



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de génie électrique

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences et Technologies
Automatique
Automatique et Informatique Industriels

Réf. : .

Présenté et soutenu par :
SAHRAOUI OUSSAMA ALA EDDINE

Le : dimanche 24 juin 2018

Systeme Automatisé de Palettisation Couche par Couche avec Entrepôt Automatisé

Jury :

Mme. MECHGOUG Raihane	MCA ST	Président
Mr MESSAOUDI Abdelhamid	MCB ST	Encadreur
Mme. MEGHERBI Hassina	MCA ST	Examineur

Année universitaire : 2017/2018

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU le miséricordieux de m'avoir donné la possibilité de réaliser mon projet, d'arriver à mon souhait et d'atteindre mon objectif.

J'aimerai dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de mon travail, tout au niveau humain qu'au scientifique.

Je tiens à exprimer mes profondes gratitudes et mes vifs remerciements à mon promoteur, le Docteur Messaoudi Abdelhamid pour sa disponibilité et de m'avoir fait profiter de ses qualités aussi bien sur le plan scientifique que sur le plan professionnel. Un grand merci pour sa patience et son aide.

Mes remerciements s'adressent également au président de jury Madame Mechgoug raihane, et à Madame Megherbi Hassina d'avoir accepté de lire et d'évaluer mon mémoire.

J'exprime ma gratitude à l'ensemble des professeurs du département génie électrique qui ont contribué à ma formation, je les prie de bien vouloir croire à ma gratitude en espérant que cet humble travail fera crédibilité de leurs efforts.

Grand remerciement à tous nos amis.

Pour conclure mes remerciements s'adressent à ma famille pour le grand soutien et les encouragements qu'elle m'a donné durant mon parcours d'étude.

Dédicace

*Dieu me suffit, quel excellent protecteur
Je dédie ce modeste travail à :
Mes très chers parents qui ont été toujours à
mes coté pour
Soutenir et m'encourager.
Mes très chers frères.
Toute ma famille.
Mes amies et mes collègues.
A toute la promotion automatique.*

Sahraoui Oussama Ala Eddine

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : Structure Des Systèmes Automatisés De Production	
I.1. Introduction	3
I.2. Objectif d'automatisation	3
I.3. Organisation d'un système automatisé.....	3
I.4. Partie commande	5
I.4.1. Automate Programmable Industriel	5
I.4.2. Pré-actionneurs	5
I.4.2.1. Pré-actionneurs électriques	5
I.4.2.2 Pré-actionneurs pneumatiques : les distributeurs.....	8
I.4.2.3. Relais	9
I.4.2.4. Protection	11
I.5. Partie opérative	12
I.5.1. Les actionneurs	13
I.5.1.1. Actionneur électrique.....	13
I.5.1.1.1. Les moteurs à courant continu	13
I.5. 1.1.2. Moteurs asynchrones	15
I.5.1.1.3. Moteur synchrone	17
I.5.1.1.4. Les Moteurs pas à pas	21
I.5.1.2. Actionneurs pneumatiques.....	21
I.5.2. Capteurs.....	23
I.5.2.1. Définition	23
I.5.2.2. Principe	24
I.5.2.3. Structure et fonction principale d'un capteur	24
I.5.2.4. Principale caractéristiques des capteurs.....	25
I.5.2.5. Classification des capteurs	26
I.5.2.6. Type de capture.....	26
I.5.2.7. Critère de choix d'un capteur	28
I.6. Conclusion.....	30
CHAPITRE II : Les Outils De Modélisation Graphique	
II.1. Introduction	31
II.2. Définition de la modélisation	31
II.3. Outils de la modélisation	32
II.3.1. Bond Graph	32
II.3.2. Réseaux de Pétri	33
II.3.3. Grafcet	34
II.3.3.1. Domaine d'application du Grafcet	35
II.3.3.2. Principe d'un Grafcet.....	36
II.3.3.3. Les constituants graphiques du Grafcet.....	37
II.3.3.4. Les règles du Grafcet	39
II.4. Conclusion.....	42
CHAPITRE III : Simulation Et Analyse Fonctionnelle D'un Système De Palettisation Avec Entrepôt Automatisé	
III.1. Introduction.....	43
III.2. Le Cahier De Charge	44

III.3. Les trois systèmes que nous allons étudier	45
III.3.1. Palettiseur (système principal)	45
III.3.2. Table Tournante	45
III.3.3. Entrepôt automatisé.....	45
III.4. FACTORY I / O.....	45
III.4.1. Vue du FACTORY I/O.....	45
III.5. Panneau de contrôle	47
III.5.1. Structure de panneau de commande.....	48
III.6. Le 1er système : palettiseur (Système principal)	50
III.6.1 Structure du palettiseur	51
III.6.2. Analyse Fonctionnelle Du Palettiseur.....	55
III.6.3. Classification Des Fonctions De Service	56
III.6.3.1 Représentation graphique.....	57
III.6.4. Fonction Globale	57
III.7. Les Grafjets	58
III.7.1. Le Grafjet de palettiseur (système principal)	58
III.7.2. Grafjet de nombre des couches.....	61
III.7.3. Grafjet de nombre des palettes	61
III.7.4. Grafjet cartons et palettes qui a été produit.....	63
III.8. Le 2eme système : Table Tournante	64
III.8.1. Structure de Table Tournante.....	65
III.8.2. Grafjet de la table tournante	67
III.9. 3eme système : entrepôt automatisé	68
III.9.1. Structure d'entrepôt automatisé	69
III.9.2. Grafjet d'entrepôt	71
III.9.3. Grafjet choisissez et afficher le lieu des rayonnages.....	74
III.10. Grafjet de secrété.....	74
III.10.1. Grafjet d'arrêt d'urgence et stop.....	78
III.10.2. Grafjet de reste de palettiseur	79
III.10.3. Grafjet de reste d'entrepôt	80
III.10.4. Grafjet d'alarme (sirène	80
III.11. Le logiciel AUTOMGEN	81
III.11.1. Le navigateur.....	82
III.11.2. Espace de travail (folio.....	82
III.12. Conclusion	82
CONCLUSION GENERALE.....	83

Liste des figures

Figure I.1 : Structure d'un système automatisé	4
Figure I.2 : Structure de pré-actionneur électrique	6
Figure I.3 : Contacteur	6
Figure I.4 : Structure de pré-actionneur pneumatique	8
Figure I.5 : Fonctionnement de distributeur	9
Figure I.6 : Image d'un relais.....	10
Figure I.7: Structure d'un relais	10
Figure I.8 : Disjoncteur magnétothermique et leur symbole	11
Figure I.9 : Disjoncteur moteurs magnétique	12
Figure I.10: Fusible.....	12
Figure I.11: Symbole d'un moteur courant continu.....	13
Figure I.12 : Moteur a courant continue	14
Figure I.13 : Représentation d'un moteur asynchrone.....	15
Figure I.14: Stator et rotor d'un moteur.....	16
Figure I.15 : Principe de fonctionnement d'un moteur.....	16
Figure I.16 : Coupe d'un moteur à aimants permanents.....	18
Figure I.17 : Stator	19
Figure I.18 : rotor.....	20
Figure I.19 : Constituants d'un moteur pas à pas.....	21
Figure I.20 : Vérin pneumatique.....	22
Figure I.21 : Vérin simple effet avec son distributeur	22
Figure I.22 : Vérin double effet avec son distributeur.....	23
Figure I.23 : Principe de fonctionnement d'un capteur	23
Figure I.24 : Schéma interne de capteur	25
Figure I.25 : Fonction logique d'un capteur TOR	27
Figure I.26 : Fonction d'un capteur analogique.....	27
Figure I.27 : Fonction d'un capteur numérique	28
Figure.I.28: Méthode de choix d'un capteur.....	29
Figure II.1 : les créateurs de Bond Graph.....	33
Figure II.2 : exemple d'un model bond graph pour un circuit RLC.....	33
Figure II-3 : exemple du RDP simple.....	34

Figure II.4 : les éléments d'un Grafcet	35
Figure II.5 : structure et interprétation du Grafcet	36
Figure II-6 : les étapes.....	37
Figure II.7 : les deux types d'étapes	38
Figure II.8 : les deux critères des actions.....	38
Figure II.9 : les transitions	38
Figure II.10 : la réceptivité.....	39
Figure II.11 : les liaisons orientées	39
Figure II.12 : franchissement d'une transition.....	40
Figure II.13 : évolution des étapes actives.....	41
Figure III.1: la fenêtre principale de FACTORYI/O	46
Figure III.2: palettiseur avec entrepôt Lié par Table Tournante.....	47
Figure III.3: Structure de panneau de commande(1)	49
Figure III.4: Structure de panneau de commande (2)	50
Figure III.5: Palettiseur couche par couche	51
Figure III.6: Position des capteurs dans le système en bas	52
Figure III.7: Position des capteurs dans le système en haut	52
Figure III.8: Le positionnement des actionneurs dans le système en bas	54
Figure III.9: Le positionnement des actionneurs dans le système en haut.....	54
Figure III.10: La bête à corne du palettiseur.....	55
Figure III.11: diagramme des interactions	57
Figure III.12: diagramme d'analyse besoin produit	58
Figure III.13: grafcet de palettiseur (système principal) 1/2.....	59
Figure III.14: grafcet de palettiseur (système principal) 2/2.....	60
Figure III.15: Grafcet pour choisir le nombre de couches	61
Figure III.16: Grafcet Choisissez et afficher le nombre des palettes	62
Figure III.17: Grafcet d'arrête le palettiseur quand le nombre des palettes atteint le nombre requis	63
Figure III.18: Grafcet cartons et palettes qui a été produit	64
Figure III.19: Position des capteurs dans Table Tournante	65
Figure III.20: Le positionnement des actionneurs dans la table tournante	66
Figure III.21: Grafcet table tournante	67

Figure III.22: Entrepôt automatisé.....	69
Figure III.23: Position des capteurs dans entrepôt.....	70
Figure III.24: Le positionnement des actionneurs dans l'entrepôt	71
Figure III.25: Grafcet charge et décharge d'entrepôt automatisé 1/2	72
Figure III.26: Grafcet charge et décharge d'entrepôt automatisé 2/2	73
Figure III.27: Grafcet pour choisissez et afficher le lieu des rayonnages.....	74
Figure III.28: Grafcet de secrète 1/2	76
Figure III.29: Grafcet de secrète 2/2	77
Figure III.30: Grafcet arrêt d'urgence et stop de palettiseur et l'entrepôt	78
Figure III.31: Grafcet de reste de palettiseur	79
Figure III.32: Grafcet de reste d'entrepôt	80
Figure III.33: Grafcet d'alarme (sirène	81
Figure III.34 : La fenêtre principale d'AUTOMGEN	82

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : la vitesse du moteur peut varier en fonction du nombre de paires de pôles ...	19
Tableau III.1: Structure de panneau de commande	48
Tableau III.2: les capteurs du palettiseur	51
Tableau III.3: les actionneurs du palettiseur	53
Tableau III.4: codage des fonctions	56
Tableau III.5 : les capteurs de table tournante	65
Tableau III.6 : les actionneurs de table tournante	66
Tableau III.7: les capteurs d'entrepôt automatisé	69
Tableau III.8: actionneurs d'entrepôt automatisé	70
Tableau III.9: actionneur d'alarme	81

Résumé

Le sujet traité dans ce mémoire de fin d'étude porte sur la modélisation et la simulation d'un système automatisé de production (palettiseur et entrepôt automatisé) par un outil graphique et avec un logiciel dédié pour cela, ce qui nous permis de creuser nos connaissances dans ce domaine.

Le travail présenté constitue une description des systèmes automatisés de production, et de leurs différents outils de modélisation graphique. On a pu modéliser un cahier de charges d'un palettiseur et entrepôt automatisé à travers "AUTOMGEN", qui nous a donné l'outil de modélisation graphique "Grafcet", ce dernier est un outil puissant pour faire la modalisation d'un système complexe. Ce travail constitue aussi la simulation de ces systèmes par le logiciel 'FACTORYI/O'.

Mots Clés : Système automatisé de production, Palettiseur, Entrepôt automatisé, AUTOMGEN, FACTORYI/O, Grafcet,

الملخص

الموضوع المعالج في مذكرة التخرج هذه يتمحور حول نمذجة ومحاكات الأنظمة الآلية للإنتاج (منصة الشحن و التكديس مع مستودع آلي) بواسطة أداة رسومية و برنامج مخصص لعمل المحاكات, مما سمح لنا بتوسيع معرفتنا في هذا المجال.

العمل المقدم يحوي وصف أنظمة الإنتاج الآلي ومختلف أدوات النمذجة بالرسوم البيانية. تمكنا في هذه المذكرة من نمذجة دفتر شروط منصة الشحن و المستودع الآلي بواسطة برنامج "أوتومجان" الذي يوفر لنا أداة النمذجة "غرافسيت", هذه الأخير تعتبر اداة قوية للقيام بعملية نمذجة اي نظام معقد. كما يشكل هذا العمل محاكات للأنظمة المدروسة بواسطة برنامج "فاكتوري".

كلمات مفتاحية: أنظمة الانتاج الآلي, منصة الشحن, مستودع آلي, أوتومجان, فاكتوري, غرافسيت.

INTRODUCTION

GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Compte tenu des changements technologiques rapides et la présence accrue des économies émergentes sur le marché mondial de la fabrication, les entreprises sentent la pression sur plusieurs fronts. Pour cela, les entreprises à tous les niveaux de la chaîne de valeur ont la possibilité de bien se positionner pour stimuler la croissance grâce à leur expérience solide dans la fabrication, à un moteur d'innovation robuste, à une réputation pour la qualité et l'uniformité et à une main d'œuvre qualifiée.

Afin d'améliorer la position concurrentielle de chaque pays et d'augmenter sa viabilité à long terme, il est indispensable d'envisager des changements aux méthodes de fabrication. Cela nous emmène à réfléchir aux futures usines qui puissent tirer parti des progrès dans le secteur manufacturier et d'autres grandes tendances émergentes dans l'industrie.

De nos jours, l'utilisation de machines automatisée dans l'industrie où la recherche est de plus en plus importante. En effet, l'automatisation des systèmes permet une conception plus rapide et plus sûr que certains ouvrages. Dans le domaine de la recherche, on remarque que l'utilisation des machines automatisées est en constante évolution, car celle-ci permet de manipuler avec beaucoup de précision et donc de manière plus sûr divers produits ou objets, neutres ou dangereux. En plus, les machines automatisées permet d'aider l'homme dans les tâches difficiles, répétitives ou pénibles. Elle constitue le rêve de substituer la machine à l'homme dans ces tâches, c'est la raison du choix du cas de l'entreprise l'exquise où on va proposer d'intégrée un palettiseur pour une application de palettisation et entrepôt automatisé pour le stockage.

La nouvelle génération de logiciels de simulation de parties opératives développés récemment pour l'apprentissage de l'automatisation, permet de concevoir facilement et rapidement notre ligne de fabrication par simple assemblage de sous-systèmes disponibles dans la bibliothèque fournie par ces programmes.

Notre projet sera composé de trois chapitres :

Le *premier chapitre* est consacré à la compréhension des systèmes automatisés de production et la présentation des différentes parties et appareillages d'un système automatisé.

Le *deuxième chapitre* consiste la présentation des différents outils de modélisation graphique.

En fin dans le *troisième chapitre*, nous avons présenté les différentes structures qui composent les systèmes étudiés et la manière dont elle travaille ensemble. Ensuite, nous avons fait la simulation sur le logiciel FACTORYI/O, ce dernier sera lié avec AUTOMGEN.

Nous terminons ce travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I :

STRUCTURE DES SYSTEMES AUTOMATISES DE PRODUCTION

I.1. Introduction

Les premiers systèmes conçus ont été des systèmes non mécanisés, c'est à dire des systèmes pour lesquels l'opérateur apporte non seulement son savoir-faire mais aussi l'énergie nécessaire à la modification de la matière d'œuvre. Les effecteurs sont les constituants qui permettent de modifier la matière d'œuvre. Une des premiers objectifs de l'automatisation est de supprimer les tâches pénibles, et diminuer l'effort que doit fournir l'opérateur.

La première évolution des systèmes est la mécanisation qui permet de limiter l'énergie apportée par l'opérateur. L'énergie est fournie par le milieu extérieur au système. L'opérateur autorise ou non le passage de l'énergie pour permettre la modification de la matière d'œuvre.

I.2. Objectif d'automatisation

Les objectifs poursuivis par l'automatisation peuvent être assez variés. On peut citer quelques-uns : la recherche de coûts plus bas par réduction des frais de main-d'œuvre et d'économie de matière et d'énergie, la suppression des travaux dangereux ou pénibles, l'amélioration des conditions de travail et la réalisation des opérations impossibles à contrôler manuellement. La compétitivité d'un produit final peut être définie comme sa capacité à être bien vendu. La compétitivité résulte essentiellement des résultats obtenus sur les facteurs suivants : coût, qualité, innovation, disponibilité.

I.3. Organisation d'un système automatisé

Tout système automatisé peut se décomposer selon le schéma ci-dessous en trois parties: post de contrôle, partie de commande et partie opérative (voir figure I.2). [01]

Le poste de contrôle.

Le poste de contrôle est composé des pupitres de commande et de signalisation. Il permet l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle ...). Il permet également de visualiser les différents états du système à l'aide de voyants, de terminal de dialogue ou d'interface homme machine (IHM) de type écran, clavier ou imprimante.

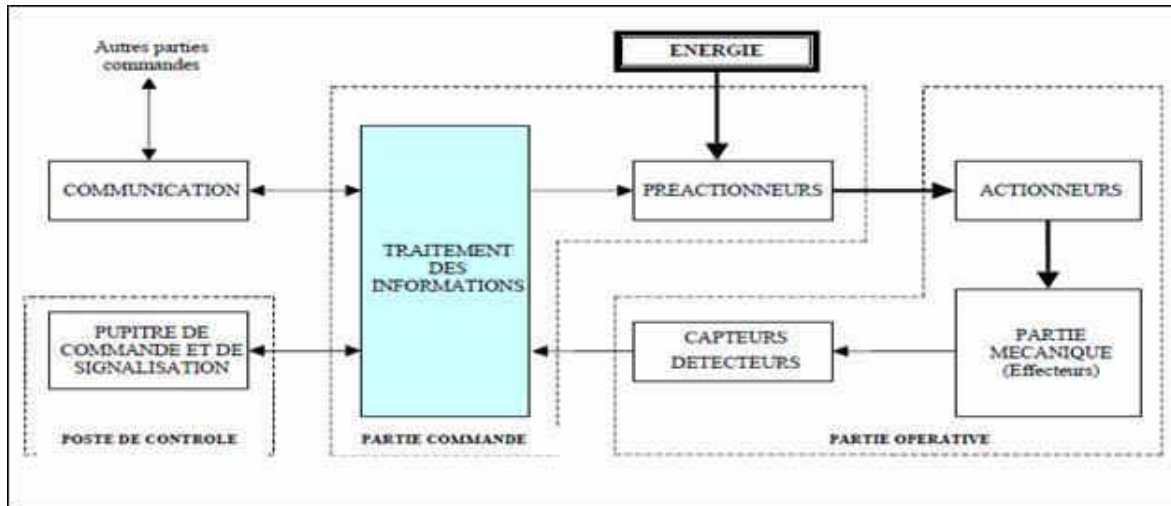


Figure I.1 : Structure d'un système automatisé. [01]

La Partie commande

La partie de commande a pour tâche de donner les ordres de fonctionnement à la partie opérative. Elle est constituée de pré-actionneurs qui permettent de commander les actionneurs. Ils assurent le transfert d'énergie entre la source de puissance et les actionneurs. Ces pré-actionneurs sont commandés à leur tour par le bloc de traitement des informations. Celui-ci reçoit les consignes du pupitre de commande (opérateur) et les informations de la partie opérative transmises par les capteurs/détecteurs. En fonction de ces consignes et de son programme de gestion des tâches implanté dans un automate programmable (logique programmée) ou réalisé par des relais (logique câblée). Elle va commander les pré-actionneurs et renvoyer des informations au pupitre de signalisation ou à d'autres systèmes de commande et/ou de supervision en utilisant un réseau et un protocole de communication.

La Partie opérative

La partie opérative agit sur la matière d'œuvre afin de lui donner sa valeur ajoutée.

Elle comporte :

- Les actionneurs : (moteurs, vérins) qui agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre,
- Les capteurs / détecteurs : permettent d'acquérir les divers états du système,

I.4. Partie commande

La partie commande est constituée de l'automate programmable industriel (API) et des pré-actionneurs

I.4.1. Automate Programmable Industriel

L'Automate Programmable Industriel est un appareil électronique programmable, adapté à l'environnement industriel, qui réalise des fonctions d'automatisme pour assurer la commande de pré-actionneurs et d'actionneurs à partir d'informations logiques, analogiques ou numériques.

I.4.2. Pré-actionneurs

Les pré-actionneurs peuvent être de type électrique ou pneumatique

I.4.2.1. Pré-actionneurs électriques

Les pré-actionneurs électriques sont des contacteurs qui permettent le passage ou l'interruption de l'énergie électrique (voir figure I.3). Ils sont appelés pré-actionneurs car ils se trouvent avant les actionneurs. Ces derniers peuvent être commandés à distance au moyen

de contacts actionnés manuellement (bouton poussoir) ou automatiquement (asservi à une grandeur physique : pression, température, vitesse, etc.).

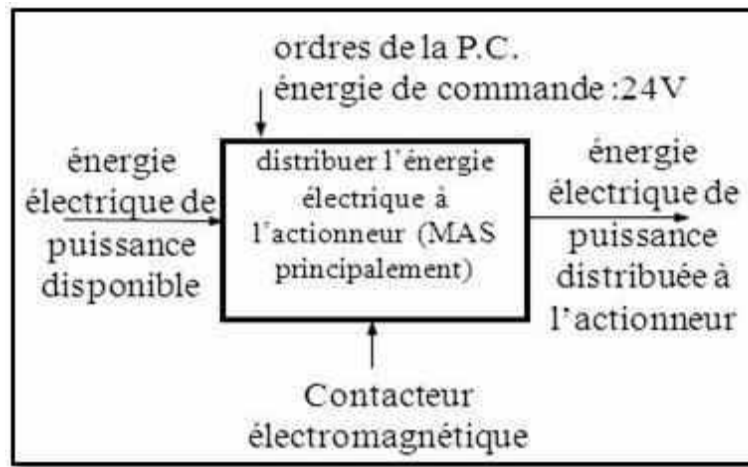


Figure I.2 : Structure de pré-actionneur électrique.

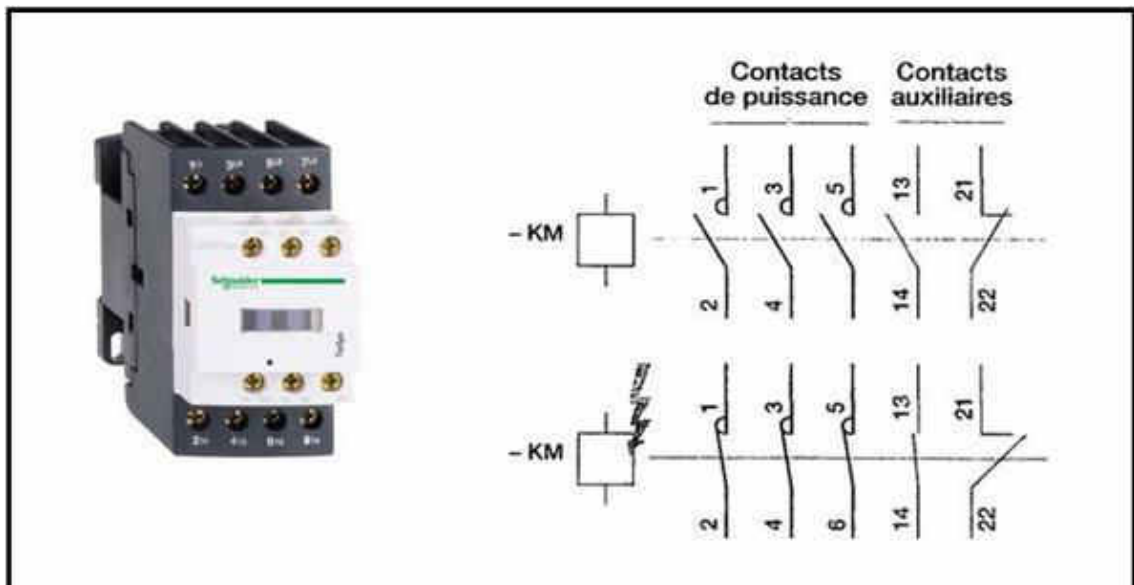


Figure I.3 : Contacteur.

