

السنة : ثالثة ليسانس كهروتقني

Automatismes industriels : المقياس

السداسي السادس

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



جامعة حمه لخضر الوادي

كلية التكنولوجيا

قسم الهندسة الكهربائية

السنة الجامعية : 2024/2023

Niveau d'étude:

3^{ème} année Licence en
(Génie électriques)

Cours et exercices résolus

Automatismes industriels



A. Abderrahim

2024

Sommaire

Titre	Page
Chapitre 1: Système automatisé	
1.1 Définition	06
1.2 Objectifs	06
1.3 Objectifs de l'automatisation	07
1.4 Structure d'un système automatisé	07
1.5 les capteurs	09
Chapitre 2: Le Grafcet	
2.1. Historique	14
2.2. Domaine d'application du GRAFCET	14
2.3. Différents points de vue d'un GRAFCET	14
2.4 Eléments de Base	15
2.5. Règles d'évolution du GRAFCET	17
2.6. Les actions associées aux étapes	19
2.7. Les Macro étapes	23
2.8. Convergence et divergence "en et"	23
2.9. Convergence et divergence " en ou "	24
Chapitre 3 : L' Automate programable industriel (API)	
3.1. Introduction	28
3.2. Définition	28
3.3. Avantages et inconvénients des API	28
3.4. Fonctions principales réalisées par API	29
3.5. Aspect extérieur des API	29
3.6. Les grandes marques	30
3.7. Structure interne des APIs	31
3.8. Programmation d'un API :	34
Chapitre 4 : Guide pour l'Étude des Modes de Marche et d'Arrêt GEMMA	
4.1 Introduction :	36
4.2 Objectifs du GEMMA en automatisation :	36
4.3 Les Concepts de Base du GEMMA en Automatisation :	38

4.4 Partie Commande Hors Énergie (ou Partie Commande Non Énergétique)	38
4.5 Partie Commande en Énergie et Active:	39
4.6 Méthode d'Utilisation du GEMMA	43
4.7- Détermination des Transitions entre les États	45
Chapitre 5 : Exercices résolus	
Exercice 1 : Le Wagonnet	51
Exercice 2 : La tête d'usinage	52
Exercice 3: La tête d'usinage	53
Exercice 4 Système automatisé de tri de pièces	54
Exercice 5 Porte automatique	56
Exercice 6 : Tronçonnage de barre	57
Exercice 7 :Tri de caisses	59
Exercice 8: Transfert de pièces	60
Exercice 9 : Poste de perçage	62
Exercice 10: Grafcet ascenseur : cahier des charges industriels	65
Exercice 11 Distributeur carburant GPL semi-automatique	66
Exercice 12 Commande d'un moteurs à double sens de rotation	68
Exercice 13 :Usine de production des boissons liquides	72

Chapitre 1

Systeme automatisé

Chapitre 1: Système automatisé

1.1 Définition

Un système **automatisé** est un système autonome réalisant des opérations et l'intervention de l'homme est limitée dans la programmation du système et dans son réglage.

1.2 Objectifs

Le but des systèmes automatisés est de réaliser des tâches pénibles ou dangereuses pour l'homme, effectuer des tâches complexes ou répétitives ou encore gagner en efficacité, en précision et la rapidité de la production.

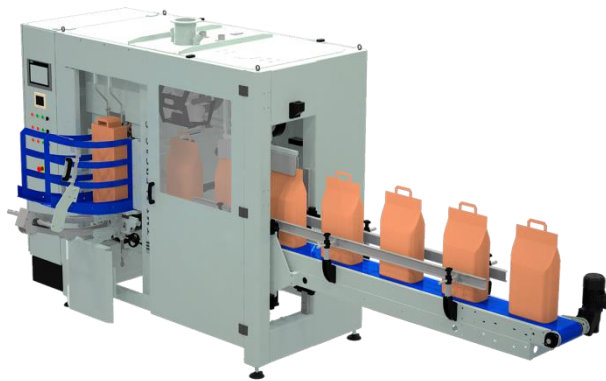
Exemple :

****Distributeur automatique de boissons et de gâteaux :**

- *la machine automatisée :partie opérative
- *une partie commande :API/ caplage logique
- *pupitre de commande : client extérieur au système, qui donne des consignes (marque de boisson ou du gâteau, etc.),



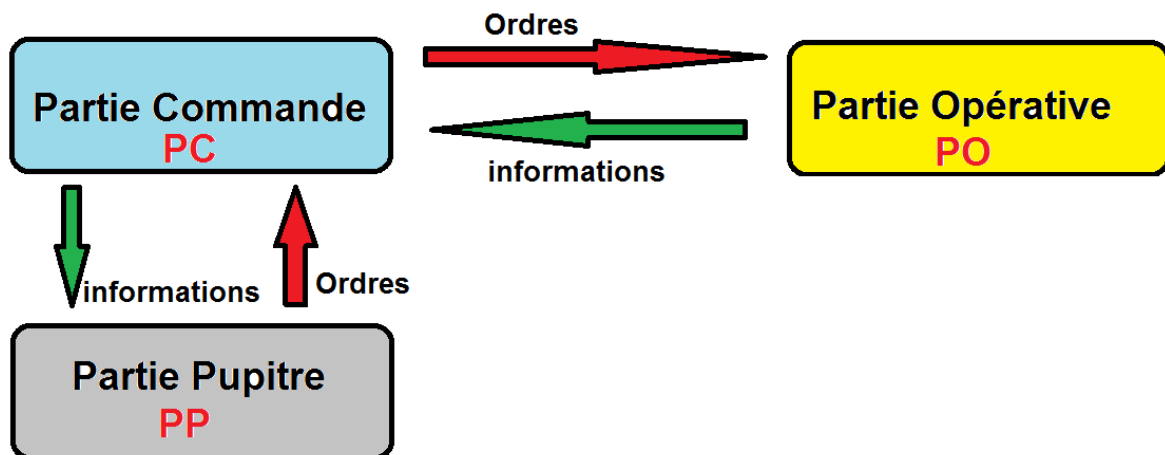
****Ensacheuse automatique :** mettre des produits dans des sachets et les fermer et l'opérateur a un rôle de seulement de contrôleur des produits finis, et de la bonne marche des opérations.



1.3 Objectifs de l'automatisation

- Pour **le personnel** : Améliorer ses conditions de travail en évitant les tâches les plus pénibles et en assurant plus de sécurité;
- Pour **le produit** : sa qualité par rapport au cahier des charges, améliorer sa faisabilité, sa fiabilité dans le temps;
- Pour **l'entreprise** : Améliorer sa productivité, sa compétitivité (la concurrence), la qualité de production, la capacité de contrôle, de planification, de gestion.

1.4 Structure d'un système automatisé



un système automatisé est divisé en trois parties.

- ❖ **Partie Opérative (P O)** : assure une transformation sur une matière donnée ou fait un service donné.

La PO contient:

- **La partie mécanique** : tapis roulant, engrenages, chariots, glissières, poulies, broches...
- **Les actionneurs assure la** conversion de l'énergie d'entrée disponible (électrique, pneumatique, hydraulique) en une autre forme énergie utilisable.

- **Les préactionneurs** reçoivent les signaux de commande et réalisent la commutation de puissance avec les actionneurs.

Exemple:

- ✚ Les préactionneurs des moteurs électriques sont appelés contacteurs ou le système d'électronique de puissance .
- ✚ Les préactionneurs des vérins hydrauliques et pneumatiques sont appelés distributeurs (à commande électrique ou pneumatique).
- **Les capteurs offrent** à la partie commande des informations sur la position d'un mobile, une vitesse, la présence d'une pièce, une pression, une température.
- **Les appareils de ligne** représentent l'ensemble des composants nécessaires à la mise en oeuvre et à la bonne marche du système automatisé.

❖ **Partie Pupitre (P P)** : permet à l'opérateur de dialoguer et de commander la partie opérative.

Il contient :

- ✚ des capteurs de commande (marche, arrêt, arrêt d'urgence...).
- ✚ des voyants de signalisation (mise sous tension, fonctionnement anormal, buzzer...).
- ✚ des appareils de mesure de pression , de tension, d'intensité...

❖ **Partie Commande (P C)** contient: tous les composants de traitement des informations nécessaires à la bonne marche de la **PO**.

Il y a trois technologies sont actuellement utilisées pour le traitement des informations :

- électromécanique,
- pneumatique,
- électronique.

Pour la technologie électronique, **il y a existe des différents types:**

- **Logique programmée**

Les mouvements enchaînés du système automatisé est programmé sous forme d'instructions de programme, traitées et gérées par l'unité centrale de la partie commande.

- **Les automates programmables industriels (A.P.I.)**. Ils possèdent presque tous un langage adapté au **GRAFCET**. Il y a de bornes **d'entrées et sorties**

- **Les micro et mini-ordinateurs qui** demande des connaissances en informatique pour faire une programmation de l'automatisation .En général , il n'y a pas de bornes **d'entrées et sorties**

- Les micro systèmes sont comme les micro et mini-ordinateurs mais il y a de bornes d'entrées et sorties

1.5 les capteurs

Ils convertissent les informations physiques de la PO en grandeurs électriques exploitables par la PC

- ❖ .Capteurs actifs: Fonctionnent comme un générateur qui assure la conversion en énergie électrique d'une grandeur physique à prélever, énergie thermique, mécanique ou de rayonnement
- ❖ Capteurs passifs: Il s'agit généralement d'impédance (résistance, inductance, capacité) dont l'un des paramètres déterminants est sensible à la grandeur mesurée

Grandeur d'entrée et de sortie et effets utilisés des capteurs actifs

Grandeurs physiques mesurés	Effet utilisé	Grandeur de sortie
Température	Thermoélectricité	Tension
Flux de rayonnement optique	Photoémission Effet photovoltaïque Effet photoélectrique	Courant Tension Tension
Force Pression	Piézo-électrique Piézo-électrique	Charge électrique Charge électrique
Accélération Vitesse	Induction électromagnétique Induction électromagnétique	Tension
Position(Aimant)	Effet Hall	Tension
Courant	Effet Hall	Tension

Type de matériaux utilisé et Caractéristiques électriques des capteurs passifs

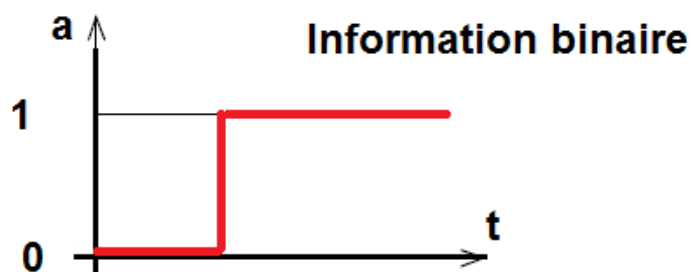
Grandeurs mesurés	Caractéristiques électriques	Type de matériaux utilisé
Température	Résistivité	Métaux: platine, nickel, cuivre....
Très basse température	Constante diélectrique	verre
Flux de rayonnement optique	Résistivité	Semi-conducteur
Déformation	Résistivité permiabilité	Alliage de nickel, silicium dopé Alliage ferromagnétique
Position(Aimant)	Résistivité	Matériaux magnéto-résistants: bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlore de lithium

1.5.1 Différents types de capteurs

On distingue trois types de capteurs :

✚ **Capteurs analogiques: traduisent** les grandeurs physiques, comme la température, la vitesse, la pression, la tension ... (informations analogiques qui peuvent être représentées par une courbe) sous forme d'un signal (tension ou courant) évoluant continuellement entre deux valeurs limites

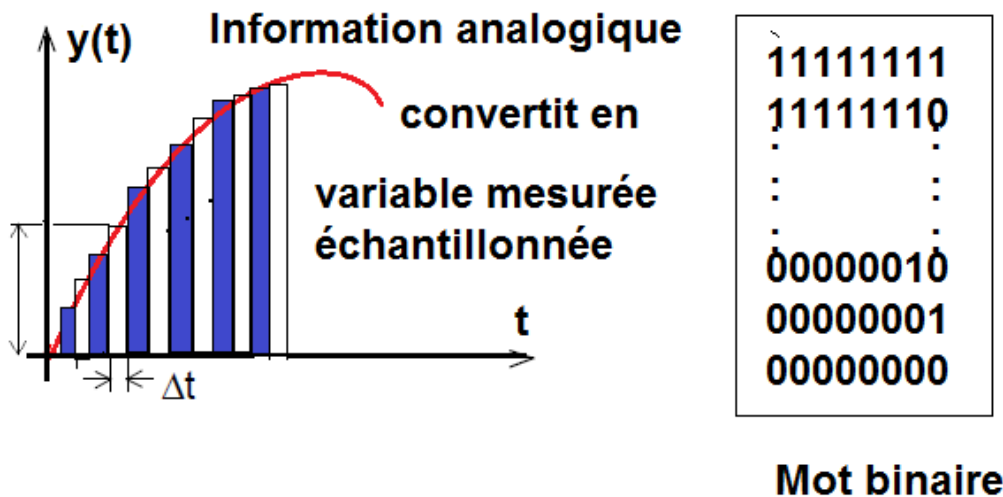
Capteurs Tout ou Rien (TOR) : se sont les capteurs les plus répandus en automatisation courante: capteurs) contacts mécaniques, détecteurs de proximité, détecteur) distance , Ils délivrent un signal 0 ou 1 dit Tout ou Rien On parle de détecteurs



✚ **Capteurs numérique** : transmettent des valeurs numériques précisant des positions, des pressions, Information (généralement issue d'un traitement d'une information analogique) pouvant être lus sur 8, 16, 32 bits

- ✓ Soit en parallèle sur plusieurs conducteurs
- ✓ Soit en série sur un seul conducteur

On parle (d'échantillonnage, de codage).



1.5.2 Caractéristiques d'un capteur

Etendue de mesure: valeurs extrêmes pouvant être mesurées par le capteur

Résolution : plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur

Sensibilité : variation du signal de sortie par rapport à la variation du signal d'entrée

Précision : Aptitude du capteur à donner une mesure proche de la valeur vraie

Rapidité : temps de réaction du capteur la rapidité est liée à la bande passante

Linéarité : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure

1.5 Les vérins

Un vérin est un actionneur qui convertit une **énergie pneumatique** d'entrée en **énergie mécanique** de sortie utilisable pour obtenir une action définie.

Les vérins sont principalement utilisés lorsque l'on veut des mouvements linéaires rapides (transfert, serrage, indexage, bridage, éjection, assemblage, ...).

✚ Verins pneumatiques

Ils sont les plus nombreuses dans le domaine automatique discontinu : ils sont simples à mettre en œuvre, offrent des possibilités très variées avec des pressions usuelles de 4 à 8 bars ils peuvent développer des efforts de 2 daN à 5000 daN sur des courses de 1 mm à 3000 mm.

On peut obtenir des mouvements de pivotements, de rotations et d'éjections.



Verins pneumatiques

ils sont nécessaires pour satisfaire un besoin d'effort important (presse de moyenne et de grosse capacité) ou de régulation de vitesse précise et précision de leur mouvement (l'huile étant incompressible) mais ils sont plus coûteux.



Verins électriques

ils sont un ensemble de vis –écrou reproduisent les mêmes actions que celles des verins pneumatiques ou ceux hydrauliques si on veut utiliser seulement l'énergie électrique.

Chapitre 2

Le Grafcet

Chapitre 2: Le Grafcet

* Objectif : l'étudiant sera capable de traduire les cahiers des charges d'automatisation industrielle en langage Grafcet.

* Moyen utilisé: logiciel Automgen..

2.1. Historique

Un groupe d'universitaires et industriels de la section "*Systèmes Logiques*" de l'**AFCET** (Association Française de Cybernétique Economique et Technique) s'est penché , en 1975, pour inventer une représentation des évolutions séquentielles d'un système automatisé quelconque d'avoir les caractéristiques suivantes :

- Simple;
- Accepté par tous;
- Compréhensible à la fois par les concepteurs et les exploitants;
- Avoir la facilité de passage à une réalisation, à base matérielle et/ou logicielle de l'automatisme.

Au début de leur travail et de leur recherche , les universitaires et les industriels de la section ont recensé trois grandes classes d'outils de modélisation qu'il a fallu mettre en évidence telles que :

- les organigrammes ;
- Les Réseaux de Pétri;
- Les graphes d'état.

Leur analyse profonde les mena, en 1977, à la définition du **GRAFCET** .

2.2. Domaine d'application du GRAFCET

Le GRAFCET (**G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition) est un outil méthode, descriptif du cahier des charges de tout système séquentiel. Il permet de faire la description des comportements de l'automatisme au niveau du traitement des informations de la partie opérative et les ordres transmis à cette même partie.

2.3. Différents points de vue d'un GRAFCET

Selon l'observateur s'implique au fonctionnement de ce système, la représentation d'un système automatisé par un grafcet prend en compte **trois "points de vue"** différents:

- GRAFCET du point de **vue système** ;
- GRAFCET du point de **vue partie opérative** ;
- GRAFCET du point de **vue partie commande**.

a. GRAFCET du point de vue système :

C'est un graphe qui décrit le **fonctionnement global du système**. Il est fidèle au **cahier des charges** sans avoir des connaissances de la technologie appliquée . Il offre un dialogue avec des personnes non qualifiées ou spécialisées ; sa langage ou son écriture est compréhensible par tout le monde.

b . GRAFCET du point de vue partie opérative :

Dans ce cas, on va **spécifier la technologie de la partie opérative** aussi le type de ses informations envoyées (comptes-rendus) et reçues (ordres). L'observateur ici est considéré comme un spécialiste seulement de la partie opérative, sans avoir besoin de connaissances de la partie commande.

c. GRAFCET du point de vue partie commande :

Dans ce cas, on va **spécifier la technologie de la partie commande ainsi la technologie des éléments de dialogue :**

- entre PC et PO ;
- entre PC et opérateur ;
- entre PC et autre système.

2.4 Eléments de Base

- La description du fonctionnement d'un automate peut alors être représentée graphiquement par un ensemble :
- d'**ETAPES** auxquelles sont associées des **ACTIONS**,
- de **TRANSITIONS** auxquelles sont associées des **RECEPTIVITES**,
- de **LIAISONS** (ou **ARCS**) **ORIENTEES**,

2.4.1.Étapes et actions associées**a. Étape**

Une étape est symbolisée par un carré repéré par un numéro pour la distinguer aux autres étapes . Une étape correspond à un état du système automatisé dans lequel le comportement de la partie commande est stable vis à vis de ses entrées et ses sorties. Une étape peut être active ou inactive à un instant "t" donné. On repère l'activation de cette étape par un un point plein placé sous le chiffre.



L'étape initiale est désignée par un carré double ainsi que toute étape initialement activée.

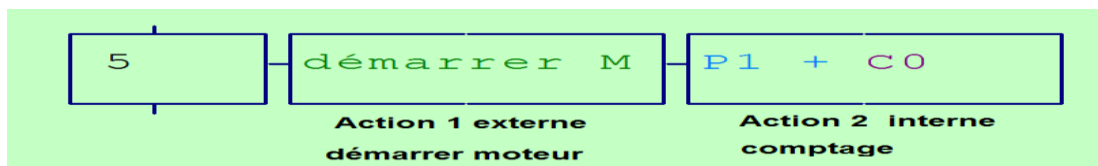
b. Action

Une ou plusieurs actions peuvent être raccordées à une étape. Les actions jointes à une étape quelconque traduisent ce qui doit être effectué si l'étape est active.

Les actions qui sont les résultats aboutis du traitement logique des informations grâce à la partie commande qui peuvent être :

- **externes** : ordres émis vers la partie opérative ou vers les éléments externes.
- **internes** : fonctions spécifiques telles que : temporisation, comptage, etc ..

Les actions sont repérées par un ou plusieurs rectangles :



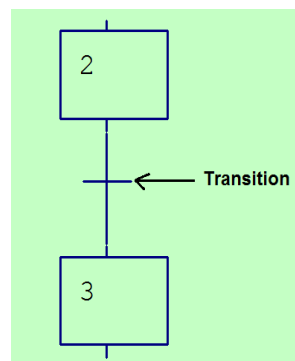
2.4.2. Transitions et réceptivités associées

a. transition

Une transition indique la **possibilité du passage** d'une étape à l'étape suivante. La transition d'une à l'autre se fait par le franchissement d'une transition.

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes raccordées à cette transition sont achevées.

Une transition entre deux étapes est repérée par une barre perpendiculaire.



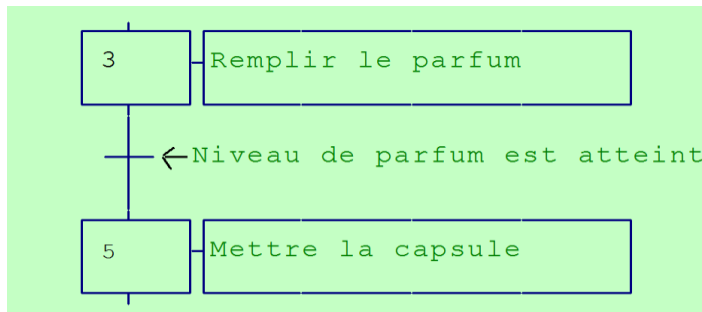
b. réceptivité

A chaque transition est associée une **proposition logique** appelée réceptivité qui peut être soit vraie soit fausse.

La réceptivité écrite sous forme de proposition logique est une fonction combinatoire:

- d'**informations externes** qui proviennent de la partie opérative ou du poste opérateur,
- d'**informations internes** qui ont relations avec les fonctions spécifiques (temporisation, comptage), ou qui dépendent des états actifs ou inactifs des autres étapes.

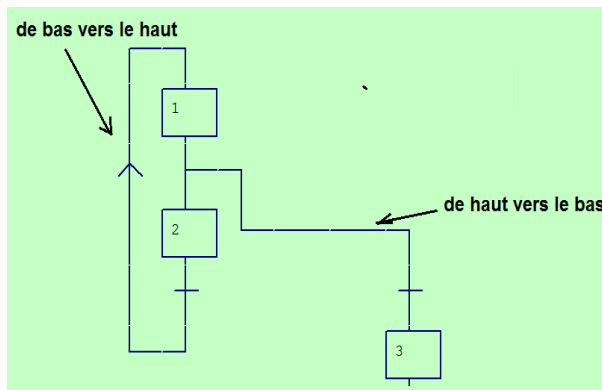
Exemple :



2.4.3. Liaisons orientées

Les liaisons orientées permettent de relier les étapes aux transitions et inversement. Le sens général du parcours est du haut vers le bas. Lorsque le parcours est différent des flèches sont nécessaires.

Exemple :



2.5. Règles d'évolution du GRAFCET

Un grafcet possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

- **Règle N°1**

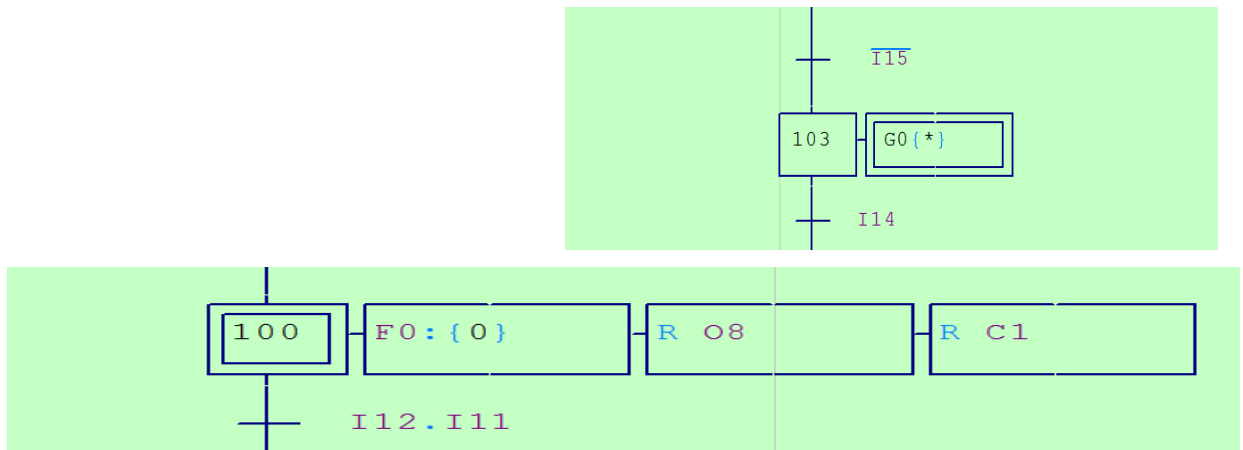
La situation initiale d'un grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales. Un ordre de forçage d'un grafcet partiel est présenté dans un rectangle associé à une étape.

