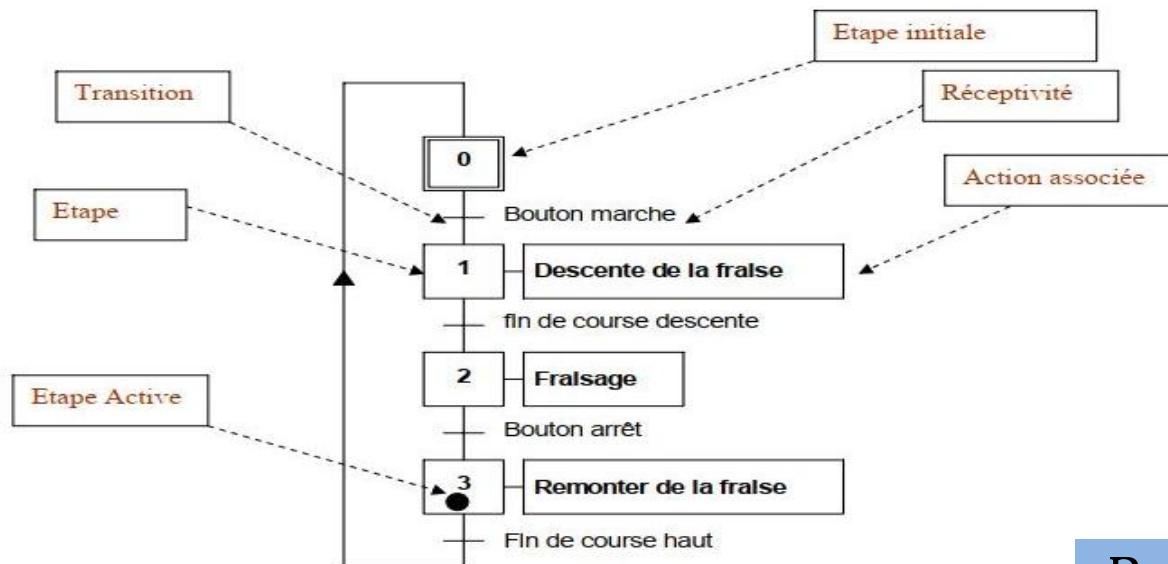
# Chapitre 3

## GRAF CET pour API

V- La représentation d'un GRAFCET (GRAphe de Commande Etapes Transitions)

Problème : Fonctionnement d'une Fraiseuse

- On appuie sur le bouton marche de la fraiseuse
  - la fraise descend
  - Une fois la position basse atteinte le fraisage s'effectue
  - On appuie sur le bouton arrêt
  - Le fraisage s'arrête et la fraise remonte
  - Une fois le fin de course haut atteint la fraiseuse est en position initiale
- Quelle sera la représentation simple pour illustrer et comprendre le fonctionnement ?



**Le GRAFCET est un langage graphique pour décrire, étudier, réaliser et exploiter les automatismes. Il est composé d'un ensemble d'étapes et de transitions représentant le déroulement du cycle de l'automatisme. Cette représentation graphique permet une meilleure compréhension de l'automatisme par tous les intervenants.**

**Etape initiale :** L'étape initiale caractérise l'état du système au début du fonctionnement.

**Etape :** Une étape correspond à un comportement stable du système. Les étapes sont numérotées dans l'ordre croissant. A chaque étape on peut associer une ou plusieurs actions.

**Transition :** Les transitions indiquent les possibilités d'évolutions du cycle, à chaque transition est associée à une réceptivité.

**Réceptivité :** La réceptivité est la condition logique pour l'évolution du GRAFCET. Si la réceptivité est vrai (=1) le cycle peut évoluer. Les réceptivités proviennent du pupitre de commande, des fins de courses ou d'information provenant de la partie opérative.