On a vu que le contacteur était un appareil possédant un pouvoir de coupure. Il est important de savoir que la séparation de deux contacts sous tension (c'est le cas des pôles principaux d'un contacteur) provoque généralement la formation d'un arc électrique qui doit être rapidement éteint puisque :

- Le courant électrique continue de circuler tant que l'arc électrique n'est pas éteint d'où le risque de ne pouvoir mettre hors service l'installation,
- L'arc s'accompagne d'un dégagement de chaleur important qui provoque l'usure, voire la destruction de l'appareil de coupure (réduction de l'endurance électrique, risque de soudure des contacts),
- L'arc est dangereux par sa mobilité. Il peut provoquer l' amorçage entre phase-terre ou phase-phase et le risque d'électrocution des personnels.

La capacité à "souffler" cet arc électrique (à le supprimer) sera donc donnée par le pouvoir de coupure. Un pouvoir de coupure de 10 KA (kilo ampère : 10000 A) permettra de couper un circuit où circule 10000 A max et de supprimer l'arc électrique qui résulte de l'ouverture de ce dernier.

Sans pouvoir de coupure, pas de suppression de l'arc électrique et donc « pas de possibilité d'ouverture du circuit » la fonction de commande n'est pas réalisée. Les constructeurs utilisent plusieurs procédés de suppression de l'arc. Parmi les plus répandus nous trouverons :

- Allongement de l'arc électrique,
- Utilisation de matériaux anti-arc (cuivre, bronze, zinc),
- Guidage l'arc sur des contacts autres que les contacts utilisés dans l'installation,
- Soufflage magnétique.

Constitution

Un contacteur (pré actionneur) est constitué :

- Des pôles principaux de puissance,
- Des contacts auxiliaires (possibilité d'ajouter au contacteur un bloc de contacts auxiliaires instantanés ou temporisés,
- Une armature fixe et un autre mobile.
- Un ressort de rappel,
- Un circuit magnétique feuilleté de manière à réduire les pertes par courant de Foucault (dus à la présence d'un flux d'induction magnétique alternatif),
- Une bobine (insérée dans le circuit de commande). Si la bobine est alimentée en courant alternatif le courant d'appel sur le circuit de commande lors de la fermeture

du contacteur peut atteindre 6 à 10 fois le courant de maintien (utile pour le choix du transformateur de commande...). Une bobine peut être alimentée en courant continu (faire le bon choix lors de la commande du matériel) ce qui accroît la force d'attraction de l'électro-aimant constitué par la bobine et l'armature fixe,

- Une "spire de franger" ou "bague de déphasage" qui évite les vibrations dues à l'alimentation en courant alternatif de la bobine de contacteur.

Caractéristique et choix d'un contacteur

Les caractéristiques d'un contacteur sont :

- La tension d'emploi assignée,
- Courant d'emploi assigné,
- Fréquence assignée,
- Catégorie d'emploi,
- Facteur de marche,
- Fréquence de manœuvre, endurance électrique.

I.4.2.2 Pré-actionneurs pneumatiques : les distributeurs

Ce sont des constitués chargés de distribuer l'énergie pneumatique vers les actionneurs pneumatiques sur ordre constituant de commande. Ces ordres supportés par un signal électrique en très basse.

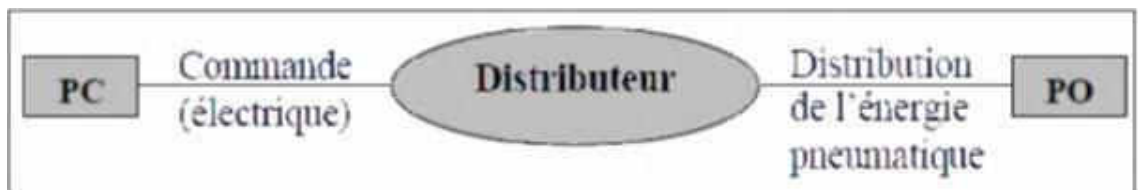


Figure I.4 : Structure de pré-actionneur pneumatique.

Ils permettent de commuter et contrôler la circulation des fluides sous pression et assurent diverses fonctions :

- Contrôle de mouvement de la tige d'un vérin,
- Choisir le sens de circulation d'un fluide,
- Exécuter des fonctions logiques,
- Démarrer ou arrêter la circulation d'un fluide,

- Etre des capteurs de position (pressostat, vacuostas).

Caractéristique de choix des distributeurs

- Par les nombre des orifices 2, 3,4 ou 5,
- Par les nombre de distribution ou position : 2 ou 3,
- Par le type de commande de pilotage assurant le changement de position :
 - Simple pilotage avec rappel de ressort.
 - Ou double pilotage.
- Par la technologie de pilotage.

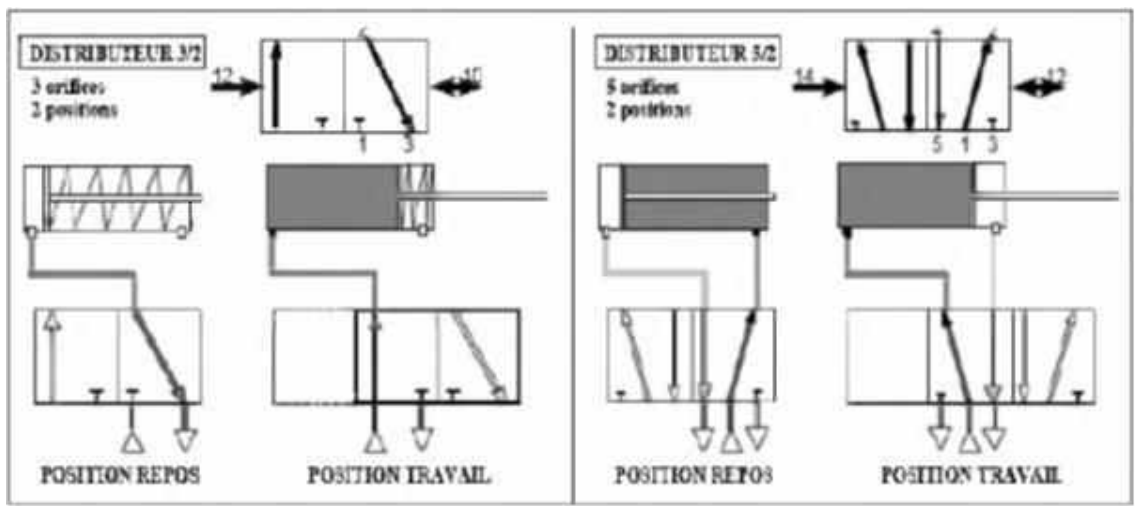


Figure I.5: Fonctionnement de distributeurs (3/2,5/2).

Le distributeur 3/2 est utilisé pour les vérins simple effet. Il n'a qu'un orifice pour l'alimentation du vérin puisqu'une seule chambre peut être connectée au distributeur.

Le distributeur 5/2 est utilisé pour les vérins double-effet au même titre qu'un distributeur 4/2. Le 5/2 possède un orifice d'échappement par chambre du vérin.

I.4.2.3. Relais

Comme son nom l'indique, il sert en tout premier lieu à « relayer », c'est-à-dire à faire une transition entre un courant faible et un courant fort. Mais il sert également à commander plusieurs organes simultanément grâce à ses multiples contacts synchronisés. Il permet également la transition entre deux sources différentes en isolant ces dernières. Il autorise des

temporisations, des verrouillages, des impulsions ... Bref, les fonctions d'un relais sont aussi nombreuses que différentes.



Figure I.6 : Image d'un relais.

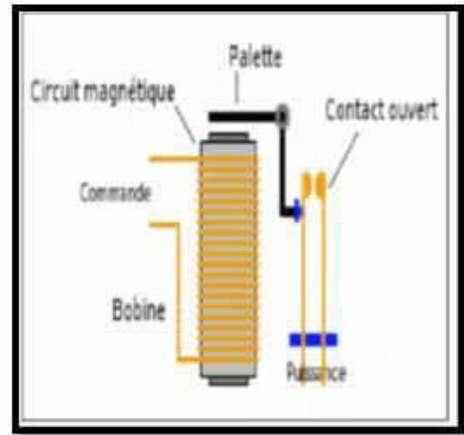


Figure I.7 : Structure d'un relais.

Constitution

Un Relais standard est constitué d'une bobine ou solénoïde qui lorsqu'elle est sous tension attire par un phénomène électromagnétique une structure ferromagnétique qui déplace des contacts (voir figure I.8).

Caractéristiques

Un relais est caractérisé par :

- La tension de sa bobine de commande 5v à 220v,
- Le pouvoir de coupure de ses contacts qui est exprimé en ampère, 0.1A à 50A qui est le courant maximal qui pourra traverser les contacts,
- Le nombre de contacts souhaités.
- Son emplacement, circuit imprimé à visser, embrochage à soudé,
- Le type de courant de sa bobine, en générale du continu,
- La tension d'isolement entre la bobine et les contacts,
- La gamme de temps pour un relais temporisé,
- Son ambiance, vibration, humidité, poussière, température,

Différentes types de relais

Relais monostable

C'est le plus courant des relais, lorsque sa bobine est sous tension, l'armature mobile actionne les contacts qui changent d'état. Lorsque le courant cesse, l'armature revient à la position initiale ainsi que les contacts.

Relais bistable

Ce relais comporte généralement deux bobines montées en opposition. La mise sous tension d'une bobine déplace l'armature mobile et ses contacts qui restent en position par un système magnétique ou mécanique quand la bobine n'est plus alimentée. Pour changer la position il faut alimenter brièvement l'autre bobine.

I.4.2.4. Protection

Disjoncteur magnétothermique: destiné pour la protection contre les surcharges électriques et les courts circuits.



Figure I.8 : Disjoncteur magnétothermique et leur symbole.

Disjoncteurs moteurs magnétiques : pour la protection contre les courts circuits.

Fusible : pour la protection contre les courts circuits.

Les fusibles existent en deux versions : fusion rapide (gG) et fusion lente (aM). Les fusibles à fusion lente sont utilisés lorsque le circuit doit supporter une surintensité au démarrage (cas du moteur électrique ou du transformateur).

I.5. Partie opérative

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui effectuent directement le processus de transformation de la matière d'oeuvre à partir des ordres fournis par la partie commande et l'opérateur. Les informations circulent d'une partie à l'autre par l'intermédiaire d'interfaces. Elle regroupe l'ensemble des opérateurs techniques qui assurent la production des effets utiles lesquels le système automatisé a été conçu. On retrouve dans la partie opérative les actionneurs et les capteurs.

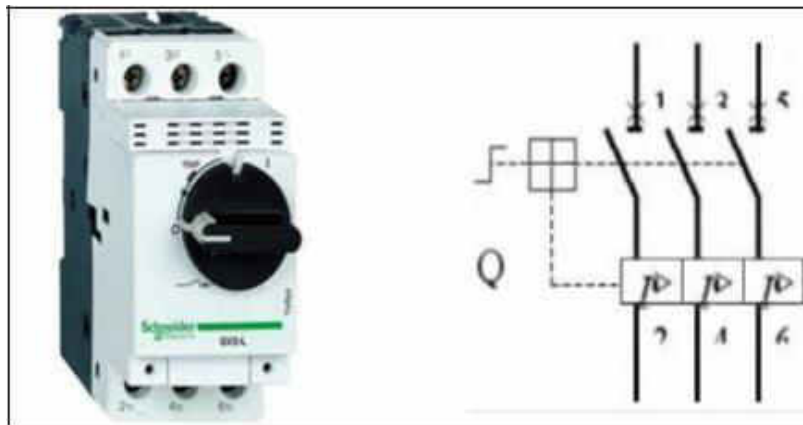


Figure I.9 : Disjoncteur moteurs magnétique.



Figure I.10: Fusible.

I.5.1. Les actionneurs

Les actionneurs sont des éléments de la partie opérative qui reçoivent de l'énergie (électrique ou pneumatique) pour la transformer en énergie utilisable (mécanique) par le système. Ils exécutent les ordres reçus en agissant sur le système ou son environnement. Ces actionneurs s'appartiennent à trois technologies : électrique, pneumatique et hydraulique.

I.5.1.1. Actionneur électrique

En fonction de la nature de l'énergie issue de la conversion effectuée par l'actionneur, on distingue différents types d'actionneurs électriques, selon la conversion de l'énergie électrique.

I.5.1.1.1. Les moteurs à courant continu

Il est surtout utilisé pour la traction de véhicules : chariots élévateurs, chariots filoguidés et pour obtenir les déplacements des organes de machines à commande numérique.

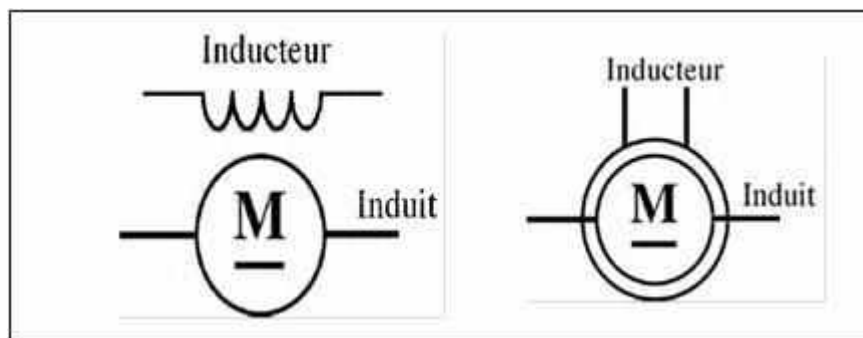


Figure I.11 : Symbole d'un moteur courant continu.

Constitution

Le moteur comprend :

- Un circuit magnétique comportant une partie fixe, le stator, une partie tournant, le rotor et l'entrefer l'espace entre les deux parties,
- Une source de champ magnétique nommée l'inducteur (le stator) créée par un bobinage,

- Un circuit électrique induit (le rotor) subit les effets de ce champ magnétique. Le collecteur et les balais permettent d'accéder au circuit électrique.

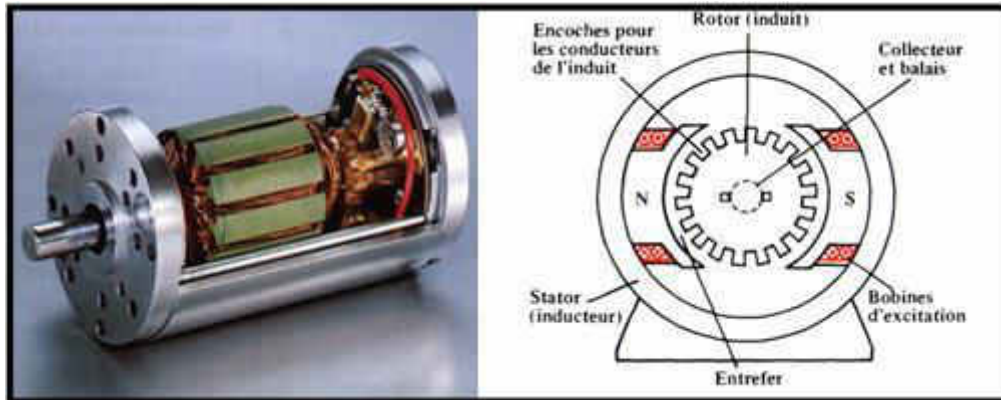


Figure I.12: à Moteur courant continu.

Le sens de rotation est défini par les polarités de l'inducteur et de l'induit. Pour changer le sens de rotation de ce moteur, il suffit d'inverser la polarité de l'inducteur ou de l'induit.

Les types de moteur à courant continu

De construction, les moteurs à courant continu peuvent être :

- À excitation indépendante : inducteur et induit sont séparés,
- Des moteurs « série » : inducteur et induit sont en série,
- Des moteurs « dérivation » : inducteur et induit sont en parallèle.

Contrôler un moteur à courant continu

La boîte à bornes d'un moteur à courant continu comporte généralement quatre bornes : deux pour l'inducteur et deux pour l'induit. Elles sont généralement de dimension et/ou de couleurs différentes.

Si le moteur est à excitation indépendante ou en dérivation :

- La résistance entre les bornes de l'inducteur est de l'ordre de la centaine d'ohms,
- La résistance aux bornes de l'induit est d'environ 1Ω .

Si le moteur est un moteur série, l'inducteur et l'induit ont des résistances qui sont du même ordre de grandeur, environ 1Ω .

I.5. 1.1.2. Moteurs asynchrones

Leur fonction est de transformer l'énergie électrique (courant alternatif) en l'énergie mécanique. Le moteur asynchrone, comme le moteur à courant continu, comporte deux parties (voir figure I.14):

- Une partie fixe, le stator,
- Une partie mobile, le rotor,



Figure I.13 : Représentation d'un moteur asynchrone.

Le circuit électrique de stator est composé de trois enroulements qui sont reliés à la plaque à borne d'un moteur. Le fonctionnement du moteur asynchrone est illustré par la figure I.15.

Critères de choix

Pour choisir un moteur, on doit rechercher ses principales caractéristiques :

Caractéristiques :	Exemple :
La tension d'alimentation	220/380 volts
La puissance nominale	17 kilo Watts
L'intensité nominale	60 Ampère
La vitesse nominale	1427 tours par minute

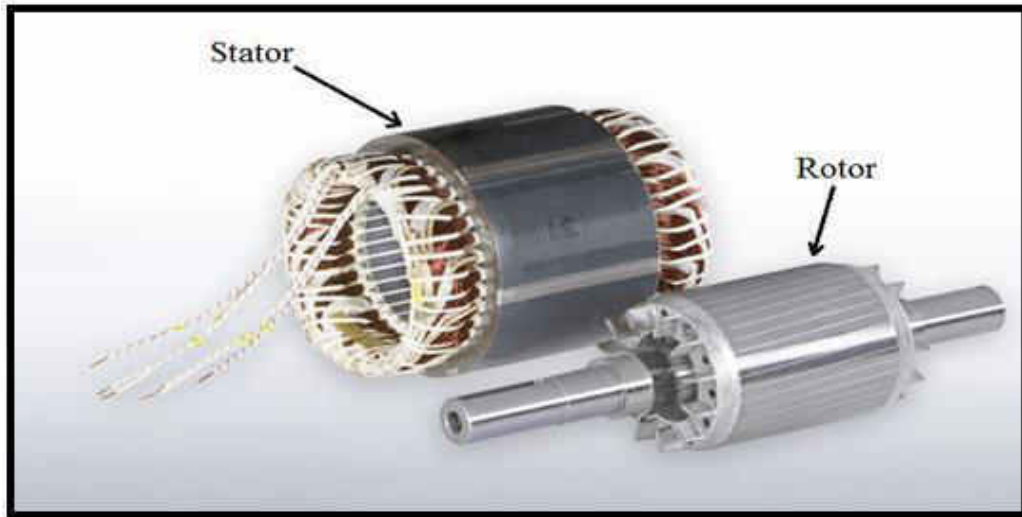


Figure I.14: Stator et rotor d'un moteur asynchrone.

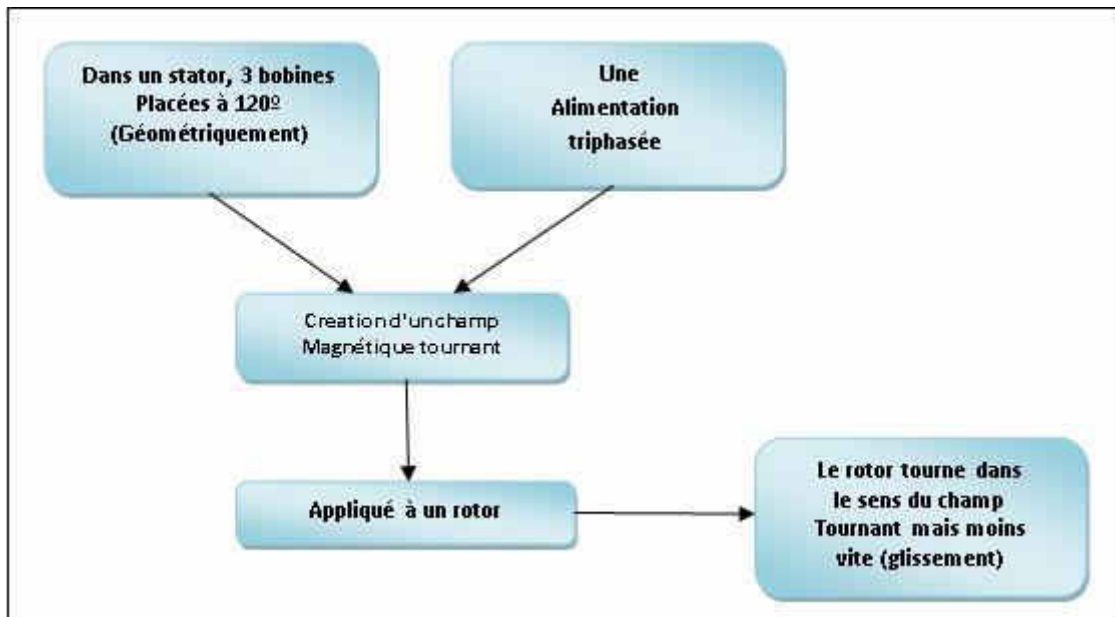


Figure I.15 : Principe de fonctionnement d'un moteur.

Mode de démarrage

Il y a plusieurs modes de démarrage des moteurs, les plus utilisés sont :

- **Le démarrage direct**

Les enroulements du stator sont directement alimentés par la pleine tension du réseau. Cela engendre un très fort courant au démarrage qui peut atteindre jusque à dix fois le courant

nominal. Ce mode de démarrage est réservé aux moteurs à rotor en court-circuit, et surtout à faible puissance 5 kilowatts, par exemple.

- **Démarrage étoile/triangle**

Pour réduire le courant de démarrage, on démarre avec le couplage Y. Puis au bout de 3 à 5 secondes. On utilise un couplage triangle pour alimenter les enroulements avec la pleine tension du réseau. Ce mode de démarrage est réservé aux machines démarrant à vide ou à couple résistant faible. En général la puissance est 50 kilowatts.

Si une machine possède sur sa plaque signalétique deux tensions, pour utiliser le couplage et donc le démarrage Y, il faut que le plus petite des deux tensions soit égale à la tension du réseau. Sinon il est interdit d'utiliser le couplage triangle.

I.5.1.1.3. Moteur synchrone

Le moteur synchrone se compose, comme le moteur asynchrone, d'un stator et d'un rotor séparés par un entrefer. La seule différence se situe au niveau de la conception du rotor. La figure I.16 montre un rotor à pôles saillants constitués d'aimants permanents ou d'électro-aimants alimentés en courant continu.

Après le démarrage, le moteur tourne en synchronisme avec le champ tournant. A vide les axes des pôles du champ tournant et du rotor sont confondus. En charge, les axes sont légèrement décalés. La vitesse du moteur synchrone est constante quelle que soit la charge. On notera aussi que :

- La charge (le système d'ascenseur) ne doit pas dépasser l'effort de démarrage entre le rotor et le champ tournant,
- Le couple moteur est proportionnel à la tension à ses bornes.

Les avantages

- Le moteur synchrone peut travailler avec un facteur de puissance proche de l'unité ($\cos\varphi \sim 1$). Il contribue donc à redresser le $\cos\varphi$ global de l'installation électrique,
- La vitesse du moteur synchrone est constante quelle que soit la charge (intéressant dans le cas des ascenseurs),
- Il peut supporter des chutes de tension important sans décrocher.

Les inconvénients

S'il n'est pas associé à un variateur de vitesse, il a des difficultés à démarrer, il peut décrocher en cas de forte charge.

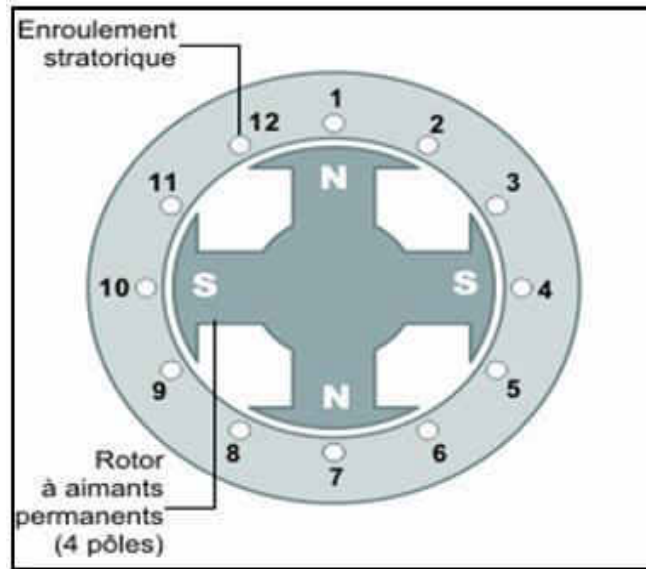


Figure I.16 : Coupe d'un moteur à aimants permanents.

Le stator

Le stator est la partie statique du moteur synchrone, voir figure I.17. Il s'apparente fort au stator des moteurs asynchrones. Il se compose principalement :

- De la carcasse,
- Des paliers,
- Des flasques des paliers,
- Du ventilateur de refroidissement,
- Le capot protégeant le ventilateur.