Quelques exemples de situations du grafcet partiel G0 provoqué par le figeage, le forçage et la réinitialisation du comptage:

G0 {*} situation ou le grafcet G0 est " figé" (maintien dans l'état)

F0 {0} situation ou le grafcet G0 est forcé à l'état initial 0

R C1 réinitialisation du compteur C1



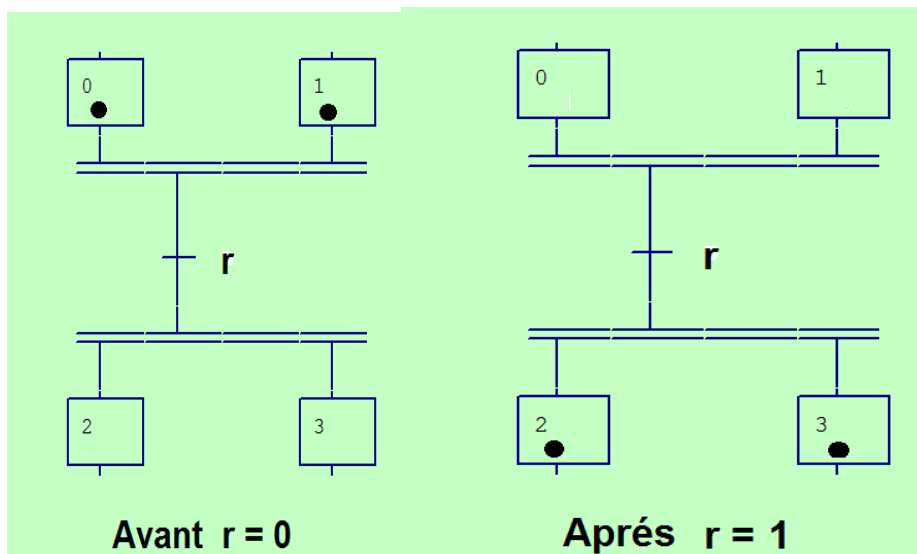
- **Règle N°2**

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives.

Elle ne peut être franchie que :Lorsqu'elle est validée, et que la réceptivité associée à la transition est vraie

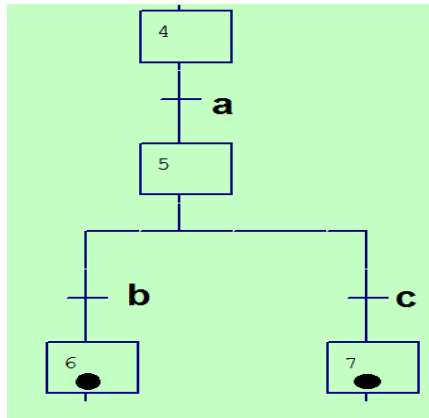
- **Règle N°3**

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



- **Règle N°4**

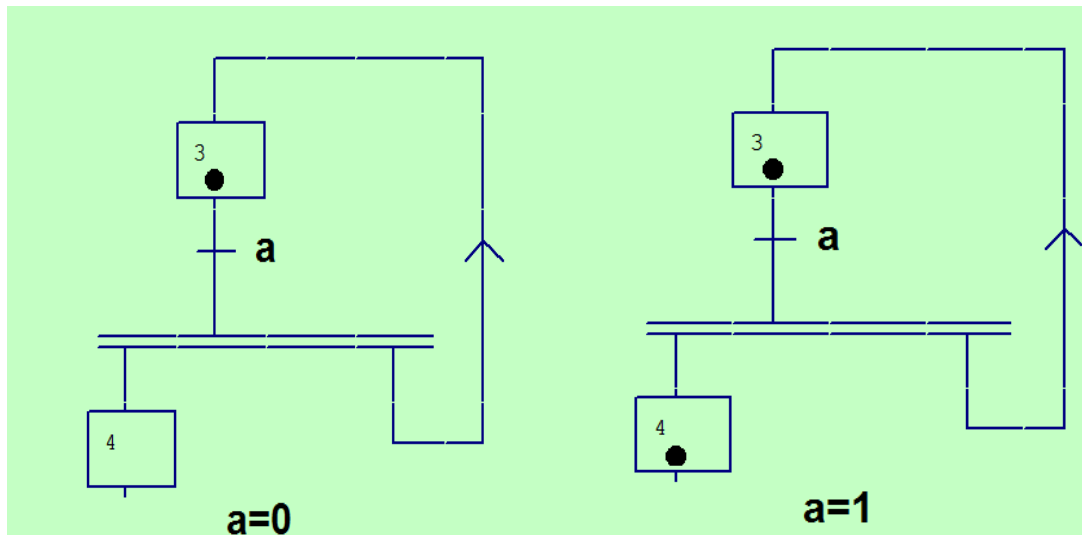
Evolution simultanée Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies



Règle N°5

Activation et désactivation simultanée d'une étape

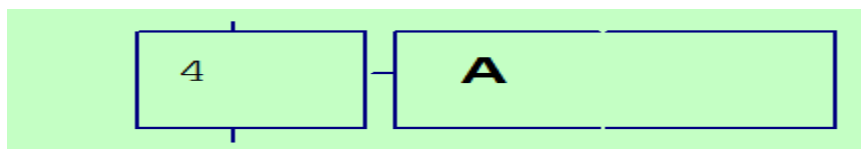
Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active .



2.6. Les actions associées aux étapes

2.6.1. Actions continues

L'action dure tant que l'étape est active:

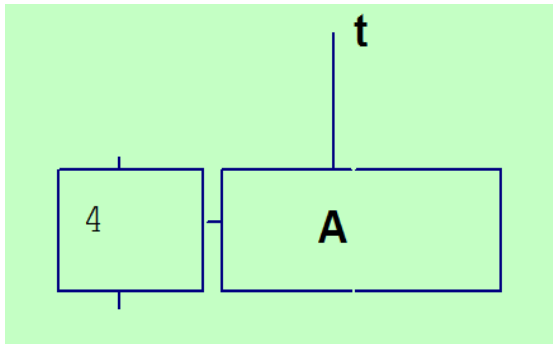


2.6.2. Action conditionnelles

L'action sera effective si l'étape est active et si la condition associée à l'étape est vérifiée.

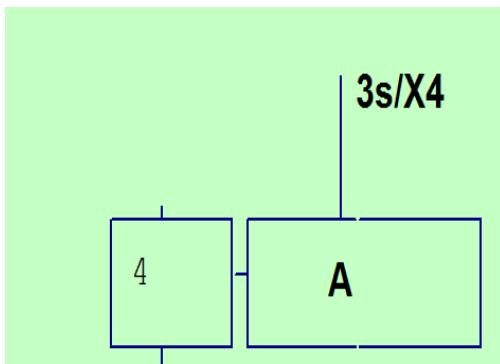
Le chauffage sera activé pendant la durée de l'étape 4 tant que t sera égale à 1:

$$X4=A.t$$



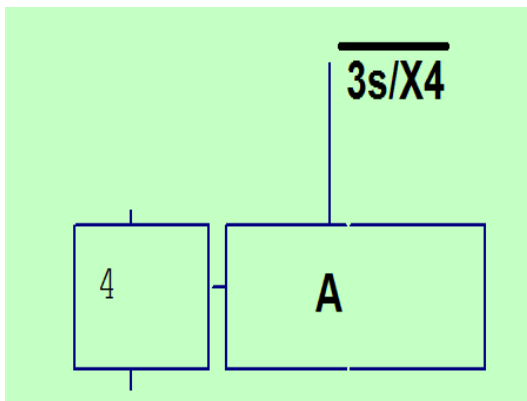
2.6.3. Actions retardées

Après l'activation de X4 l'action A sera retardée de 3 s:



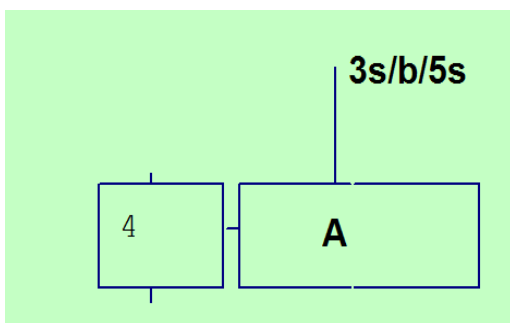
2.6.4. Actions limitées dans le temps

Après l'activation de X4 l'action A sera limitée seulement de 3 s:



2.6.5. Action retardées et limitées dans le temps

Après l'activation de X4 l'action A sera retardée de 3 s et sera limitée seulement de 5 s:



2.6.6. Actions temporisées

Enclenche un temporisateur t (ici t_3).

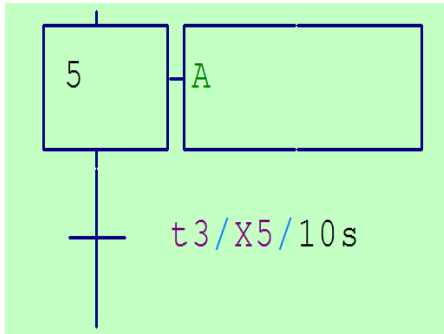
Exemple :

Syntaxe d'une réceptivité : $t_3 / X5 / 10s$;

T3 : repère du temporisateur, ici n° 4;

X5 : numéro de l'étape qui lance la temporisation;

10s : durée de la temporisation.

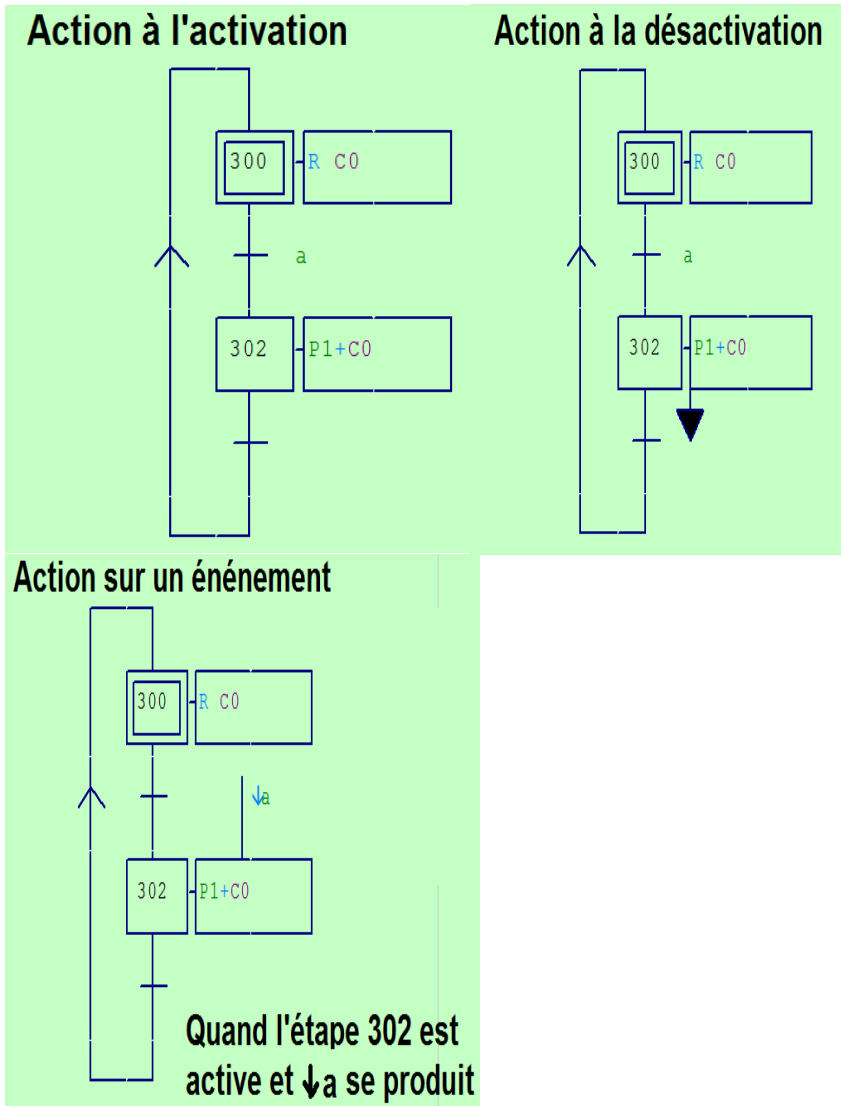


2.6.7. Actions mémorisées

Une étape à action mémorisée permet de mettre la sortie correspondante dans un état spécifié lors de son activation ou de sa désactivation et nous pouvons désactiver cette mémorisation dans une autre étape en associant la lettre R (reset) dans le cadre de l'action attachée à cette étape.

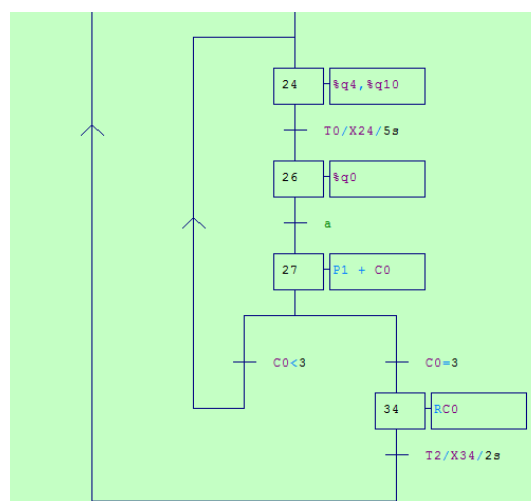
Exemple:

Compteur C0 est incrémenté chaque fois à l'étape 302 puis est réinitialisé à l'étape 300 "remettre à zéro":



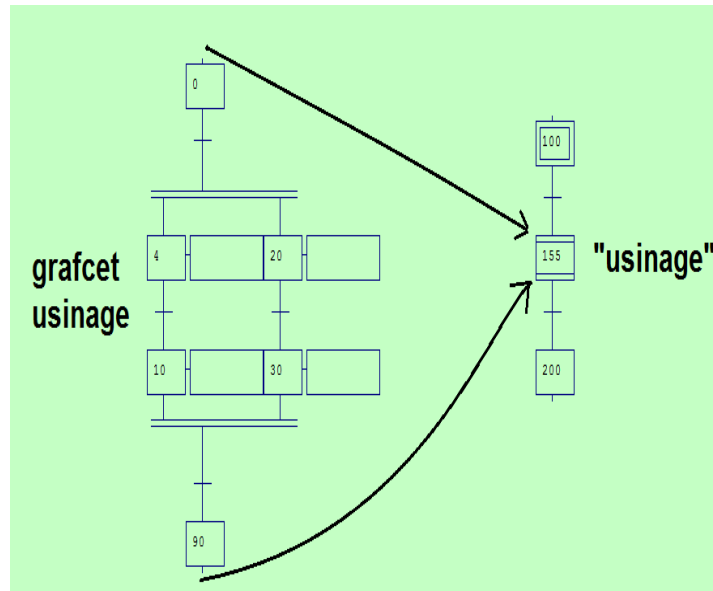
Remarque sur les compteurs

Un réservoir peut permettre d'exécuter une actions ou des actions plusieurs fois mais cette répétition peut être faite par un compteur: ici les actions des étapes 24 , 26 et 27 se répètent 3 fois avant de se poursuivre.



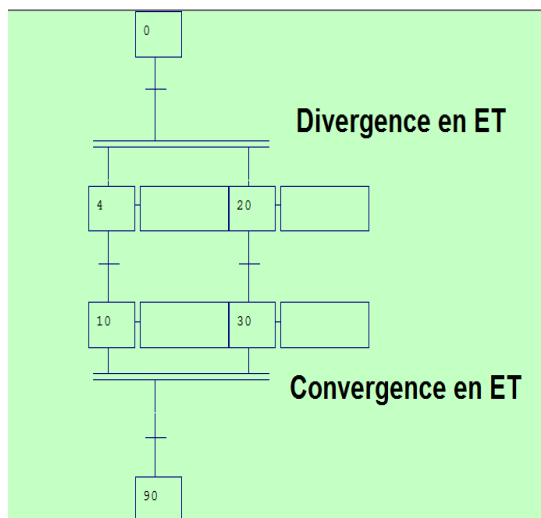
2.7. Les Macro étapes

Une macro-étape est un ensemble d'étapes et de transitions qui commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie qui a pour objectif de simplifier un grafcet général en réduisant les grafcets des tâches secondaires d'un processus technologique. **On note** qu'il n'y a pas d'action associée à une macro-étape.



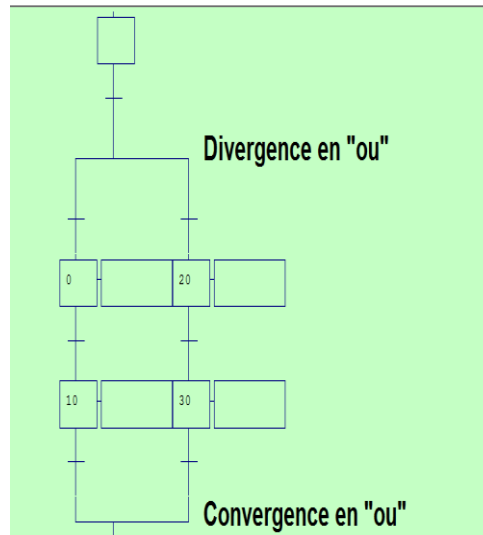
2.8. Convergence et divergence "en et"

Convergence "en et" de plusieurs étapes vers une même transition, donc on rassemble les arcs issues de ces étapes avec d'une double barre horizontale. Par contre la **divergence "en et"** de plusieurs étapes vers une même transition, alors on rassemble les arcs allant vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale.



2.9. Convergence et divergence " en ou "

La **convergence "en ou"** de plusieurs transitions sont connectées à une même étape et on rassemble les arcs par un simple trait horizontal. Par contre la divergence "en ou" de plusieurs transitions sont jointes à une même étape, on rassemble les arcs par un simple trait horizontal.



Exemple d'application 1 : Cahier des charges du WAGONNET:

- Ce wagonnet (chariot) doit aller chercher des produits aux endroits matérialisés par les capteur **S4**, **S3** et **S5** puis revenir à son point de départ .
- chaque nouvel appui sur **S1** relance un nouveau cycle .

Question: Réaliser **1- Grafcet fonctionnel**

2- Grafcet technologique

3-

Grafcet d'automate

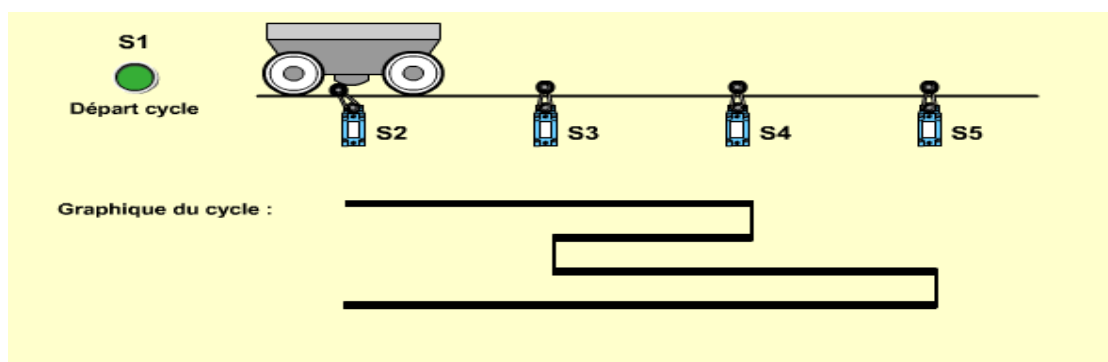
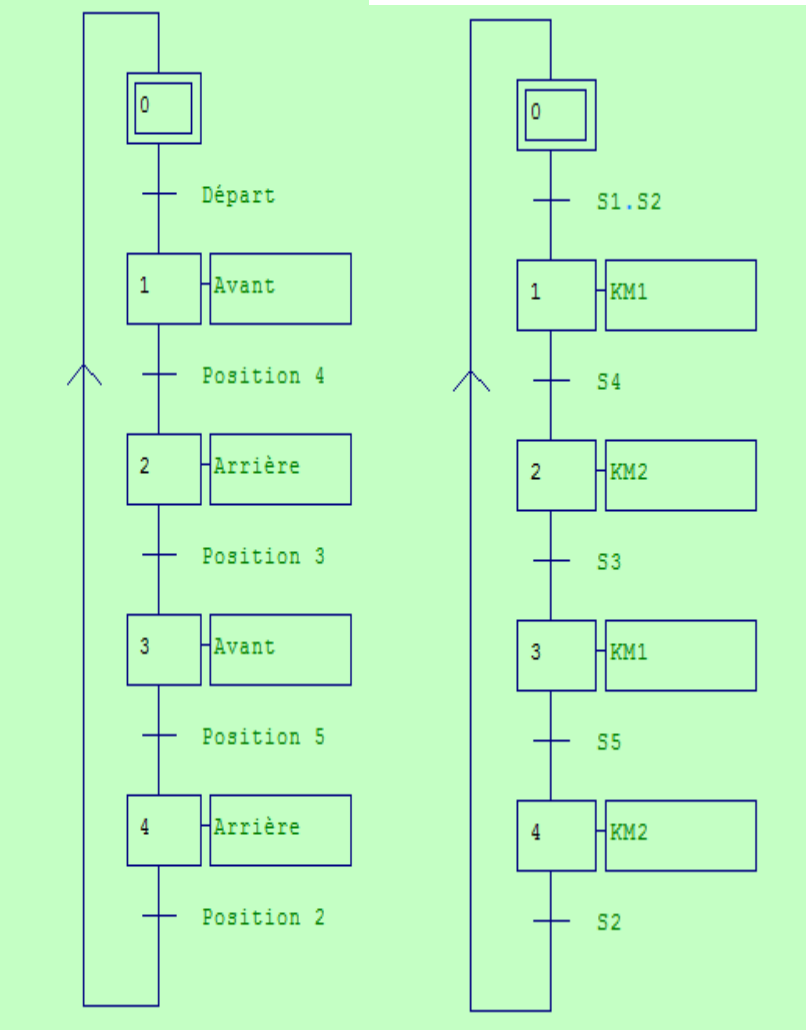
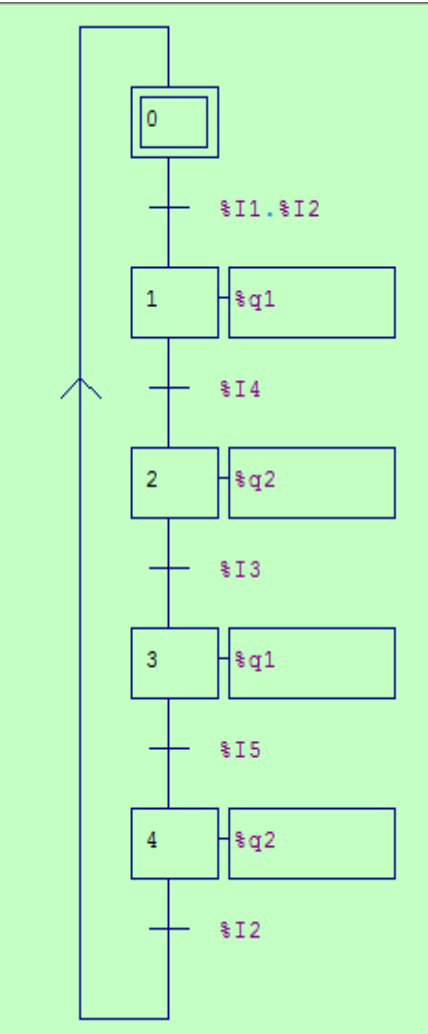


photo capturée à partir de l'animation de: **Ph.JUGUET**





Grafcet du point de vue système commande

Grafcet *Fonctionnel*

Grafcet du point de vue partie opérative

Grafcet *technologique*

Grafcet du point de vue partie

Grafcet

d'automate

Tableau des variables

Variables d'entrées (capteurs)		Variables de sorties (actionneurs)	
S ₁	%I ₁	KM1	%q ₁
S ₂	%I ₂	KM2	%q ₂
S ₃	%I ₃		
S ₄	%I ₄		
S ₅	%I ₅		

Chapitre 3

L' Automate programmable industriel (API)

Chapitre 3 : L' Automate programmable industriel (API)

- * Objectif : l'étudiant sera capable de connaître
- * sa structure interne et la fonction de tous ses éléments ainsi que les méthodes et les langages pour sa programmation.
- * les différents types des APIs et les critères de choix d'un APIs.

3.1. Introduction

Les **Automates Programmables Industriels (API)**, ou en anglais, **Programmable Logic Controller (PLC)**, sont apparus aux Etats-Unis vers 1969 où ils ont remplacés la logique à relais câblée, à la demande des industries de l'automobile (**GM**), qui réclamait plus de développement des chaînes de fabrication automatisées pour poursuivre l'évolution des techniques et des modèles fabriqués.