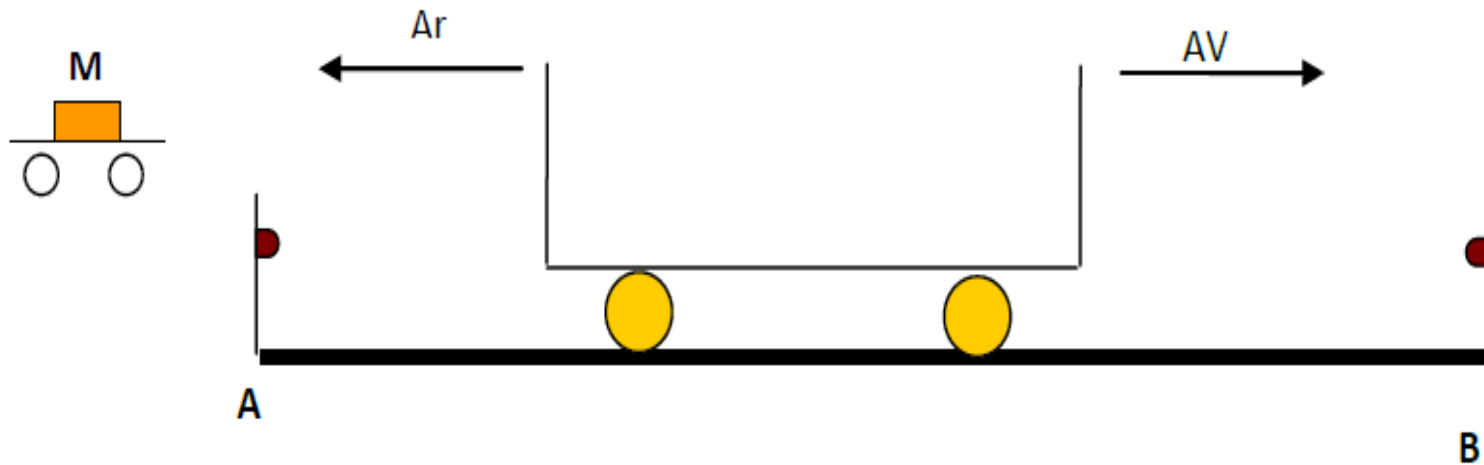
**Liaisons orientés :** Le GRAFCET se lit de haut en bas, autrement il est nécessaire d'indiquer son évolution avec des liaisons orientées constituées de flèche indiquant le sens.

**Action :** L'action est associée à une étape, elle est active lorsque le cycle est arrivé sur l'étape. Il est possible de définir les actions conditionnelles, temporisé . . . (électrovanne, enclenchement d'un contacteur. . .)

**Etape active :** le point indique que l'étape est active.

## Application 1: Mouvement d'un chariot

1. un wagonnet se déplace du point **A** à partir d'une action sur un bouton poussoir **M**, vers le point **B**, puis il revient en **A**. Le cycle ne peut se recommencer que si le wagonnet est en **A** et on appuie sur **M**.