L'intérieur du stator comprend essentiellement :

- Un noyau en fer feuilleté de manière à canaliser le flux magnétique,
- Les enroulements (ou bobinage en cuivre) des trois phases logés dans les encoches du noyau.

Dans un moteur triphasé, les enroulements sont au nombre minimum de trois décalés l'un de l'autre de 120° . Lorsque les enroulements du stator sont parcourus par un courant triphasé, ceux-ci produisent un champ magnétique tournant à la vitesse de synchronisme. La vitesse de synchronisme est fonction de la fréquence du réseau d'alimentation et du nombre de paires de pôles. Vu que la fréquence est fixe, la vitesse du moteur peut varier en fonction du nombre de paires de pôles.

Tableau I.1 : La vitesse du moteur en fonction du nombre de paires de pôles.

Paires de pôles	1	2	3	4	6
Nombre de pôles	2	4	6	8	12
n_0 [tr/min]	3000	1500	1000	750	500

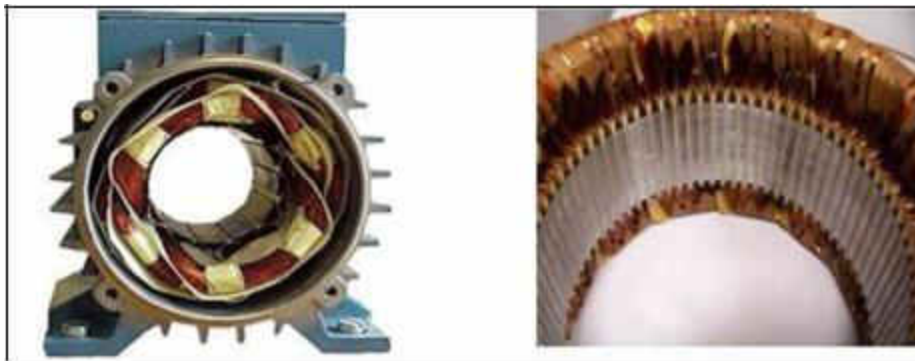


Figure I.17: Stator.

Le rotor

Le rotor est la partie mobile du moteur synchrone. Couplé mécaniquement à un treuil d'ascenseur par exemple, il va créer un couple moteur capable de fournir un travail de montée et de descente de la cabine d'ascenseur. Il se compose essentiellement d'une succession de pôles Nord et Sud intercalés sous forme d'aimants permanents ou de bobines d'excitation parcourues par un courant continu. On distingue donc deux types de moteurs synchrones :

- A aimants permanents,
- A rotor bobines.

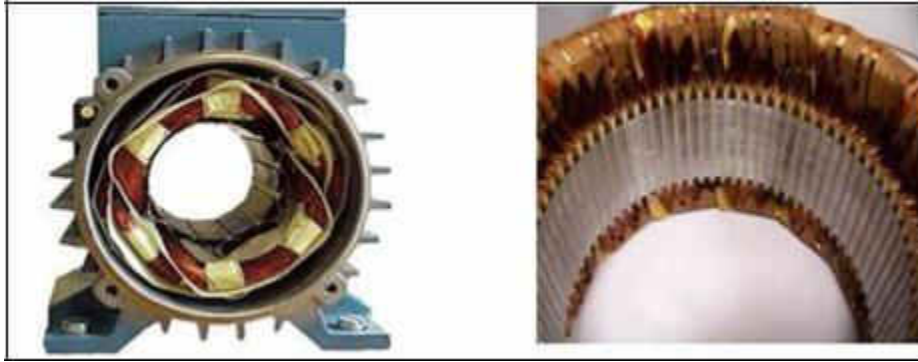


Figure I.18: rotor.

Pilotage de la vitesse de rotation

Le pilotage de la vitesse de rotation du moteur synchrone est essentiel pour beaucoup d'applications. La relation suivante permet de cerner quels sont les paramètres qui peuvent influencer la vitesse de rotation. On a :

$$n_0 = n$$

Avec,

- n_0 : vitesse du champ tournant [tr/min].
- n : la vitesse de rotation de l'arbre du moteur [tr/min].

Où :

$$n = 60 f / p$$

Avec,

- f : fréquence du réseau [Hz],
- p : le nombre de paires de pôles du stator.

On peut donc piloter la vitesse de rotation en intervenant sur :

- Le nombre de paires de pôles (moteur à nombre de pôles variable),
- La fréquence du réseau.

I.5.1.1.4. Les Moteurs pas à pas

Le moteur pas à pas permet de transformer une impulsion électrique en un mouvement angulaire. Ce type de moteur est très courant dans tous les dispositifs où l'on souhaite faire du contrôle de vitesse ou de position, comme par exemple les imprimantes.

Le stator est constitué de bobines qui sont alimentées, à tour de rôle, en courant continu par une carte électronique. Le rotor est un croisillon, en métal ferreux ne conservant pas le magnétisme. Si on compte électroniquement les impulsions envoyées aux bobines on sait, connaissant le pas, le nombre de rotations que le rotor a effectuées. Représentation du moteur pas à pas. La figure I.19 représente les constituants du moteur pas à pas.

I.5.1.2. Actionneurs pneumatiques

Les actionneurs pneumatiques les plus répandus sont les vérins pneumatiques linéaires. Ils transforment l'énergie pneumatique (pression, débit) en énergie mécanique (effort, vitesse).

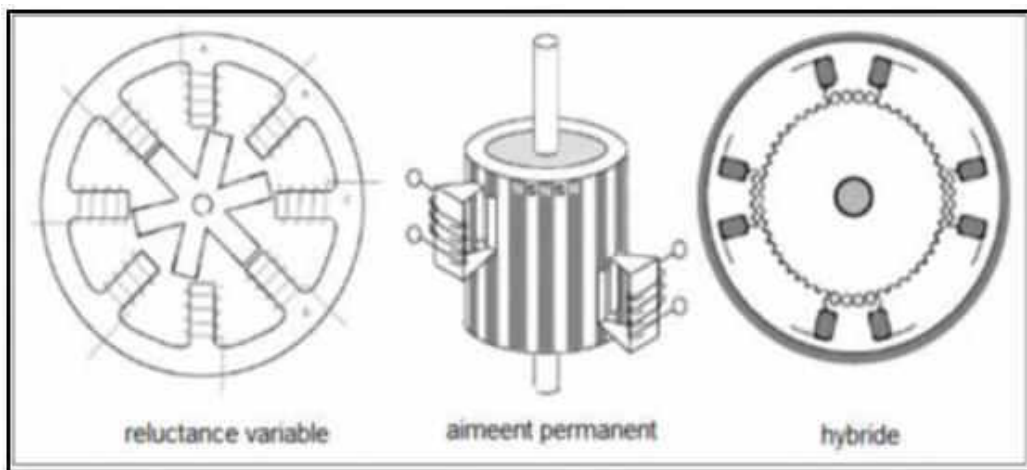


Figure I.19 : Constituants d'un moteur pas à pas.



Figure I.20 : Vérin pneumatique.

Il existe différents types de vérins. Les deux principaux sont :

Le vérin simple effet :

C'est un composant monostable (Stable dans une seule position). Ce type de vérin ne peut produire un effort significatif que dans un seul sens, le rappel de tige est assuré par un ressort (voir figure I.21).

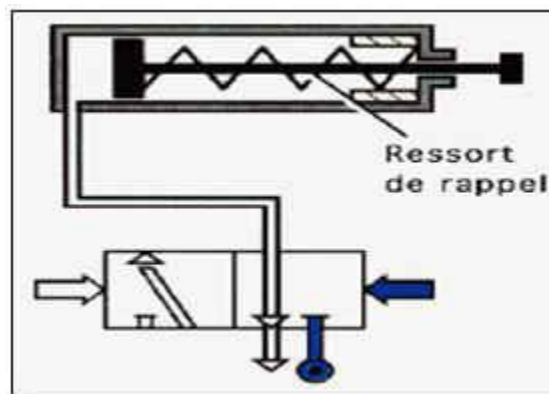


Figure I.21: Vérin simple effet avec son distributeur.

Le vérin double effet : le vérin double effet est un composant bistable (Stable dans deux positions). Ce type de vérin peut produire un effort significatif dans les deux sens, le rappel de tige est obtenu par inversion de l'alimentation des deux chambres (voir figure I.22).

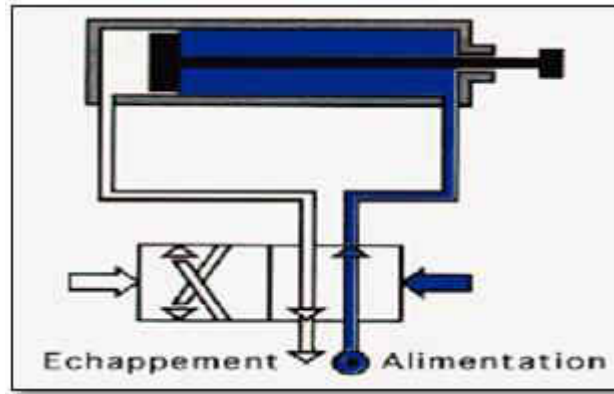


Figure I.22 : Vérin double effet avec son distributeur.

I.5.2. Capteurs

I.5.2.1. Définition

Capteur : Un capteur est un dispositif transformant l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable.

Transmetteur : Élément qui transmet un signal. Il peut être un assemble d'éléments (capteur+ amplificateur).

Transducteur : Élément qui sert à transformer, suivant une loi, la grandeur mesurée en une autre grandeur.

Chaîne de mesure : Suite d'éléments allant du capteur au traitement de l'information.

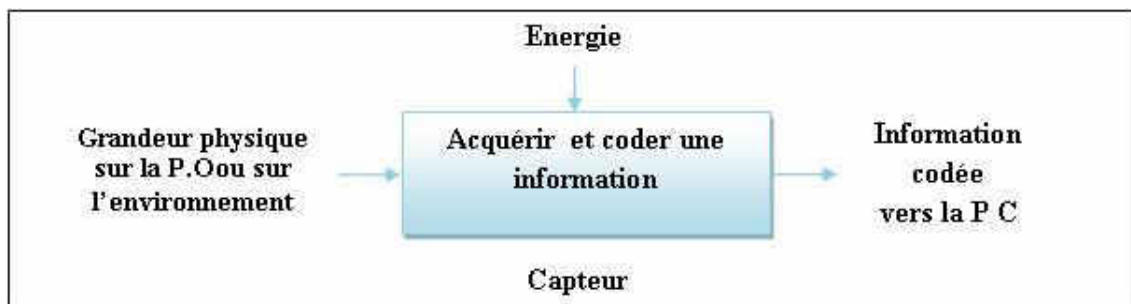


Figure I.23 : Principe de fonctionnement d'un capteur.

I.5.2.2. Principe

Le capteur est chargé de prélever une grandeur physique à mesurer et de la transformer en une grandeur exploitable.

- La grandeur physique à mesurer, souvent appelée « mésurande », n'est en général pas directement utilisable. Elle constitue le signal d'entrée (ou stimulus) du capteur,
- La grandeur exploitable est souvent de nature électrique. Elle constitue le signal de mesure (ou signal de sortie, ou réponse) du capteur. Elle est une représentation de la grandeur à mesurer et doit être indépendante des autres grandeurs pouvant influencer sur le capteur. Ces grandeurs étrangères portent le nom de grandeurs d'influence,
- Les grandeurs d'influence sont des grandeurs étrangères qui, selon leur nature et leur importance, peuvent provoquer des perturbations sur le capteur. C'est donc une cause d'erreurs agissant sur le signal de sortie. Citons en particulier :
 - ✓ La température,
 - ✓ La pression environnement,
 - ✓ Les vibrations,
 - ✓ L'humidité, la projection d'eau,
 - ✓ Les ambiances corrosives,
 - ✓ Les perturbations électromagnétiques,
 - ✓ Les accélérations et la pesanteur,
 - ✓ L'alimentation électrique du capteur.

I.5.2.3. Structure et fonction principale d'un capteur

De façon simple, un capteur peut être défini comme un transducteur convertissant une grandeur physique en un signal électrique. Cette transformation peut être directe dans quelques cas simples (exemple : thermocouple). Mais en réalité, la technologie des capteurs fait souvent appel à plusieurs conversions de phénomène physique avant d'arriver au signal de sortie.

Le capteur proprement dit est formé du corps d'épreuve et du transducteur :

Corps d'épreuve : C'est l'élément mécanique réagissant à la grandeur physique à mesurer.

Exemple : Support métallique pour une jauge de déformation.

Transducteur : C'est l'élément lié au corps d'épreuve traduisant la réaction reçue en un signal électrique, une variation de résistance, de capacité, d'inductance.

Exemple : Fil résistant disposé en zigzag pour une jauge.

Conditionneur : Circuit électronique traitant la grandeur mesurable pour délivrer un signal de sortie ayant des caractéristiques spécifiées (V, I, f, ...).

Exemple : Pont de Wheatstone suivi d'un amplificateur d'instrumentation La loi obtenue $S=f(E)$ n'est pas toujours linéaire.

On intègre de plus en plus le conditionneur dans le même boîtier que le capteur : l'ensemble forme alors un capteur intégré. Les fonctions assurées par ce conditionneur vont de la simple mise en forme et adaptation du signal, jusqu'aux traitements élaborés de correction de grandeurs d'influence, formant ce qu'on appelle aujourd'hui les capteurs intelligents à microprocesseur.

I.5.2.4. Principales caractéristiques des capteurs

Etendue de mesure : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

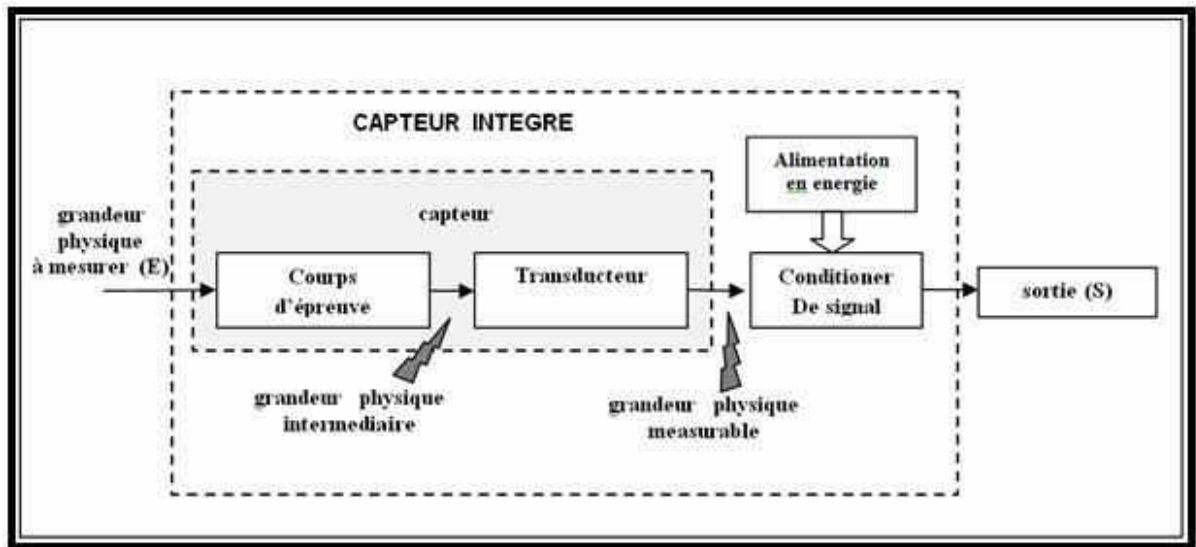


Figure I.24: Schéma interne de capteur. [07]

Résolution : Plus petite variation de grandeur mesurable par le capteur.

Sensibilité : c'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur.

Précision : c'est la culpabilité de répétabilité d'une information position, d'une vitesse, ...

Rapidité : c'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.

Linéarité : représente l'écart de sensibilité sur l'étendue de mesure sa reproductibilité.

La bande passante : est un intervalle de fréquences pour lesquelles l'amplitude de la réponse d'un système correspond à un niveau de référence.

I.5.2.5. Classification des capteurs

Les capteurs fonctionnent selon deux principes de base suivant l'origine du signal électrique de sortie. On distingue :

Les capteurs actifs : fonctionnement en générateur

Dans les capteurs actifs, une partie de l'énergie physique prélevée sur la mesurande est transformée directement en une énergie électrique qui constitue le signal de sortie. Ce signal est un courant, une tension ou une quantité d'électricité. Les signaux de sortie délivrés par les capteurs actifs sont de très faible puissance, ils doivent être amplifiés pour pouvoir ensuite être transmis à distance.

Exemple : Thermocouple, Capteur piézoélectrique,

Les capteurs passifs : fonctionnant en modulateur,

Pour les capteurs passifs, c'est l'impédance du capteur qui est sensible aux variations de la mesure. Ces variations d'impédance ne sont mesurables que par l'intermédiaire d'un circuit électronique de pré conditionnement.

Les capteurs passifs doivent être alimentés par une source d'énergie électrique extérieure

Exemple : Potentiomètre, Jauges extension métriques, ...

Le pré conditionnement peut se faire généralement de deux façons :

- Le montage potentiométrique,
- Le montage en pont.

I.5.2.6. Type de capteur

On peut effectuer une première classification des capteurs par la nature des signaux transmis :

Capteur logique : Ils délivrent une sortie logique de type TOR (tout ou rien). Ils sont en général appelés détecteurs car ils servent surtout à prélever l'information "présence" ou "proximité" d'un objet.

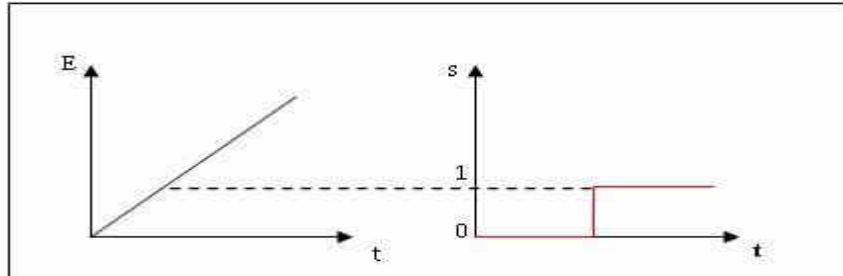


Figure I.25 : Fonction logique d'un capteur TOR.

Capteur analogique : Ils délivrent un signal de sortie sous la forme d'une tension ou d'un courant variant continuellement. Sur les capteurs industriels les plages de variation courantes sont +/- 50 mV, +/- V, +/- 10 V pour les tensions et 0-20mA, 4-20mA pour les courants. De tels signaux nécessitent un traitement particulier (conversion analogique-numérique) pour être exploitables par les API ou micro-ordinateur.

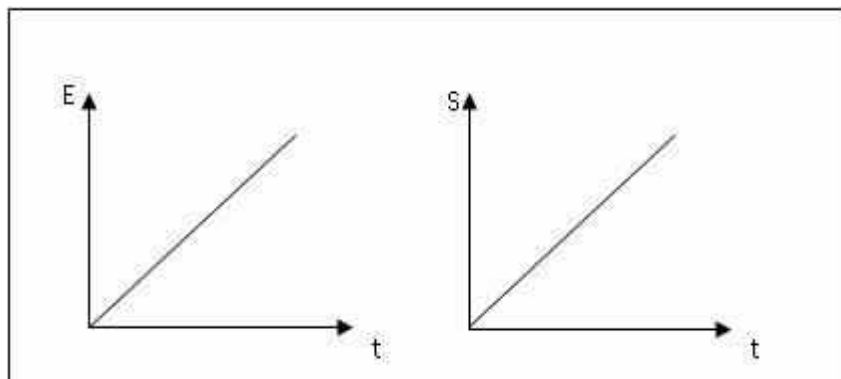


Figure I.26 : Fonction d'un capteur analogique.

Capteur numérique

Ils délivrent un signal de sortie sous la forme, soit d'un train d'impulsions dont le nombre ou la fréquence est l'image de la grandeur d'entrée, soit d'un code numérique binaire. On trouve parmi les principaux capteurs numériques industriels, les capteurs de positions

angulaires incrémentaux, les codeurs absolus, les lecteurs de code à barres et les lecteurs de pistes magnétique.

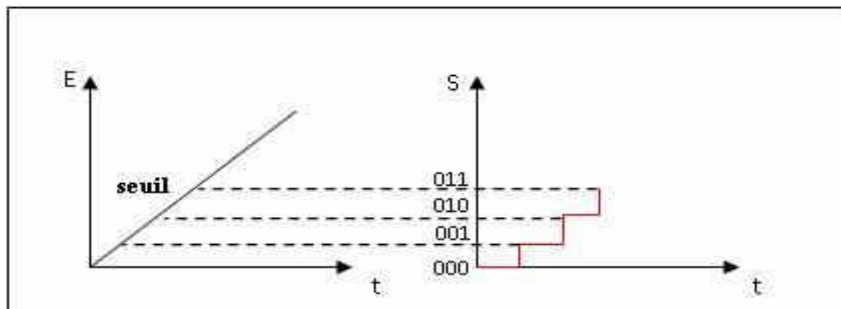


Figure I.27 : Fonction d'un capteur numérique.

I.5.2.7. Critère de choix d'un capteur

Le choix s'opère suivant trois étapes :

- Le choix de technologie,
- Le choix de la famille de capteur,
- La définition des caractéristiques, mécaniques, dimensionnelles, électriques, du capteur.

I.6. Conclusion

Les systèmes automatisés de production deviennent indispensables pour obtenir une compétitivité des produits fabriqués de haute qualité. Dans ce chapitre on a vu en générale la structure des systèmes automatisés de production et les appareils essentiels à lier à ces systèmes pour la communication, la distribution d'énergie et la protection des machines. Nous avons présenté les différentes parties contrôle, puissance, communication et l'appareillage d'un système automatisé.

CHAPITRE II :
LES OUTILS DE MODELISATION
GRAPHIQUE

II.1. Introduction

Comment réussir à appréhender le comportement des systèmes technologiques de plus en plus complexes, afin de les concevoir, de les réaliser et/ou de les commander à partir d'un cahier des charges ? Celui-ci est en général défini par différents intervenants, intéressés par les aspects fonctionnels du produit, les besoins du consommateur, les contraintes de coût, le marketing etc.

Du fait de la complexité de plus en plus forte des systèmes technologiques, il apparaît de plus en plus nécessaire de disposer de méthodes et d'outils de conception, de réalisation et/ou de commande qui soient particulièrement efficaces. Au centre de ces méthodes et de ces outils, se trouve en général la modélisation des processus.

La mise en place des feux de signalisation d'un carrefour ou la planification du processus de développement d'une pièce dans une usine demande la modélisation du problème afin de pouvoir le simuler, l'analyser et le vérifier. Ces vérifications peuvent mettre en évidence des dysfonctionnements non visibles. Il existe plusieurs méthodes de modélisation et les outils qui les implémentent. Ces outils, selon les modèles qu'ils représentent, permettent de simuler et de vérifier certaines propriétés. Ceci permet de suivre le fonctionnement du système pour détecter les faiblesses. [7]

II.2. Définition de la modélisation

Le Robert Vallée donne comme définition : " Le but de la modélisation est de fournir une image ou représentation d'un phénomène réel. S'il est possible, à partir de la représentation, de trouver parfaitement le phénomène dans son évolution, il y a isomorphisme. Il est évident que ce cas extrême n'est jamais réalisé. Dans le cas général, il y a dégradation dans le passage et la représentation et finalement simplement Homomorphisme dans le meilleur des cas. L'utilité de la modélisation se mesure en fonction de but visé .il y a des modélisations pour aider à

comprendre (elles doivent être assez simples), d'autres pour aider à agir, elles peuvent accepter une plus grande complexité (on ne s'adresse pas aux mêmes personnes)." [8]

II.3. Outils de la modélisation

La modélisation et l'analyse des modèles permettent d'étudier des phénomènes réels et de prévoir des résultats à un niveau d'approximation donné. Les modèles mathématiques peuvent être complexes et difficiles à interpréter. Pour cette raison, dans les dernières décades plusieurs outils graphiques ont été développés, parmi lesquels on peut trouver : les schémas blocs, les graphes de fluence, le Graphe Informationnel Causal (GIC), les Bond Graphs (BG), les Réseaux de Pétri, le GRAFCET.

II.3.1. Bond Graph

Le Bond Graph est une technique graphique utilisée pour modéliser les systèmes avec un langage unifié pour tous les domaines des sciences physiques. Le Bond Graph que l'on peut traduire par « graphe à liens » ou « graphe de liaisons » a été créé il y a un peu plus d'un demi-siècle. En avril 1955, le « père fondateur » des Bond Graphs, Henry M. Paynter du MIT de Boston (Etats-Unis), fit sa première conférence sur les Bond Graphs. Six ans plus tard, il publia son premier ouvrage. Le Bond Graph fût formalisé par la suite dans les années 1970 par trois de ces doctorants, Dean C. Karnopp et Ronald C. Rosenberg, et par Jean U. Thoma. Vers la fin des années 1970, le Bond Graph arriva au Pays Bas à l'université de Twente et en France dans la société Alsthom.