3.2. Définition

Un **automate programmable industriel** est un appareil électronique, programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande des préactionneurs d'actionneurs au moyen de signaux d'entrées et de sorties à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

3.3. Avantages et inconvénients des API

Les automates programmables industriels ont de nombreux avantages par rapport à la logique câblée. On peut citer parmi ces avantages :

- la simplicité : avec le même API, on peut avoir différentes applications par contre la logique câblée, chaque fois, il lui faut des matériels différents.
- la flexibilité : le changement du fonctionnement du processus commandé se fait uniquement par un simple changement du programme.
- la diminution des coûts de câblage et le nombre de maintenance.
- la réduction de l'espace des installations.
- les éléments des APIs sont particulièrement robustes qui peuvent supporter des environnements hostiles et les conditions extrêmes.
- Ils offrent un temps d'exécution minimal en respectant un délai fixé.

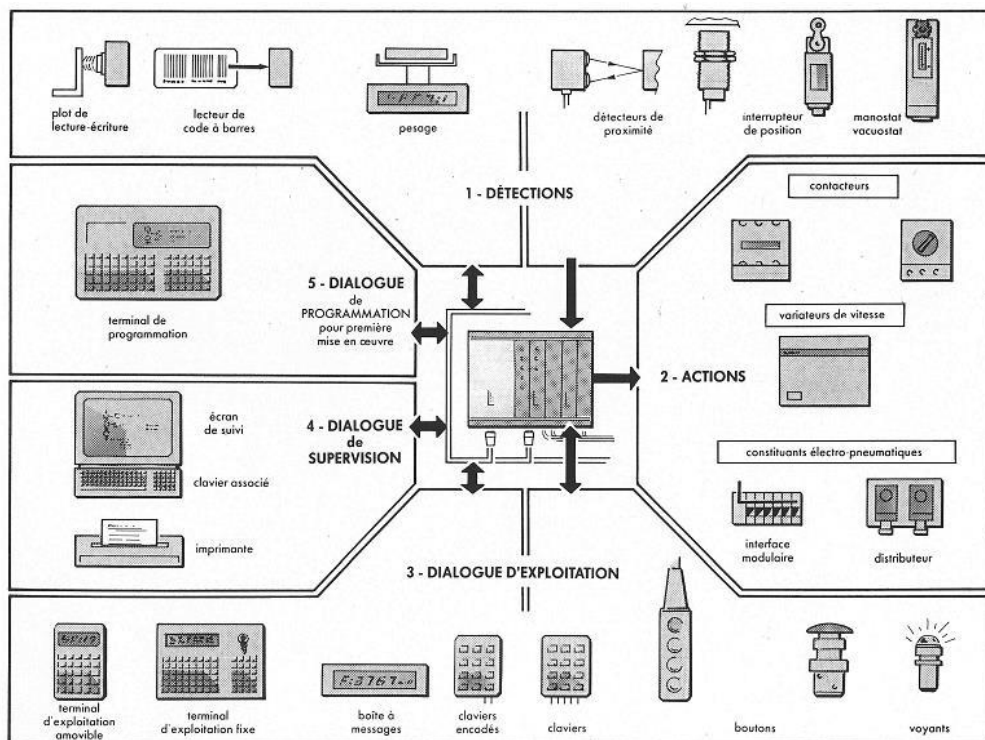
Par contre, ils ont des inconvénients suivants :

- un prix cher qui dépend du nombre d'entrées/sorties nécessaires, de la capacité de mémoire pour le programme à réaliser, ...etc.
- Avoir une connaissance des langages de programmation des APIs.

3.4. Fonctions principales réalisées par API

L'automate programmable Industriel effectue les fonctions suivantes :

1. Détecter les différentes informations par tous types de capteurs implantés sur la machine.
2. Commander des actions par les actionneurs et les pré-actionneurs
3. Avoir un dialogue d'exploitation : hommes-machine pour la bonne conduite des machines automatiques , pour leurs réglages et pour leurs dépannages.
4. Avoir un dialogue de supervision de production: Les APIs ont un écran de visualisation pour voir l'évolution des entrées / sorties
5. Avoir un dialogue de programmation pour la première mise en oeuvre.



Fonctions principales réalisées par API

3.5. Aspect extérieur des API

Il y a deux types des automates programmables industriels : type compact ou type modulaire.

3.5.1. Type compact ou aussi appelé centralisé

Il contient dans un seul boîtier (appelé **rack**) : le processeur, l'alimentation, les entrées et les sorties et peut avoir des extensions en nombre limité. Ces automates sont généralement utilisés pour la commande de petits automatismes.



API compact

3.5.2. Type modulaire

L'automate programmable est réalisé par un ensemble de blocs qui est formé d'un module (rack, coffret, cartes). Ces différents modules sont connectés ensemble autour du bus interne pour la communication. Ce type d'automate contenant un rack, un processeur, des modules d'E/S, un module d'alimentation, des modules de communication et de comptage. Ce type d'automate offre une grande souplesse de configuration, de diagnostic et la facilité de la maintenance et elle utilisé dans les automatismes complexes.

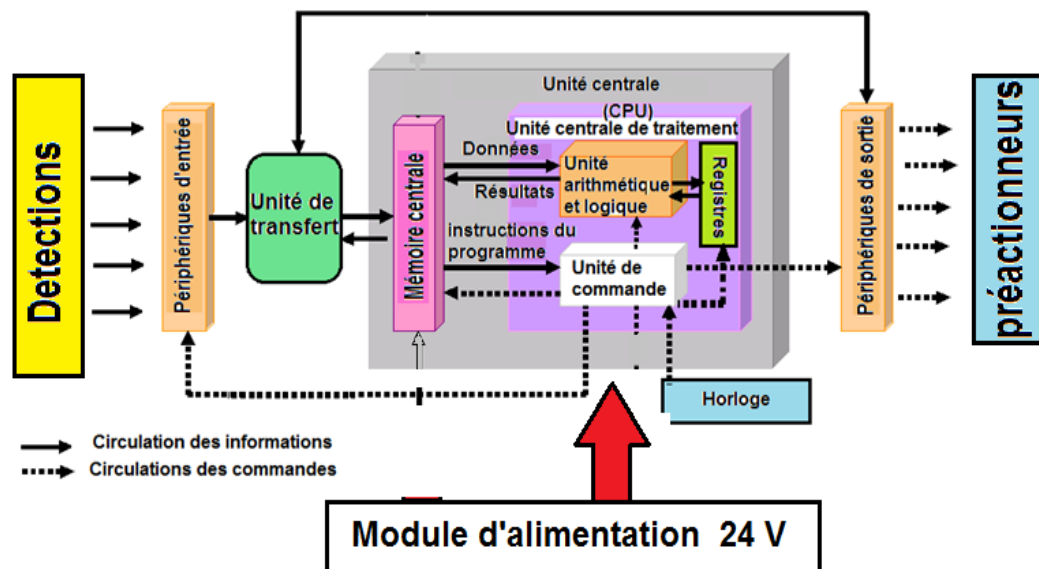


API modulaire.

3.6. Les grandes marques

- ✚ GENERAL ELECTRIC;
- ✚ SIEMENS;
- ✚ TELEMECANIQUE;
- ✚ TEXAS INSTRUMENT.

3.7. Structure interne des APIs



Structure interne des API

La structure interne d'un automate programmable industriel (API) comporte : Une unité de traitement (un processeur CPU); Une mémoire centrale ; des Interfaces d'entrées destinées pour la lectures des informations des detecteurs ou capteurs ; des Interfaces sorties pour la commande des préactionneurs ou les actionneurs

Une alimentation souvent de 24 V . des bus internes pour l' échanger les informations entre les différents composants internes de l'automate (processeur , intrfaces entrées-sorties, mémoires).

3.7.1. Le processeur (microprocesseur)

Il est pris comme une boîte noire dans ce cours de l'automatisme industriel puisque nous nous intéressons uniquement à l'automatisations des machines industrielles les systèmes micro-programmés. **Le processeur** fait la manipulation des données sous formes de transfert, opérations arithmétiques, opérations logiques....En un mot, il est considéré comme l'unité intelligente de traitement des informations. Son rôle, autrement dit, est de lire des programmes (suites d'instructions), de les décoder et finalement de les exécuter en suivant le rythme et les séquences de l' horloge .

Le cerveau d'un automate est **le microprocesseur** qui est composé de **l'unité centrale de traitement (UCT)** ou (en anglais CPU : Central Processing Unit) [13].

3.7.2. Mémoire

Elle est conçue pour :

- recevoir les informations de l'interface d'entrées issues des capteurs
- recevoir les informations traitées par le processeur et envoyées à travers l'interface des sorties pour la commande des préactionneurs .
- recevoir et conserver le programme de l'automatisation du processus industriels.

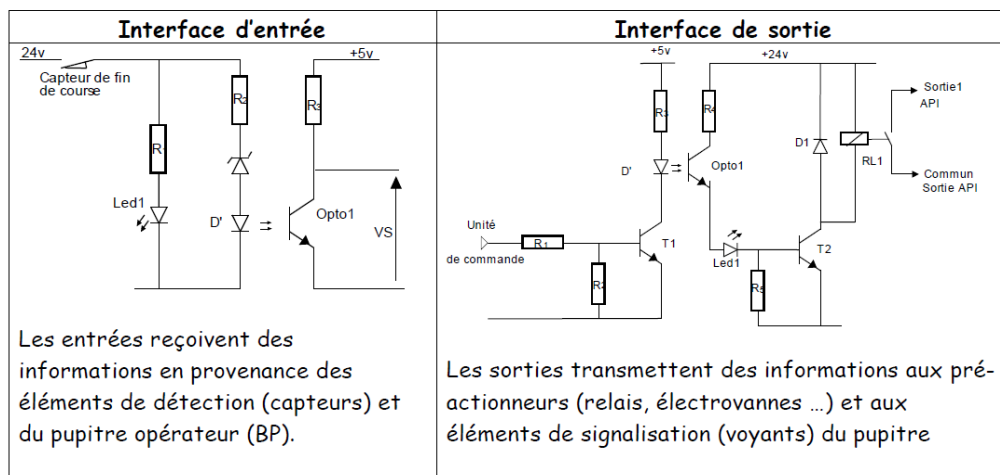
Il y a dans les APIs trois types de mémoires:

- ✓ **Mémoire de programme** : Cette mémoire est pour stockage du programme . Elle est en général de type EEPROM (mémoires mortes peut être reprogrammables par effacement électrique).
- ✓ **Mémoire système** : elle présente, dans le cas d'automates à microprocesseurs, est employée pour stocker le programme dans l' industrie par le constructeur. Elle est réalisée en technologie PROM (programmable une seule fois,) ou ROM (mémoire morte accessible uniquement en lecture sans possibilité d'effacement).
- ✓ **Mémoire de données** : Elle offre la possibilité de la lecture ou l'écriture des données. Elle est réalisée en technologie spéciale (CMOS) dite RAM (mémoire vive) à l'état de repos pour sauvegarder les données, il lui faut une batterie de sauvegarde.

3.7.3. Interfaces et cartes d'Entrées / Sorties

Les interfaces d'entrées reçoivent des informations de la detection des capteurs et du pupitre de l'opérateur (BP).Par contre les interfaces de sorties transmettent des commandes aux pré-actionneurs et aux différents éléments de signalisation du pupitre.

Le nombre de voies de ces entrées ou des ces sorties ou leur cartes d'E/S varient selon le type d'automate (8, 16 ou 32 voies). Les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230 V) peuvent être continu ou alternatif.



3.7.4. Alimentation électrique

Tous les APIs actuels sont dotés d'une alimentation 240 V 50/60 Hz, 24 V continu. Les entrées sont en 24 V continu avec une mise à la terre qui est indispensable .

3.7.5. Modules complémentaires (spéciaux)

Les automates compacts offre la possibilité de commander les sorties en T.O.R et réalisent le comptage et le traitement analogique. Les automates modulaires permettent de gérer autres fonctions grâce à des modules intelligents que l'on ajoute sur un ou plusieurs racks ainsi on évite de surcharger le CPU .

➤ Principales fonctions

- **Cartes de comptage rapide:** elles offrent des informations de fréquences élevées incompatibles avec la fréquence basse de traitement de l'automate.
- **Cartes d'entrées / sorties analogiques:** Elles permettent de recevoir un signal analogique et le convertir en numérique (CAN) nécessaire pour traitement par le CPU. Ainsi que la fonction inverse est possible (sortie analogique). Les grandeurs analogiques sont standardisées : 0-10V ou 4-20mA.
- **Cartes de communication (RS485, Ethernet ...)** : Ils offrent la possibilité des communications à distance avec d'autres systèmes d'exploitation et de traitement par: fibres optiques, paires téléphoniques, coaxiales,...
- **Cartes d'entrées / sorties déportées:** pour réduire le volume de câblage entre l'automate et le processus , ces **cartes d'entrées / sorties déportées** permettent de déconcentrer des châssis entrées / sorties sur des longues distances (des kms).

3.7. Critères de choix des APIs

Les critères de choix essentiels d'un automate programmable industriel sont :

- Le nombre et la nature de l'interface E/S ;
- La puissance de traitement du CPU (vitesse, largeur du mot de données, largeur du bus d'adresse, temps de réponse ,...).
- Fonctions disponibles ou modules spéciaux
- Les langages de programmation possibles et les moyens de dialogue
- Les différentes communications possibles avec les autres systèmes ;
- Les méthodes de la conservation du programme ;
- La robustesse, fiabilité, immunité aux parasites de différents types;
- La disponibilité et la richesse de la documentation ,la durée de la garantie, le service après vente, la formation.

3.8. Programmation d'un API :

Elle peut être faite de trois façons différentes :

- ✓ à l'aide de touches qui se trouvent sur l'A.P.I. lui-même.
- ✓ Grâce à une console spécifique de programmation attachée par un câble spécifique à l'A.P.I.
- ✓ Grâce à un PC dans lequel on a installé un logiciel approprié à cet A.P.I.

3.8.1. Langages de programmation :

On cite les langages de programmation les plus connus dans l'industrie :

- **Les langages graphiques :**

- ✓ **LD** (Leader Diagram → schéma à contacts) : Un programme écrit en langage à contacts se compose d'une suite de réseaux de contacts composés d'un ensemble d'éléments graphiques disposés sur grille organisée en lignes et colonnes.
- ✓ **SFC** (Séquentiel Function Chart (Grafcet) → langage G7) : permet la programmation de tous les procédés séquentiels .
- ✓ **FBD** (Function Block Diagram → Schéma par Bloc) : permet de programmer graphiquement à l'aide des blocs, représentant des variables , des opérateurs ou des fonctions .

- **Les langages textuels :**

- ✓ **IL**(Instruction List → liste d'instructions) : Un programme écrit en langage liste d'instructions se compose d'une suite d'instructions exécutées séquentiellement par l'automate. Chaque instruction est composée d'un code instruction et d'un opérande .
- ✓ **ST**(Structured Text → Texte structure) : permet la programmation de tout type d'algorithme plus ou moins complexe.

Chapitre 4

**Guide pour l'Étude des Modes
de Marche et d'Arrêt GEMMA**

Chapitre 4 : Guide pour l'Étude des Modes de Marche et d'Arrêt GEMMA

* **Objectif** : l'étudiant sera capable d'utiliser le GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts) des automatismes industriels en utilisant le GRAFCET

4.1 Introduction :

Le GEMMA, acronyme pour le Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts, constitue un outil méthodologique visant à mieux définir les modes de marche et d'arrêt d'un système industriel automatisé. Il permet de classer ces modes en trois catégories principales :

Procédures d'arrêt et de redémarrage,

Procédures de fonctionnement,

Procédures en cas de défaillance de la performance opérationnelle (PO).

Le GEMMA représente un support précieux pour l'analyse et la synthèse des spécifications techniques, ainsi que pour la maintenance des équipements industriels. Il se matérialise sous la forme d'un guide graphique qui se remplit progressivement au cours de la conception du système. Cette approche permet de sélectionner et de détailler les différents états de marche et d'arrêt, ainsi que les possibilités de transition d'un état à un autre. En résulte une amélioration de la sécurité et de la flexibilité d'utilisation, ainsi qu'une simplification de la mise en œuvre des systèmes automatisés complexes.

Dans ce chapitre, nous allons présenter le concept et la structure du GEMMA, ainsi que les procédures de fonctionnement, d'arrêt et les procédures en cas de défaillance. Nous aborderons également l'utilisation pratique du GEMMA et ses domaines d'application.

4.2 Objectifs du GEMMA en automatisation :

Le GEMMA en automatisation a pour principal objectif de fournir un cadre méthodologique structuré pour la gestion des modes de marche et d'arrêt dans les systèmes automatisés. Voici les objectifs spécifiques associés à son utilisation :

a. **Définition des modes de marche et d'arrêt** : Le GEMMA permet de définir de manière précise les différents modes de fonctionnement d'un système automatisé, y compris les procédures d'arrêt et de redémarrage, les modes de fonctionnement normaux, et les modes de secours en cas de défaillance.

b. **Analyse et synthèse des besoins** : Il aide à analyser les besoins opérationnels du système, en identifiant les scénarios de fonctionnement requis, les transitions entre les modes, et les critères de passage d'un mode à un autre.

c. **Sécurité et fiabilité** : Le GEMMA favorise l'identification des scénarios de défaillance potentiels et des procédures de rétablissement, contribuant ainsi à renforcer la sécurité et la fiabilité des systèmes automatisés.

d. **Optimisation de la maintenance** : Il facilite la planification de la maintenance préventive et corrective en fournissant une vue claire des modes d'arrêt et des interventions nécessaires.

e. **Simplification de la conception** : En intégrant la gestion des modes de marche et d'arrêt dès la phase de conception, le GEMMA permet de simplifier le processus de développement des systèmes automatisés complexes.

f. **Documentation et communication** : Il fournit une documentation structurée qui facilite la communication entre les différents acteurs impliqués dans la conception, la mise en service, et la maintenance des systèmes automatisés.

En résumé, le GEMMA en automatisation vise à améliorer la gestion des modes de marche et d'arrêt, renforcer la sécurité, optimiser la maintenance, simplifier la conception, et favoriser une communication efficace dans le domaine de l'automatisation industrielle.

4.3 Les Concepts de Base du GEMMA en Automatisation :

Le GEMMA repose sur plusieurs concepts fondamentaux qui sont essentiels pour comprendre son fonctionnement et son utilité dans le domaine de l'automatisation industrielle. Voici quelques-uns de ces concepts clés :

a. **Modes de Marche et d'Arrêt** : Les modes de marche représentent les états opérationnels dans lesquels un système automatisé peut se trouver, tandis que les modes d'arrêt correspondent aux états où le système est à l'arrêt. Ces modes sont définis de manière précise pour répondre aux besoins spécifiques de l'application.

b. **Procédures** : Les procédures sont des séquences d'instructions détaillées qui décrivent comment passer d'un mode à un autre, que ce soit en termes de mise en marche, d'arrêt, de redémarrage, ou de gestion des défaillances. Elles sont élaborées pour garantir un fonctionnement sûr et efficace du système.

c. **Sécurité** : La sécurité est un aspect crucial du GEMMA. Il vise à identifier les conditions de sécurité nécessaires pour chaque mode de fonctionnement et à intégrer des mécanismes de sécurité appropriés pour prévenir les accidents ou les situations dangereuses.

d. **Maintenance** : Le GEMMA prend en compte la maintenance en définissant les procédures de maintenance préventive et corrective nécessaires pour maintenir le système en bon état de fonctionnement.

e. **Flexibilité** : L'un des objectifs du GEMMA est de permettre une flexibilité opérationnelle en décrivant comment le système peut passer d'un mode à un autre en fonction des besoins, des événements imprévus, ou des défaillances.

f. **Communication** : Le GEMMA facilite la communication entre les concepteurs, les opérateurs, les techniciens de maintenance, et les autres parties prenantes en fournissant une documentation standardisée et claire.

g. **Utilisation Pratique** : Le GEMMA n'est pas seulement une documentation statique, mais un outil dynamique qui évolue tout au long du cycle de vie du système automatisé, de la conception à la maintenance.

Ces concepts de base du GEMMA permettent d'établir une méthodologie cohérente pour la gestion des modes de marche et d'arrêt, améliorant ainsi la sécurité, la fiabilité et la gestion des systèmes automatisés.

Le GEMMA, sous forme de guide graphique, est divisé en deux zones distinctes, chacune ayant son propre rôle. Voici des informations sur la première zone, la "Partie commande hors énergie" (ou "Partie commande non énergétique") :

4.4 Partie Commande Hors Énergie (ou Partie Commande Non Énergétique)

Dans cette zone du GEMMA, l'accent est mis sur la gestion des modes de marche et d'arrêt du système qui ne sont pas directement liés à l'alimentation électrique ou à l'énergie utilisée par les équipements. Voici ce que cette section peut contenir :

voici ce que cette section peut contenir :

- **Modes de Fonctionnement**
- **Séquences de Transition**
- **Procédures Associées**
- **Notations et Symboles**

En résumé, la "Partie Commande Hors Énergie" du GEMMA se concentre sur la gestion des modes de marche et d'arrêt qui ne sont pas liés à l'alimentation électrique ou à l'énergie, offrant ainsi une vue d'ensemble visuelle et pratique de la commande non énergétique dans un système automatisé.

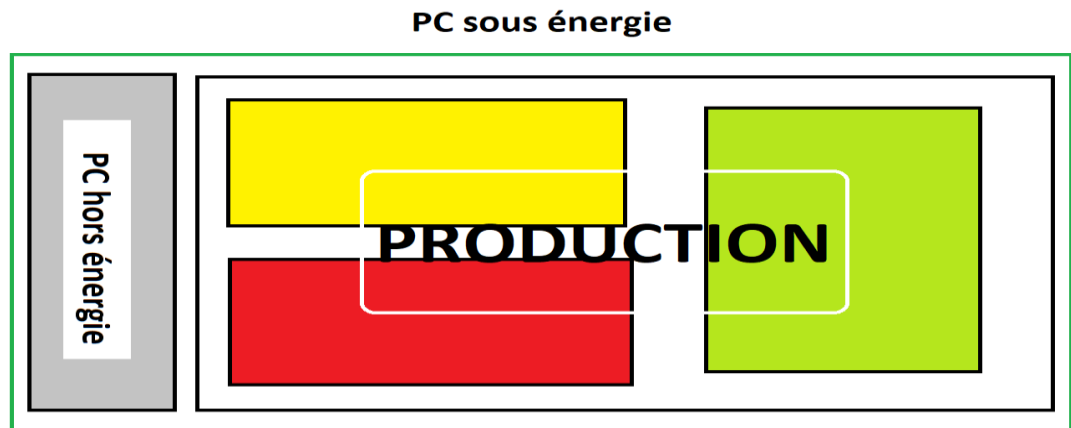


Figure 4.1 : Zones "Production – hors production"

4.5 Partie Commande en Énergie et Active:

est l'autre composante du GEMMA, qui se concentre sur la gestion des modes de marche et d'arrêt liés à l'alimentation électrique et aux actions directes sur le système automatisé. Voici ce que cette section peut inclure :

- **Modes de Marche et d'Arrêt Énergétiques :**
- **Diagrammes de Circuit.**
- **Séquences de Démarrage et d'Arrêt :**
- **Procédures de Mise Sous Tension et d'Arrêt :**
- **Notations et Symboles Électriques :**
- **Mesures de Sécurité Électrique :**

La "Partie Commande en Énergie et Active" du GEMMA fournit une vue d'ensemble détaillée de la gestion des modes de marche et d'arrêt liés à l'alimentation électrique, contribuant ainsi à garantir un fonctionnement sûr et efficace des systèmes automatisés.

La "Partie Commande en Énergie et Active" du GEMMA est subdivisée en trois zones ou trois familles de procédures distinctes, comme illustré dans le schéma suivant :

1. **Zone ou Famille de Procédures A :** Cette première zone ou famille de procédures peut être dédiée aux "Procédures de Démarrage et de Mise Sous Tension". Elle comprend toutes les procédures et les séquences nécessaires pour mettre le système sous tension de manière contrôlée et sécurisée. Cela peut inclure des étapes telles que l'activation des composants électriques, la vérification des paramètres de fonctionnement, et l'assurance que le système démarre de manière fiable.
2. **Zone ou Famille de Procédures D :** La deuxième zone ou famille de procédures peut être axée sur les "Procédures de Fonctionnement". Elle englobe les modes de marche normaux et les procédures associées pour le bon fonctionnement du système. Cela peut

inclure des instructions détaillées sur la manière de superviser et de contrôler les opérations en cours, ainsi que sur la manière de réagir aux événements inattendus.

3. **Zone ou Famille de Procédures F** : La troisième zone ou famille de procédures peut être réservée aux "Procédures d'Arrêt et de Sécurité". Elle comprend les instructions pour arrêter le système de manière sûre, qu'il s'agisse d'un arrêt normal, d'un arrêt d'urgence, ou d'un arrêt en cas de défaillance. Cette zone peut également couvrir les procédures de mise en sécurité du système.