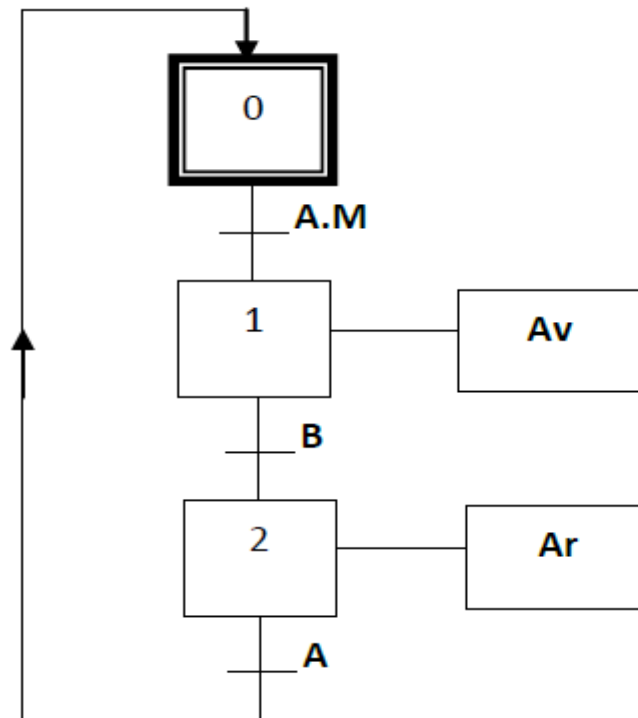


Établir le grafcet du système

a. Tableau d'analyse

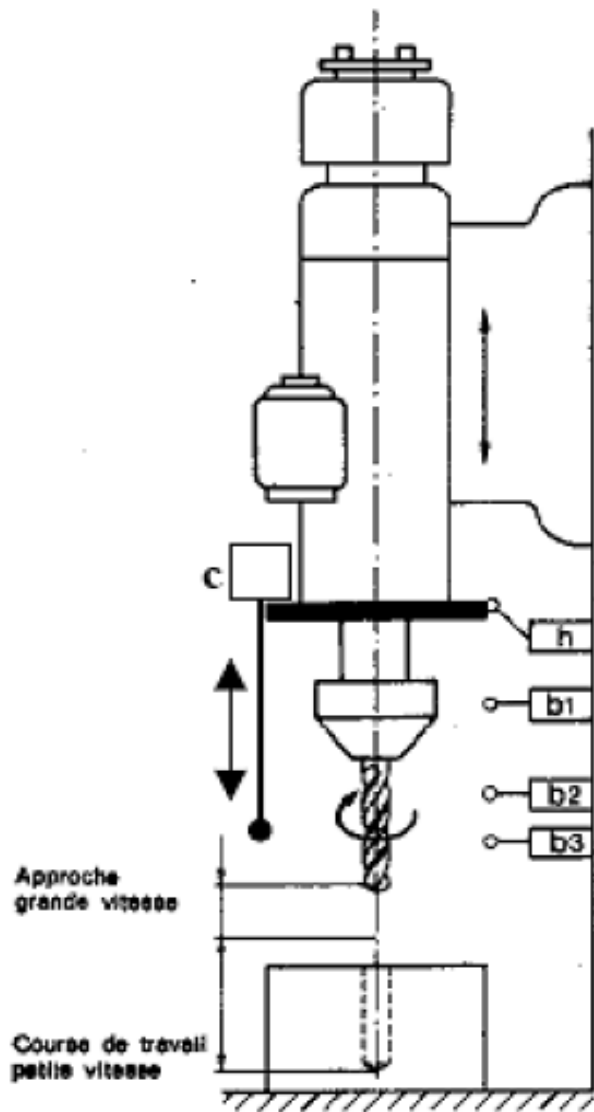
Informations (Réceptivités)	Taches (Actions)
Le chariot est à la position initiale ET On appuie sur le Bouton Marche= <b>A.M</b>	-Déplacer le chariot à droite ( <b>Av</b> )
Le chariot est arrivé à la position B= <b>B</b>	-Déplacer le chariot à gauche ( <b>Ar</b> )
Le chariot est arrivé à la position initiale = <b>A</b>	(Repos)

b. Grafcet:

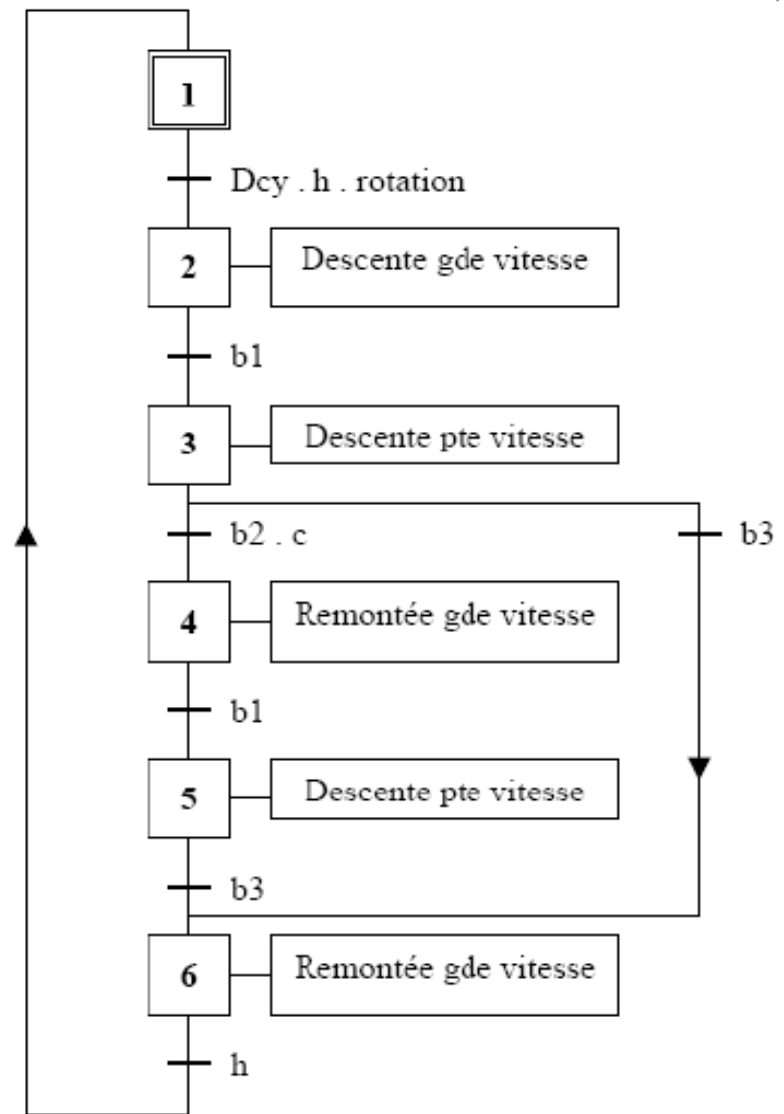


## Application 2 : Commande de perceuse avec ou sans débouillage

- Cycle sans débouillage :
  - Descente en grande vitesse j usque b 1,
  - Descente en petite vitesse jusque b3,
  - Remontée en grande vitesse jusqu'à h.
  
- Cycle avec débouillage :
  - Descente en grande vitesse jusque b1,
  - Cycle activé lorsque e capteur c entre en contact avant enclenchement du contact b2,
  - Remontée en grande vitesse de la broche à une position intermédiaire b1,
  - Descente en petite vitesse jusque b3,



Perceuse



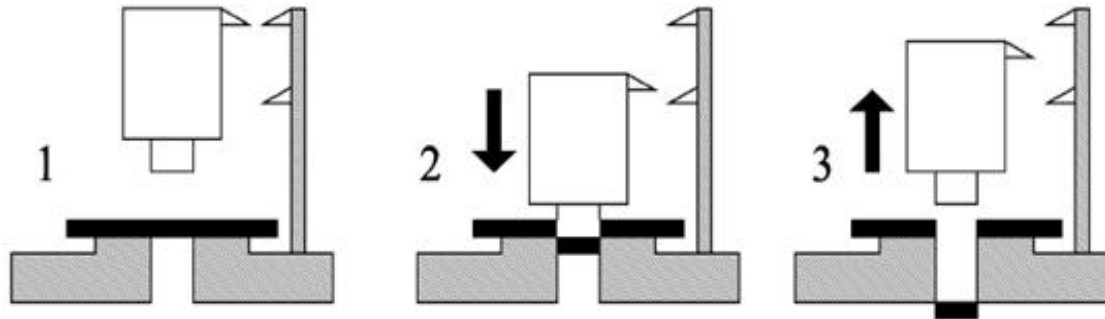
Grafcet fonctionnel

## Exemple : La poinçonneuse semi-automatique (Grafcet fonctionnel)

Considérons la poinçonneuse en sa position d'origine de repos (position haute).

L'opérateur donnant l'information « marche » par appui sur le bouton poussoir « BP » provoque automatiquement la descente du poinçon jusqu'à la position basse suivie de sa remontée jusqu'à la position haute,

Cette machine possède 3 comportements différents :



⇒ la poinçonneuse a décrit un **cycle**.