De nos jours de nombreuses entreprises et de nombreux établissements universitaires utilisent ce langage graphique de type « réseau ».

Le Bond Graph permet de représenter graphiquement les transferts énergétiques au sein d'un système physique entre les composantes de celui-ci. La « puissance » de cet outil réside dans un langage unique, fondé sur la notion d'analogie, qui se veut multi physique (mécanique, électrique, hydraulique, thermodynamique...). Des systèmes physiques de natures différentes peuvent ainsi être représentés par une même méthode.



Figure II.1 : Créateurs de Bond Graph.

Grâce à sa multidisciplinarité, de nombreux travaux d'études telles que l'analyse des systèmes ont été réalisés. Les applications phares de cet outil sont de type mécanique. Dans le domaine du génie électrique, quelques applications électromécaniques, surtout lié à une modélisation fine ou à de la conception, ont été développées. Le Bond Graph a donc été créé plus dans le but d'une conception et d'une modélisation que dans un objectif de contrôle. À ce jour, aucune commande n'a été clairement définie à l'aide de cet outil graphique. Le Bond Graph peut toutefois mener à un modèle d'état qui peut lui-même mener à une loi de commande globale. [9]

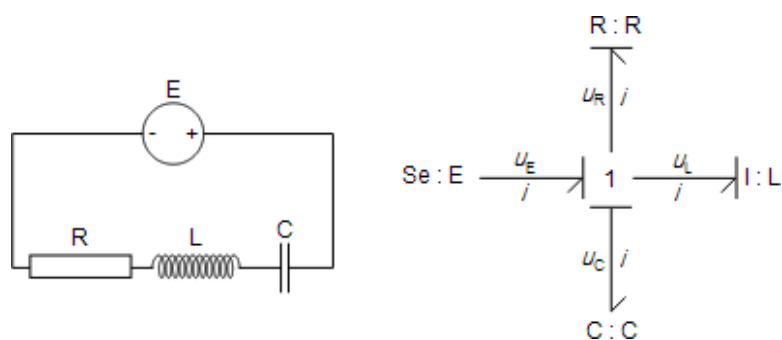


Figure II.2 : Exemple d'un model bond graph pour un circuit RLC.

II.3.2. Réseaux de Pétri

Les Réseaux de Pétri ont été inventés par Carl Maria Pétri au début des années soixante. Des travaux ultérieurs ont permis de développer les Réseaux de Pétri comme un outil de

modélisation des systèmes à variables d'entrée, de sortie et d'état discrètes. C'est aussi un outil de modélisation pour les systèmes à variables logiques puisque ceux-ci sont un cas particulier des systèmes à variables discrètes.

Un caractère très intéressant est que les modèles Réseaux de Pétri sont sous la forme d'une représentation mathématique graphique. Ce point est important car le fait d'écrire sous forme graphique un modèle plutôt que sous forme d'équations peut permettre de le rendre lisible par des personnes dont la formation scientifique n'est pas forcément poussée.

Le formalisme des réseaux de Pétri est un puissant outil mathématique et son expression graphique constitue un bon outil de modélisation. Un réseau de Pétri simple (sans objet) est un graphe composé de place, de transitions et d'arcs orientés (les flèches). Ces derniers relient obligatoirement une Place et une Transition, il ne peut donc pas y avoir de nœud (place ou Transition) liée à un nœud du même type par un arc (normal ou inhibiteur). [10]

L'état d'un réseau est défini par son marquage. Un marquage associe à chaque place un nombre entier positif, que l'on représente graphiquement par des jetons.

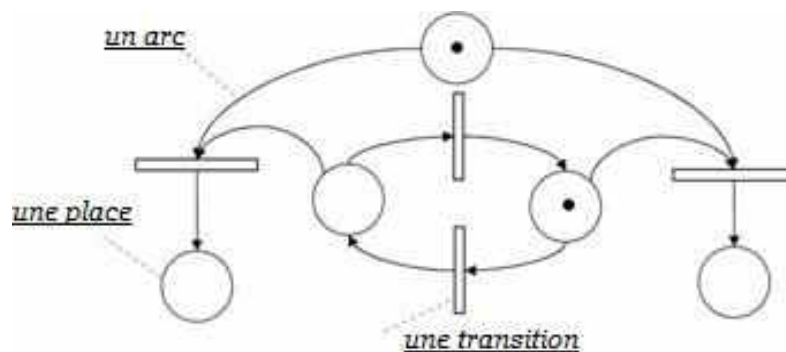


Figure II.3 : Exemple du RDP simple.

Les réseaux de Pétri sont généralement utilisés pour modéliser des systèmes qui sont asynchrones, distribués, non-déterministes et/ou stochastiques. L'évolution du marquage (les jetons) est utilisée pour simuler les activités dynamiques et concurrentes de systèmes.

II.3.3. GRAFCET

Le GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande des Etapes et Transitions) est un outil graphique qui permet de décrire le fonctionnement d'un automate séquentiel. Il peut être utilisé pour représenter l'automatisme dans toutes les phases de la conception : de la définition du cahier des charges, à la mise en œuvre (programmation d'un automate

programmable industriel, utilisation de séquenceurs ou autres technologies) en passant par l'étude des modes de marches et d'arrêts.

Le GRAFCET repose sur l'utilisation d'instructions précises, l'emploi d'un vocabulaire bien défini, le respect d'une syntaxe rigoureuse et l'utilisation de règles d'évolutions. Il permet, entre autre, d'adopter une démarche progressive dans l'élaboration de l'automatisme. Il décrit les relations entre les sorties et les entrées booléennes du système de commande.

Le GRAFCET est une représentation alternée d'étapes et de transitions. Une seule transition doit séparer deux étapes.

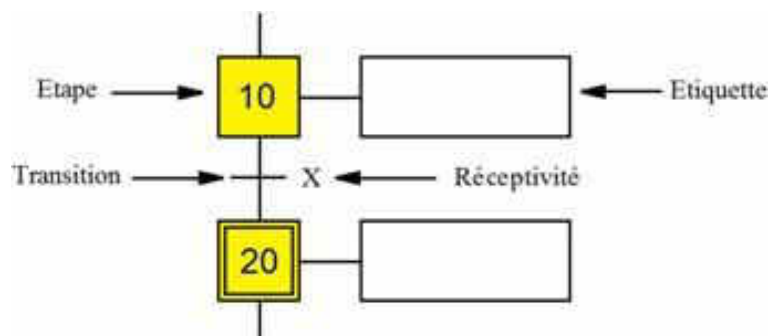


Figure II.4 : Les éléments d'un GRAFCET.

Une étape correspond à une situation dans laquelle les variables de sorties conservent leur état. Les actions associées aux étapes sont inscrites dans les étiquettes.

Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes successives. A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité

II.3.3.1. Domaine d'application du GRAFCET

Le diagramme fonctionnel est indépendant des techniques séquentielles «Tout Ou Rien», pneumatique, électrique ou électronique, câblées ou programmées, pouvant être utilisées pour réaliser l'automatisme de commande. Mais l'utilisation de séquenceurs, d'une part, et d'automates à instructions d'étapes d'autre part, permet une transcription directe du diagramme fonctionnel.

Cette représentation graphique concise et facile à lire est aisément compréhensible par toute personne en relation avec le système automatisé, du concepteur à l'utilisateur sans oublier l'agent de maintenance.

Utilisé industriellement, le GRAFCET est aussi enseigné dans les options techniques et l'enseignement supérieur. Depuis les premières publications le concernant et surtout depuis la norme française NF C03-190 de 1982, cet outil a été travaillé et enrichi par le groupe systèmes logiques de l'AFCEC (Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique). [11]

II.3.3.2. Principe d'un GRAFCET

Pour visualiser le fonctionnement de l'automatisme, le GRAFCET utilise une succession alternée d'**étapes** et de **transition**.

A chaque étape correspond une ou plusieurs actions à exécuter. Une étape est soit active, soit inactive. Les actions associées à cette étape sont effectuées lorsque celle-ci est active.

Les transitions indiquent avec les **laissons orientées**, les possibilités d'évolution entre étapes. A chaque transition est obligatoirement associée une condition logique pouvant être vraie ou fausse. Cette condition de transition est appelée **réceptivité**. L'évolution d'une étape à une autre ne peut s'effectuer que par le franchissement d'une transition.

Une transition ne peut être franchie, donc activer l'étape suivante que :

Si elle est validée par l'étape antérieure active.

-Et que les conditions de réceptivité soient satisfaites. [11]

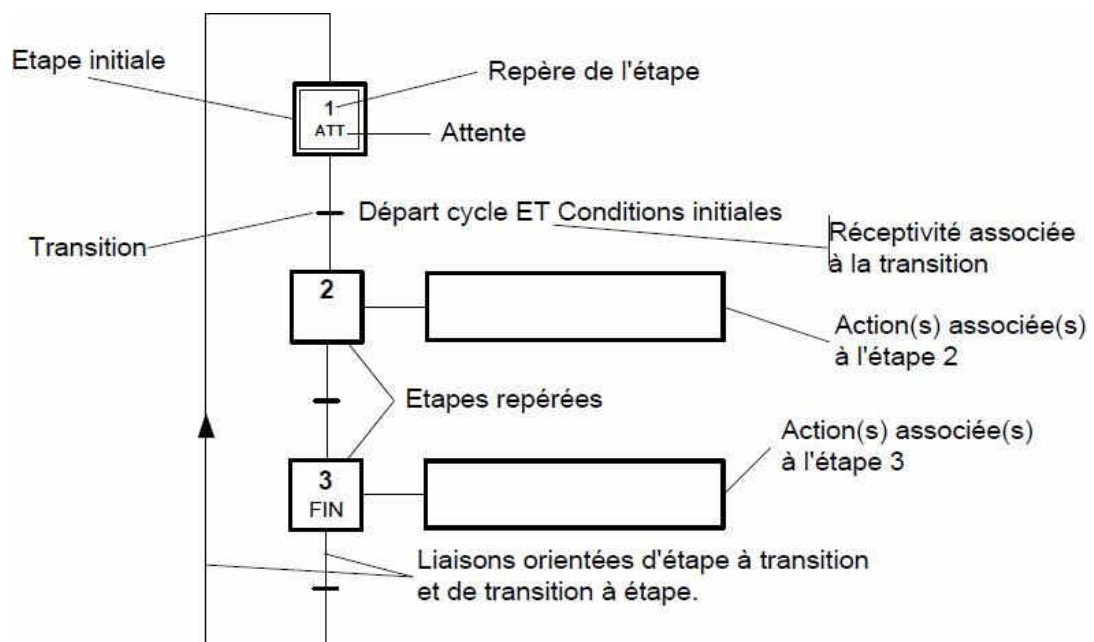


Figure II.5 : Structure et interprétation du GRAFCET.

Etape initiale : Représente une étape qui est active au début du fonctionnement. Elle se différencie de l'étape en doublant les côtés du carré.

Transition : La transition est représentée par un trait horizontal.

Réceptivité : Les conditions de réceptivité sont inscrites à droite de la transition.

Etape : Chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement.

Action(s) : Elles sont décrites littéralement ou symboliquement à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles reliés par un trait à la partie droite de l'étape.

Liaisons orientées : indique le sens du parcours. [11]

II.3.3.3. Les constituants graphiques du GRAFCET

Le GRAFCET est défini par un ensemble constitué d'éléments graphiques de base :

- ✓ Les étapes
- ✓ Les actions associées aux étapes,
- ✓ Les transitions
- ✓ Les réceptivités associées aux transitions
- ✓ Les liaisons orientées

a. Les étapes

Une étape est une période de temps permettant de réaliser complètement une ou plusieurs actions. Chaque étape est représentée par un carré numéroté. La numérotation est réalisée par des chiffres ou des nombres entiers positifs dans un ordre croissant. Deux étapes différentes ne doivent jamais porter le même numéro

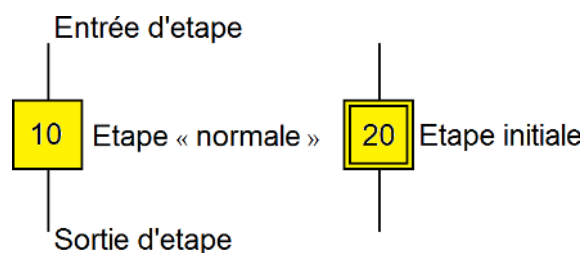


Figure II.6 : Les étapes.

Il existe deux types d'étapes :

Une étape initiale est active au début du cycle, c'est une étape activée sans condition au démarrage. Par convention, une étape peut être active ou inactive. Si une étape est active, toutes les actions associées à celle-ci seront exécutées. Si une étape est inactive, les actions qui lui sont associées ne peuvent en aucun cas être lancées. On peut associer à chaque étape une

variable binaire exprimant son activité (cette dernière appelé variable interne de l'étape) :

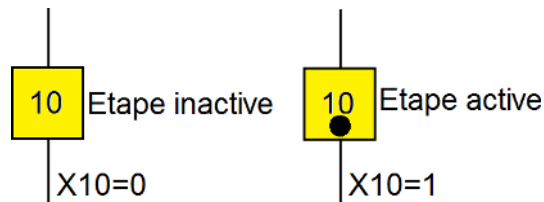
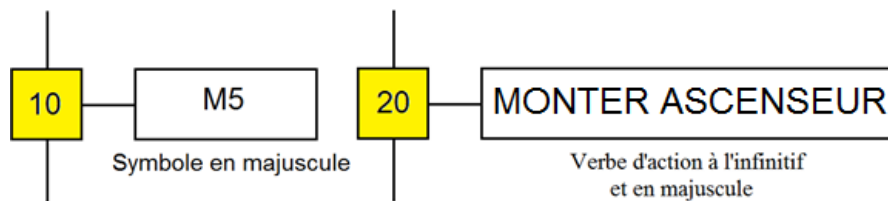


Figure II.7 : Les deux types d'étapes.

b. Les actions

Une action est toujours associée à une étape. Elle n'est commandée que si l'étape est activée. Les actions sont décrites de façon littérale ou symbolique à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles reliés au symbole de l'étape à laquelle elles sont associées.



Symbole en majuscule :

Symbole	Désignation
M5	Moteur d'ascenseur

Figure II.8 : Les deux critères des actions.

c. Les transitions

Est une condition de passage d'une étape à une autre. Elle n'est que logique (dans son sens Vrai ou Faux). Elle peut être considérée comme une porte entre deux étapes, et la réceptivité comme la clé ou le code nécessaire pour ouvrir la porte

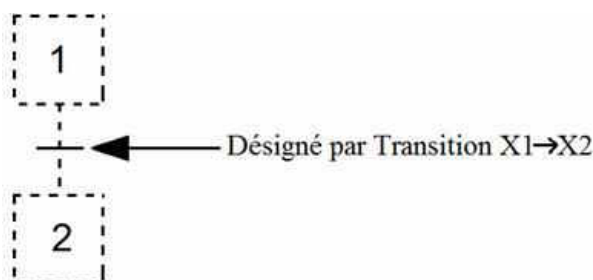


Figure II.9 : Les transitions.

d. Les réceptivités

La réceptivité associée à une transition est une fonction logique des entrées, des variables auxiliaires et/ou de l'activité d'étapes du GRAFCET. Elle peut s'écrire sous forme littérale ou sous forme logique (expression booléenne). La réceptivité regroupe toutes les conditions et uniquement celles qui sont nécessaires au franchissement de la transition. Une réceptivité est dite vraie si la condition ou l'équation booléenne, associée est vérifiée et égale à 1, et inversement.

Les réceptivités associées sont décrites de façon littérale ou symbolique à droite de la transition à laquelle elles sont associées.

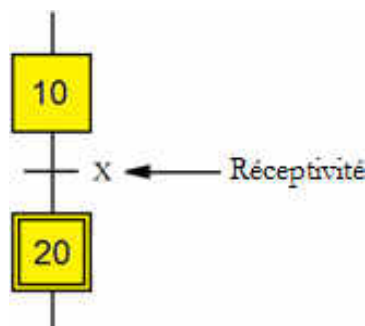


Figure II.10 : La réceptivité.

e. Les liaisons orientées

Les liaisons relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

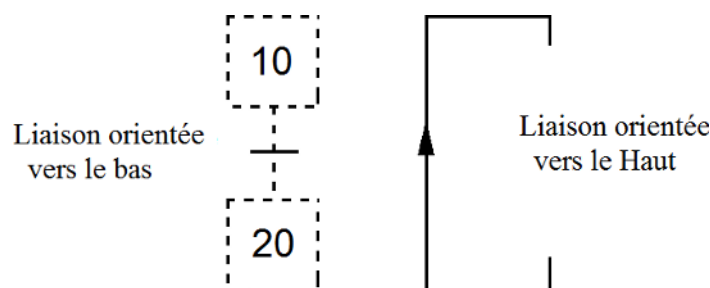


Figure II.11 : Les liaisons orientées.

Par convention, le sens naturel d'évolution est du haut vers le bas. Dans un cas différent, il faut montrer le sens d'évolution par une flèche.

II.3.3.4. Les règles du GRAFCET

a. Situation initiale

Un GRAFCET commence par une étape initiale qui représente la situation initiale avant l'évolution du cycle. L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement. Elles

sont activées inconditionnellement et repérées sur le GRAFCET en doublant les côtés des symboles correspondants.

b. Franchissement d'une transition

Une transition est soit validée soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont activées.

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que :

- Si la transition est validée (étapes immédiatement précédentes actives).
- Si la réceptivité associée est vrai (équation logique associée égale à 1).

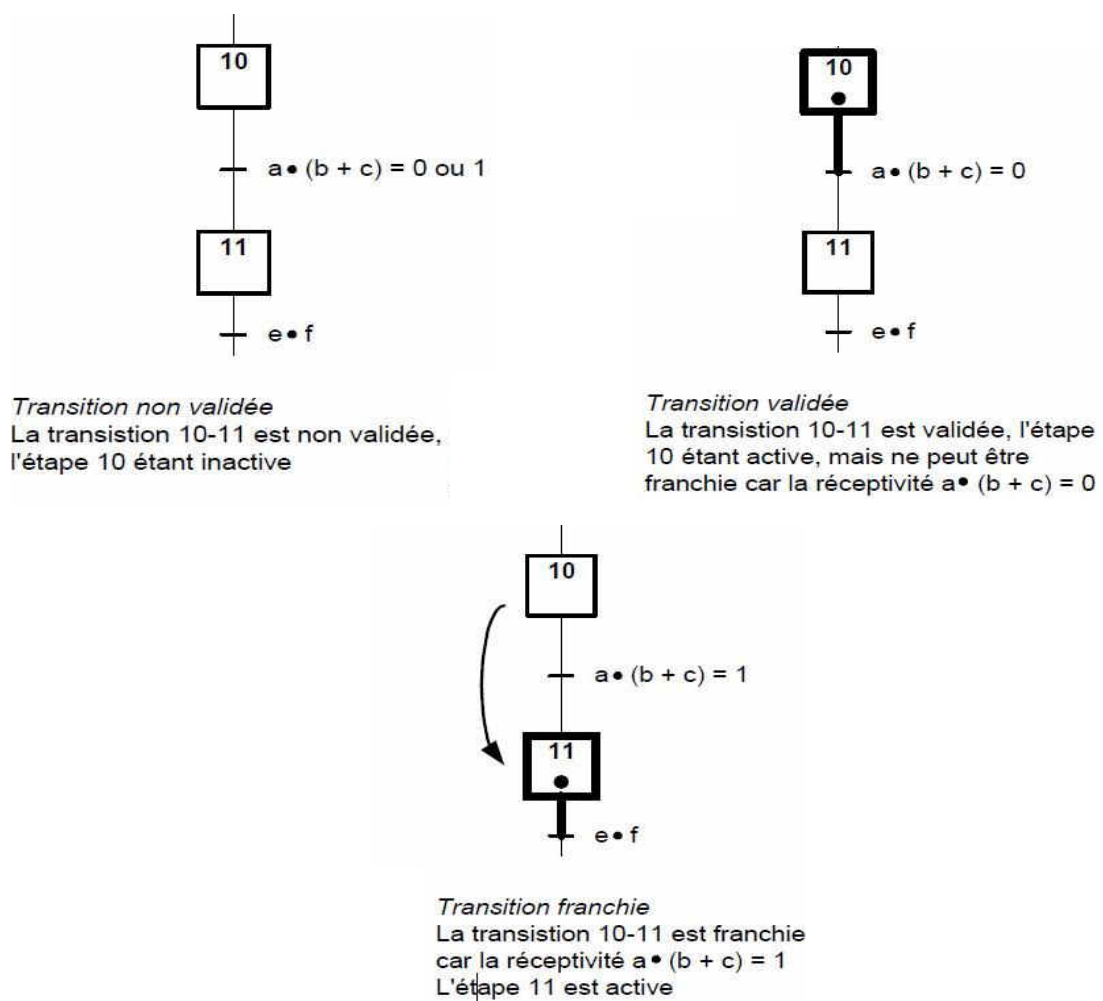


Figure II.12 : Franchissement d'une transition.

c. Évolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition provoque simultanément :

- La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition.
- L'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition. [11]

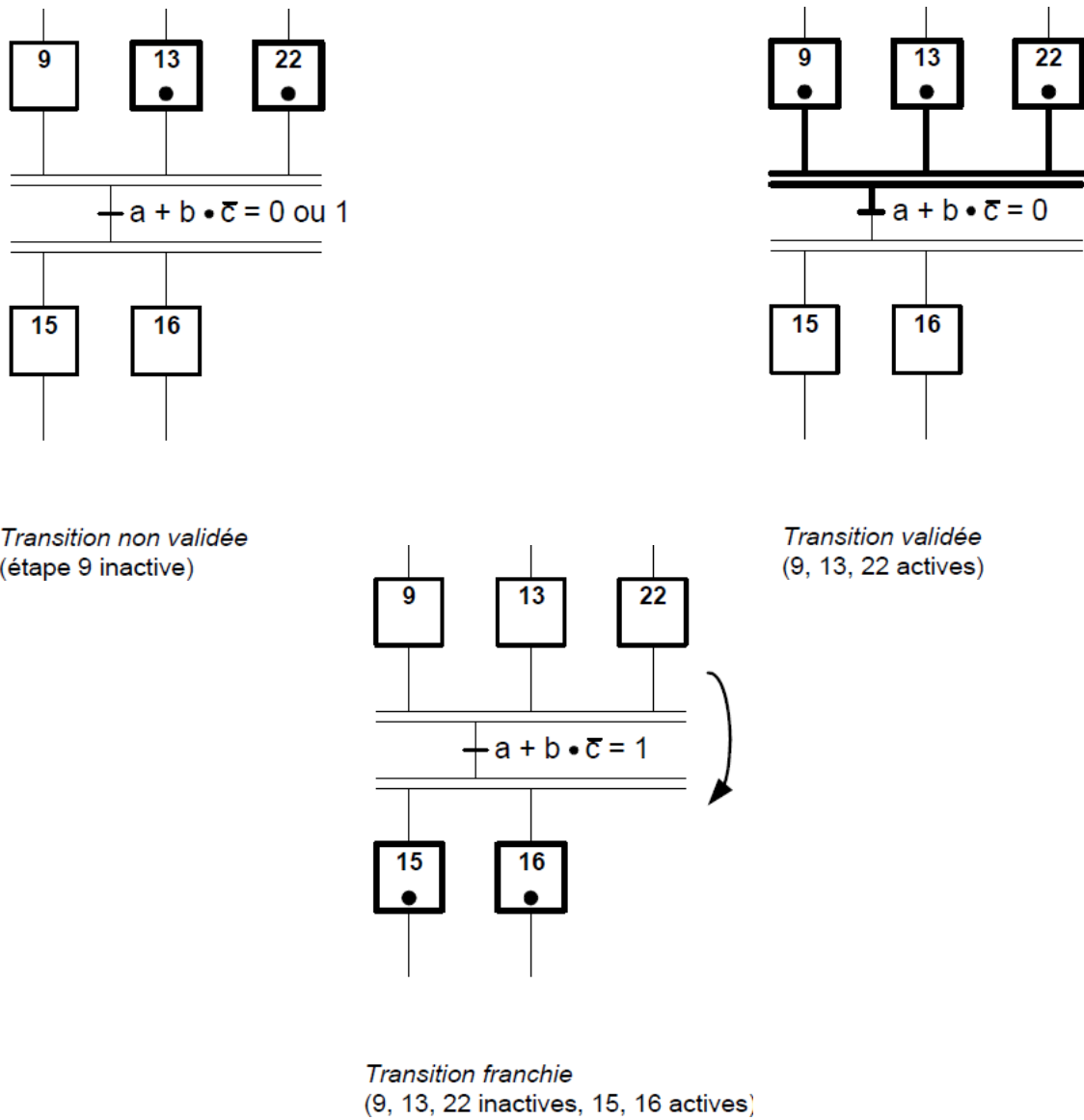


Figure II.13 : Evolution des étapes actives.

d. Transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

e. Activation et désactivation simultanées

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée. L'activation doit être prioritaire sur la désactivation au niveau d'une même étape.