Chaque zone ou famille de procédures est conçue pour aider les utilisateurs à comprendre et à gérer les aspects spécifiques des modes de marche et d'arrêt liés à l'alimentation électrique et à l'activité du système automatisé. Cette subdivision facilite la navigation et la consultation du GEMMA pour des besoins particuliers.

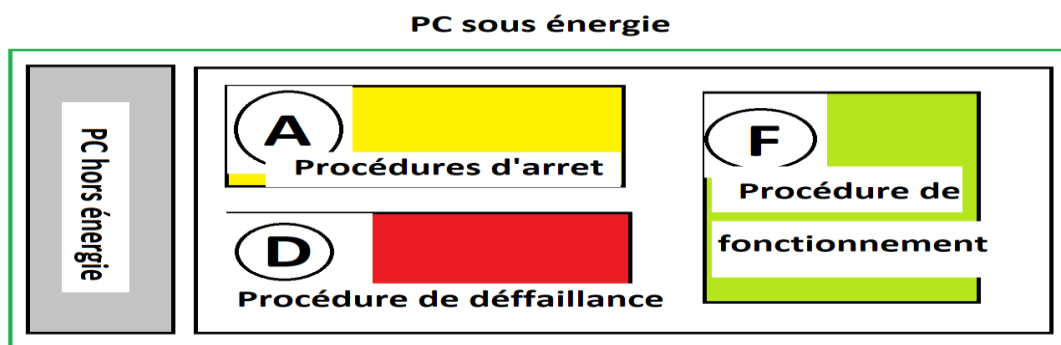


Figure 4.2 : Les familles des états de modes de marches et d'arrêts

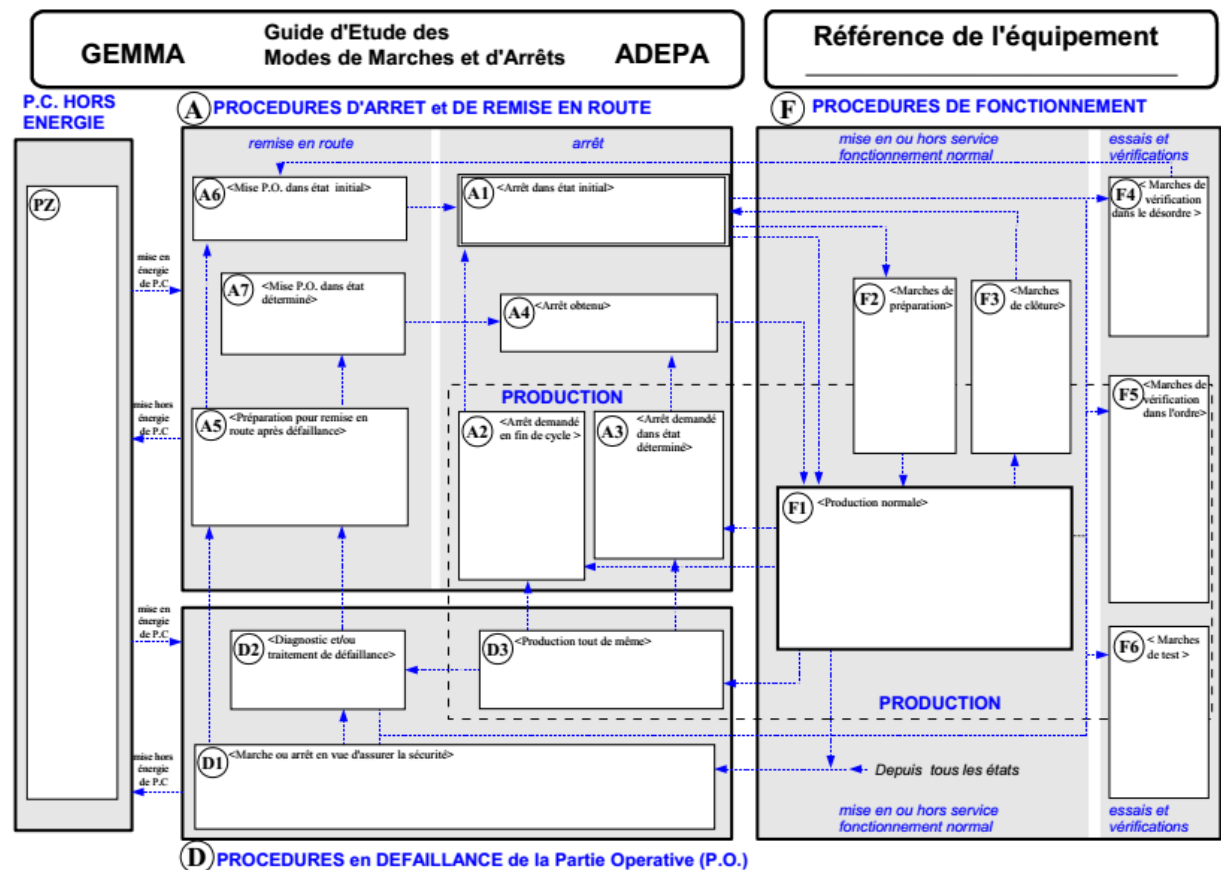


Figure 4.3 : Feuille GEMMA

Présentation du tableau des états F avec leurs désignations et descriptions :

Tableau des États F avec Désignations et Descriptions

Repère	Désignation	Description
F1	Production Normale	Dans cet état, la machine fonctionne normalement selon sa conception initiale. Il est souvent associé à un grafcet de base, bien que la marche ne soit pas nécessairement automatique.
F2	Marche de Préparation	Cet état est réservé aux machines nécessitant une phase de préparation avant de passer en production normale. Cette phase peut inclure des opérations telles que le préchauffage de l'outillage, le remplissage, ou d'autres démarrages préliminaires.
F3	Marche de Clôture	Cet état est requis pour les machines devant être vidées, nettoyées ou clôturées en fin de journée ou de série de production.
F4	Marche de Vérification dans le Désordre	Cet état permet de vérifier certaines fonctions ou mouvements de la machine sans suivre l'ordre séquentiel du cycle habituel.

Repère	Désignation	Description
F5	Marche de Vérification dans l'Ordre	Dans cet état, le cycle de production peut être exploré à la vitesse de production souhaitée par la personne effectuant la vérification.
F6	Marche de Test	Les machines de contrôle, de tri, de mesure, etc., comportent des capteurs qui doivent être réglés ou étalonnés. Cet état permet d'effectuer différentes opérations de test et de calibration.

Ce tableau synthétise les différents états F, en indiquant leurs désignations et leurs descriptions associées.

(Procédures d'Arrêt) présentés dans un tableau :

Tableau des Procédures d'Arrêt avec Désignations et Descriptions

Repère	Désignation	Description
A1	Arrêt dans État Initial	C'est l'état de repos de la machine, correspondant généralement à la situation initiale du grafcet.
A2	Arrêt Demandé en Fin de Cycle	Lorsqu'un arrêt est demandé, la machine continue de produire jusqu'à la fin du cycle ; l'état A2 est une transition vers le retour à l'état initial (A1).
A3	Arrêt Demandé dans un État Déterminé	La machine continue de produire jusqu'à un arrêt dans une position autre que la fin du cycle ; c'est une transition vers l'état A4.
A4	Arrêt Effectif	Dans cet état, la machine est arrêtée dans une position autre que la fin du cycle.
A5	Préparation pour la Remise en Route après une Défaillance	Cet état est réservé aux opérations nécessaires (désengagements, nettoyages, etc.) en vue de la remise en route après une défaillance.
A6	Mise en État Initial de la Partie Opérative	Lorsque la machine est en A6, la partie opérative est remise manuellement ou automatiquement en position initiale en préparation d'un redémarrage à partir de cet état.
A7	Mise en État Déterminé de la Partie Opérative	En étant en A7, la partie opérative est remise en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

Ce tableau récapitule les différents états A (Procédures d'Arrêt) avec leurs descriptions associées.

(Procédures de Défaillance) avec leurs désignations et descriptions :

Tableau des États D : Procédures de Défaillance

Repère	Désignation	Description
D1	Arrêt d'Urgence	Cet état est activé lors d'une situation d'urgence qui nécessite l'arrêt immédiat de la machine. Il inclut non seulement les procédures d'arrêt, mais aussi les étapes pour évacuer en toute sécurité, ainsi que les mesures visant à minimiser les conséquences de la défaillance.
D2	Diagnostic et/ou Traitement de la Défaillance	C'est dans cet état que la machine est examinée après une défaillance. Des diagnostics sont effectués, et des mesures correctives sont prises pour permettre un redémarrage en toute sécurité.
D3	Production Malgré la Défaillance	Parfois, il est nécessaire de maintenir la production même après une défaillance de la machine. Dans cet état, la production continue, bien que de manière dégradée, avec un soutien ou une intervention humaine qui n'était pas prévu en production normale.

4.6 Méthode d'Utilisation du GEMMA

L'examen des modes de marche et d'arrêt est intégré dans le processus dès la phase de conception de la machine. Une fois que le GRAFCET de production normale (GPN) est établi, le guide graphique GEMMA est mis en œuvre pour la sélection des modes de marche et d'arrêt.

Cette démarche se déroule en deux phases distinctes :

1. L'identification des différents modes envisagés pour le système et la mise en évidence des séquences qui les connectent.
2. La spécification des conditions permettant le passage d'un mode à un autre.

4.1. Sélection des Modes de Marche et d'Arrêt :

Après avoir défini la partie opérative (PO) de la machine et élaboré le GRAFCET du cycle de production normale (GPN), il devient nécessaire de choisir et de détailler les modes de marche et d'arrêt requis."

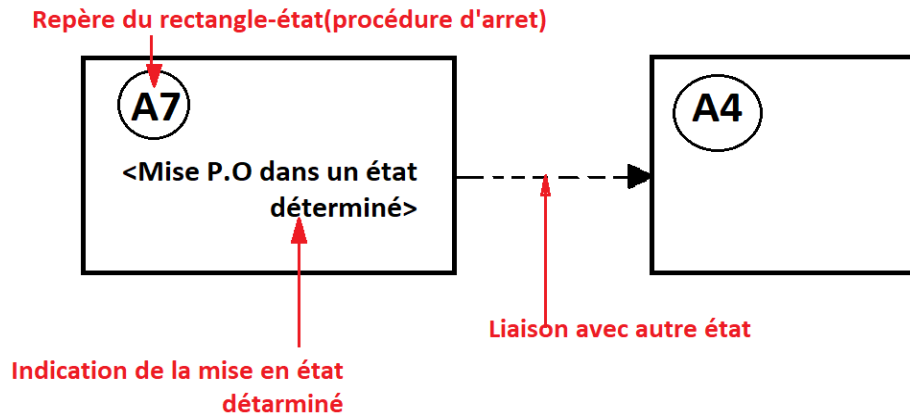


Figure 4.4: Exemple d'un « rectangle-état » proposé.

Lors de l'analyse d'une machine donnée, il est essentiel d'examiner chaque rectangle-état de manière approfondie :

- Si le mode proposé est jugé approprié, il sera ensuite spécifié dans le "rectangle-état".
- Un "rectangle-état" confirmé est complété manuellement en ajoutant des informations spécifiques concernant l'opération particulière effectuée par la machine étudiée.
- Il est également courant de surligner les liaisons orientées pour indiquer leur importance ou leur séquence.
- De plus, les conditions qui régissent le passage d'un état à un autre sont clairement indiquées.

Cette approche méticuleuse garantit une compréhension complète et précise des différents états de fonctionnement de la machine.

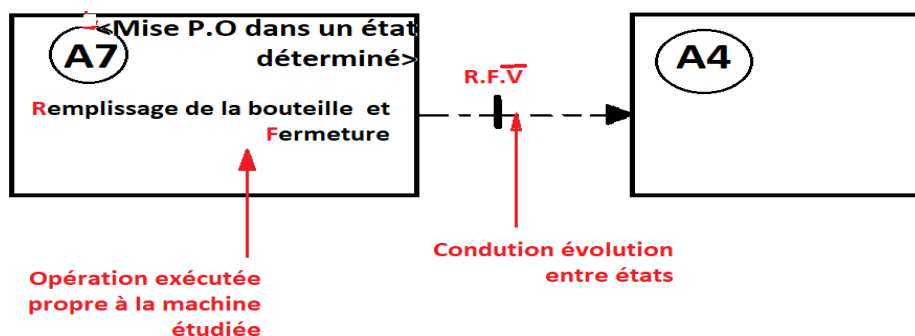


Figure 4.5: Exemple d'un « rectangle-état » retenu

Si le mode proposé n'est pas requis pour le fonctionnement de la machine, une croix sera apposée dans le "rectangle-état" pour indiquer qu'il ne sera pas retenu ou qu'il ne s'applique pas. Cette croix sert à marquer clairement que le mode en question n'est pas pertinent dans le contexte de la machine spécifique en cours d'examen.

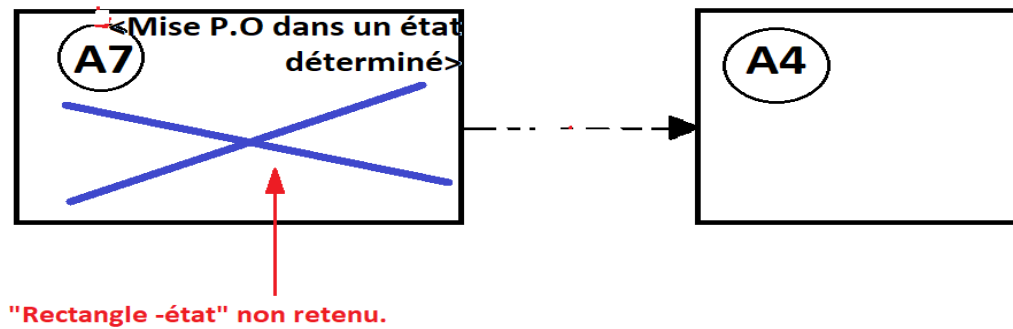


Figure 4.6: Exemple d'un « rectangle-état » non retenu

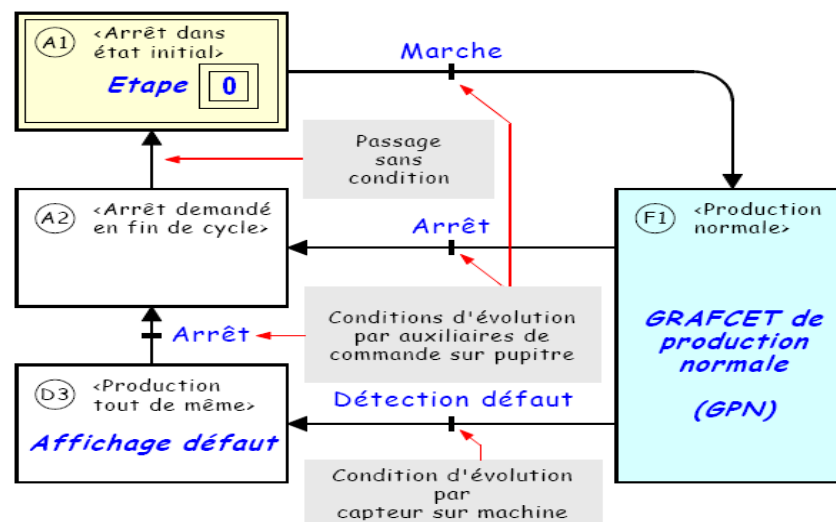
4.7- Détermination des Transitions entre les États

Après avoir sélectionné et décrit les modes de marche et d'arrêt, il est essentiel de spécifier comment la transition d'un état à un autre s'effectuera. L'élaboration de ces conditions de passage permet la conception du pupitre de commande et peut éventuellement nécessiter l'ajout de capteurs supplémentaires.

La transition d'un état à un autre peut se produire de deux manières distinctes :

- Soit en utilisant une condition d'évolution spécifique.
- Soit sans condition d'évolution, signifiant que la transition se fait automatiquement sans nécessiter une condition particulière.

Cette étape est cruciale pour définir le comportement précis de la machine et pour s'assurer qu'elle fonctionne conformément aux besoins et aux spécifications. Elle influence directement la conception des contrôles et des systèmes de détection associés à la machine.



Il existe deux états qui se retrouvent sur toutes les machines :

1. L'état A1 (état initial) ou (état de repos) de la machine.

2. L'état F1, le mode de (production normale) pour lequel la machine a été conçue.

En partant de chacun de ces deux états, A1 et F1, il est intéressant d'explorer les transitions vers d'autres états :

- On peut initier le démarrage de la machine en passant de l'état A1 à l'état F1. À ce stade, on peut se poser la question de savoir si une phase de préparation (F2) est nécessaire avant de passer en production normale.
- On peut arrêter la machine de deux manières différentes :
 - En fin de cycle, ce qui implique une transition du circuit F1 à A2 puis à A1.
 - À un autre moment ou dans une autre position, ce qui nécessite une transition du circuit F1 à A3 puis à A4.
- On peut également examiner les scénarios de défaillance :
 - En cas d'arrêt d'urgence (D1).
 - En cas de défaillance, mais avec une poursuite de la production malgré tout (D3).
 - Et d'autres scénarios similaires.

Cette approche permet d'explorer de manière systématique les différents états possibles de la machine, les transitions entre eux et les réponses en cas de défaillance, ce qui contribue à une meilleure compréhension de son fonctionnement global.

4.3- Les Boucles Opérationnelles du GEMMA

Dans le GEMMA, plusieurs "boucles" sont utilisées pour caractériser les séquences d'états qui décrivent le fonctionnement du système. En effet, il est souvent nécessaire de passer d'un état à un autre en respectant certaines conditions, mais parfois, il est impossible d'effectuer cette transition directement sans passer par un état intermédiaire. Cet état intermédiaire permet d'atteindre l'état final en toute sécurité, préservant ainsi l'intégrité du système.

Boucle de Marche Normale :

La boucle A1 >> F1 >> A2 >> A1 représente la boucle de marche normale. Cette séquence décrit le fonctionnement normal du système. Pendant cette boucle, le système opère en mode de production normale (F1), puis arrive en fin de cycle où il s'arrête (A2) pour ensuite revenir à l'état initial (A1). Ce retour à l'état initial prépare le système pour un prochain cycle ou une série de cycles de production. Cette boucle est essentielle pour le fonctionnement régulier et répétitif de la machine.

Boucle de Marche de Réglage :

La boucle A1 >> F4 >> A6 >> A1 correspond à la boucle de marche de réglage. Cette séquence décrit le processus de réglage de la machine. Le système part de l'état A1 (arrêt dans les conditions initiales) et passe à l'état F4 (Marche de vérification dans le désordre). Dans cet

état, l'opérateur peut tester divers composants du système, tels que les actionneurs, les pré-actionneurs, les capteurs, etc., de manière non séquentielle.

Une fois les vérifications terminées, le système passe de l'état F4 à l'état A6 (Mise de la P.O. dans l'état initial). Dans cet état, le système revient à ses conditions initiales, prêt à fonctionner de manière optimale. Une fois que les conditions initiales sont atteintes, le système revient à l'état A1, qui est l'état de repos ou d'arrêt dans les conditions initiales. Cette boucle de marche de réglage est essentielle pour assurer que la machine est correctement ajustée et fonctionne de manière optimale.

Boucle d'Arrêt de Sécurité :

La boucle F1 >> D1 >> A5 >> A6 >> A1 >> F1 représente la boucle d'arrêt de sécurité. Cette séquence permet de gérer les états successifs d'un système automatisé, depuis l'activation d'un arrêt d'urgence pendant une production normale jusqu'à la reprise de la production normale.

Il est intéressant de noter une particularité de l'état D1. Sur la flèche de liaison entre l'état F1 et l'état D1, une extrémité de flèche est connectée, avec un commentaire indiquant que cette transition est accessible depuis tous les états du GEMMA. En d'autres termes, quelle que soit la situation actuelle de la machine dans le GEMMA, si les conditions requises pour passer à l'état D1 sont remplies, le système se placera automatiquement en état D1.

Cette boucle d'arrêt de sécurité est cruciale pour assurer la sécurité des opérations en cas d'urgence et garantir la reprise du fonctionnement normal de la machine une fois la situation d'urgence résolue.

5 - Conception d'un Automatisme Séquentiel :

Dans la conception d'un automatisme séquentiel pour un processus donné, plusieurs considérations doivent être prises en compte :

1. **Contraintes Industrielles** : Il est essentiel de tenir compte des contraintes industrielles, telles que la rentabilité et la sécurité, pour concevoir un système automatisé qui réponde aux besoins de l'entreprise tout en garantissant la protection des opérateurs et des équipements.
2. **Nature et Types de Capteurs** : La nature des capteurs utilisés et les signaux qu'ils génèrent sont des éléments clés. Les capteurs détectent les conditions et les paramètres du processus, fournissant ainsi des informations essentielles pour le contrôle.
3. **Nature des Actionneurs** : Les actionneurs, qui effectuent des actions physiques dans le processus, ont des spécifications particulières en termes de signaux de commande acceptés. Il est important de choisir des actionneurs compatibles avec les besoins du système.

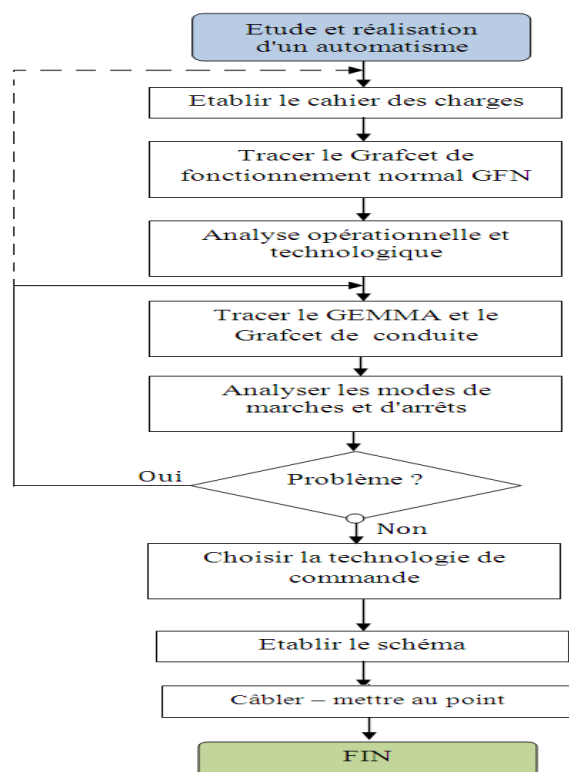
L'établissement du cahier des charges est une étape critique de la conception. Il détermine également :

- Le choix des interfaces d'entrée/sortie (E/S).
- Le nombre et le type d'E/S requis pour le système.
- La pertinence de l'utilisation d'un bus de terrain pour la communication entre les composants.

La création des séquences de fonctionnement de l'automatisme, souvent appelées GRAFCET de fonctionnement normal ou GRAFCET de niveau 1, est une autre étape clé. Il s'agit d'un diagramme des actions à effectuer en fonction des informations reçues.

L'analyse opérationnelle et technologique prend en compte les contraintes imposées par les capteurs et les actionneurs, ainsi que les différents modes de fonctionnement de l'automatisme, tels que la marche, l'arrêt, le mode manuel, le mode automatique et le mode de sécurité. Cette phase est généralement représentée par le GRAFCET de conduite ou GRAFCET niveau 2, qui détaille l'ensemble du système automatisé.

À ce stade, en fonction des défis ou des problèmes rencontrés, il peut être nécessaire de revoir le cahier des charges initial et/ou le GRAFCET de niveau 1 pour garantir que l'automatisme complet est correctement conçu et fonctionnel. Cette approche itérative garantit une conception précise et adaptée aux besoins spécifiques du système.



Chapitre 5

Exercices résolus

Exercice 1 : Le Wagonnet

- cahier des charges :

Chaque appui sur S1 (Départ Cycle) commence un nouveau cycle. Un Wagonnet doit aller chercher des produits chimiques aux endroits fixés par les capteurs S4, S3 et S5 puis revenir à son point de départ. S2.

On note que le wagonnet ne reprend le cycle qu'une fois le S1 est appuyé en présence du wagonnet au point (S2: Appuyé) .