(1) : La poinçonneuse est au repos ou encore en position haute

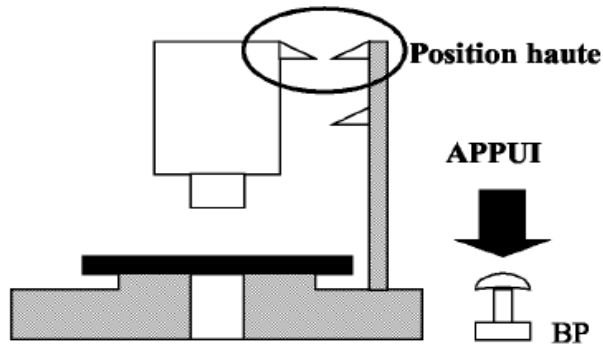
(2) : Le poinçon descend

(3) : Le poinçon remonte

⇒ Chaque comportement est appelé **étape** de l'automatisme.

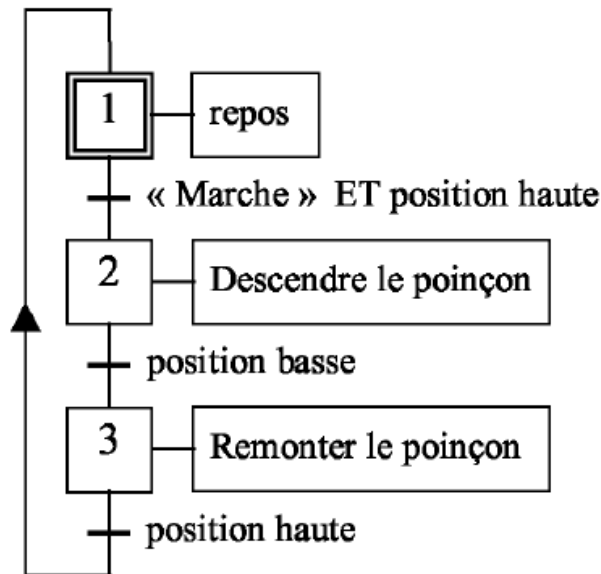
De plus, il faut préciser ce qui provoque un changement de comportement de la machine, c'est à dire les conditions logiques qui déterminent le passage d'une étape à une autre : le passage d'une étape à une autre est appelé **transition**.





Le passage de l'état de repos à la descente du poinçon s'effectue si :  
 L'opérateur fournit l'information « marche »  
 par appui sur le BP  
**Et**  
 le poinçon est en position haute.