II.4. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était tout d'abord de présenter les différents outils de modélisation graphique, tel que les réseaux de pétri, le bond graph et le GRAFCET, ce dernier devenu un langage de programmation graphique qui est aujourd'hui exploitable par la plupart des automates programmable industriel existants sur le marché. Il permet la transcription immédiate du GRAFCET en programme ou le langage organigramme basé sur des représentations inspirées de l'informatique industriel.

Dans ce chapitre on a donné les définitions et les règles de base de l'outil choisi (GRAFCET) pour la conception de la partie de commande de notre système choisi (Palettiseur avec Entrepôt automatisé).

CHAPITRE III :
SIMULATION ET ANALYSE
FONCTIONNELLE D'UN
SYSTEME DE PALETTISATION
AVEC ENTREPOT AUTOMATISE

III.1. Introduction :

Le développement des jeux vidéo a entraîné au cours des dix dernières années une révolution des technologies informatiques. La mise à disposition sur internet de moteurs physiques (PhysX., Newton Game Dynamics...) dont le but est que l'on puisse simuler de manière réaliste les comportements physiques (collisions, chutes de corps, forces...) et de Framework comme REAL GAME permettant un développement simplifié et rapide des jeux 3D a rendu possible la création d'un logiciel comme FACTORY I/O.

La palettisation fait partie des systèmes de manutention qui se sont le plus développés au cours des trois dernières décennies. Elle consiste à grouper un certain nombre de colis sur un support : la palette, l'opération de groupage est faite par un palettiseur.

Au début, les colis étaient mis à la main sur les palettes, les postes de palettisation étaient donc manuels et étudiés de façon que les opérateurs aient un minimum de mouvements à effectuer pour leur permettre de bons rendements. Mais très vite, il a fallu aménager ces postes pour les rendre moins pénibles et améliorer les conditions de travail. Les industriels ont alors imaginé des postes manuels perfectionnés qu'ils ont améliorés de plus en plus, et c'est alors que sont apparus sur le marché des appareils de palettisation, d'abord semi-automatiques, dans lesquels l'opérateur doit effectuer un travail de rangement ou un travail de commande de mécanisme, puis complètement automatiques, c'est-à-dire pouvant travailler sans la présence d'un opérateur.

Dans un entrepôt automatisé, hommes et chariots ne pénètrent plus dans les allées de stockage. La manutention des rayonnages est assurée par des transstockeurs de plus

de 20 mètres de haut entièrement automatisés. Une solution logistique qui peut doubler la productivité de l'entrepôt.

III.2. Le cahier de charge :

Le palettiseur est composé de trois convoyeurs, deux en bas (pour entrer et sortir des palettes) et l'autre en haut pour les cartons, Ils sont reliés par un élévateur. L'ascenseur porte des palettes à la table d'empilage. Le convoyeur qui est en haut transfère les cartons à la ceinture de chargement.

Premièrement, une rangée est formée de deux cartons, la rangée elle est ensuite poussée vers la table d'empilage. Nous répéterons ce processus jusqu'à ce que nous ayons trois rangées de cartons sur la table d'empilage, ensuite la porte coulissante s'ouvre pour mettre les cartons sur la palette. Ensuite, l'élévateur descend d'un pas, ensuite ferme la porte coulissante. Maintenant nous avons une couche de cartons composée de trois rangées dans chaque rangée deux cartons.

Deuxièmement, une deuxième couche de cartons composée de deux rangées dans chaque rangée trois cartons est formée.

Pour faire ce processus nous sortons le bras rotatif afin de changer la position du carton sur la ceinture de chargement, nous entrons trois cartons, le nombre de cartons est déterminé par le capteur situé à l'extrémité du convoyeur des cartons. Après avoir formé une rangée de trois cartons ils sont ensuite poussés vers la table d'empilage. Nous répétons ce processus jusqu'à ce que nous ayons deux rangées de cartons sur la table d'empilage, ensuite la porte coulissante s'ouvre pour mettre les cartons sur la palette.

Si nous obtenons le nombre de couches désiré, l'élévateur descend au convoyeur de sortie des palettes, Ensuite nous transférons la palette par le convoyeur de sortie au 2ème système (Table Tournante). Ce système est utilisé pour transférer des palettes soit vers le convoyeur à la fin de la ligne, en tournant la Table Tournante à 90 degrés vers le convoyeur à la fin de la ligne. Soit pour le transfert des palettes vers le 3ème système (L'Entrepôt Automatisé), ceci est fait en déplaçant les palettes directement vers le convoyeur de chargement, la palette est ensuite soulevée par le transstockeur vers les lieux de rack.

III.3. Les trois systèmes étudiés

III.3.1. Palettiseur (système principal)

Le Palettiseur est une machine de chargement automatique des cartons sur les palettes

III.3.2. Table Tournante

Elle est utilisée pour déplacé les palettes vers l'entrepôt automatisé ou vers le convoyeur à la fin de la ligne.

III.3.3. Entrepôt automatisé

Elle est utilisée pour stocker les palettes dans le rack de l'entrepôt. Émulés ces systèmes proposés sont des simulations de systèmes réels, que nous avons émuls par le logiciel FACTORY I/O.

III.4. FACTORY I / O

Le logiciel. FACTORY I/O est une simulation d'usine 3D pour l'apprentissage des technologies d'automatisation. Conçu pour être facile à utiliser, il permet de construire rapidement une usine virtuelle en utilisant une sélection de pièces industrielles communes. FACTORY I / O comprend également de nombreuses scènes inspirées par des applications industrielles typiques, allant du débutant au niveau de difficulté avancé.

Le scénario le plus courant consiste à utiliser les E / S FACTORY en tant que plate-forme de formation d'API car les automates sont les contrôleurs les plus courants dans les applications industrielles. Cependant, il peut également être utilisé avec des microcontrôleurs, SoftPLC, Modbus, parmi de nombreuses autres technologies.

III.4.1. Vue du FACTORY I/O

La figure III.1 donne une vue générale de l'environnement FACTORY I/O et la figure III.2 représente les trois systèmes dans cet environnement.



Figure III.1: Fenêtre principale de FACTORYI/O.

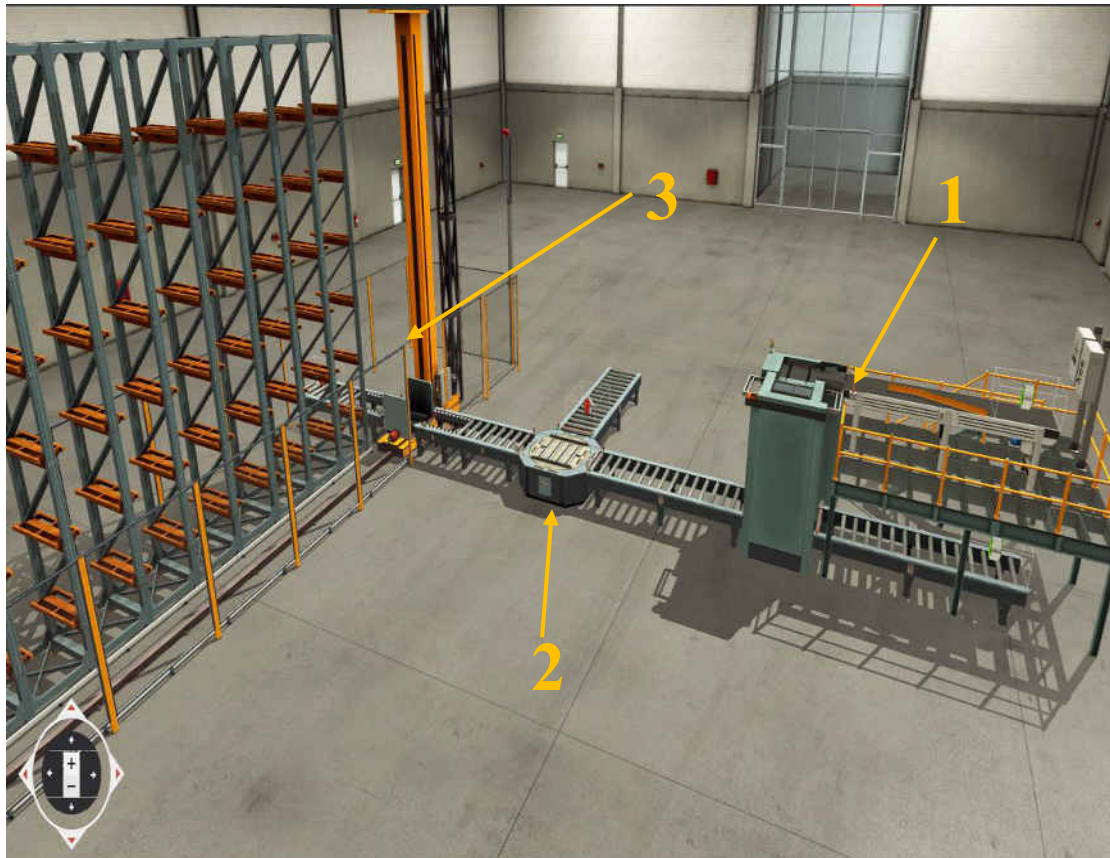


Figure III.2 : Palettiseur avec l'entrepôt lié par la table tournante.

- **1 : Palettiseur**
- **2 : Table tournante**
- **3 : Entrepôt automatisé**

III.5. Panneau de contrôle

Les afficheurs et indicateurs indispensables à la surveillance de la machine sont regroupés sur un panneau de contrôle, associé généralement avec les différentes commandes de la machine.

Un panneau de contrôle est aussi un dispositif, généralement mural, dans une installation, industrielle ou autre, regroupant les divers affichages (compteurs, écrans, voyants et indicateurs divers...) permettant la surveillance de son fonctionnement. Il se situe généralement dans une salle de contrôle, regroupé avec les dispositifs permettant de réguler ce fonctionnement et piloter les opérations. Cette salle regroupe aussi les moyens de communication avec l'extérieur.

III.5.1. Structure de panneau de commande

Le panneau de contrôle se compose de plusieurs boutons différents avec plusieurs afficheurs représentés dans le tableau III.1. Les figures III.4 à III.5 représentent les images de la structure du panneau de commande.

Numéro d'élément	Variables	Entrée / Sortie	Description	Type
0	i11	Entrée	Bouton d'urgence	Bouton poussoir d'arrêt d'urgence
1	i12	Entrée	Switch	Selector switch Auto/manual
2	i8	Entrée	Bouton Start	Bouton poussoir
3	i10	Entrée	Bouton Stop	Bouton poussoir
4	i9	Entrée	Bouton Reste	Bouton poussoir
5	m303	Sortie	Compter les palettes sortantes	Afficheur digital
6	m300	Sortie	Compter les cartons	Afficheur digital
7	i16	Entrée	Bouton Sélectionner le nombre de couche	Bouton poussoir
8	m302	Sortie	Afficher les nombre de couches	Afficheur digital
9	i15	Entrée	Bouton Sélectionner le nombre des palettes Pour être sorti	Bouton poussoir
10	m301	Sortie	Afficher les nombre des palettes	Afficheur digital
11	i26 / i27	Entrée	Switch	Selector charge /décharge
12	i33	Entrée	Bouton stockage	Bouton
13	i34	Entrée	Bouton Sélectionner lieu de rack	Bouton poussoir
14	i35	Entrée	Bouton Sélectionner lieu de rack	Bouton poussoir
15	i36	Entrée	Bouton lieu de rack à zéro	Bouton poussoir
16	m305	Sortie	Afficher le lieu de rack	Afficheur digital
17	o13	Sortie	Lumière de START	Lampe
18	o15	Sortie	Lumière de Stop	Lampe
19	o14	Sortie	Lumière de Reset	Lampe

Tableau III.1: Structure de panneau de commande

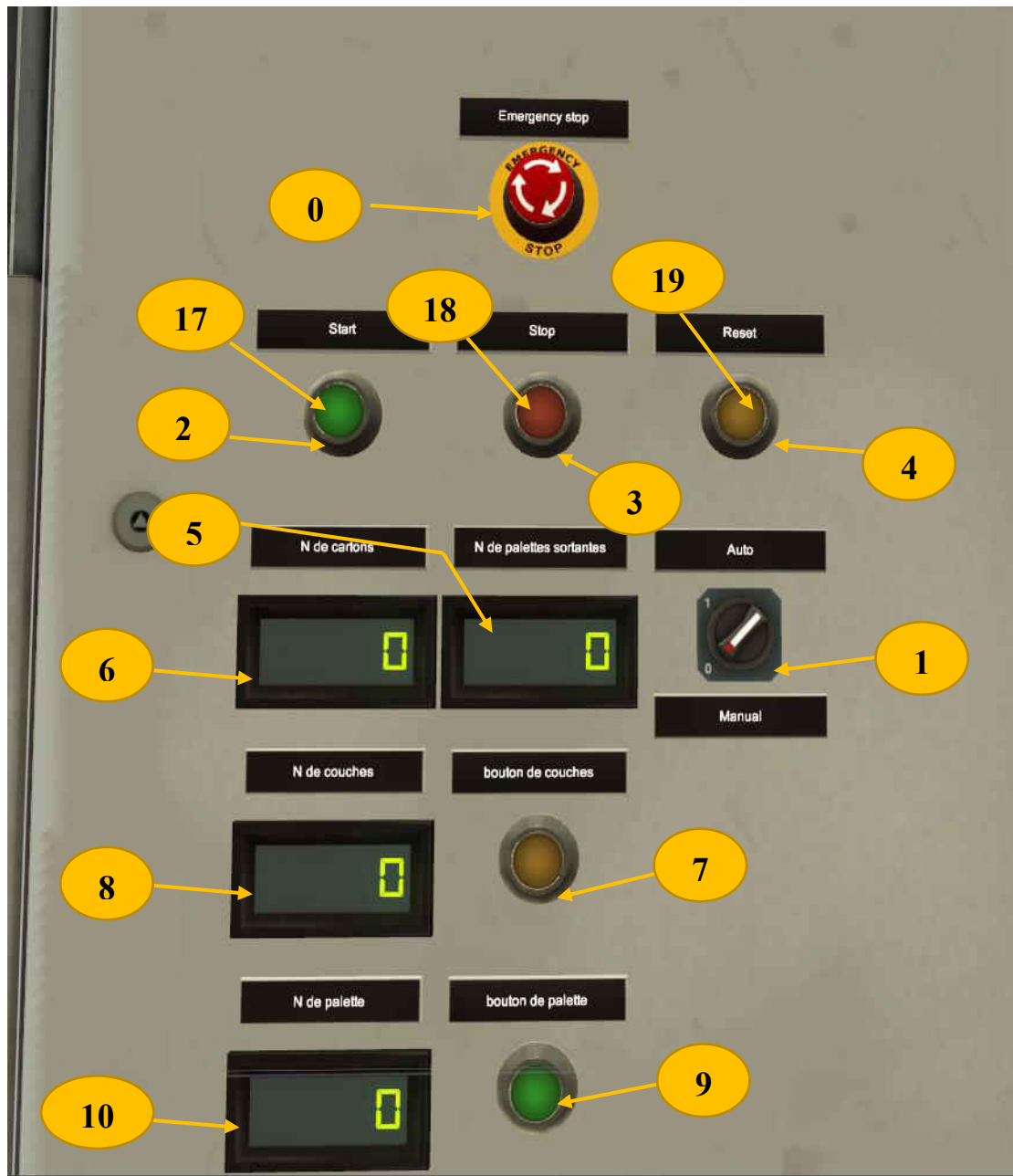


Figure III.3 : Structure du panneau de commande (1).

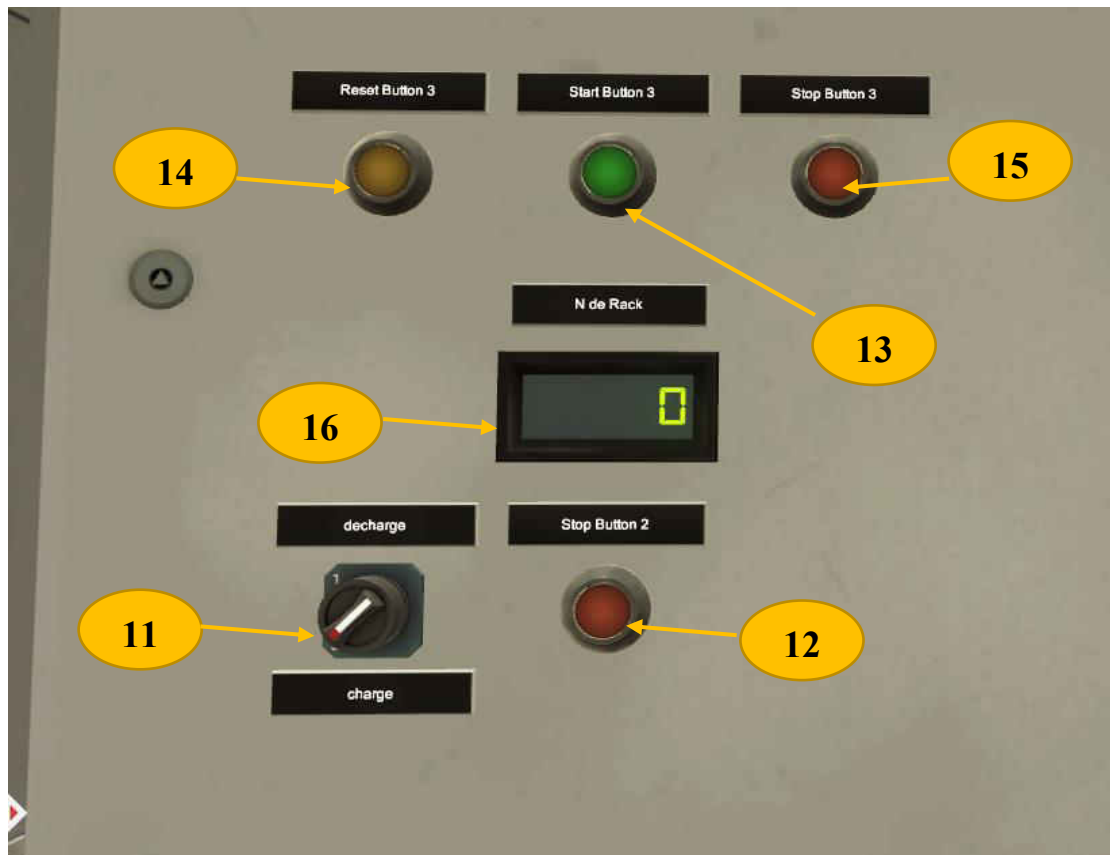


Figure III.4: Structure de panneau de commande (2).

III.6. Le 1^{er} système : palettiseur (Système principal) :

Le palettiseur est un appareil qui sert à charger des colis sur une palette. Il a énormément évolué ces dernières années. Au début, le palettiseur n'existait pas et la palettisation se faisait manuellement. Les opérateurs chargeaient la marchandise avec leurs mains sur les palettes. Les colis étaient lourds, cette tâche était pénible et cela entraînait une productivité assez faible. C'est pourquoi les industriels ont concentré leurs recherches pour que leurs employés aient de meilleures conditions de travail et que la productivité augmente. Ils ont pensé à faire des postes de palettisation étudiés pour que les opérateurs aient le moins de gestes possibles à effectuer (voir figure III.5).



Figure III.5: Palettiseur couche par couche.

III.6.1 Structure du palettiseur :

a. Capteurs

Le système Palettiseur comporte huit capteurs, représentés dans le tableau III.2.

Capteurs	variables	Entrée / Sortie	Description	Type
Cap p0	i0	Sortie	palette à l'entrée	Photo- électrique
Cap p1	i2	Sortie	la palette chargée	De présence TOR
Cap p2	i1	Sortie	Palette à la sortie	Photo- électrique
Cap p3	i7	Sortie	Élévateur en mouvement	De position TOR
Cap p4	i6	Sortie	cartons serrée	De position TOR
Cap p5	i4	Sortie	pousser à la limite	De position TOR
Cap p6	i5	Sortie	la porte coulissante fermée/ouvert	De position TOR
Cap p7	i3	Sortie	Carton à l'entrée	Photo- électrique

Tableau III.2 : Les capteurs du palettiseur.

Les figures III.7 et III.8 représentent les capteurs du palettiseur.

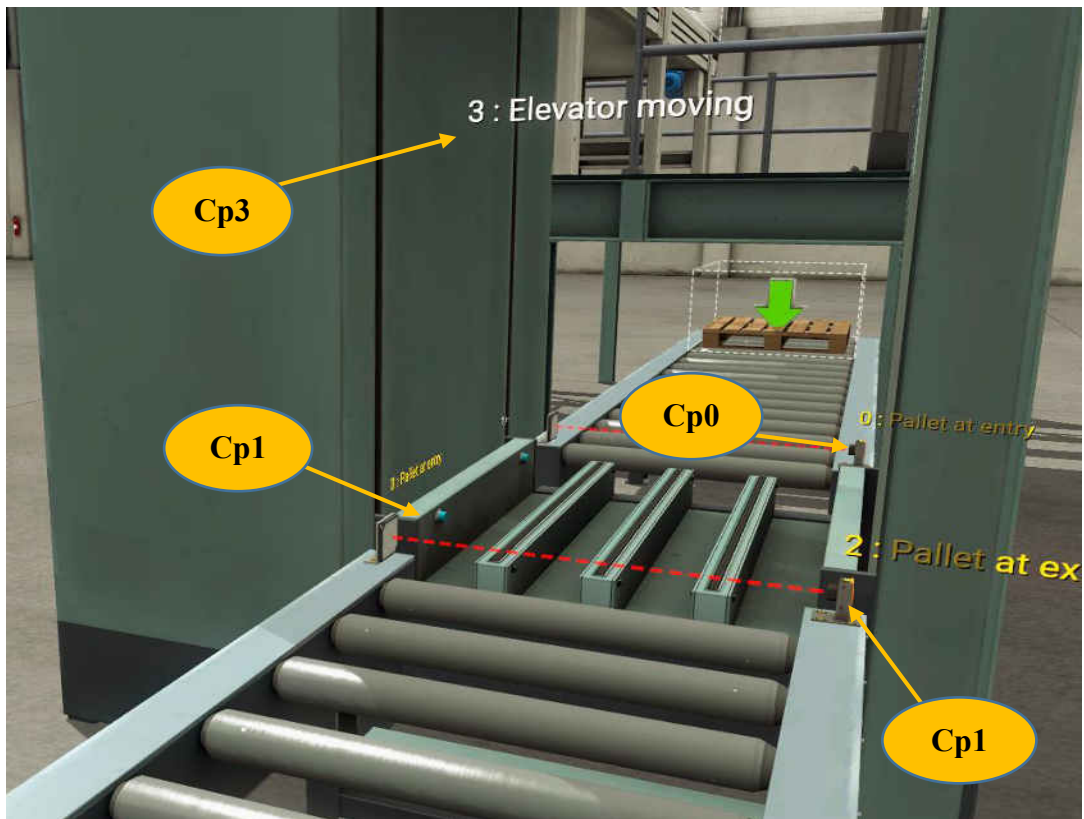


Figure III.6 : Position des capteurs dans le système en bas.

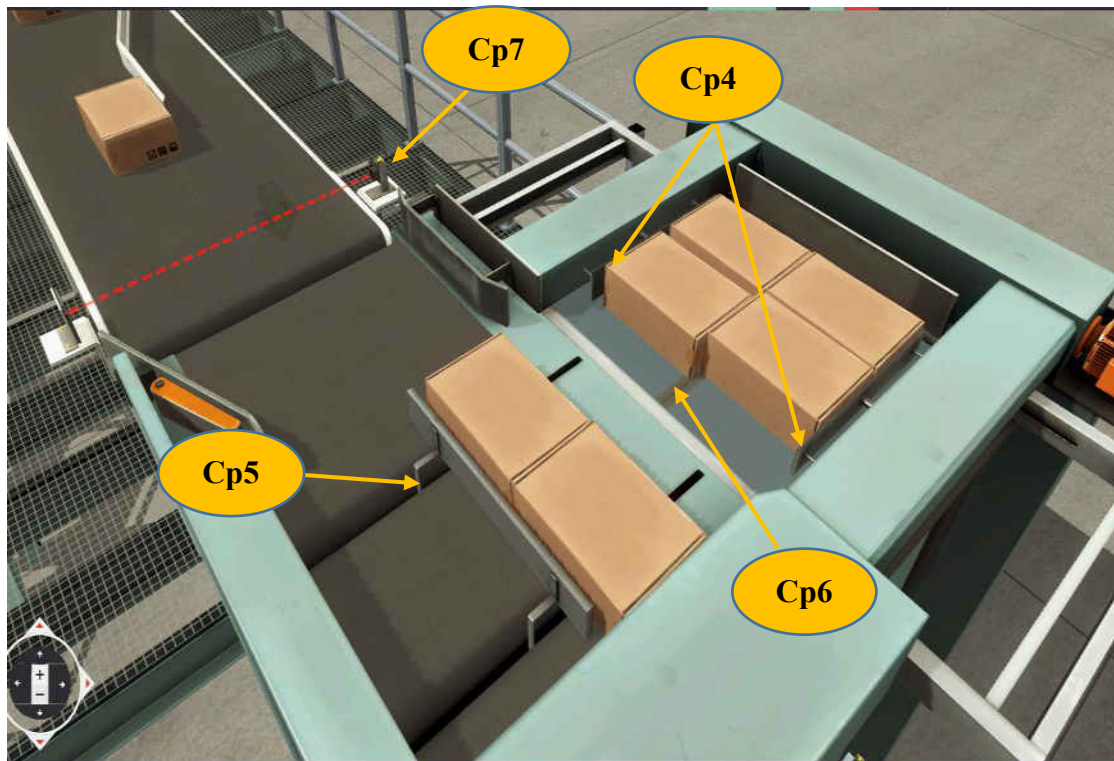


Figure III.7: Position des capteurs dans le système en haut.

b. Actionneurs

Concernant les actionneurs, le système comporte Onze actionneurs comme le montre le tableau III.3. Les figures III.9 à III.10 représentent les photos les actionneurs.