Question:

Tracez le grafcet fonctionnel (*Grafcet* du point de vue système) puis *Grafcet technologique* (*Grafcet* du point de vue partie opérative technologique) de cet automatisme,

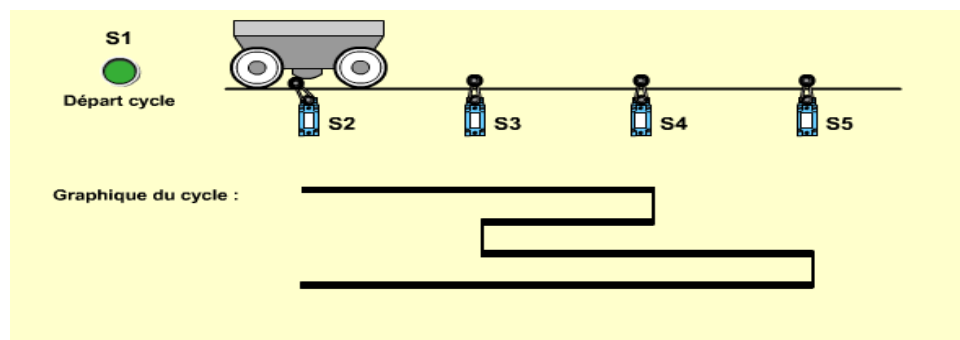
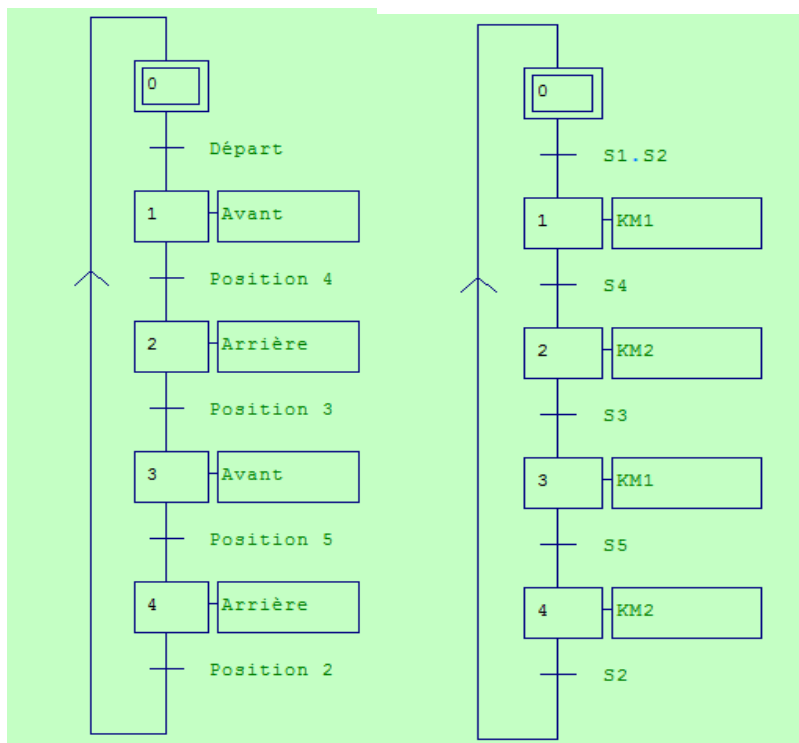


Photo capturée à partir de l'animation de **Ph.JUGUET**

Solution:

Exercice 2 : La tête d'usinage

- Cahier des charges :

Nous voulons automatiser la tête d'usinage ci-dessous.

- Afin de démarrer le cycle de perçage, il faut que le départ du cycle déclenche et la perceuse est en haut.
- La perceuse va descendre à grande vitesse.
- La perceuse va arriver en position de perçage
- La perceuse va descendre en petite vitesse et la rotation forêt va enclencher.
- La perçage est achevée.
- La perceuse va remonter en grande vitesse avec rotation de la forêt.

Question:

On vous demande de réaliser le grafcet (*Grafcet* du point de **vue système**) selon les indications ci-dessus:

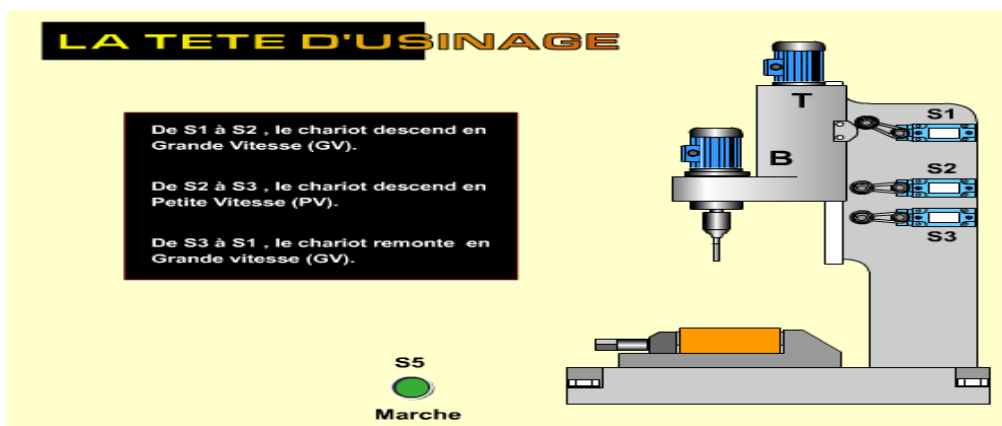
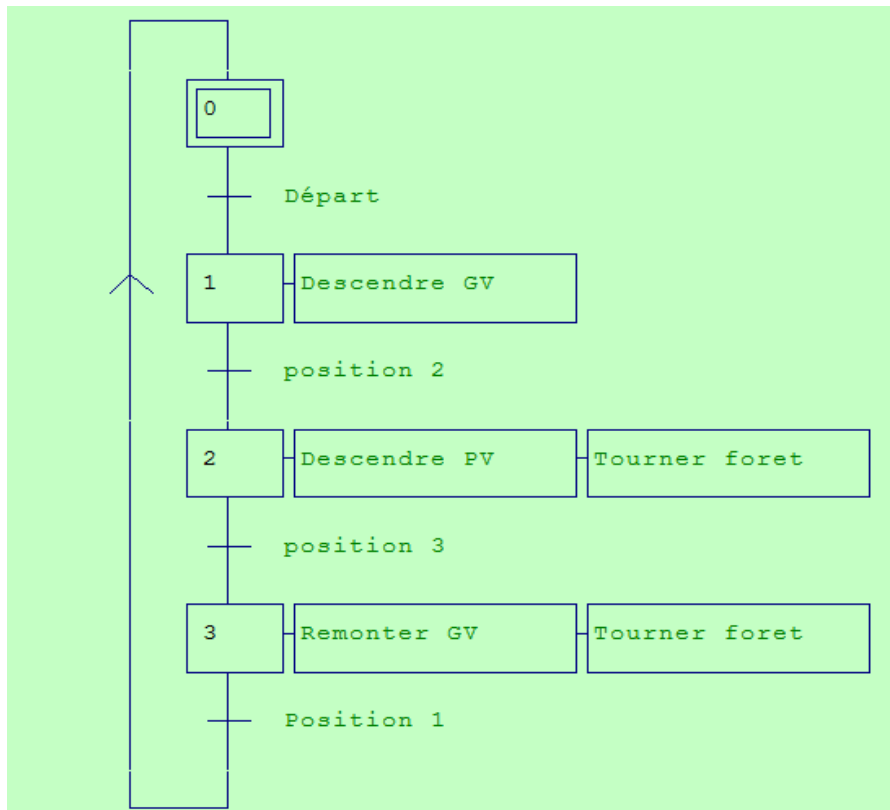


Photo capturée à partir de l'animation de **Ph.JUGUET**

Sollution:

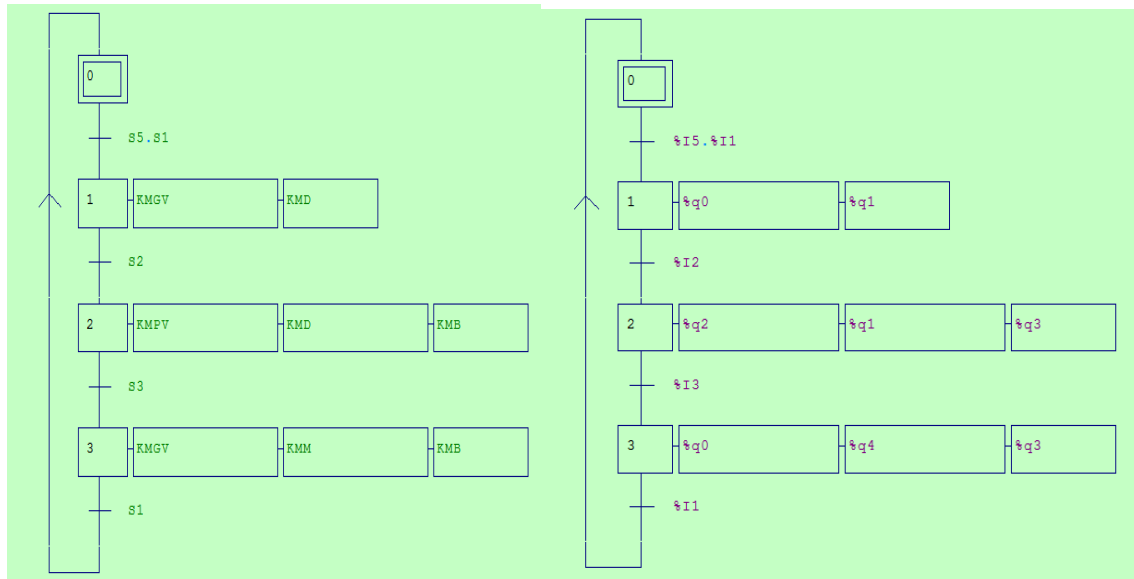


Exercice 3: La tête d'usinage

- Cahier de charge (voir exercice précédent) :

Déterminer le grafcet technologique ou de niveau 2 et le grafcet d'automate de l'exercice n°2 la tête d'usinage en fonction des données suivantes :

- départ cycle bouton S5
 - Fin de course position haute S1
 - Fin de course position de milieu et commencement de perçage S2
 - Fin de course position basse, et la fin de perçage S3
- ✓ **Commande moteur B rotation de la forêt**
 - Contacteur de commande de la rotation forêt KMB
 - ✓ **Commande moteur T descente et montée**
 - ✓ Contacteur de commande de la grande vitesse KMGV
 - ✓ Contacteur de commande de la petite vitesse KMPV
 - ✓ Contacteur de commande de la descente de la forêt KMD
 - ✓ Contacteur de commande de la montée de la forêt KMM.

Sollution:**Tableau des variables**

Variables d'entrées		Variables de sorties	
I ₅	S ₅	KMB	Q3
I ₂	S ₂	KMD	Q1
I ₃	S ₃	KMM	Q4
I ₁	S ₁	KMPV	Q2
		KMGV	Q0

Exercice 4 Système automatisé de tri de pièces

- Cahier des charges :**

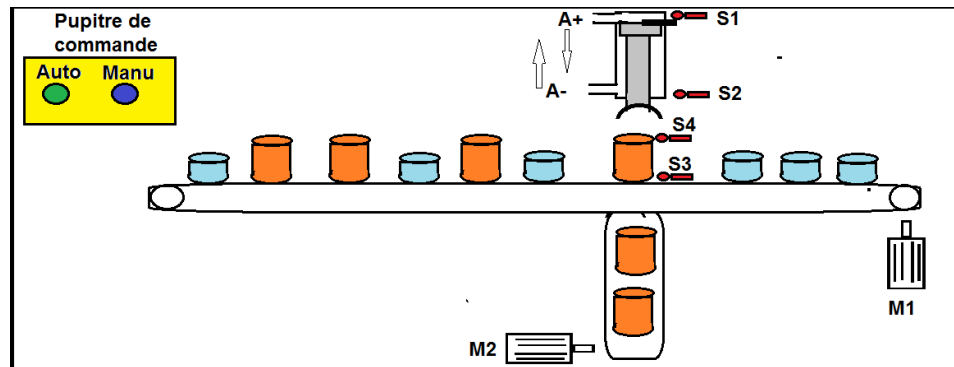
Nous voulons concevoir un système de tri de pièces suivant leur taille, ainsi le processus fonctionne comme suit :

L'opérateur appuie sur le bouton **Auto** (mode automatique) ce qui permet de démarrer le cycle. Ainsi, les pièces sont véhiculées par un tapis roulant au niveau du poste de contrôle/aiguillage. Il y a deux cas possibles :

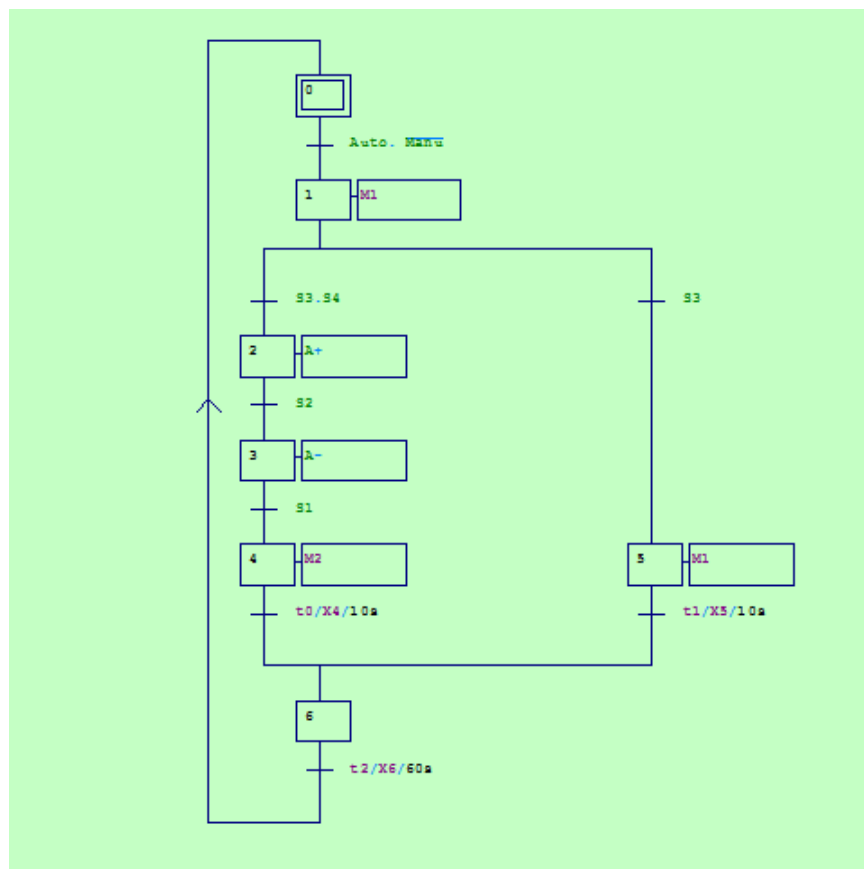
- Si on rencontre une pièce de grande taille qui est détectée par les capteurs **S4** et **S3**, le moteur **M1** du tapis 1 s'arrête et le vérin **A** sort pour déplacer la pièce vers le tapis 2 . Le capteur **du vérin A S2** actionné, il retourne de nouveau jusqu'à le capteur **S1** , le tapis 2 démarre pendant 10 secondes pour acheminer les pièces au poste de stockage puis s'arrête après 1 minute afin de donner le temps aux travailleurs pour le stockage des pièces.

- Si on rencontre une pièce de petite taille qui est détectée par le capteur **S3**, le moteur **M1** du tapis 1 continue de tourner pendant **10** secondes pour acheminer les pièces au poste de stockage puis s'arrête après 1 minute afin de donner le temps aux travailleurs pour le stockage des pièces.

Question : écrire le Grafcet du point de vue partie opérative du système.



Sollution:



Exercice 5 Porte automatique

- Cahier de charge :

Si **une personne** est détectée par le capteur **S5**, La porte s'ouvre d'abord en Grande Vitesse (**GV**) jusqu'à **S3**, puis en Petite Vitesse (**PV**) jusqu'à **S4**.

La porte reste ouverte 15 Seconde et, **si personne** ne se présente à nouveau, elle se referme d'abord en Grande Vitesse (**GV**) jusqu'à **S2**, Puis en Petite Vitesse (**PV**) jusqu'à **S1**.

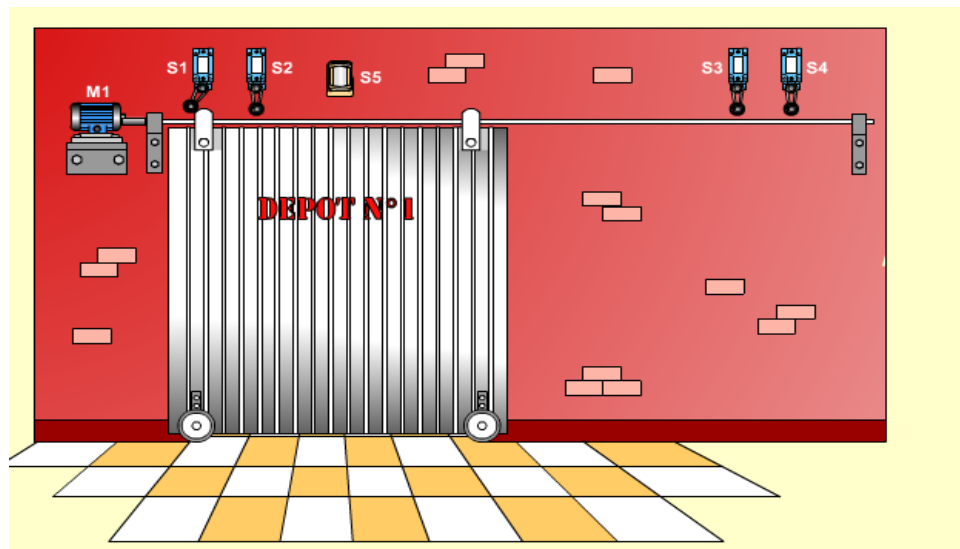
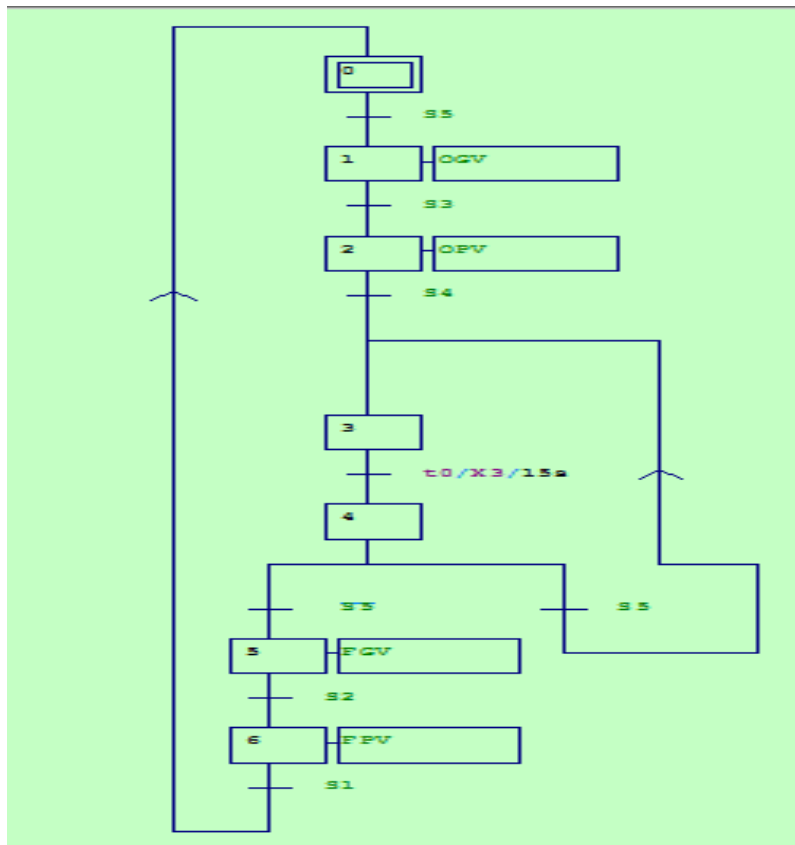
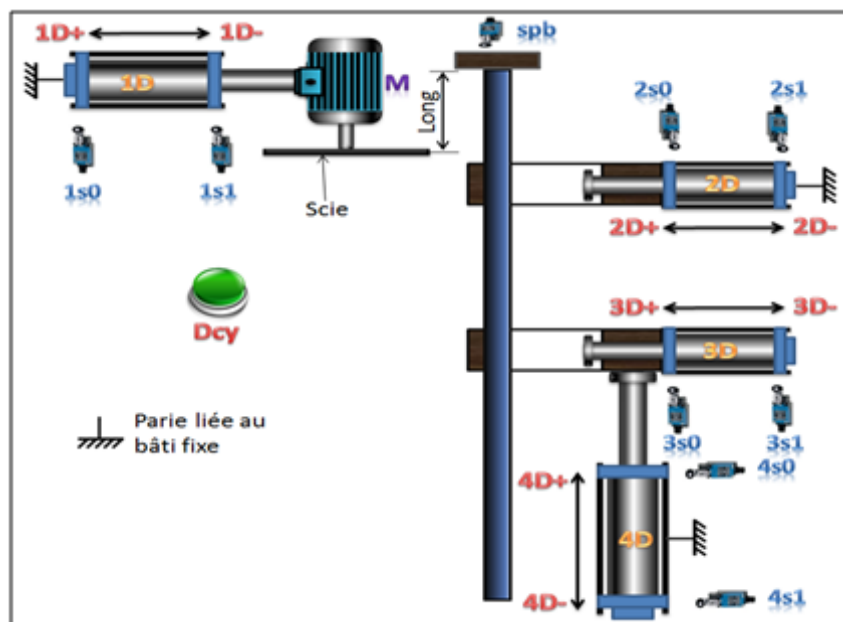


Photo capturée à partir de l'animation de **Ph.JUGUET**

Sollution:



Exercice 6 : Tronçonnage de barre



Description du système:

Le système permet d'assurer la découpe de la barre en morceaux de longueurs identiques.

Il comporte :

- un dispositif de coupe constitué d'un moteur (**M**) et d'un vérin de coupe (**1D**) ;
- un dispositif de maintien de barre, l'étau de coupe, associé à un vérin (**2D**) ;

- un dispositif d'avance de barre, l'étau d'avance, associé à deux vérins (3D et 4D) ;
- une butée de réglage de longueur de découpe associée à un capteur (spb).

b. Cahier des charges :

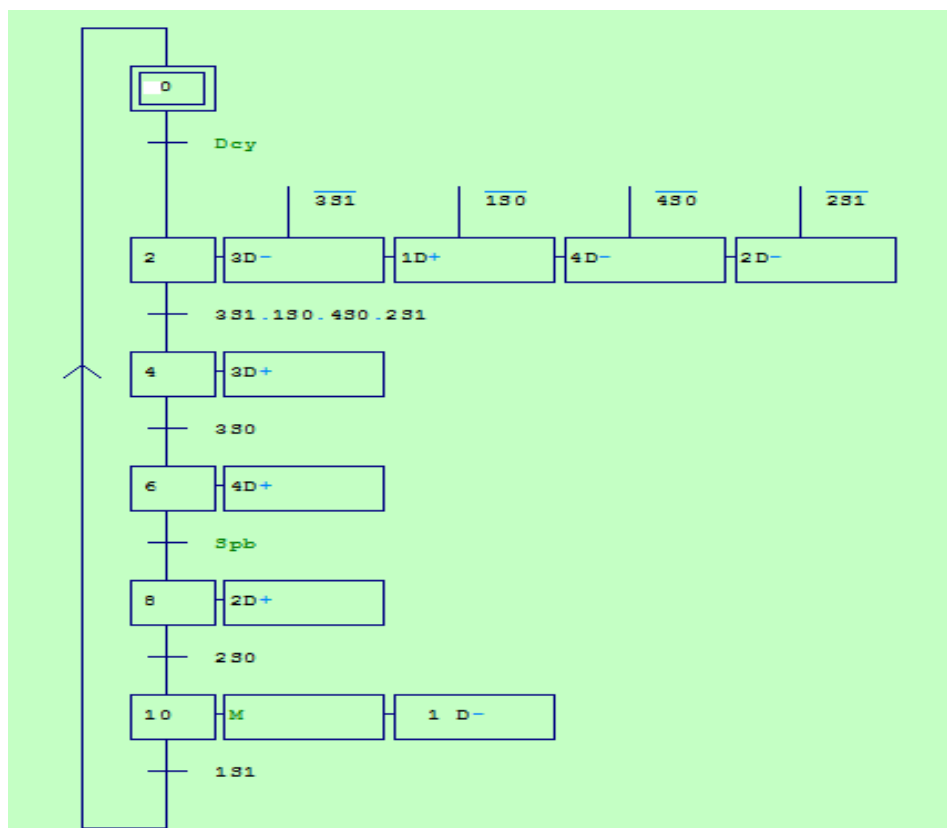
Le système étant en conditions initiales (étau desserré, étau d'avance desserré, vérin d'avance reculé, scie reculée), l'ordre de départ de cycle provoque le cycle de production normale suivant :

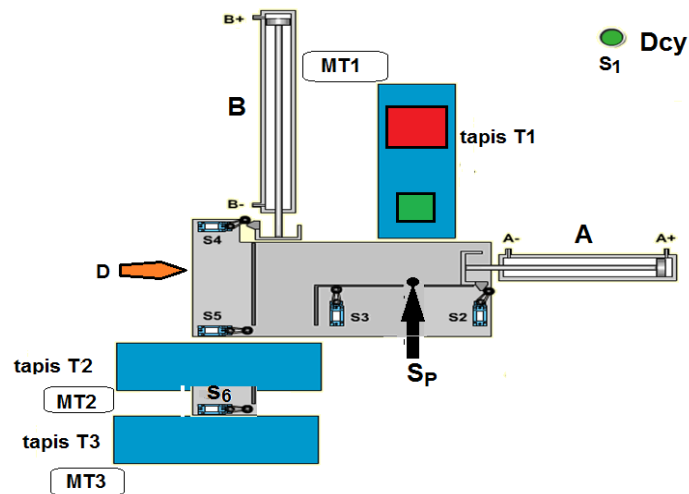
- avance de la barre jusqu'à la butée ;
- serrage de la barre par l'étau de coupe ;
- mise en marche du moteur **M** et avance de la scie et découpe de la barre ;
- recul de la scie et arrêt du moteur;
- ouverture de l'étau de coupe (2D);
- recul de l'étau d'avance (3D et 4D) ;

1. Travail à réaliser :

Tracez le grafcet qui décrit le fonctionnement du système.