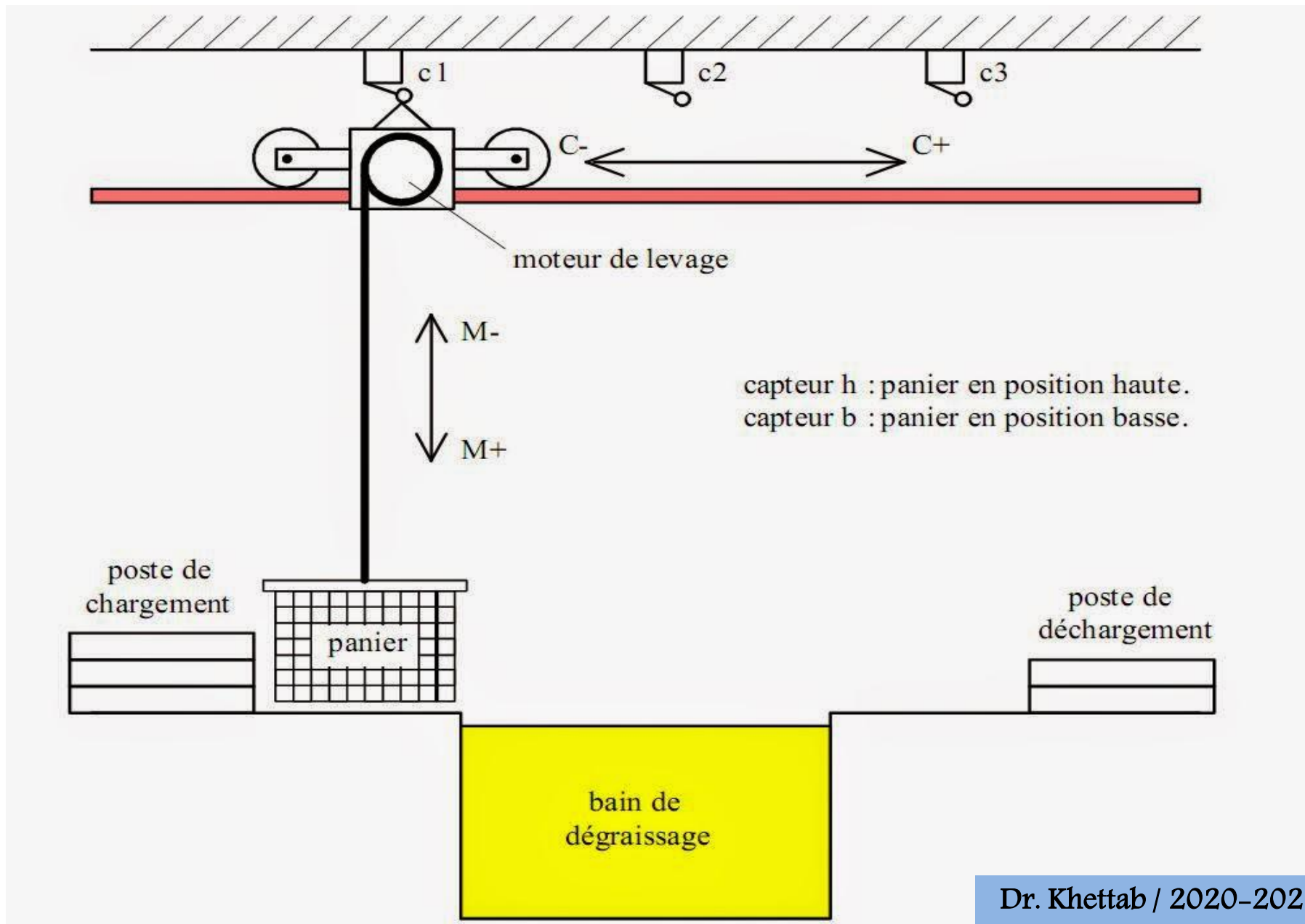
=> Ce Grafcet est appelé «Grafcet fonctionnel » ou «Grafcet de niveau I ».



**Commentaires :**

- ←----- ETAPE 1 : Etape initiale
- ←----- Transition 1-2 : condition de transition ou réceptivité : information « marche »+CI
- ←----- ETAPE 2 : Descendre le poinçon
- ←----- Transition 2-3 : Réceptivité : Poinçon en position basse
- ←----- ETAPE 3 : Remonter le poinçon
- ←----- Transition 3-1 : Réceptivité : Poinçon en position haute

**Cahier des charges :**



## Fonctionnement :

Un chariot se déplace sur un rail et permet, en se positionnant au-dessus d'une cuve, de nettoyer des pièces contenues dans un panier en les trempant dans un bac de dégraissage.

Cycle détaillé :

- Quand le chariot est en haut à gauche et que l'on appuie sur le bouton de départ du cycle (dcy), le chariot va au-dessus du bac de dégraissage.
- Le panier descend alors dans ce bac où on le laisse 30 secondes.
- Après cette attente, le panier remonte.
- Après cela, le chariot va jusqu'à l'extrême droite où il sera déchargé.
- Quand le déchargement est terminé, le système revient dans sa position de départ.

Remarque :

Le chargement et le déchargement du panier s'effectuent manuellement. Le contrôle du fait que le panier est déchargé sera donc validé par un bouton poussoir d.

Donner :

1. Le Grafcet point de vue système (Opérative+Commande).

**Solution** (<https://www.cours-et-exercices.com/2014/05/exercice-corrige-du-grafcet-lineaire.html>)