Actionneurs	Variables	Entrée / Sortie	Description	Type
A P1	o0	Entrée	Convoyeur de palette à l'entrée	Moteur
A P2	o1	Entrée	Convoyeur de palette chargée	Moteur
A P3	o2	Entrée	Convoyeur de palette à la sortie	Moteur
A P4	o4	Entrée	Monter le monte-charge (palette)	Moteur
A P5	o5	Entrée	Descendre le monte-charge (palette)	Moteur
A P6	o6	Entrée	Convoyeur de cartons	Moteur
A P7	o7	Entrée	Le bras rotatif	Vérin simple effet
A P8	o9	Entrée	La ceinture de chargement	Moteur
A P9	o8	Entrée	Pousseurs	Vérin simple effet
A P10	o10	Entrée	Attacher les cartons	Vérin simple effet
A P11	o11	Entrée	Fermer/Ouvert le porte coulissante	Moteur
A P12	o12	Sortie	Lumière d'alarme	Lampe

Tableau III.3: les actionneurs du palettiseur.

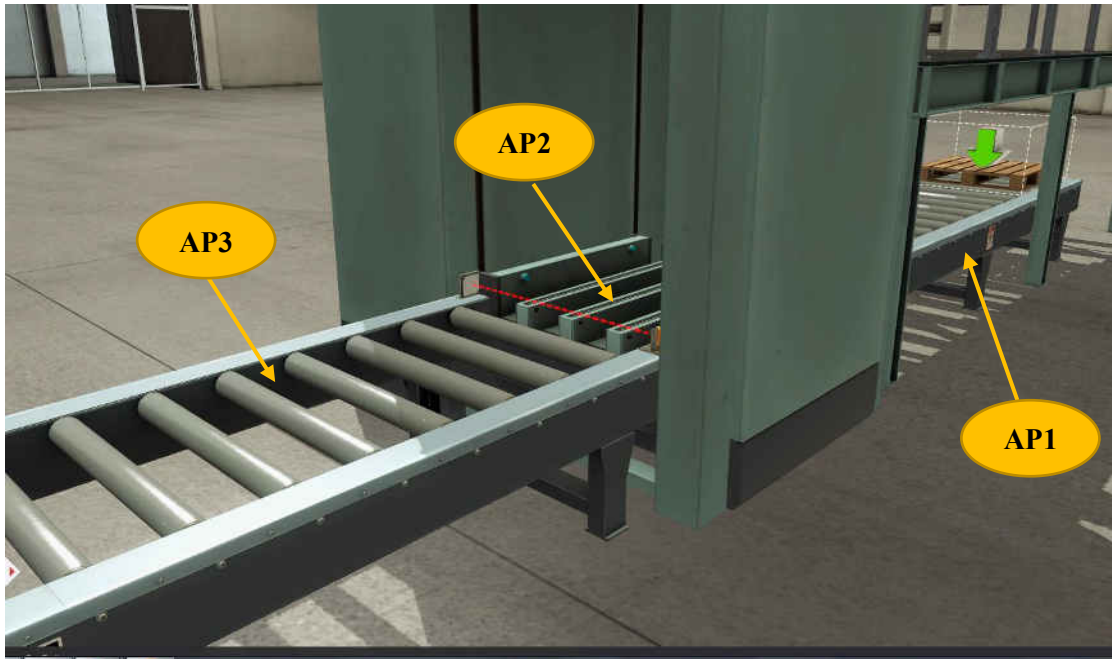


Figure III.8: Positionnement des actionneurs dans le système en bas.

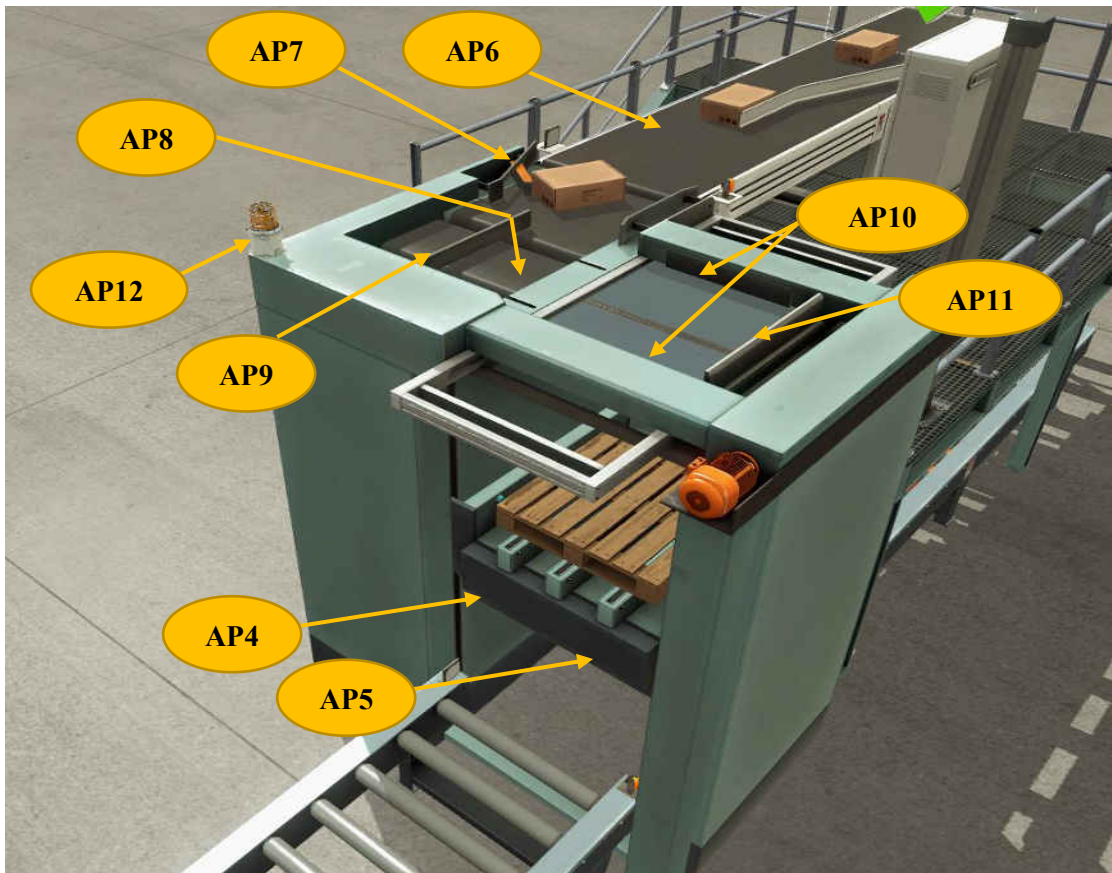


Figure III.9: Le positionnement des actionneurs dans le système en haut.

III.6.2. Analyse Fonctionnelle Du Palettiseur:

Cette étape permet d'identifier clairement les éléments à étudier et leurs fonctions. Pour cela nous avons procédé par une analyse structurale qui vise à décomposer la machine en question, afin de mettre en relief l'ensemble des organes faisant partie de la machine.

a. Diagramme de bête à corne

La bête à corne nous permettra de déterminer les exigences fondamentales qui justifient la conception du palettiseur, et cela à l'aide des trois questions fondamentales:

- A qui rend-il service ?
- Sur quoi agit-il ?
- Dans quel but ?

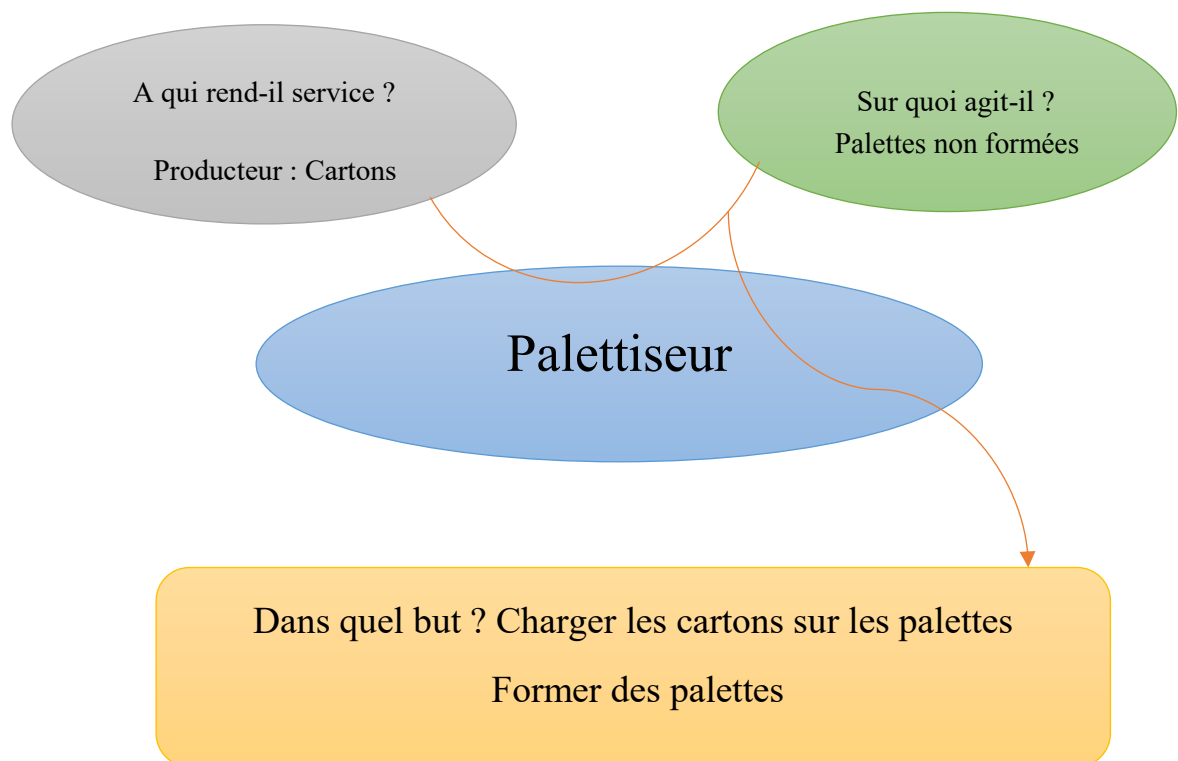


Figure III.10: La bête à corne du palettiseur.

III.6.3. Classification des fonctions de service

Un diagramme FAST (Fonctionnel Analysais System Technique) présente une décomposition hiérarchisée des fonctions du système allant des fonctions de service (fonctions en lien avec le milieu extérieur) et passant par les fonctions techniques (fonctions internes au système) jusqu'à l'énoncé des solutions technologique employées ou prévues pour remplir les fonctions techniques. On s'intéresse à un palettiseur. Une de ses fonctions principales de service est : "Former des palettes de cartons". Le diagramme FAST sera alors :

Le codage des fonctions :

- FP pour fonction principale
- FC pour fonction complémentaire

FONCTION	DESCRIPTION
FP	Former des palettes de carton
FC1	Piloter le système en sécurité
FC2	Alimenter le palettiseur en énergie électrique
FC3	Alimenter le palettiseur en énergie pneumatique
FC4	Ne pas polluer l'environnement
FC5	Ne pas détériorer les cartons

Tableau III.4 : codage des fonctions.

III.6.3.1 Représentation graphique

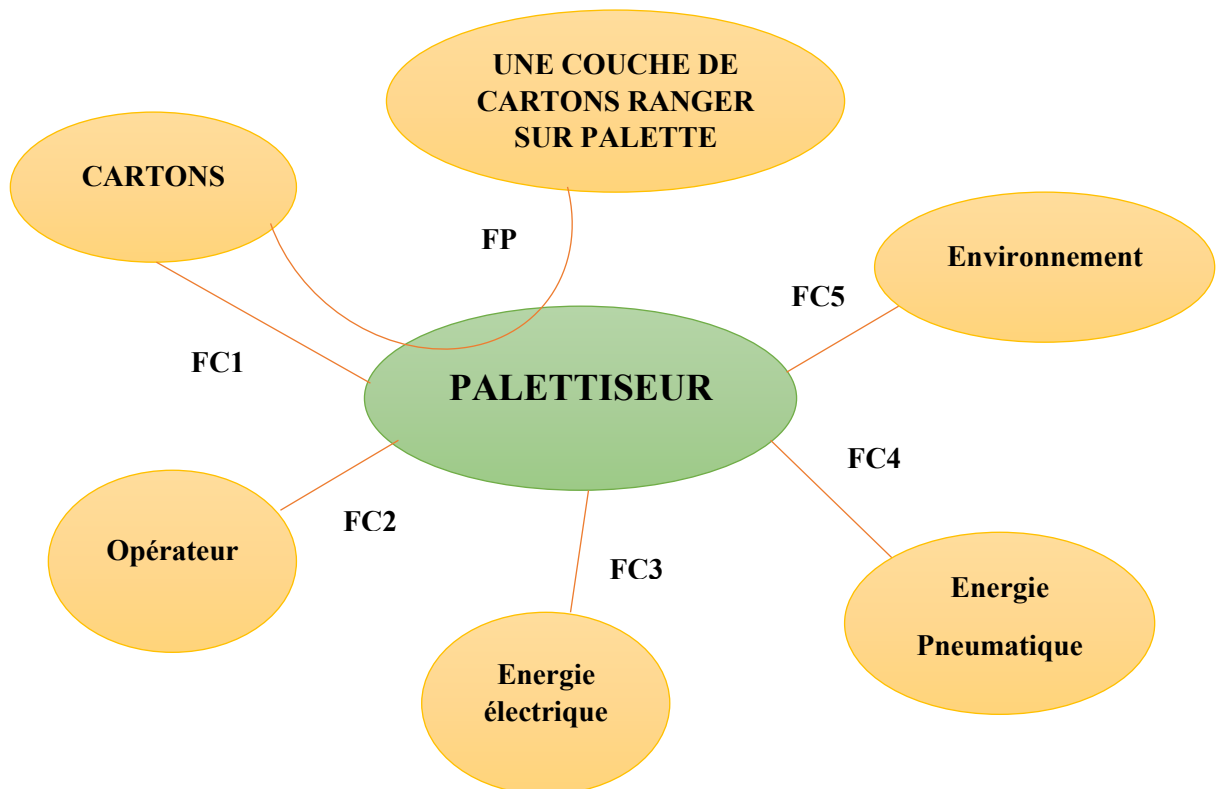


Figure III.11 : Diagramme des interactions.

III.6.4. Fonction globale

Notre SAP a besoin de l'énergie électrique, pour alimenter ses composants ainsi que les ordres contenus dans les données du programme et en fin du déclencheur du traitement qui est souvent bouton Marche, afin de rendre service au producteur en lui donnant des cartons formés en palettes à la sortie.

a. Analyse besoin-produit :

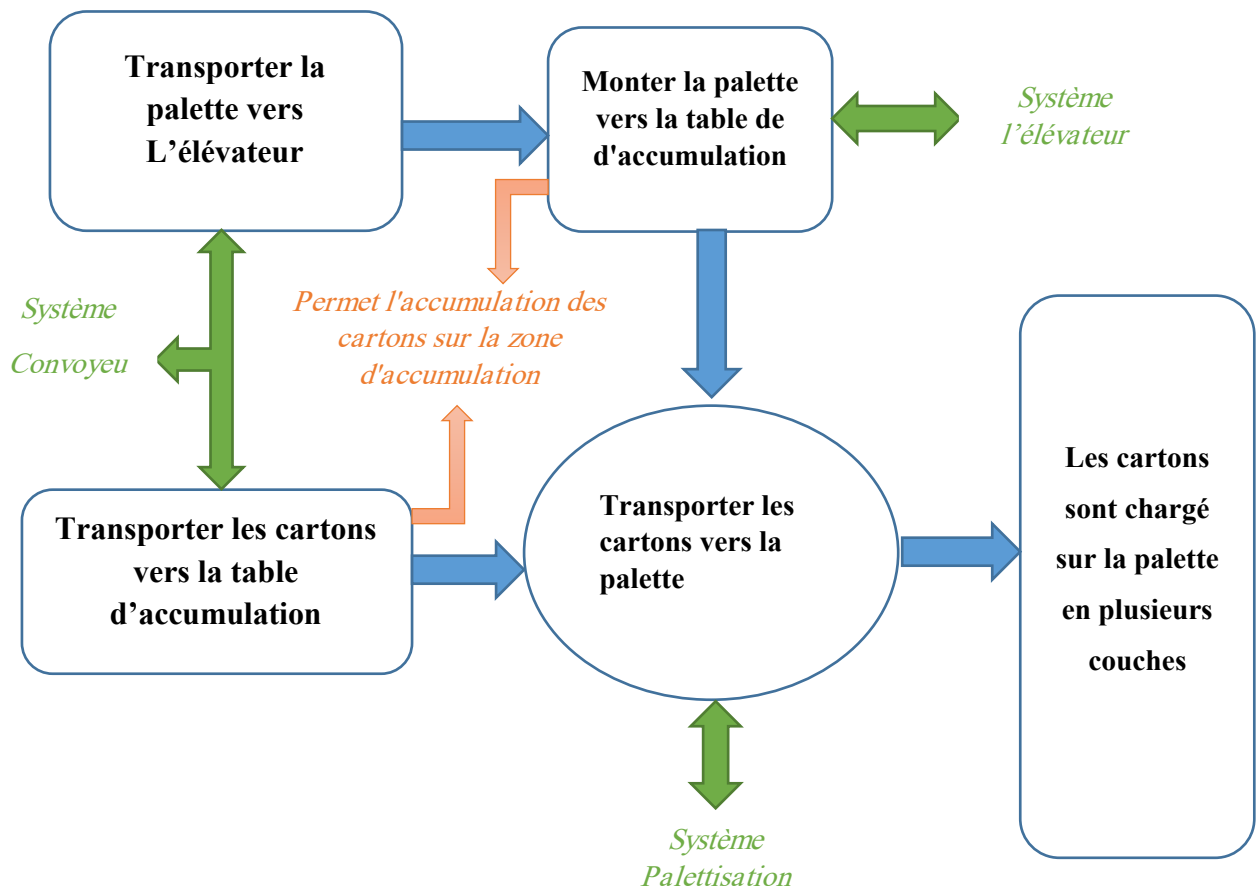


Figure III.12 : Diagramme d'analyse besoin produit.

III.7. LES GRAFCETS

III.7.1. Le Grafcet de palettiseur (système principal)

Pour mettre le système en fonctionnement il faut switcher le sélecteur en mode auto, ensuite appuyer sur le bouton Start il faut aussi choisir le nombre de couche entre (2 à 5) par le bouton sélectionner le nombre de couche (si le nombre de couches n'est pas sélectionné, deux couches sont automatiquement sélectionnées), nous pouvons également choisir le nombre des palettes que nous voulons expédier.

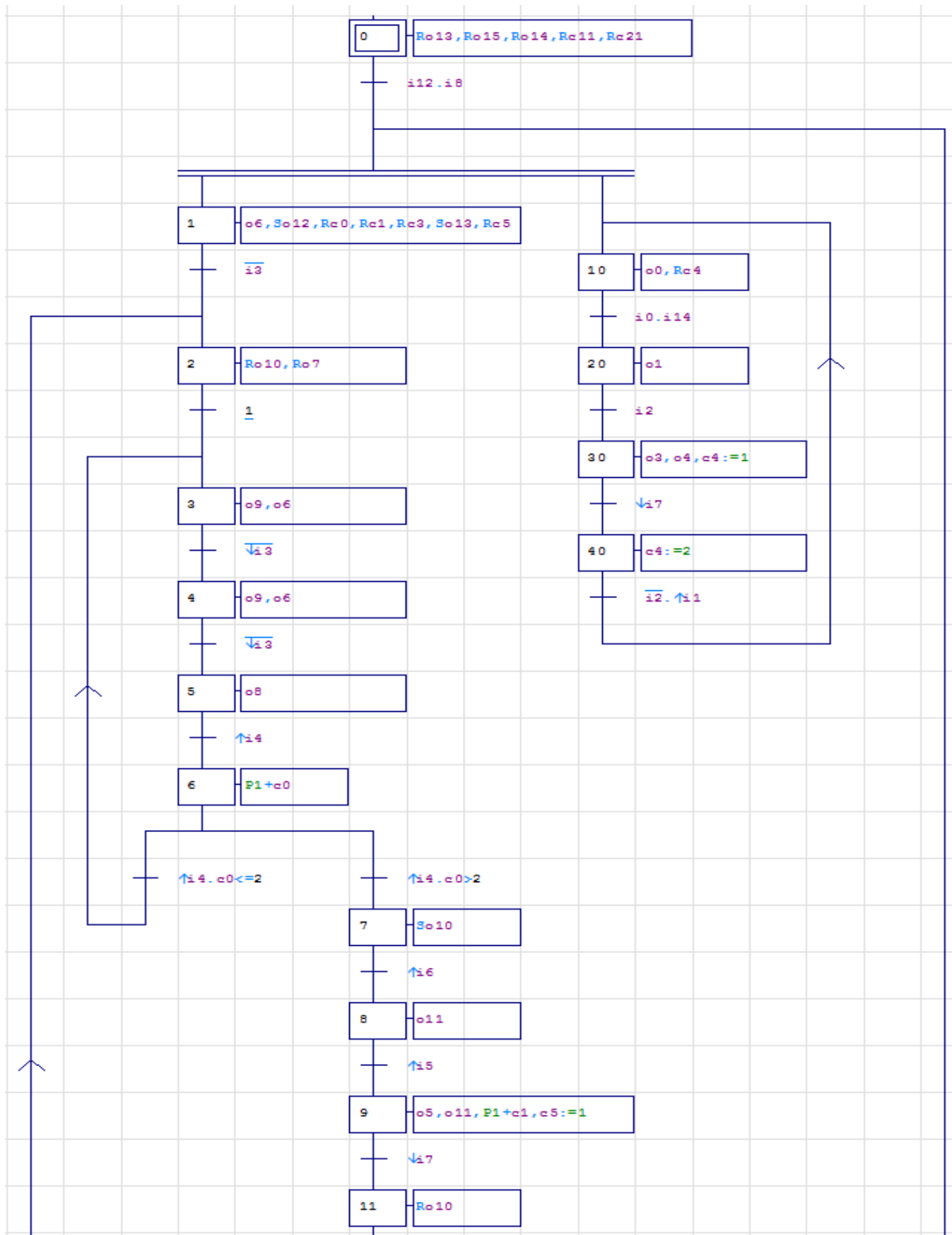


Figure III.13 : GRAFCET de palettiseur (système principal) 1/2.