Sollution:



Exercice 7 : Tri de caisses

Dans une usine produisant de la lessive et du savon en cycle automatique, après conditionnement, les caisses de formes et de hauteurs différentes arrivent sur un tapis roulant commun. Le système représenté ci-dessous permet de les trier en détectant leurs codes à barres. Le « tapis lessive » et le « tapis savon » orientent les caisses vers leurs destinations finales afin d'être mises sur palettes.

Fonctionnement du système :

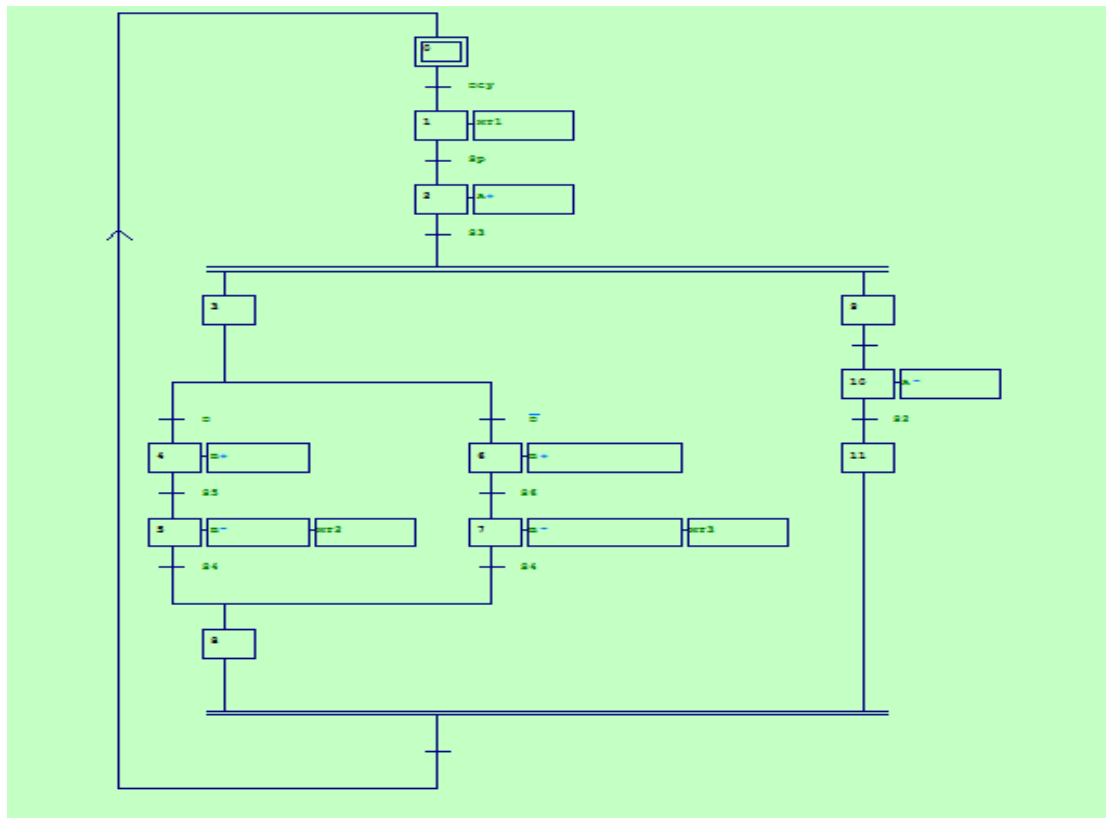
L'action sur le bouton poussoir « **Dcy** » provoque l'amenée des caisses par le tapis roulant commun. Dès que la caisse se trouve devant le vérin **A**, un capteur de position **Sp** détecte la présence de caisse ce qui provoque l'arrêt du tapis commun « **tapis T1** », le vérin **A** sort complètement jusqu'à le capteur **S3** pour pousser la caisse devant le vérin **B**, ensuite : un lecteur de code à barres **D** détecte le type de caisse

☒ Si le code à barres de l'étiquette correspond à une caisse de **lessive** (**D=1**), dans ce cas le vérin **B** sort incomplètement jusqu'à le capteur **S5** pour pousser la caisse de lessive sur le **tapis T2**.

☒ Si le code à barres de l'étiquette correspond à une caisse de **savon** (**D=0**) alors le vérin **B** sort complètement jusqu'à le capteur **S6** pour pousser la caisse de savon sur le **tapis T3**.

REMARQUE : Le retour de vérin **B** et la rotation de « **MT2 et MT3** » se passent en même temps.

Question : écrire le Grafcet du point de vue partie opérative du système.

Sollution:**Exercice 8: Transfert de pièces**

La figure suivante représente une station de transfert de pièces d'un tapis d'arrivée vers un tapis d'évacuation par deux vérins pneumatiques : La station est composée par :

deux convoyeurs entrainés chacun par un moteur asynchrone triphasé.

deux vérin **A** et **B** pour pousser la pièce comme le montre la figure suivante.

quatre capteurs (**S2, S3, S4 et S5**) pour contrôler les sorties et les recules des tiges des vérins.

Un capteur **S1** pour la détection de présence de pièce.

Un bouton poussoir **STOP**

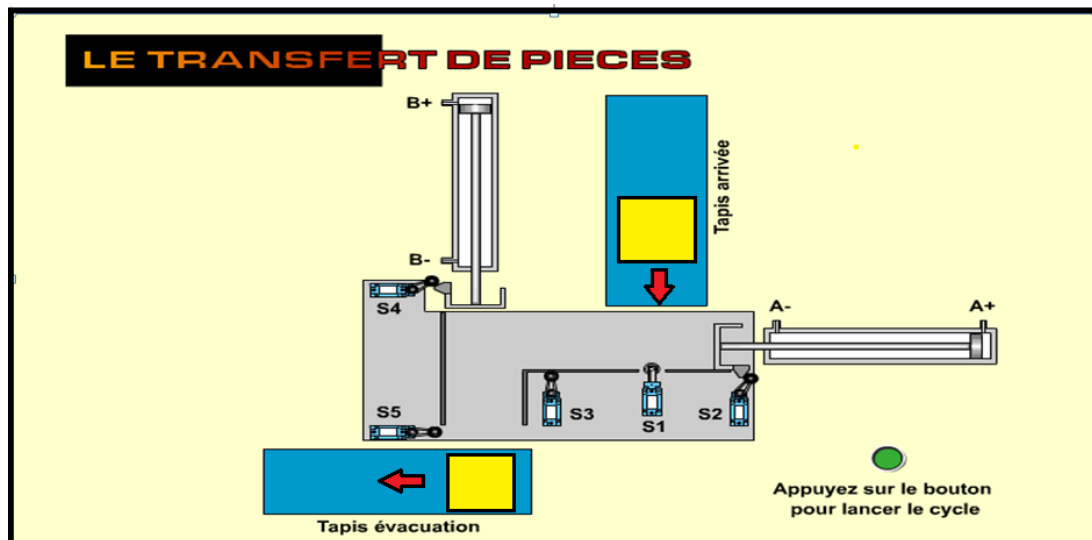


Photo adaptée capturée à partir de l'animation de **Ph.JUGUET**

Fonctionnement : Initialement le système est au repos :

Les deux vérins sont reculés.

Les deux convoyeurs sont en arrêts.

A la mise sous tension la partie commande démarre les deux convoyeurs et à l'arrivée d'une pièce devant le capteur **S1** le système effectue le cycle suivant :

Le vérin **A** pousse la pièce jusqu'à l'action sur **S3**,

Simultanément la tige du vérin **A** se recule et la tige du vérin **B** pousse la pièce vers le tapis d'évacuation,

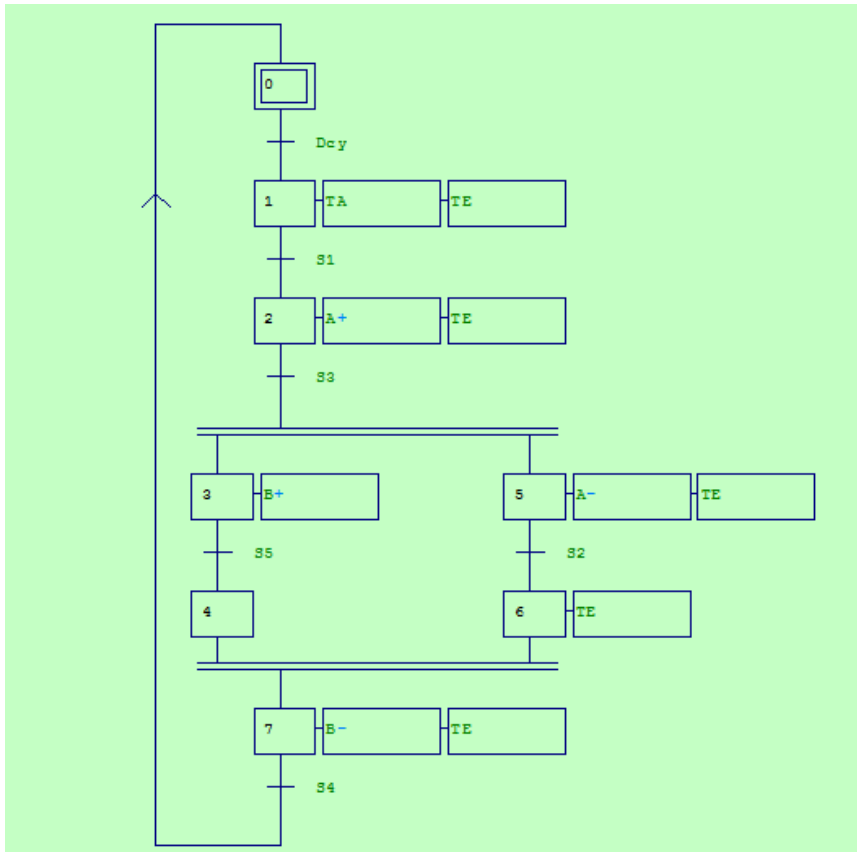
A l'action sur le capteur **S5** la tige du vérin **B** se recule,

A l'action sur le capteur **S4** le système revient à son état de repos,

Le système recommence le cycle à chaque présence d'une pièce devant le capteur **S1**.

Le bouton poussoir **STOP** permet d'arrêter le système par remise à zéro de tout le

Question : écrire le Grafcet du point de vue partie opérative du système.

Sollution:**Exercice 9 : Poste de perçage**

Cahier de charge :

Un plateau tournant désert **3 poste** de travail :

- Le premier de changement.
- Le deuxième de perçage
- Le troisième de contrôle et d'évacuation des pièces percées.

Un vérine permet la rotation de **120 degré** du plateau extérieur supportant les pièces à usiner , et son indication c'est-à- dire son blocage précis après chaque rotation.

Le contrôle de perçage percé s'effectue par un testeur qui doit descendre en position basse si le trou est correctement percé (cette opération dure mois de 2 secondes). Si cela n'est pas réalisé , tout le système se bloque , testeur en position haute , de façon à ce que l'opérateur puisse enlever la pièces défectueuse avant de réarmer manuellement le système.

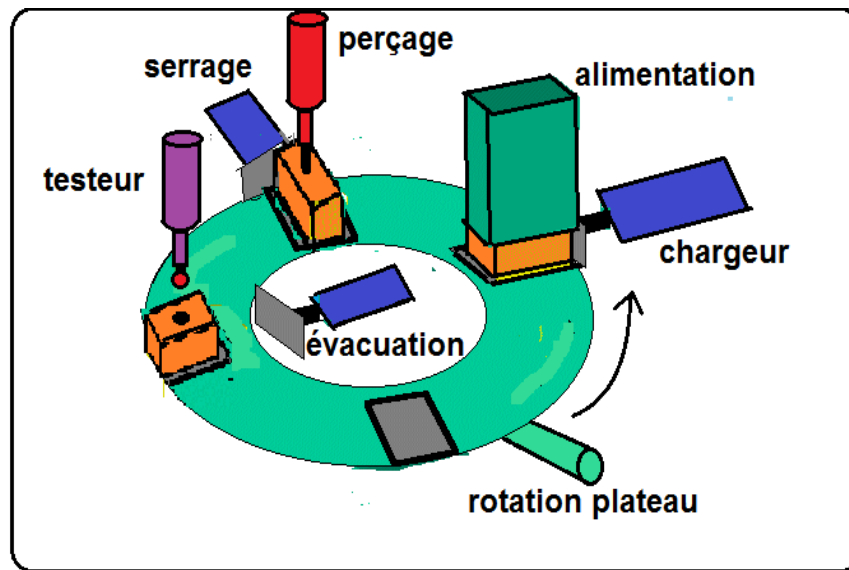
les actionneurs sont:

- Avance chargeur
- Recul chargeur
- Avance évacuation

- Recul évacuation
- Rotation plateau
- Avance serrage
- Recul serrage
- Descente perceuse
- montée perceuse
- Descente testeur
- Remontée testeur

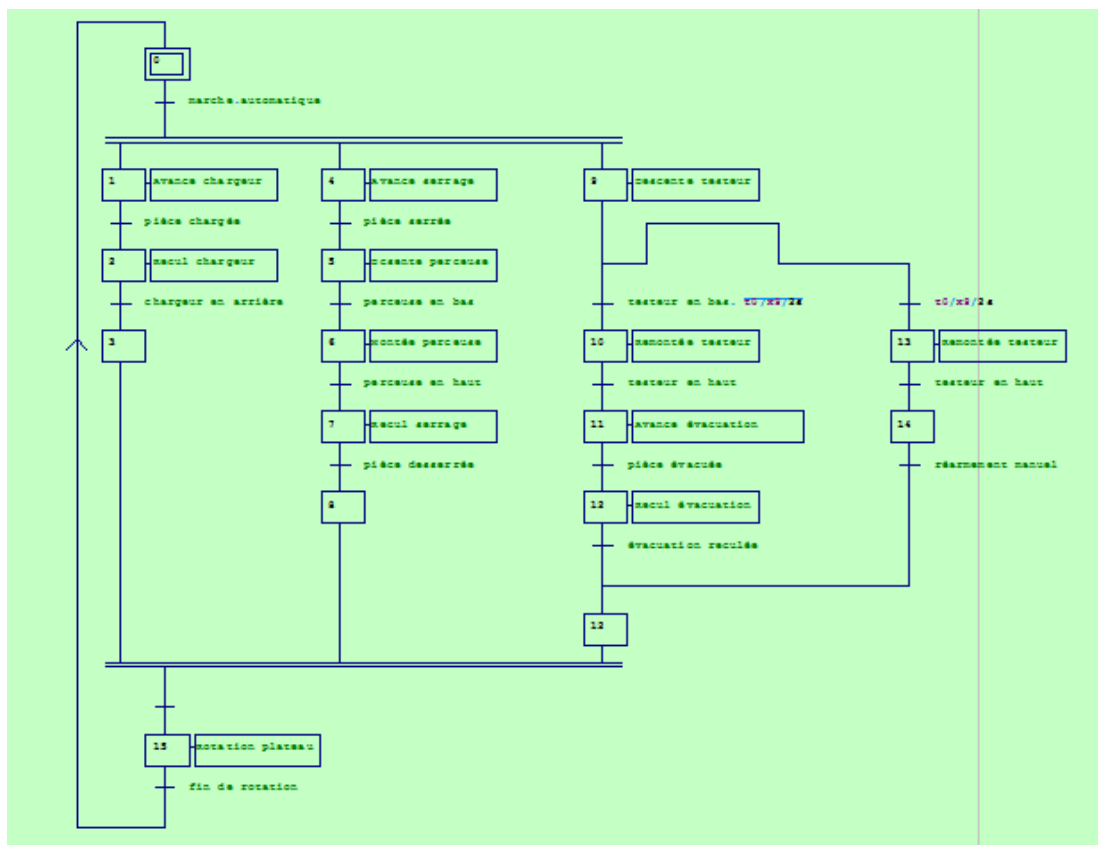
Les capteurs sont:

- Mode automatique
- Marche
- Pièce chargée
- Chargeur en arrière
- Pièce serrée
- Pièce desserrée
- Perceuse en bas
- Perceuse en haut
- Testeur en bas
- testeur en haut
- Pièce évacuée
- Evacuation reculée
- Réarmement manuel
- Fin de rotation



Question : écrire le Grafset du point de vue de système .

Solution:



Exercice 10: Grafcet ascenseur : cahier des charges industriels✓ **Ordres :**✓ **MO:**Montée

cabine

DE:Descente

cabine

OUV:Ouverture

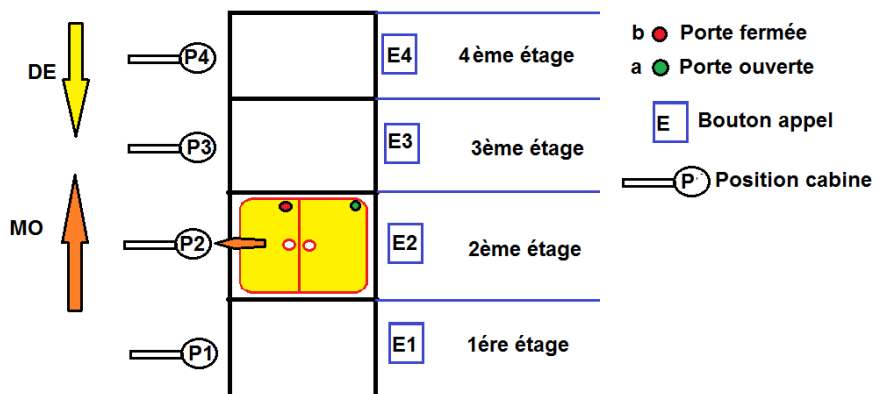
porte

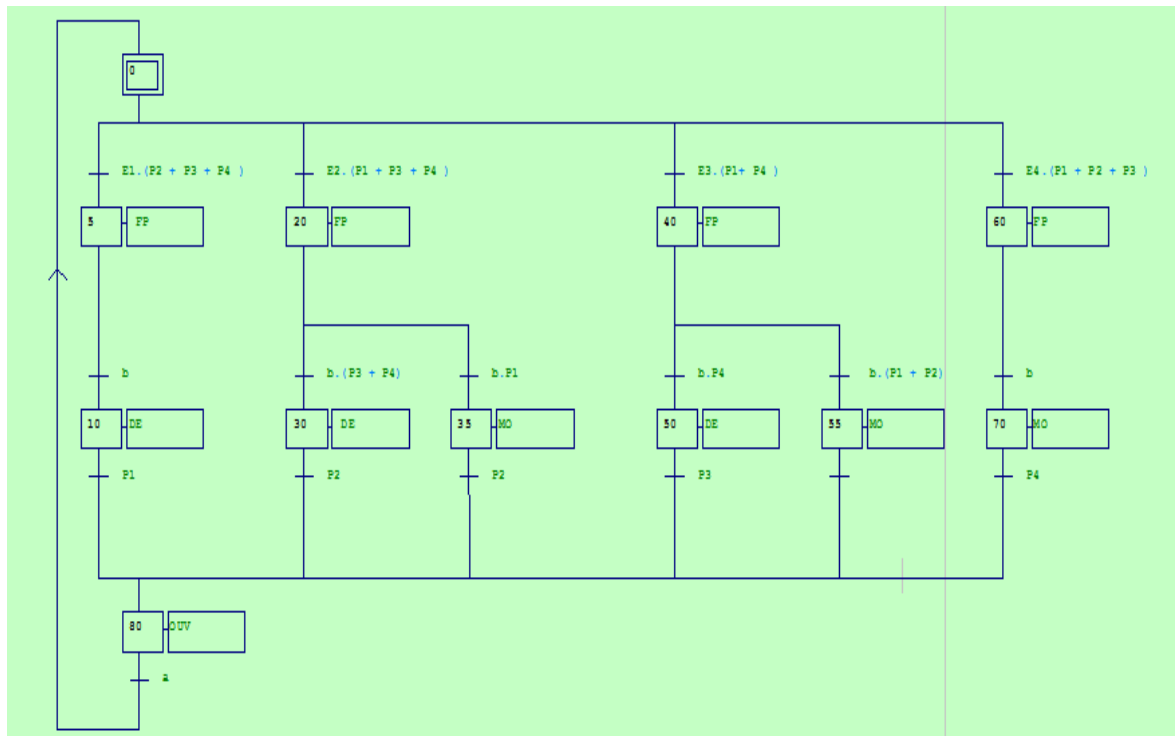
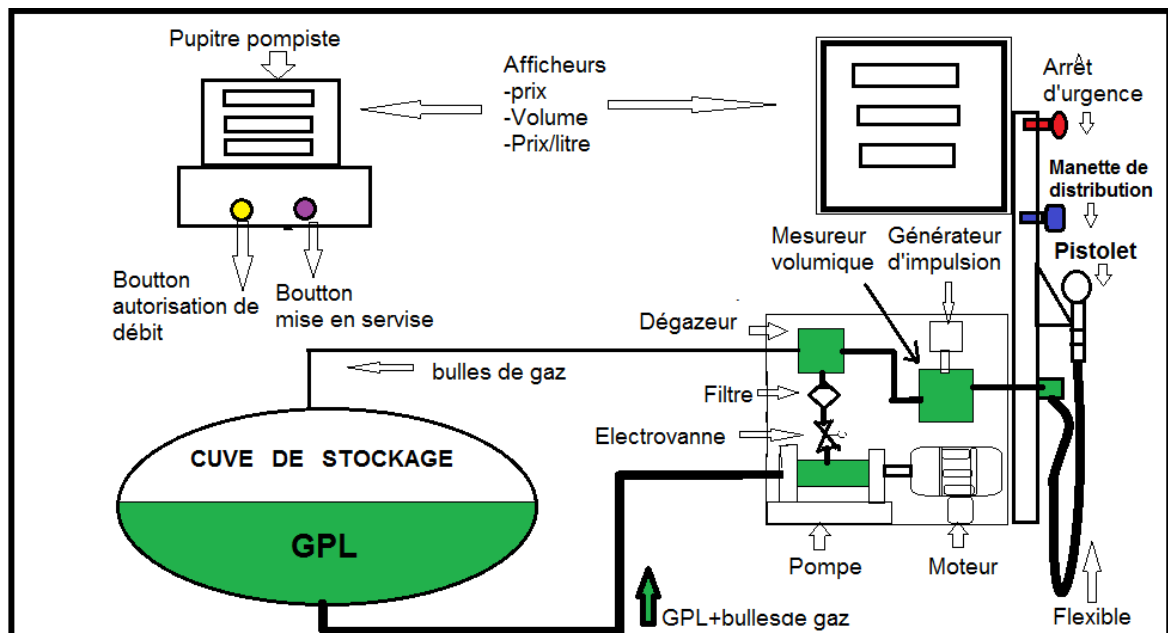
FP:Fermeture

porte

E1,E2,E3 ,E4: Bouton poussoir appel 1er,2e,3 e, 4e étage✓ **Capteurs :****a:**porte

ouverte

b:porte fermée **P1,P2,P3,P4** :position de la cabine**Question :** écrire le Grafcet du point de vue de système .

Sollution:**Exercice 11 Distributeur carburant GPL semi-automatique****Description du système**

Lors de la distribution, le GPL contenu dans la cuve de stockage est mis en mouvement par une électropompe (moteur + pompe). Une électrovanne permet du passage vers un dégazeur dont le rôle est de séparer les bulles de gaz et le GPL. Les bulles de gaz donc séparées retournent dans la cuve de stockage.

Le GPL passe alors dans le mesureur volumétrique puis dans le flexible pour atteindre le pistolet.
Remarque : Le SIM (Service des Instruments et Mesures) impose, dans toute transaction, de mesurer la quantité de GPL sans bulle de gaz (sinon la mesure est fausse).

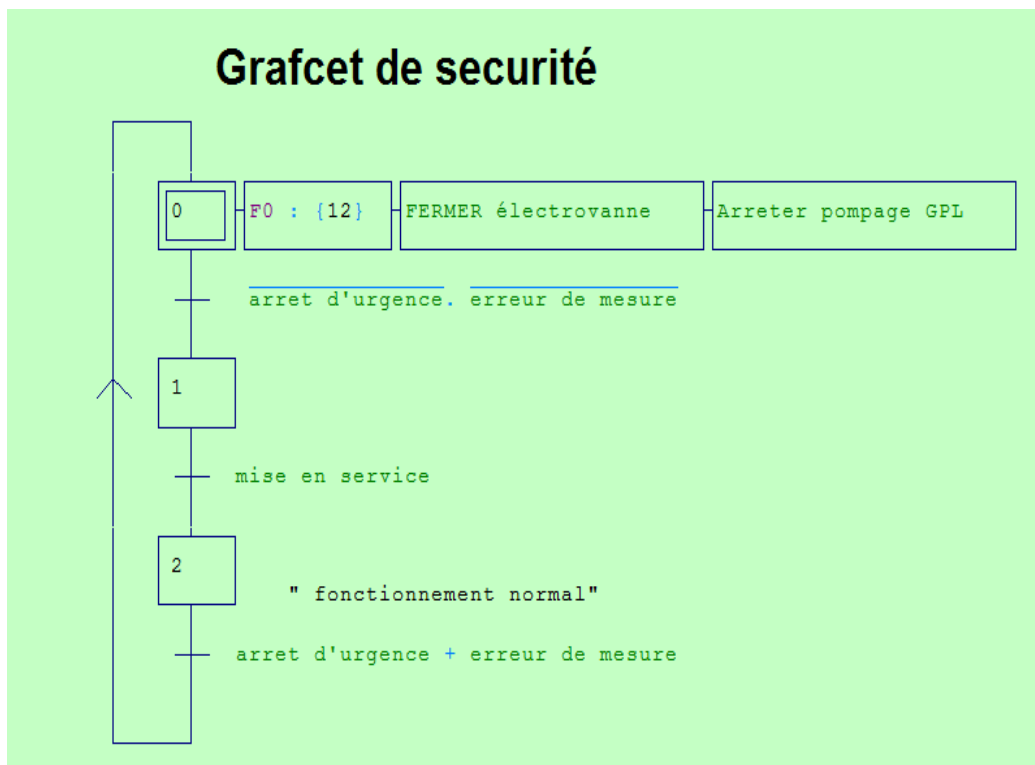
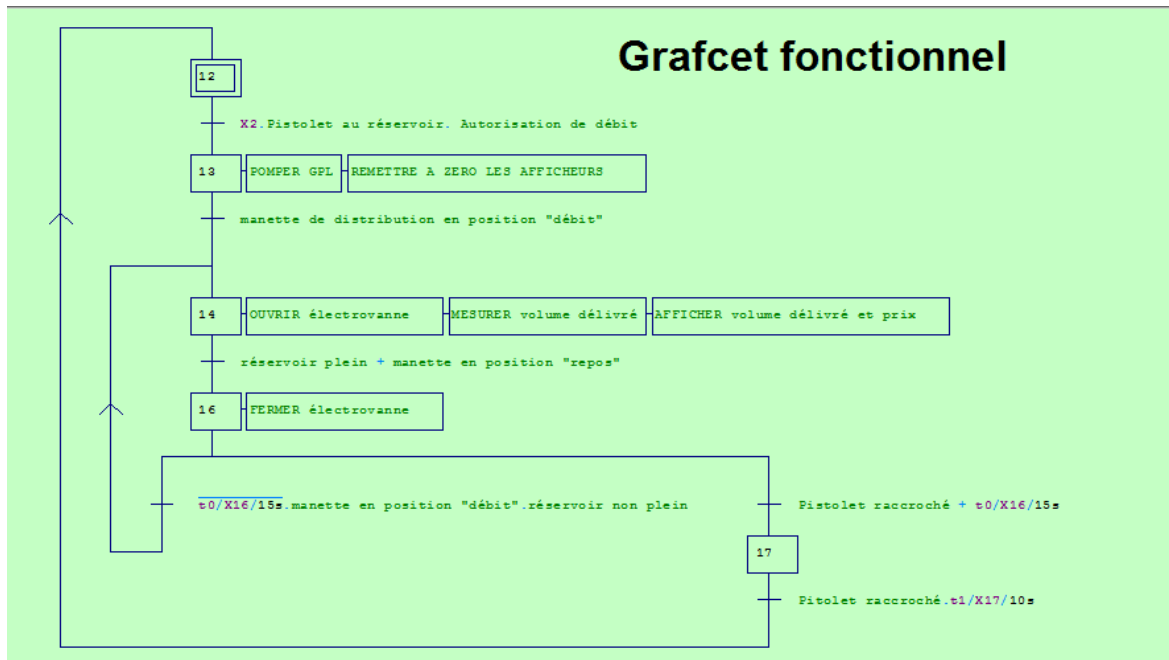
Principe de la distribution

- Le client décroche le pistolet pour remplir le réservoir de son véhicule.
- Le pompiste donne l'autorisation de la distribution du GPL (bouton autorisation de débit). Le GPL est donc pompé jusqu'à l'électrovanne alors que les afficheurs du prix et du volume sont remis de nouveau à zéro (étape 13)
- La manette de distribution si est en position « débit » commande permet :
 - l'ouverture de l'électrovanne qui permet aussi la distribution du GPL vers le réservoir du véhicule (étape 14)
 - la mesure du volume de GPL délivré (étape 14)
 - l'affichage du volume de GPL délivré et du prix sur la console et sur le pupitre du pompiste (étape 14)
 - La fermeture de l'électrovanne, stoppant la distribution du GPL, vers le réservoir (étape 16), est provoquée lorsque la manette de distribution est relâchée (position « repos ») ou dès que le réservoir est plein.
 - Si le réservoir n'est pas plein et s'il le désire, le client dispose de 15 secondes pour reprendre la distribution de nouveau.
 - Une nouvelle distribution (d'un autre client) est faisable lorsqu'un délai de 10 secondes s'est écoulé après l'arrêt du pompage de GPL (étape 17) et le raccrochage du pistolet.
 - Sécurité : l'appui sur le bouton « arrêt d'urgence » ou la détection d'une erreur de mesure provoque la fermeture de l'électrovanne et l'arrêt du pompage de GPL.

Sollution

Question 1 : écrire le Grafcet du point de vue de système .

Question 2 : écrire le Grafcet de sécurité .



Exercice 12 Commande d'un moteurs à double sens de rotation

▪ Cahier des charges :

On veut réalise une simulation en deux dimensions,

1- On démarre de l'état initial

- On appuie le BD :

*le Moteur 1 démarre à droite 5 secondes puis il s'arrête 8 secondes. Ensuite , puis il démarre à gauche

6 secondes.

* On ajoute 3 lampes - lampe verte pour l'arrêt

- lampe orange pour démarrage à droite

-lampe rouge pour démarrage à gauche

-On place un compteur ,si le passage < 3 , on va recommencer le cycle de nouveau

si le passage = 3 , on va à l'état initiale du cycle

Travail à réaliser :

1. Identifiez les variables d'entrées/sorties du système sous forme d'un tableau :
2. Tracez (**Grafcet** du point de **vue partie commande**) de cet automatisme,qui décrit le fonctionnement du système.

3.Cablâge API.

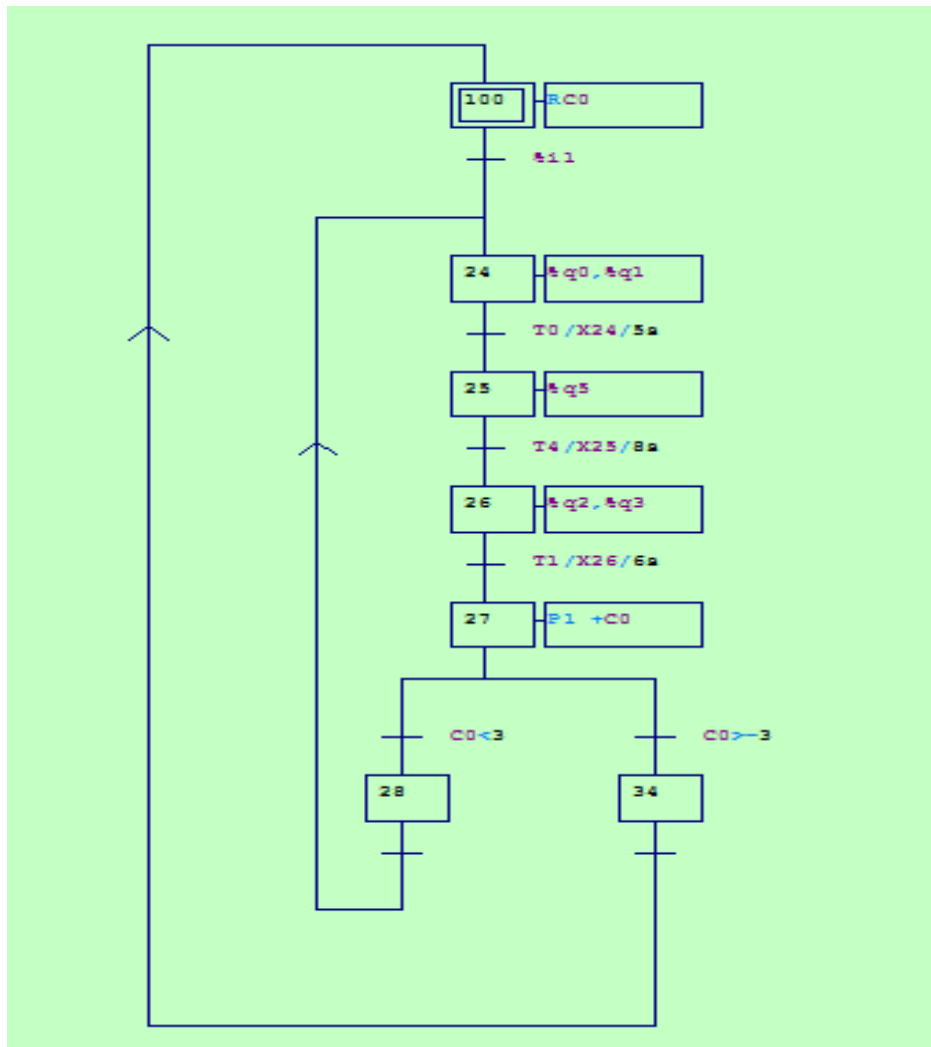
4.Partie operative.

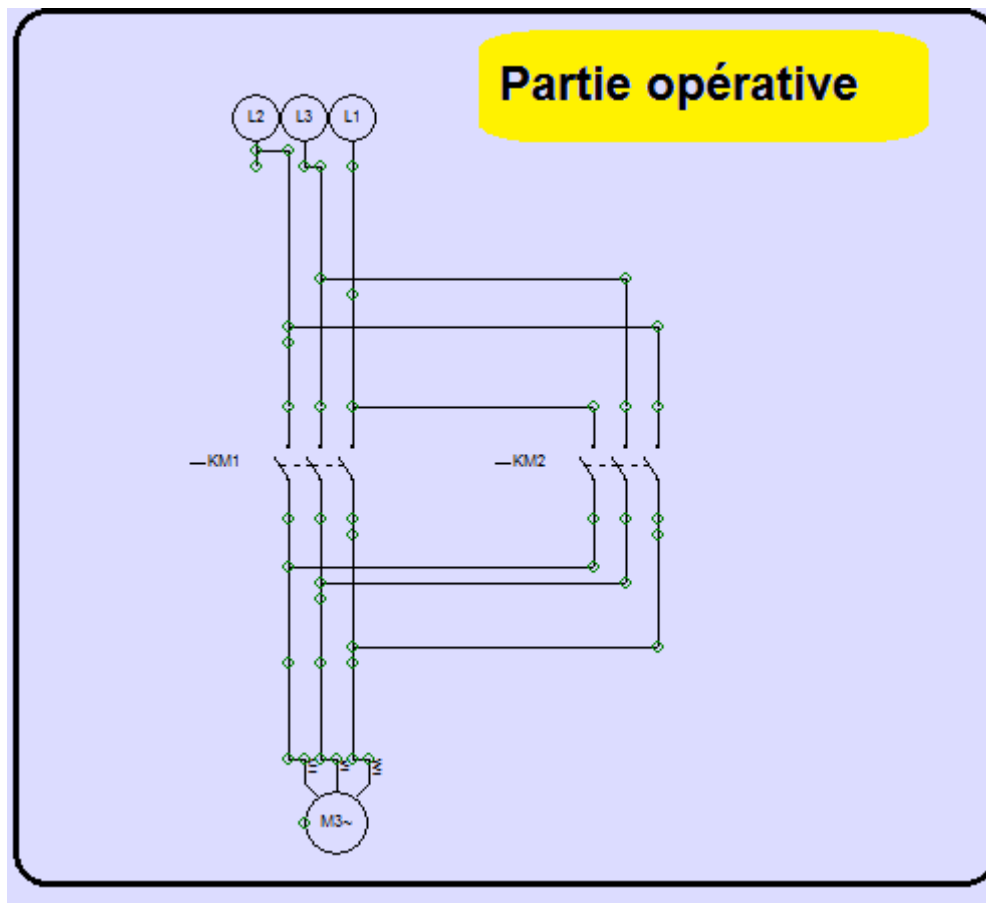
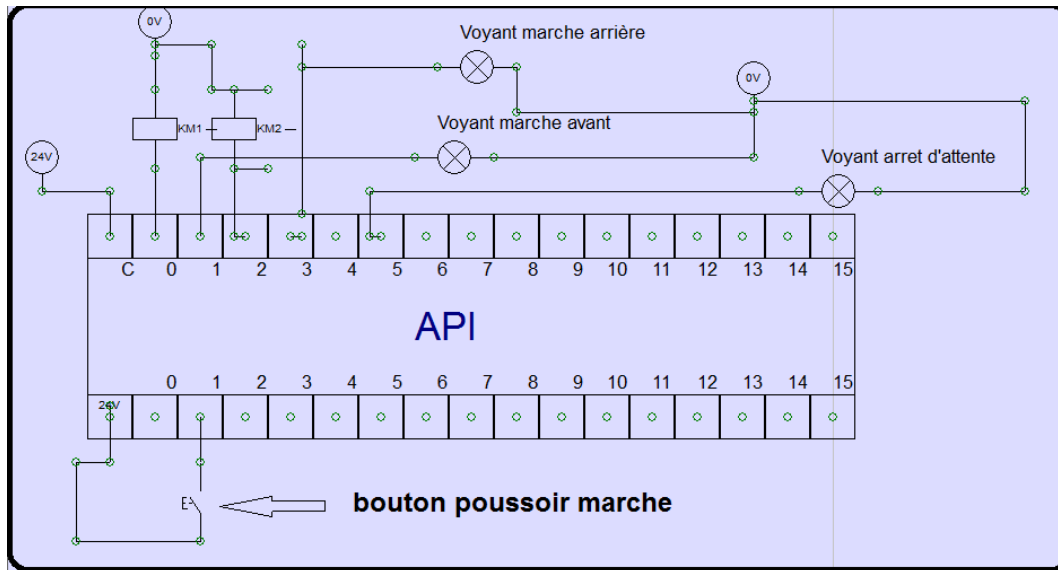
5.Pupitre de commande.

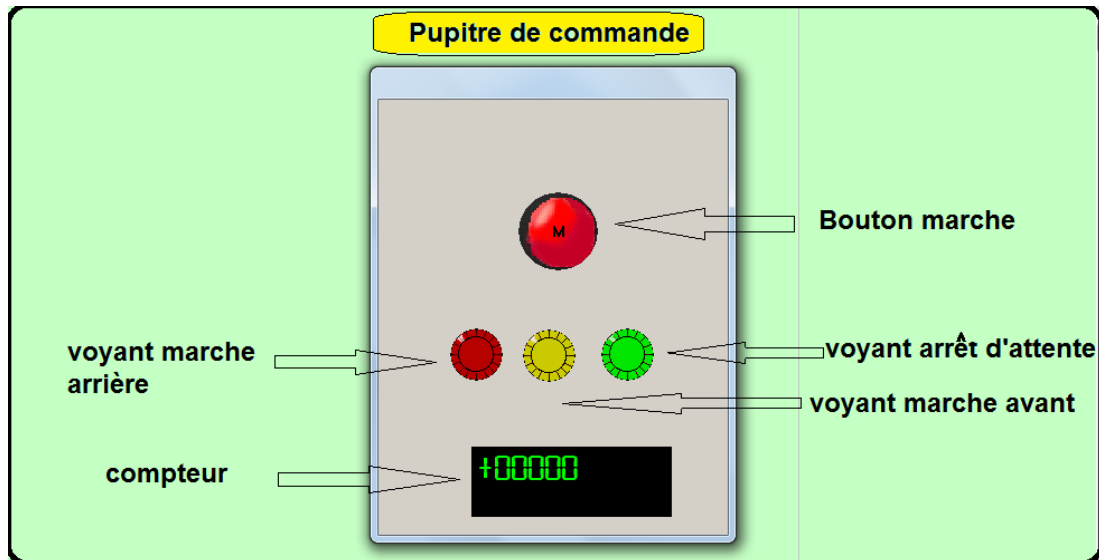
Sollution:

Tableau des variables

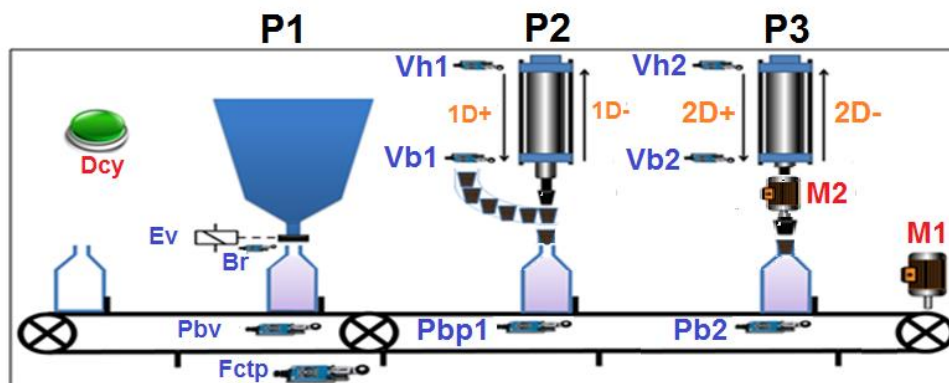
Variables d'entées		Varibles de sorties	
I ₁	S ₁	KMD: marche avant	Q ₀
		Lampe jaune	Q ₁
		Lampe verte	Q ₅
		KMG: marche arrière	Q ₂
		Lampe rouge	Q ₃

Sollution:





Exercice 13 : Usine de production des boissons liquides



• Cahier de charge :

Il s'agit d'une usine de remplissage de boissons liquides.

La chaîne de production est constituée d'un :

- ✓ tapis roulant qui sert au déplacement des bouteilles.
- ✓ Un poste **P1** pour le remplissage qui est commandé par l'électrovanne **Ev**.
- ✓ Un poste pour l'enfoncement de la capsule à vis **P2** qui est commandé par un vérin presseur **1D**.
- ✓ Un poste pour le bouchage **P3** qui est commandé par un vérin presseur **2D** et le moteur **M2**.
- ✓ Le déclenchement de la chaîne de production qui commence par le déclenchement de l'interrupteur **Dcy**.

- ✓ Le moteur 1 "fait tourner le Tapis : **M1** " tourne jusqu'à le détecteur de position :**Fctp**". Une bouteille de boisson est présentée dans chaque poste **P1** (avec détecteur par **Pbv**) et poste **P2** (avec détecteur par **Pbp**).
- ✓ Les deux opérations **P1** remplissage , **P2** l'enfoncement de la capsule à vis **et de bouchage P3** qui s'effectueront simultanément sur les trois bouteilles de boisson:

Pour remplir la Bouteille P1 , il y a deux étapes :

- ✓ Ouverture de l'électrovanne **EV** ;
- ✓ Fermeture de l'**Ev** après le remplissage de la bouteille. Le capteur "Bouteille remplie :**Br**" permet de contrôler le remplissage des bouteilles.

Pour l'enfoncement de la capsule à vis **P2 il y a deux étapes :**

Descente du vérin presseur **1D** ;

Remonte du vérin **1D** après l'enfoncement de la capsule à vis.

Pour pour le bouchage **P3**

Descente du vérin presseur **2D** et au meme temps le fonctionnement du moteur 2 **M2** de bouchage;

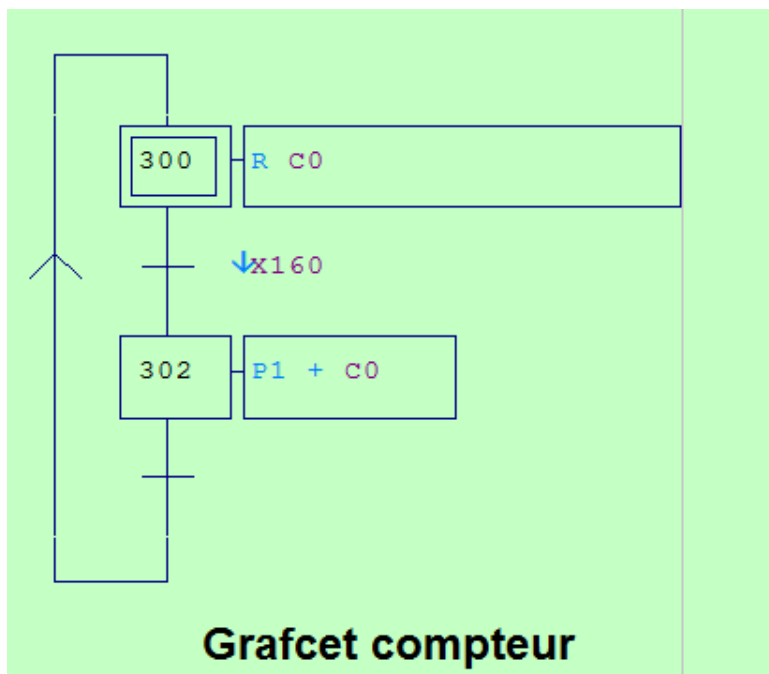
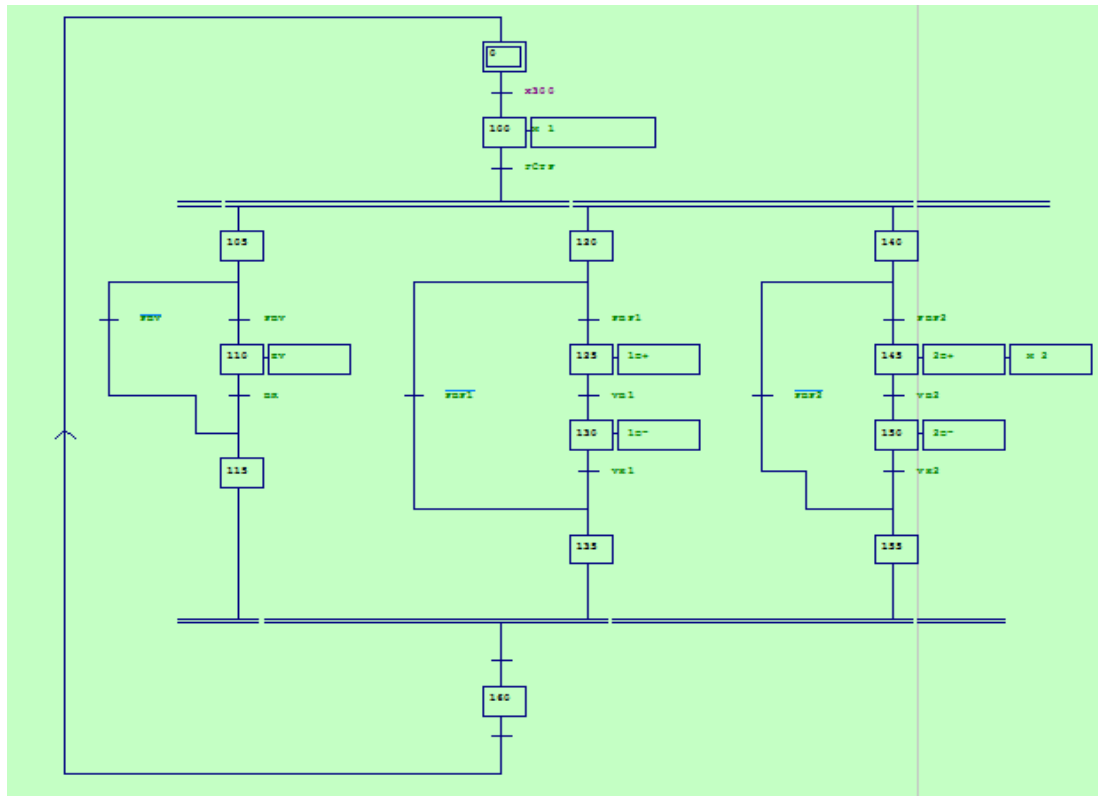
Remonte du vérin **2D** après de bouchage de la capsule à vis.