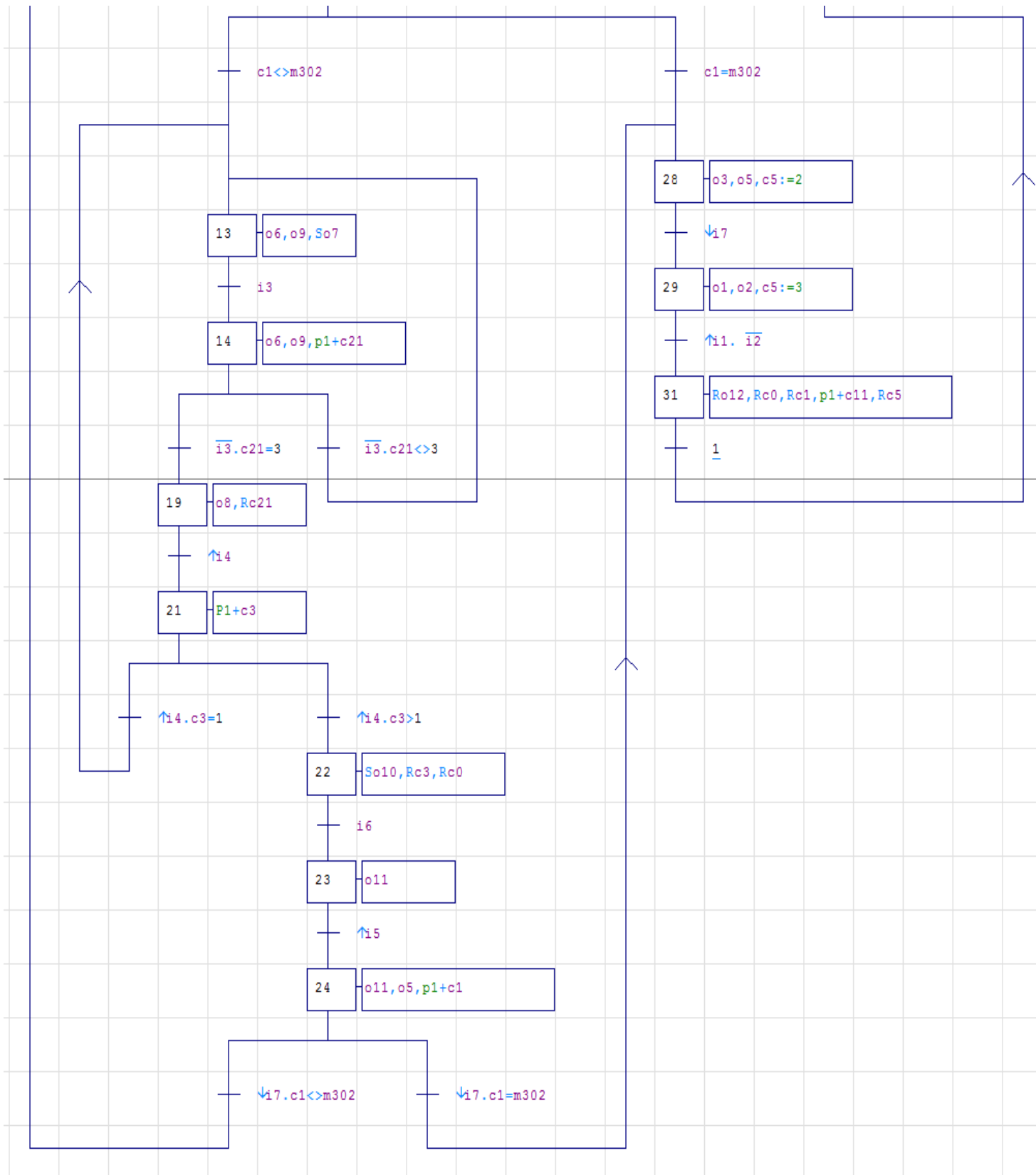


Figure III.14 : GRAFCET de palettiseur (système principal) 2/2.

III.7.2. Grafcet de nombre des couches

Le nombre de couches est sélectionné par le bouton de sélection des couches, le minimum de couches est deux et le maximum de couches est cinq. Le nombre de couches sélectionnées est affiché sur l'afficheur digital qui leur est affecté.

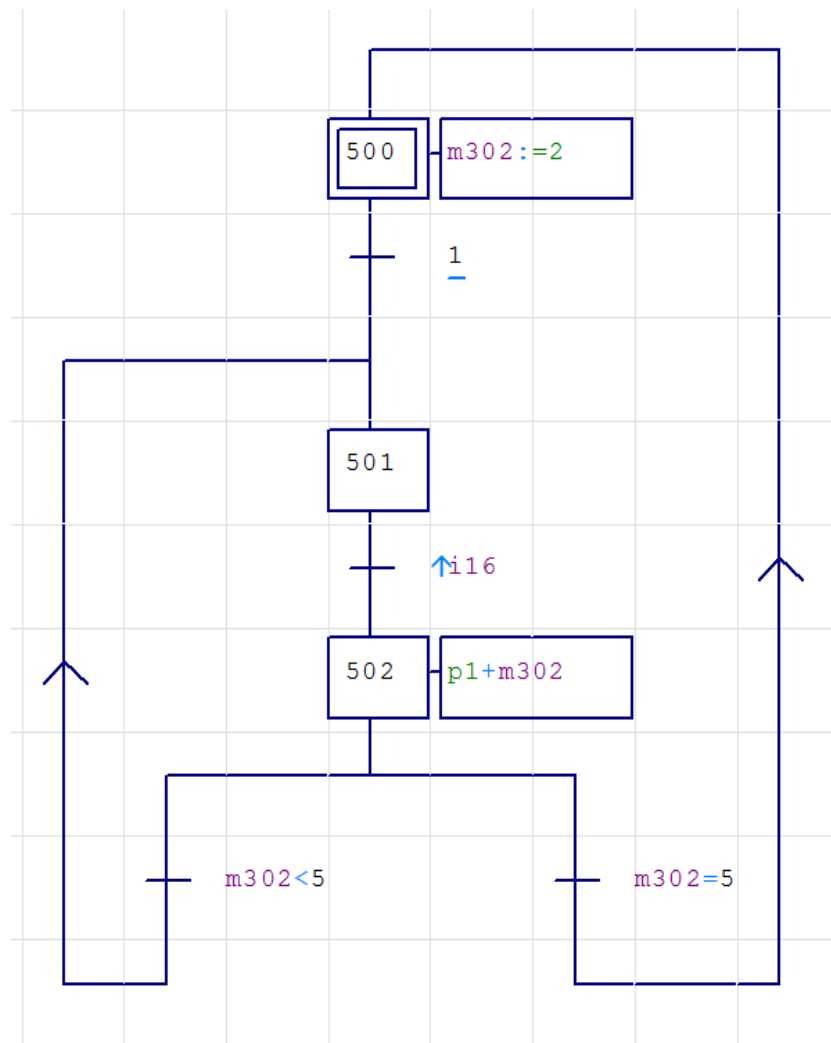


Figure III.15 : GRAFCET pour choisir le nombre de couches.

III.7.3. Grafcet de nombre des palettes

Ce grafcet nous permet de choisir le nombre des palettes que nous voulons expédier, en cas de non choix, le palettiseur reste en production jusqu'à ce qu'il soit arrêté par un bouton de stop.

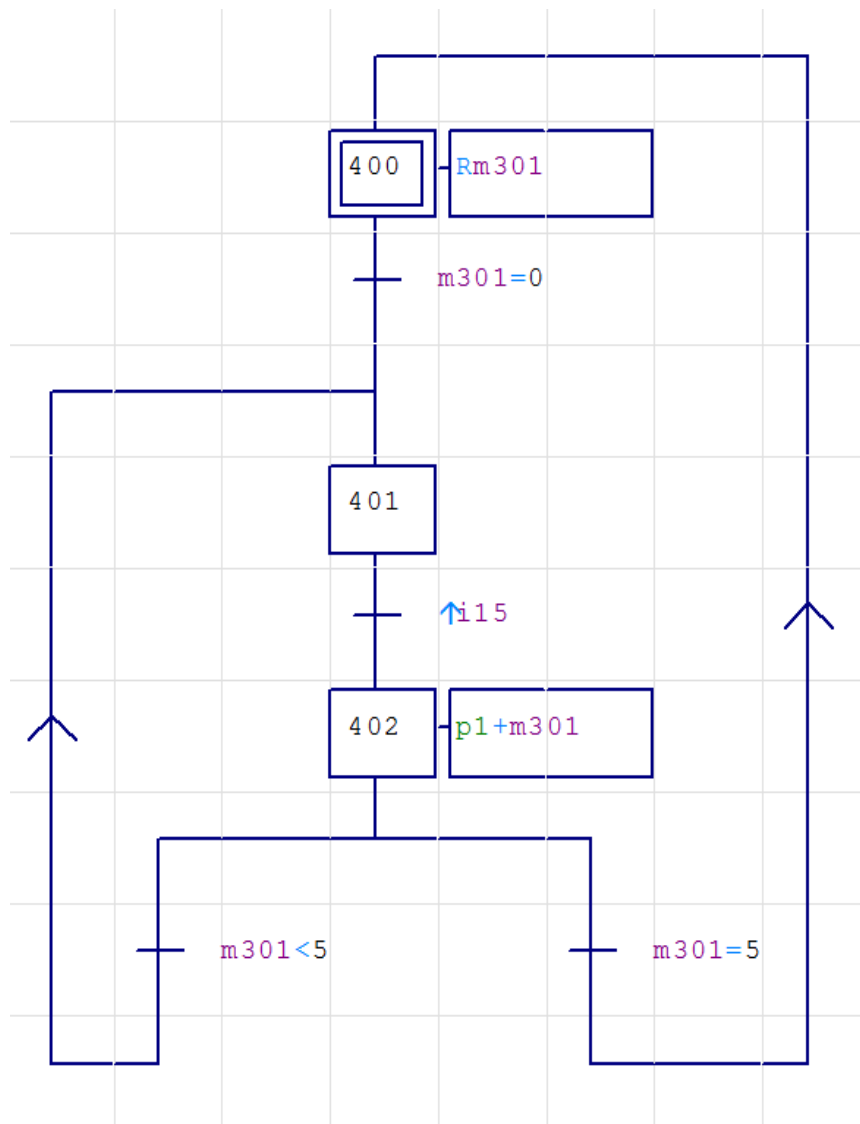


Figure III.16: GRAFCET Choisissez et affichez le nombre des palettes.

En cas de choix du nombre des palettes, ce grafcet va arrêter le système principal (le palettiseur) quand le nombre des palettes atteint le nombre requis. Sinon, le palettiseur restera actif.

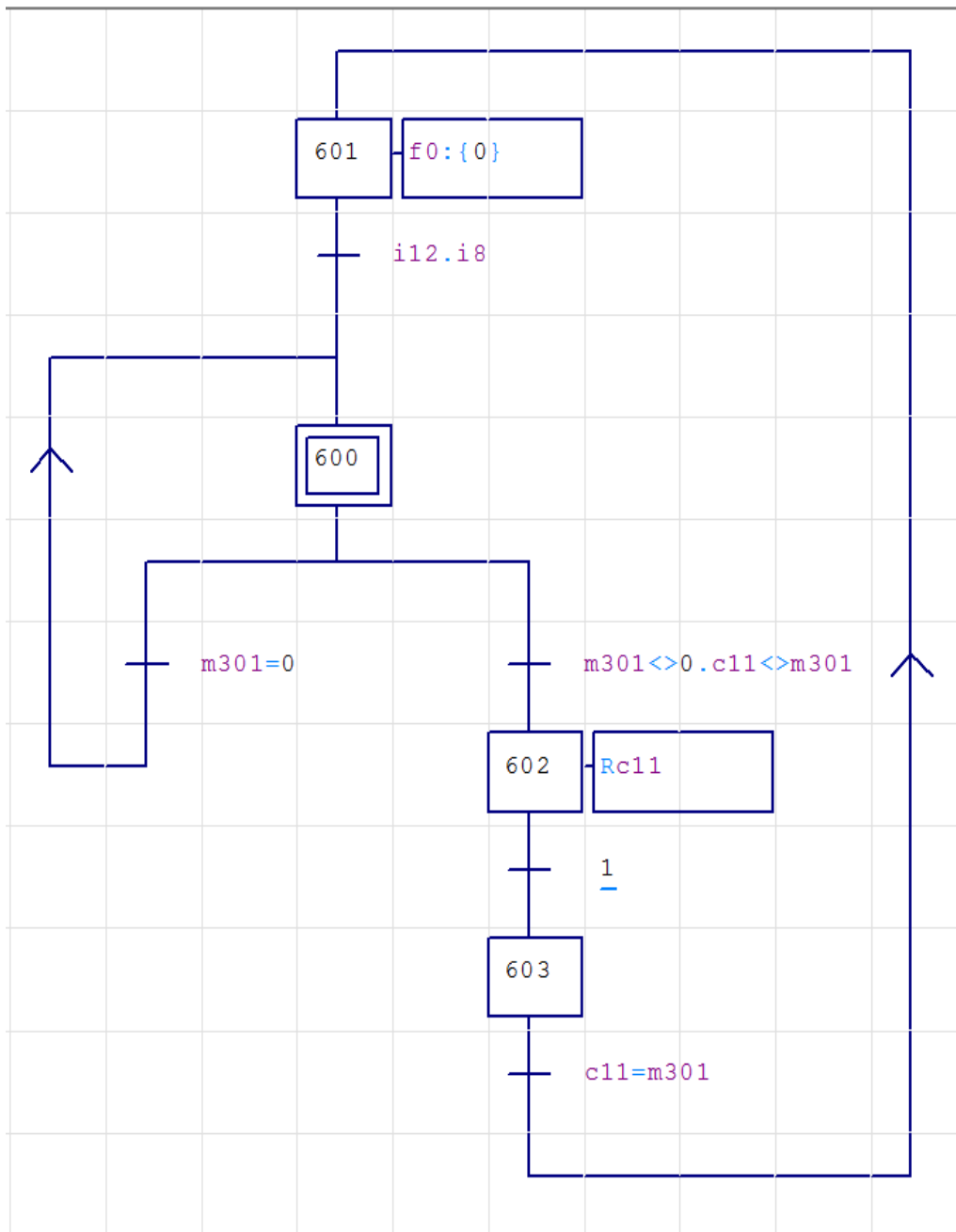


Figure III.17 : GRAFCET d'arrête le palettiseur quand le nombre des palettes atteint le nombre requis.

III.7.4. Grafcet cartons et palettes qui a été produit

Ce grafcet compte le nombre cartons et les palettes sortantes, ensuite il affiche le nombre sur l'afficheur digital, spécifie le nombre de cartons et palettes par des capteurs (Cp2 (i1) et Cp7 (i3)).

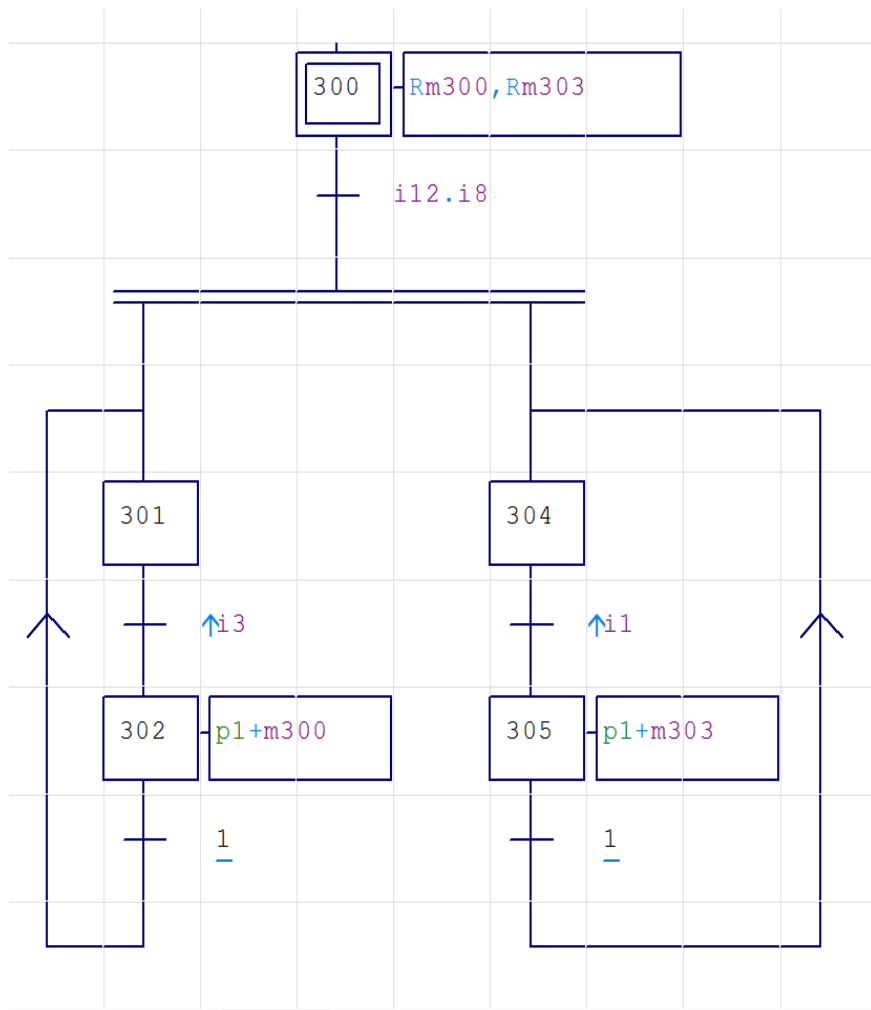


Figure III.18 : GRAFCET cartons et palettes produites.

III.8. Le 2ème système : Table Tournante

Elle peut-être à rouleaux ou à chaînes, mais avec capacité de rotation. Elle transfère les palettes entre des convoyeurs non alignés et offre la possibilité d'orienter la palette dans n'importe quel angle par rapport à la direction d'entrée. Cette table tournante à rouleaux est idéale pour une ligne de manutention.

Elle est constitué d'un convoyeur à rouleaux motorisés inséré dans une table permettant une rotation 0-360°. Cette table tournante à rouleaux est très utile pour le transport de palettes.

III.8.1. Structure de Table Tournante :

a. Capteurs

Le système Table Tournante comporte cinq capteurs, représentés dans le tableau suivant :

Capteurs	variables	Entrée / Sortie	Description	Type
Cap T 1	i29	Entrée	Limite 90 degré de la Tournante	De présence TOR
Cap T 2	i30	Entrée	Limite arrière de la Tournante	De présence TOR
Cap T 3	i31	Entrée	Palette à l'entrée de la table tournant	Photo-électrique
Cap T 4	i17	Entrée	Palette à la sortie de la table tournant vers entrepôt	Photo-électrique
Cap T5	i32	Entrée	Palette à la sortie de la table tournant vers le convoyeur à la fin de la ligne	Photo-électrique
Cap T6	i28	Entrée	Limite 0 degré de la Tournante	De présence TOR

Tableau III.5 : les capteurs de table tournante

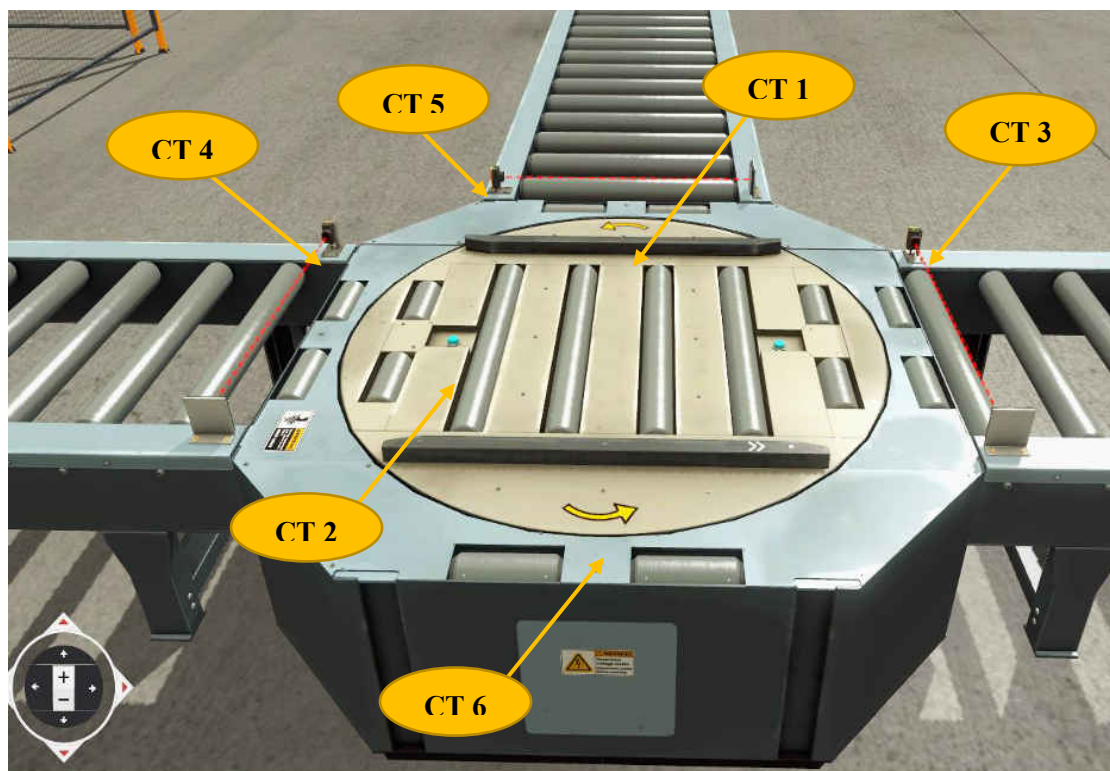


Figure III.19: Position des capteurs dans Table Tournante.

c. Actionneur

Concernant les actionneurs, le système table Tournante comporte six actionneurs comme le montre le tableau suivant :

Actionneurs	variables	Entrée / Sortie	description	type
A T1	o26	Sortie	Rouleau (-) de table tournante	Moteur
A T2	o25	Sortie	Rouleau (+) de table tournante	Moteur
A T3	o24	Sortie	Tourne la table tournante	Moteur
A T4	o2	Sortie	Convoyeur de palette à la sortie	Moteur
A T5	o17	Sortie	Convoyeur de palette vers l'entrepôt	Moteur
A T6	o27	Sortie	Convoyeur de palette à la fin de la ligne	Moteur

Tableau III.6 : les actionneurs de table tournante

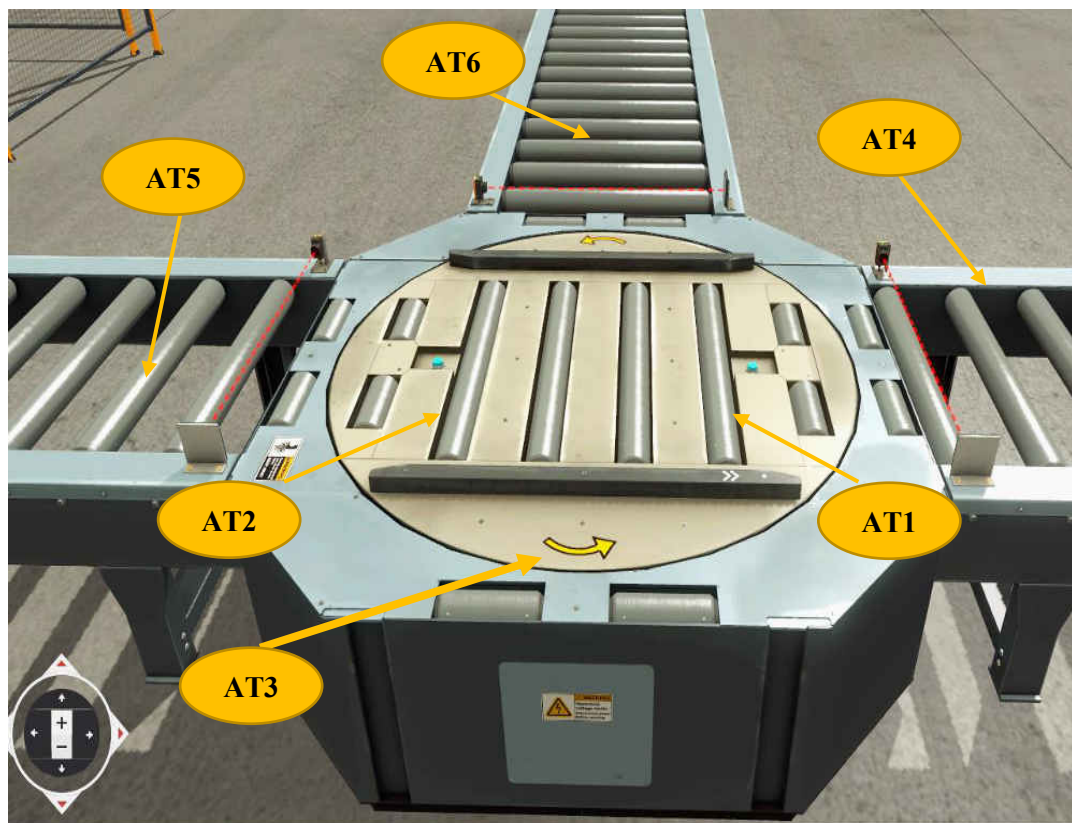


Figure III.20 : Le positionnement des actionneurs dans la table tournante.

III.8.2. GRAFCET : grafcet table tournante

La table tournante déplace les palettes du convoyeur de palette à la sortie vers le convoyeur de palette à la fin de ligne en trois cas :

- Soit le troisième système (entrepôt) ne fonctionne pas.
- Soit le troisième système (entrepôt) est dans le cas de décharge.
- Soit le troisième système (entrepôt) est plein.

Sinon, la table tournante fait déplacer les palettes du convoyeur de palette à la sortie vers le convoyeur de palette vers l'entrepôt.