2. Travail à réaliser :

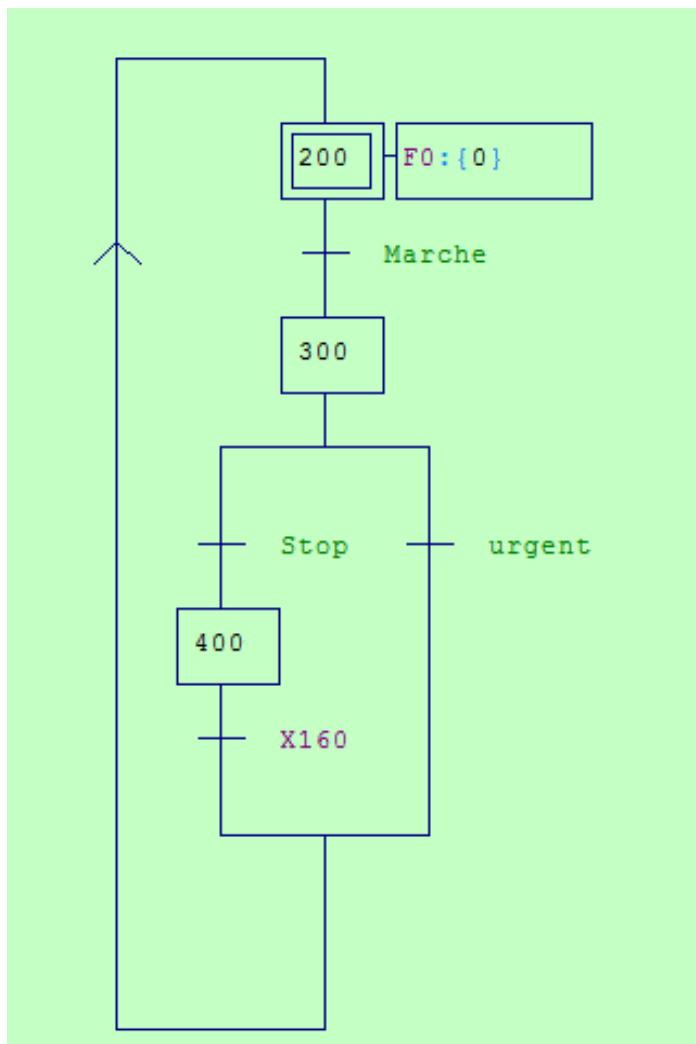
- a .Tracez le (**Grafcet** du point de **vue partie opérative**) de programmation qui décrit le fonctionnement du système
- b. Tracez le grafcet de commande en ajoutant les Boutons poussoirs de Marche et d' Arrêt et le bouton d'arrêt d'urgence avec un compteur pour le comptage des bouteilles produites s dans l'usine .
- c. pupitre de commande

Sollution:

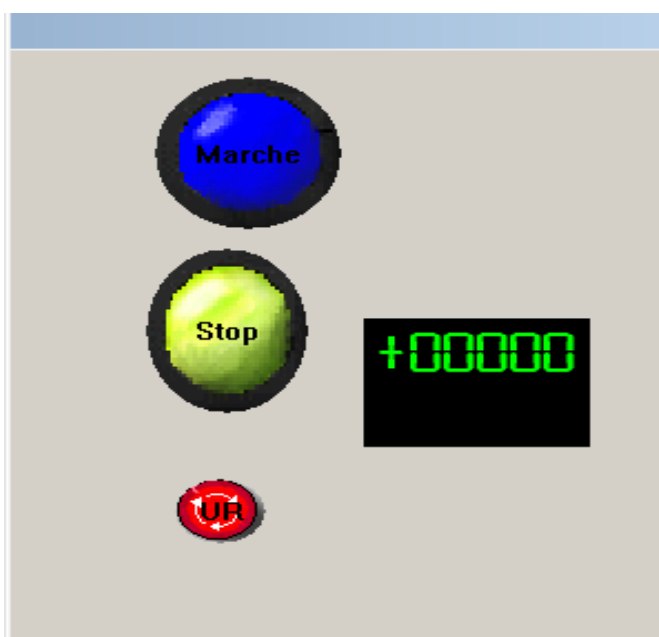
Grafcet du point de vue partie opérative



Grafcet de commande

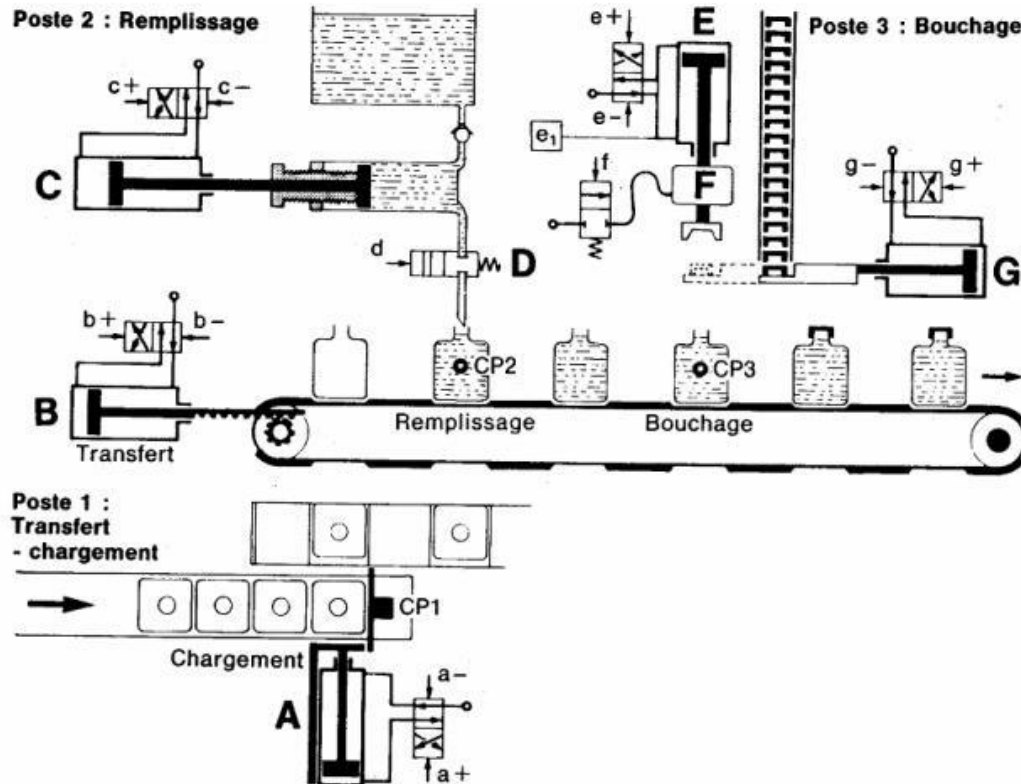


Pupitre de commande



Exercice 1 :

L'exercice concerne une machine de remplissage et de bouchage qui est composée de trois postes distincts. Le premier poste est utilisé pour le transfert et le chargement, le deuxième poste est dédié au remplissage des bouteilles, et enfin, le troisième poste est destiné au bouchage.



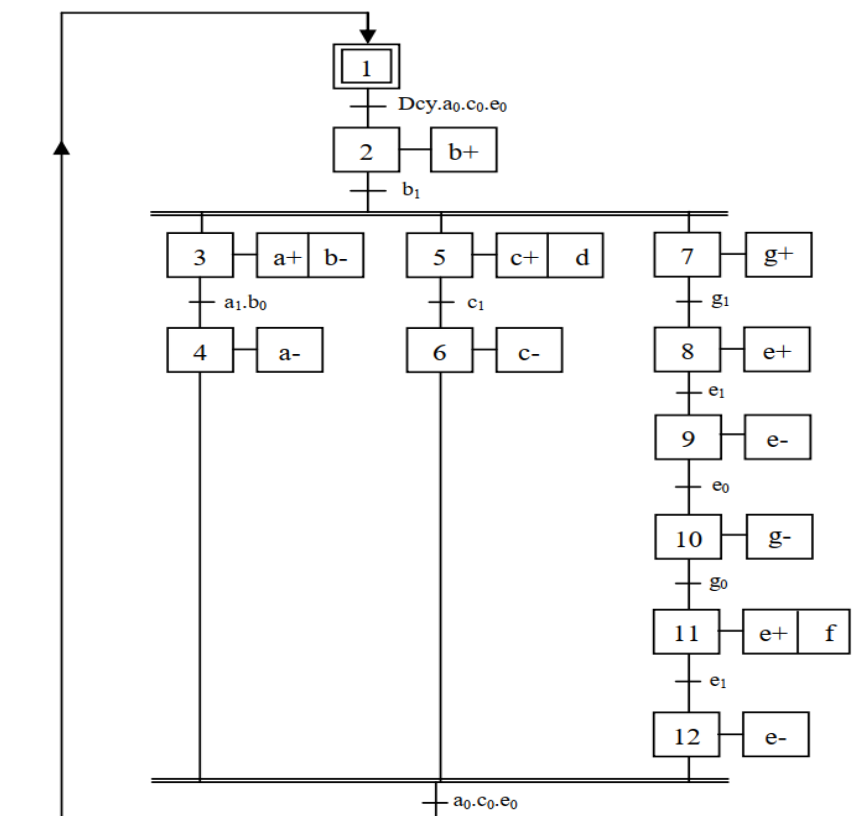
Le fonctionnement normal de la machine d'encaissage est décrit par le GRAFCET présenté dans la figure suivante. Pour maximiser la cadence de production, les trois postes de travail fonctionnent simultanément.

1. À partir de l'étape initiale 1, le fonctionnement de la machine est autorisé par un signal "dcy" provenant du bouton "marche".
2. Dans un premier temps, le vérin B est activé pour déplacer le convoyeur d'une position vers la droite.
3. Dans la branche correspondant au poste 1, le vérin A charge une nouvelle bouteille vide tandis que le vérin B se rétracte. Ensuite, le vérin A se rétracte à son tour.
4. Dans la branche associée au poste 2, le vérin C s'étend tout en ouvrant la vanne D pour permettre le vidage du contenu du cylindre doseur dans la bouteille. Ensuite, la vanne D est fermée, et le vérin C se rétracte pour remplir à nouveau le cylindre doseur.
5. Dans la branche correspondant au poste 3, l'extension du vérin G positionne un nouveau bouchon sous le dispositif de vissage, composé du vérin E et du moteur F. Le vérin E est

alors déployé pour saisir le bouchon. Ensuite, le vérin E est rétracté, de même que le vérin G pour retirer le dispositif présentant le bouchon.

6. Enfin, le vérin E est étendu en même temps que le moteur pneumatique F se met en marche, permettant ainsi le vissage du bouchon sur la bouteille.

Ce processus permet un fonctionnement fluide de la machine d'encaissage, où chaque poste effectue sa tâche de manière coordonnée pour remplir et boucher les bouteilles de manière efficace.



Les différents modes de marches et d'arrêts de la machine d'encaissage sont les suivants :

1. Arrêt de Fin de Journée :

- En fin de journée, il est nécessaire de vider complètement le convoyeur pour éviter la dégradation du produit.
- Les trois postes s'arrêtent progressivement après avoir traité la dernière bouteille.

2. Mise en Route Progressive le Matin :

- Le matin, la reprise du procédé se fait progressivement. Chaque poste démarre lorsque la première bouteille atteint son emplacement.
- La production redevient normale lorsque la première bouteille atteint le poste 3

3. Arrêt de Courte Durée :

- Si l'opérateur souhaite effectuer un arrêt de courte durée, comme une pause café, il peut appuyer sur le bouton "arrêt".
- Dans ce cas, le système s'arrête à la fin du cycle en cours et redémarre lorsque l'opérateur appuie sur le bouton "marche". Ce même bouton est utilisé pour démarrer le procédé le matin.

4. Défaillance du Poste de Bouchage :

- En cas de défaillance du poste de bouchage, la production doit se poursuivre.
- L'opérateur peut actionner le sélecteur "poste 3 hors service" (HS3) pour bloquer le fonctionnement du poste 3, évitant ainsi d'endommager la machine ou les bouteilles.
- Le bouchage sera effectué manuellement par des ouvriers tant que la défaillance persiste.

5. Arrêt d'Urgence :

- En cas de problèmes majeurs ou d'urgence, l'opérateur peut arrêter instantanément la machine en appuyant sur le bouton "arrêt d'urgence" (AU).
- L'arrêt d'urgence immobilise immédiatement la machine. Il est de type "figeage".
- Après un arrêt d'urgence, la vanne D de remplissage doit être fermée pour éviter une vidange par gravité du réservoir.
- L'opérateur doit ensuite nettoyer les dégâts, inspecter la source du problème, et remettre la machine en position initiale manuellement.

Ces différents modes de marches et d'arrêts permettent de gérer diverses situations et garantissent la sécurité et l'efficacité du fonctionnement de la machine d'encaissage.

Pour construire le GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts) de cet automate en utilisant le GRAFCET déjà établi et en ajoutant les modes de marche semi-automatique, manuelle, ainsi que les arrêts d'urgence, vous pouvez procéder comme suit :

1. Mode de Marche Semi-Automatique :

- Créez une nouvelle séquence dans le GEMMA pour représenter le mode de marche semi-automatique.
- Cette séquence permettra à l'opérateur de tester séparément les séquences des trois postes.
- À partir de cette séquence, l'opérateur peut passer en production normale ou en mode manuel.

2. Mode Manuel :

- Ajoutez une autre séquence au GEMMA pour représenter le mode manuel.

- Le mode manuel permet de tester individuellement chaque actionneur de manière indépendante.
- Vous pouvez indiquer que le mode manuel est accessible depuis le mode semi-automatique.

3. Mode d'Arrêt d'Urgence :

- Ajoutez également une séquence pour représenter le mode d'arrêt d'urgence.
- L'arrêt d'urgence immobilise immédiatement la machine en cas de situation critique.
- Vous pouvez indiquer que l'arrêt d'urgence est accessible depuis n'importe quel mode de fonctionnement.

4. Remise en Position Initiale :

- Assurez-vous d'inclure des transitions et des actions appropriées dans les séquences du GEMMA pour permettre à l'opérateur de remettre la machine en position initiale après avoir utilisé le mode manuel ou l'arrêt d'urgence.

Enrichissez le GRAFCET existant en intégrant ces nouvelles séquences et transitions pour représenter les modes de marche semi-automatique, manuelle, et d'arrêt d'urgence, tout en maintenant la cohérence et la sécurité du fonctionnement de la machine. Le GEMMA doit fournir une vision complète de la gestion des modes de fonctionnement de la machine et des actions de l'opérateur.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>
- 2- https://www.est-usmba.ac.ma/GRAFCET/co/module_cours_grafcet_23.html
- 3- <https://www.conrad.fr/p/module-de-commande-eaton-256269-easy-819-dc-rc-24-vdc-1-pcs-198372>
- 4- <http://4electromecanique.blogspot.com/2016/10/les-types-dautomate-programmable.html>
- 5- <https://sites.google.com/a/usmba.ac.ma/mostafa-ellmallahi/home/cours-n-2-architectureordinateur?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
- 6- Jlassi Khaled, Microprocesseurs et Microcontrôleurs, Université Virtuelle de Tunis, 2008.
- 7- J.Y. Haggège, Microprocesseur, Support de cours, Institut Supérieur des Etudes Technologiques de Radés ; 2003.
- 8- Cours les Automates programables industriels "KAAOUANA ISMAIL, Lycée Hannibal ARIANA".
- 9- Cours Automates Programmables Industriels ,Dr. Sofiane Doudou; Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel.
- 10- Automates Programmables Industriels, professeur Mahbab Lycée technique Mohammedia Maroc
- 11- Notes Cours Automatismes Industriels réalisés par Tahar Askri
- 12- Module d'automatisme ; Université Kasdi Merbah d'Ouargla Université Kasdi Merbah d'Ouargla; 2008/2009.
- 13- <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Cours-Grafcet-notions-de-base.htm>
- 14- <http://www.coursmaroc-ayochti.com/2015/03/formation-grafcet.html>
- 15- Livre "Automatismes et automatique" cours et exercices corrigés ; Jean-Yves FABERT, chez ellipses; édition 2005.
- 16- Les photos sont capturées à partir de l'animation de: **Ph.JUGUET** / BEP Électrotechnique / Lycée A.KASTLER / 91410.DOORDAN et à partir du site web de FESTO
- 17- https://www.d8.fr/entreprises/machine.php?machine_id=36
- 18- <https://www.tmipal.com/fr/ensacheuse-automatique-sacs-de-type-sos-ilersac-s>
- 19- <https://www.technologuepro.com/cours-capteurs-actionneurs-instrumentation-industrielle/ch12-les-differents-types-de-20->

Références bibliographiques

- [capteurs.pdf?fbclid=IwAR2DPoZCeY22KE1Kihs9J57L0fGMXR Xu dVbeHaTQWtxpf0AA KCcTcrPdPCM](#)
- 20- <http://lyc58-renardfollereau.ac-dijon.fr/ljr/cours/supsi/si/commande-systeme/ch1-SystBoucles.pdf>
- 21- http://sc-st.univ-batna2.dz/sites/default/files/sc_st/files/archi._des_systemes_automatisees.pdf
- 22- http://www.kingkongevenement.com/cbruneau/perso/frames/pagetechno/atelecharger/automatisme/4eme-systemes_automatisees.pdf
- 23- http://meidoyen.openelement.fr/Files/Other/Structure%20generale_prof.pdf
- 24- http://sti.tice.ac-orleans-tours.fr/spip2/IMG/pdf/Les_capteurs.pdf82
- 25- http://www.gecif.net/articles/genie_electrique/cours/premiere/cours/actionneurs_et_preactionneurs.pdf
- 26- <http://www.insyte.website/pedagogie/sequencePeda/Definition%20et%20caracterisation%20des%20signaux/cours/DefinitionCaracterisationSignaux.pdf>
- 27- <https://www.les-electroniciens.com/sites/default/files/cours/capteurs.pdf>
- 28- http://www.gecif.net/articles/genie_electrique/cours/premiere/cours/actionneurs_et_preactionneurs.pdf
- 29- http://www.lycee-ferry-versailles.fr/ee-tsi/3_programmation/td_grafcet_1.pdf
- 30- https://sites.google.com/site/mostamaster2i/download-1/polycopies-de-tps/polycopie-de-tps/tp-ap2-m2i-pro/tp1_commande-machines-electriquesi
- 31- <http://pamelard.electro.pagespersoorange.fr/fichier%20pdf/automatisme/grafcet%20exercice%201%20et%202.pdf>
- 32- <http://si.lycee-desfontaines.eu/sequences-ts/securite/res/grafcet-td-securite.pdf>
- 33- <http://perso.numericable.fr/hel-gui/gijomo/AII/CI7%20TD1.pdf>
- 34- <http://si.lycee-desfontaines.eu/sequences-ts/securite/res/grafcet-td-securite.pdf>
- 35- <http://pamelard.electro.pagespersoorange.fr/fichier%20pdf/automatisme/grafcet%20exercice%201%20et%202.pdf>
- 36- https://chari.123.ma/doc_1/mahbab/2STE_1819/TRONCONNEUSE_AUTOMATIQUE.pdf
- 37- LycéeQualifiantTechnique Mohammedia Professeur:MAHBAB
- 38- Les photos sont capturées à partir de l'animation de: **Ph.JUGUET** / BEP Électrotechnique / Lycée A.KASTLER / 91410.DOURDAN_ et à partir du site web de FESTO
- 39- <https://www.technologuepro.com/cours-automatismes-industriels/correction-travaux-diriges.pdf>
- 40- http://www.coursmaroc-ayochti.com/p/blog-page_35.html

Références bibliographiques

- 41- <https://www.yumpu.com/fr/document/read/16963870/exercices-de-base-grafcet-1-chaine-de-manutention-et-de->
- 42- <http://cours4tech.blogspot.com/2015/06/exercice-7-poste-de-percage.html>
- 43- <http://si.lycee-desfontaines.eu/sequences-ts/securite/res/grafcet-td-securite.pdf>
- 44- <https://www.epsic.ch/pagesperso/maccaudo/schema/Exercices/mmp/LinkedDocuments/PosteDePercage.htmv>
- 45- <http://cours4tech.blogspot.com/2015/06/exercice-7-poste-de-percage.html>
- 46- <https://studylibfr.com/doc/1507672/etude-du-fonctionnement>
- 47- <http://www.coursmaroc-ayochti.com/2015/03/formation-grafcet.html>
- 48- <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Le-GEMMA.htm>.
- 49- <http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/gemma.htm>.
- 50- [Polycopié-automatisme-bouchahed A univ constantine](#)C : Automatismes industriels,
Enseignant : A. Herizi, Université Mohamed BOUDIAF - M'sila

Résumé

Ce manuel de cours, intitulé "Automatismes industriels", constitue un module inscrit dans le cadre des systèmes programmés. Les chapitres de ce support pédagogique ont été sélectionnés avec soin afin de correspondre au mieux à la trame officielle du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique. Ils abordent les filières de Licence en génie électrique en vue de préparer le Master, avec des options telles que les réseaux électriques, les machines électriques et la commande électrique.

Afin de concevoir des interfaces matérielles basées sur des automates programmables, répondant aux exigences industrielles spécifiques, il est nécessaire de posséder des connaissances scientifiques approfondies en matière de conception et de programmation d'API. C'est pourquoi, dans cette brochure, nous aborderons les points suivants :

- Partie cours : conception d'un système automatisé, système logique et programmé, langage industriel Grafcet, automate programmable, GEMMA.
- Partie TD : exercices et problèmes résolus pour simuler la réalité industrielle.

Les réalisations pratiques visées par ce module permettront aux étudiants ambitieux de mettre en avant les connaissances réelles acquises, indispensables à la concrétisation de leurs projets industriels.

L'objectif de ce cours et de ses exercices est de maintenir à jour les connaissances liées à des sujets en constante évolution, nécessaires à la conception et à la réalisation de systèmes basés sur des programmations. Pour suivre efficacement ce module, il est vivement recommandé aux étudiants de posséder des compétences en informatique industrielle et en systèmes logiques."

Mots clés: Automatismes industriels , programmation d'API, Grafcet, systèmes programmés,GEMMA.

ملخص

هذا الكتيب الدراسي المعنون "الآلية الصناعية" هو وحدة تدرج ضمن إطار الأنظمة المبرمجة. تم اختيار فصول هذا الدعم التعليمي بعناية لضمان تطابقها قدر الإمكان مع الهيكل الرسمي لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي. سنتناول هذه الفصول تخصصات الهندسة الكهربائية في درجة الليسانس للتحضير للدراسات العليا في الماستر بعض الخيارات مثل: الشبكات الكهربائية،... والآلات الكهربائية، والتحكم الكهربائي

لكي نكون قادرين على تصميم واجهات مادية تعتمد على الآلية القابلة للبرمجة، لأي تطبيق وتحقيق نتائج ممتازة تلبي متطلبات الصناعة المرغوبة، يجب أن نمتلك معارف علمية وفيرة في: لهذا السبب، سنتناول في هذا الكتيب (API) مجال تصميم وبرمجة واجهات البرمجة التطبيقية

الجزء الدراسي: الصناعية، الآلية القابلة للبرمجة، تصميم نظام آلي، نظام منطقي ومبرمج،
*

لغة GEMMA, Grafcet

*الجزء التطبيقي: تمارين ومشاكل محلولة لمحاكاة الواقع الصناعي

تهدف التنفيذات العملية، التي هي هدف هذا الوحدة، إلى دفع الطلاب الطموحين والراغبين إلى إبراز المعرفة الفعلية المكتسبة، والتي تعتبر ضرورية لتحقيق مشاريعهم الصناعية

يهدف هذا الدورة وتمرينها إلى تحديث المعرفة المتعلقة بالمواضيع المستمرة في التطور لتصميم وتنفيذ الأنظمة المبنية على الأنظمة المبرمجة. ومن أجل متابعة ناجحة لهذه الوحدة، يُفضل بشدة على الطلاب أو الطالبات أن يكونوا قد اكتسبوا مهارات في مجال الحاسوب الصناعي والأنظمة المنطقية

الكلمات المفتاحية : الآلية الصناعية , برمجة API , لغة Grafcet أنظمة البرمجة, GEMMA