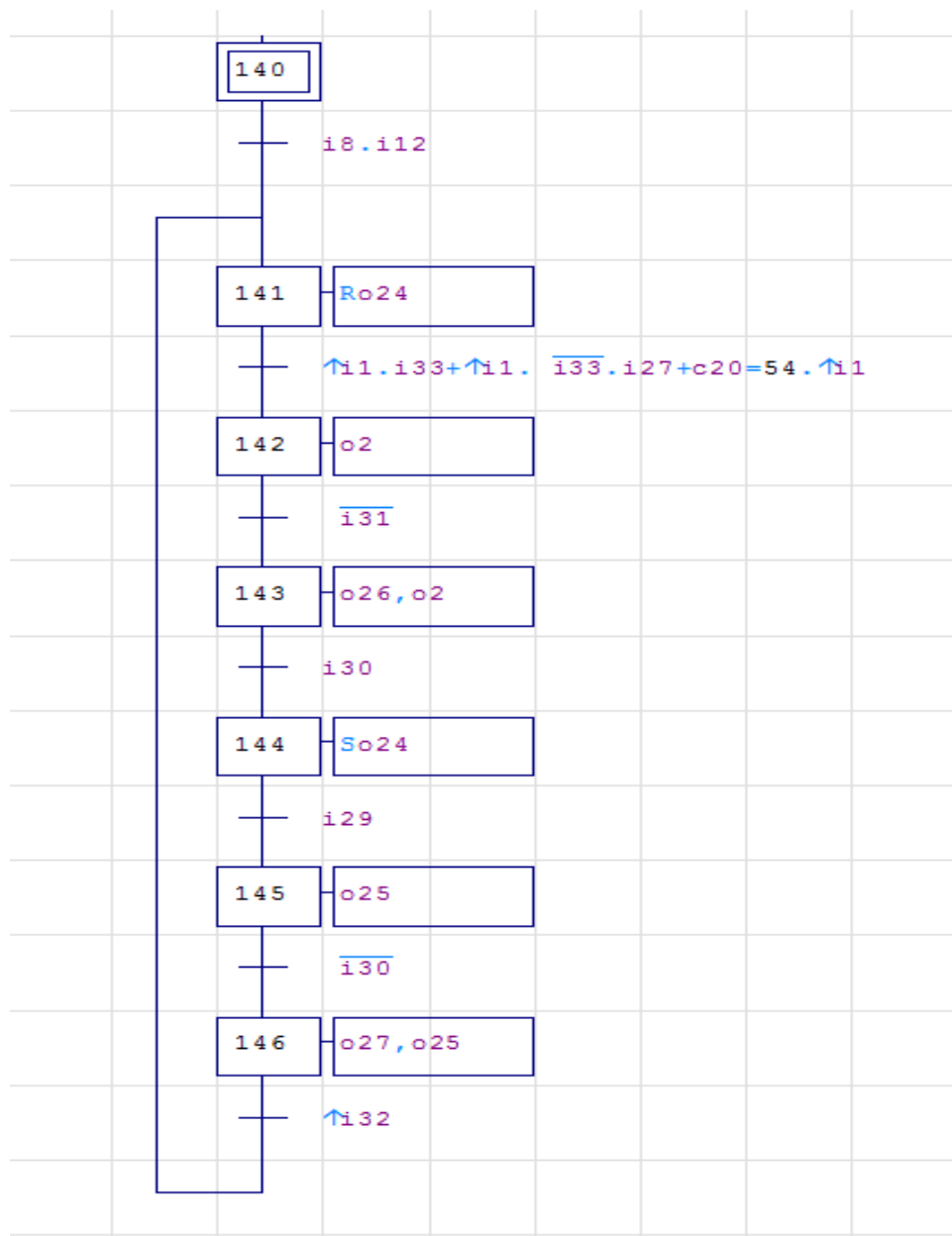


Figure III.21 : GRAFCET table tournante.

III.9. Le 3ème système : entrepôt automatisé

Un entrepôt est un bâtiment logistique destiné au stockage et à la distribution de biens. Les entrepôts sont utilisés par les industriels, les entreprises d'import-export, les grossistes, les transporteurs, les douanes, etc. Ce sont de grands bâtiments, depuis quelques centaines jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés.

Ces bâtiments sont situés le plus souvent dans des zones péri-urbaines. Souvent construits à l'origine dans des zones industrielles près d'usines, on observe désormais l'apparition de zones logistiques dédiées aux entrepôts, sans autre activité industrielle.

Le concept de stockage automatique permet de stocker automatiquement les marchandises sur des palettes ou dans des boîtes, cartons et caisses dans les magasins et centres de distribution. Ce concept est adapté aux applications et industries suivantes:

- Stockage à haut débit de charges isolées pleines pour les biens de consommation courante dans les industries alimentaires, la distribution et la logistique, et le secteur pharmaceutique.
- Stockage en vrac compact pour les marchandises dont la mise sur le marché est plus longue, pour le réapprovisionnement d'autres entrepôts ou zones de préparation de commande.

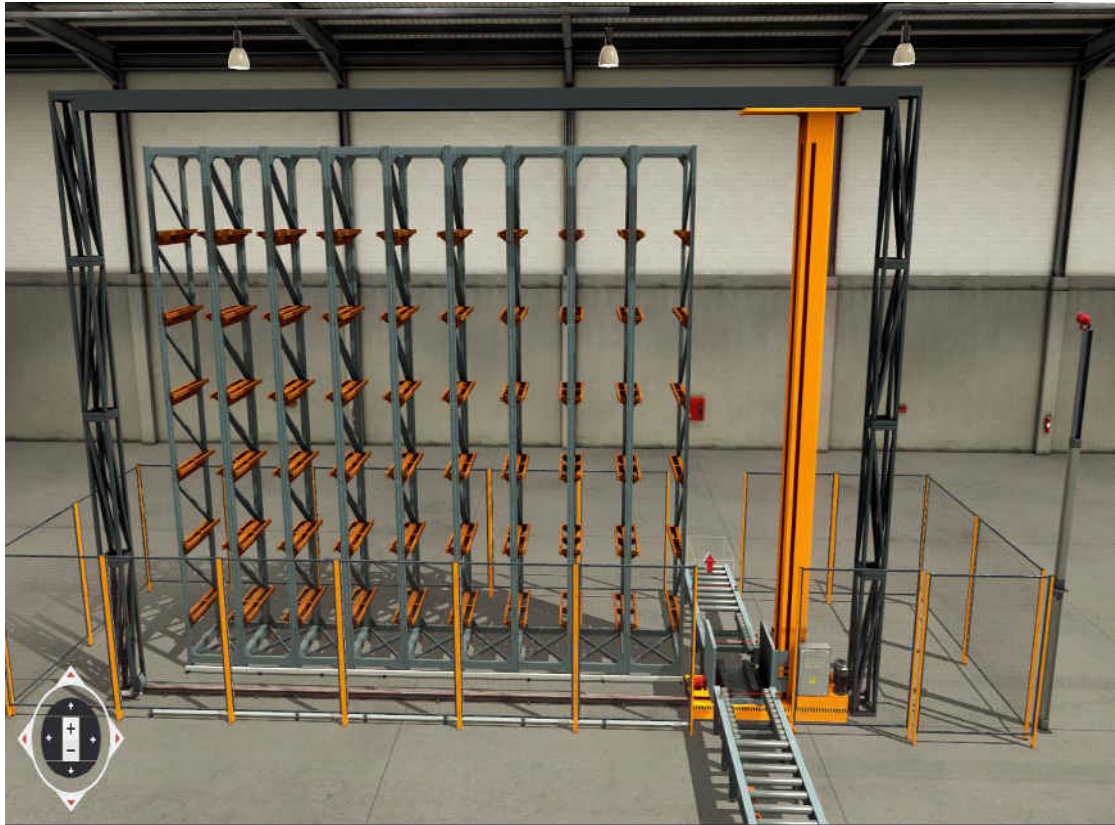


Figure III.22 : L'entrepôt automatisé.

III.9.1. Structure d'entrepôt automatisé

b. Capteurs

L'entrepôt automatisé comporte neuf capteurs, représentés dans le tableau suivant :

Capteurs	Variables	Entrée / Sortie	Description	Type
Cap E1	i19	Entrée	au chargement	Photo-électrique
Cap E2	i20	Entrée	Les fourches au milieu	de position TOR
Cap E3	i21	Entrée	Les fourches à droite	de position TOR
Cap E4	i18	Entrée	Les fourches à gauche	de position TOR
Cap E5	i24	Entrée	Transstockeur en mouvement X	de position TOR
Cap E6	i25	Entrée	Transstockeur en mouvement Z	de position TOR
Cap E7	m304	Entrée	rayonnages	de position TOR
Cap E8	i22	Entrée	à décharger	Photo-électrique
Cap E9	i23	Entrée	à la sortie 2	Photo-électrique

Tableau III.7 : les capteurs d'entrepôt automatisé

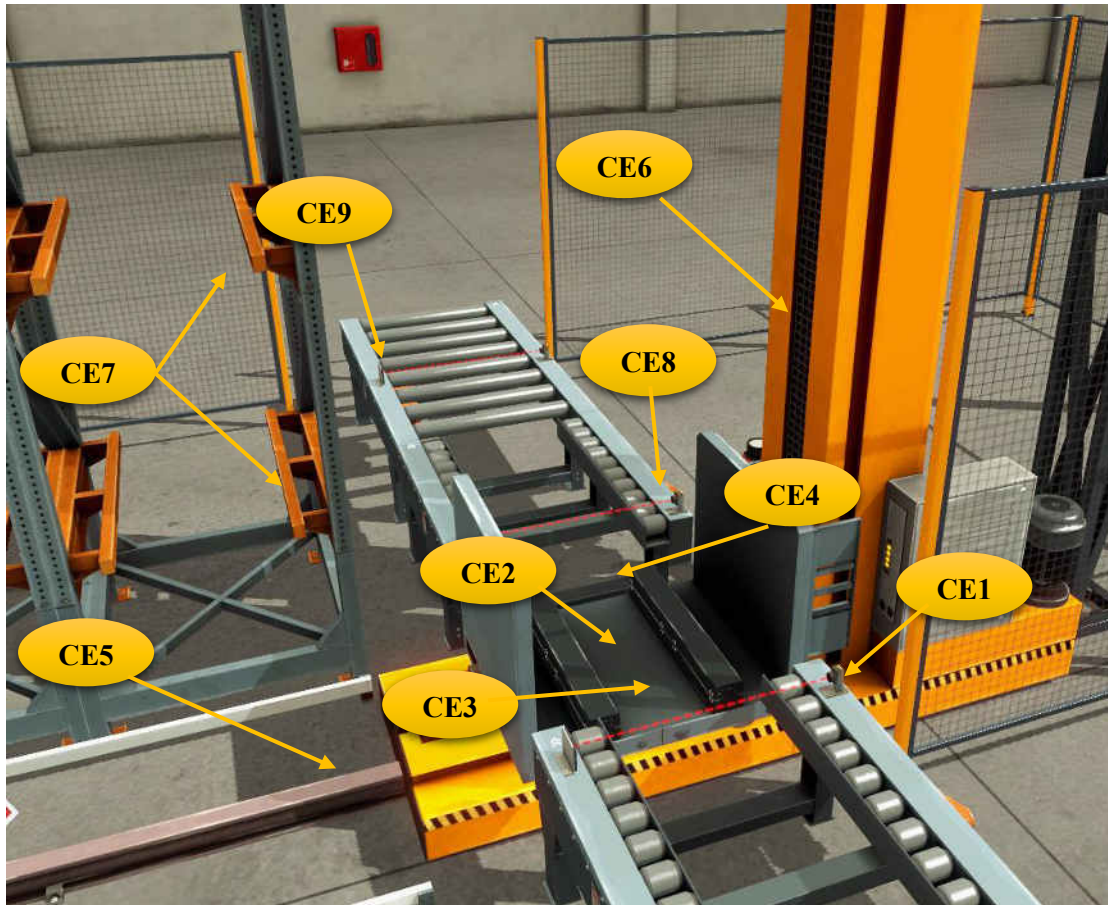


Figure III.23 : Position des capteurs dans l'entrepôt.

c. Actionneur

Concernant les actionneurs, l'entrepôt comporte sept actionneurs comme le montre le tableau suivant :

Actionneurs	Variables	Entrée / Sortie	Description	Type
AE1	o17	Sortie	Convoyeur à l'entrée	Moteur
AE2	o18	Sortie	Convoyeur de chargement	Moteur
AE3	o20	Sortie	fourches (droite)	Moteur
AE4	o19	Sortie	fourches (gauche)	Moteur
AE5	o21	Sortie	Grue	Moteur
AE6	m304	Sortie	Position cible	Moteur
AE7	o22	Sortie	Convoyeur de déchargement	Moteur
AE8	o32	Sortie	Convoyeur à la sortie	Moteur

Tableau III.8 : Actionneurs d'entrepôt automatisé.

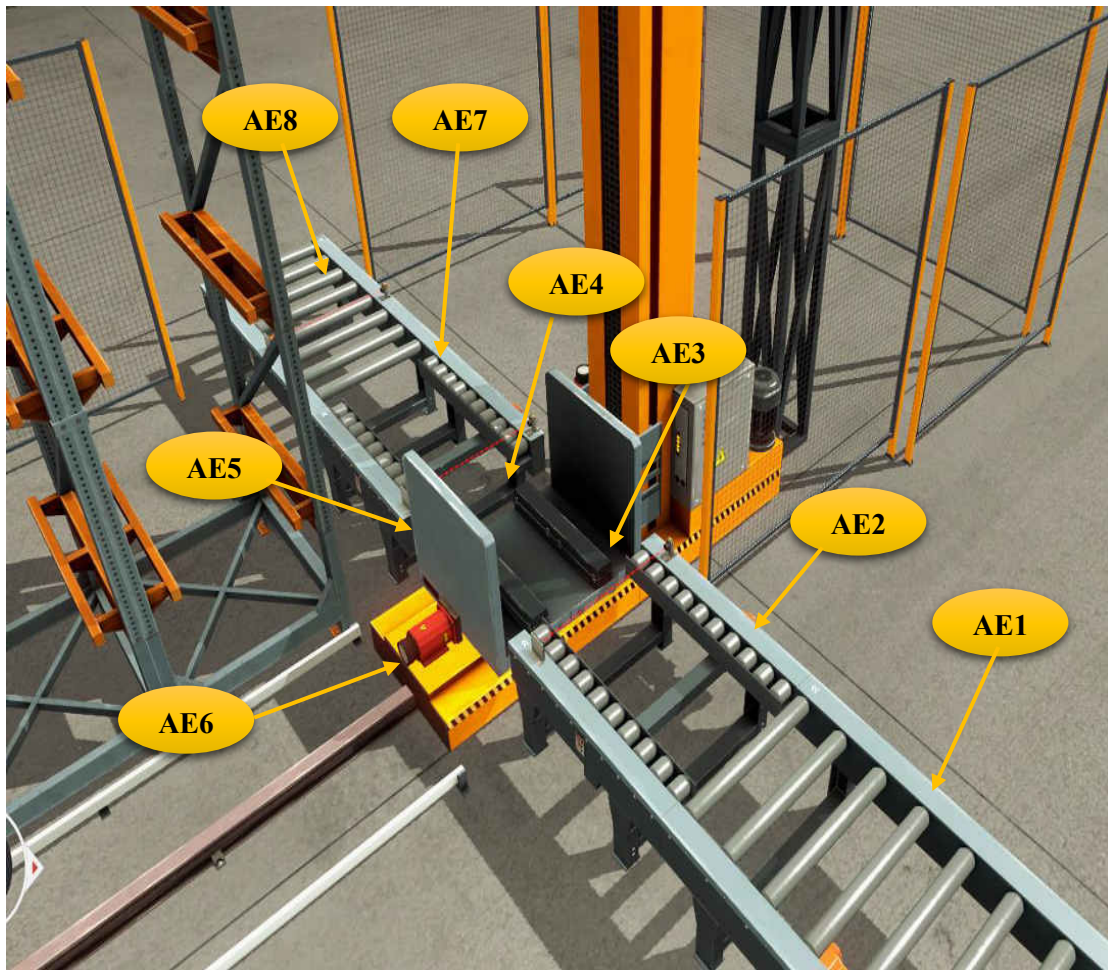


Figure III.24 : Le positionnement des actionneurs dans l'entrepôt.

III.9.2. Grafjets d'entrepôt

Ces GRAFCETS nous permettent d'effectuer deux opérations de chargement et de déchargement des rayonnages d'entrepôt. La palette vient par le convoyeur à l'entrée puis au convoyeur de chargement. Ensuite les fourches vont vers la gauche, puis soulevé la grue et tire les fourches vers le milieu, ensuite le transstockeur tient la palette vers rayonnage.

Dans le cas du déchargement, le transstockeur va au rayonnage les fourches vont vers la droite, puis soulevé la grue et tire les fourches vers le milieu, ensuite le transstockeur est de retour au convoyeur de déchargement, ensuite les fourches vont vers la droite puis la grue descend pour mettre la palette sur convoyeur de déchargement, ensuite la palette va au convoyeur de la sortie.

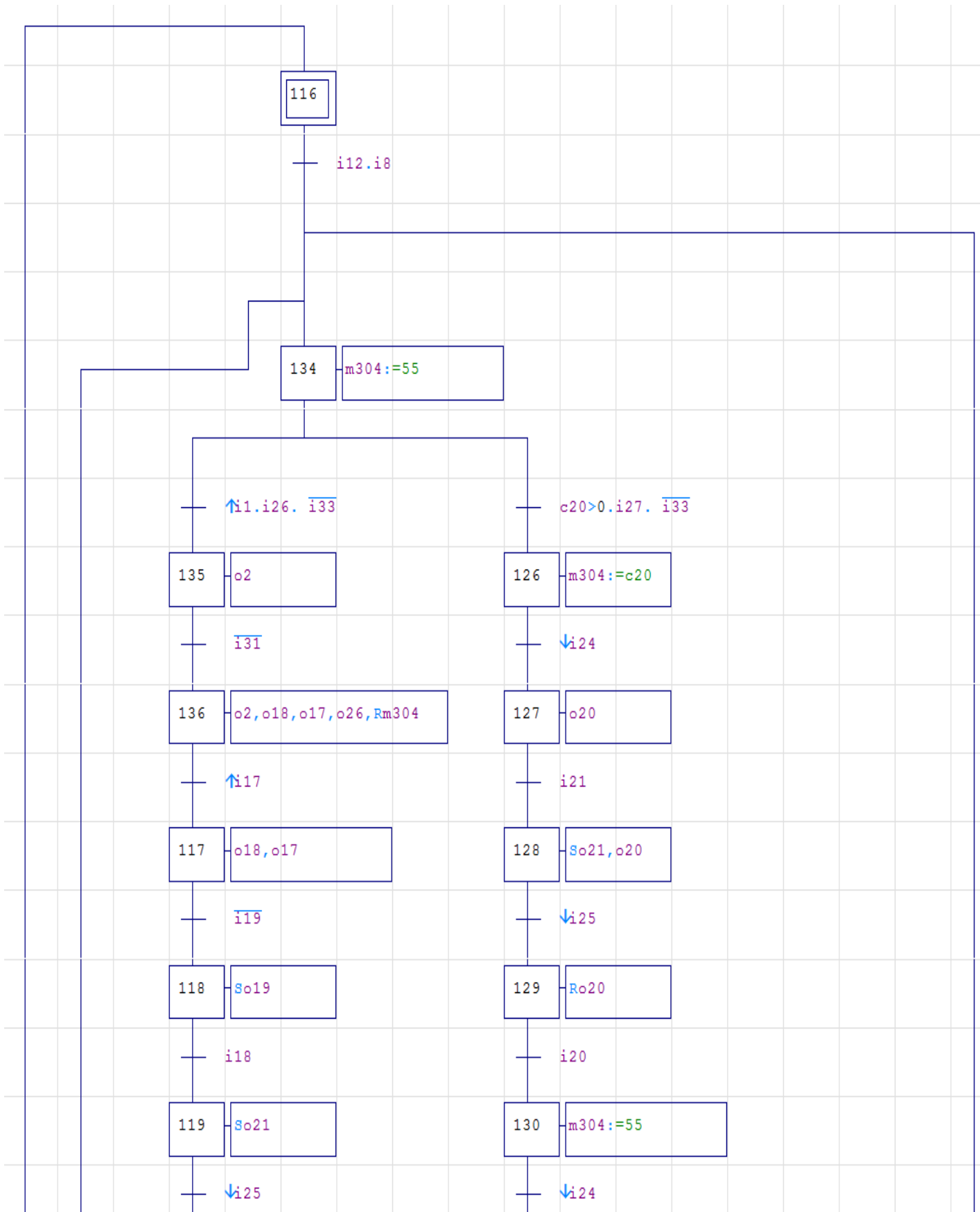


Figure III.25: GRAFCET charge et décharge d'entrepôt automatisé 1/2.

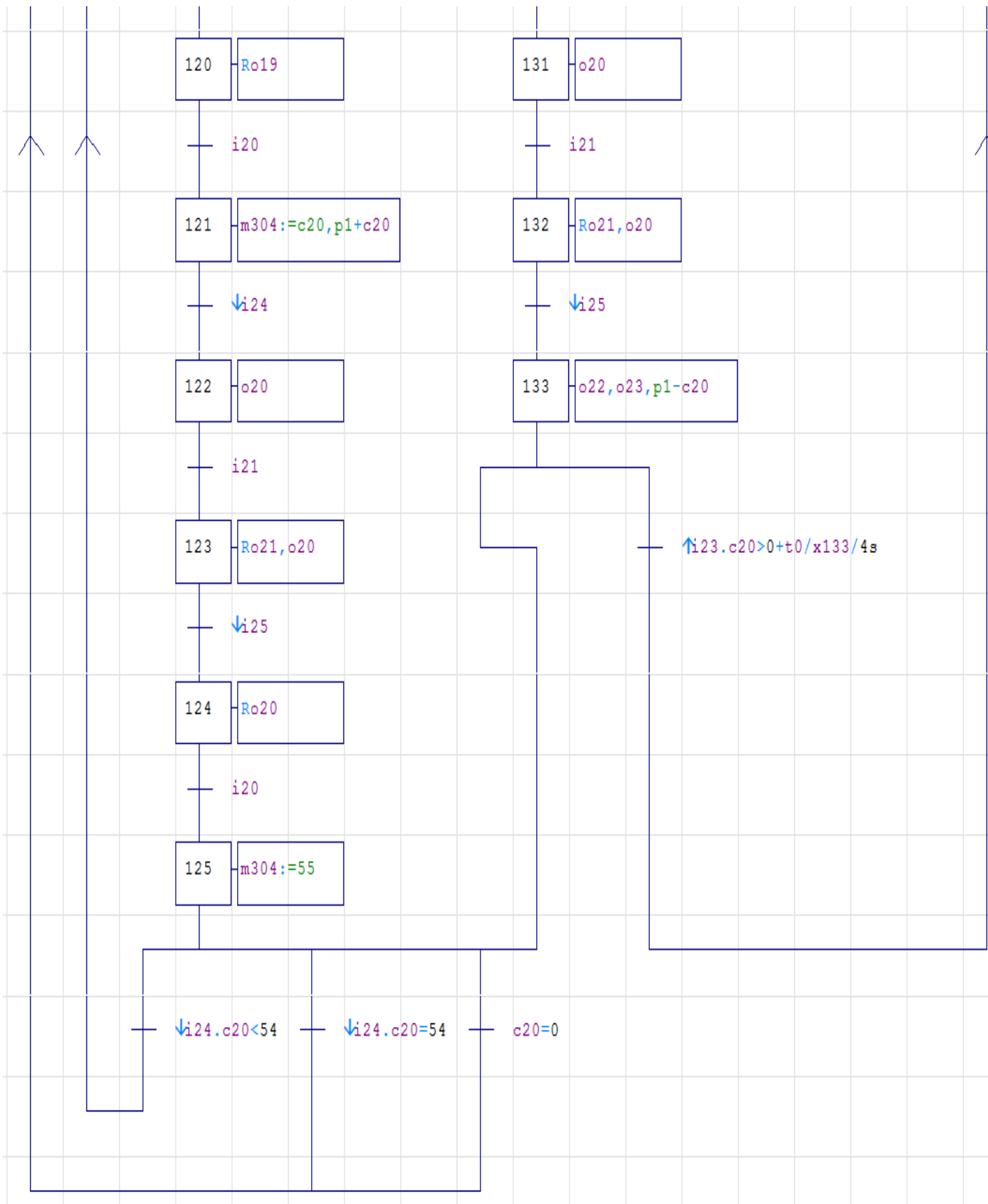


Figure III.26: GRAFCET charge et décharge d'entrepôt automatisé 2/2.

III.9.3. Grafcet choisir et afficher le lieu des rayonnages

Ce grafcet nous permet de choisir l'étagère que nous voulons charger ou décharger, et il nous montre le nombre de lieu d'étagère sur l'afficheur.

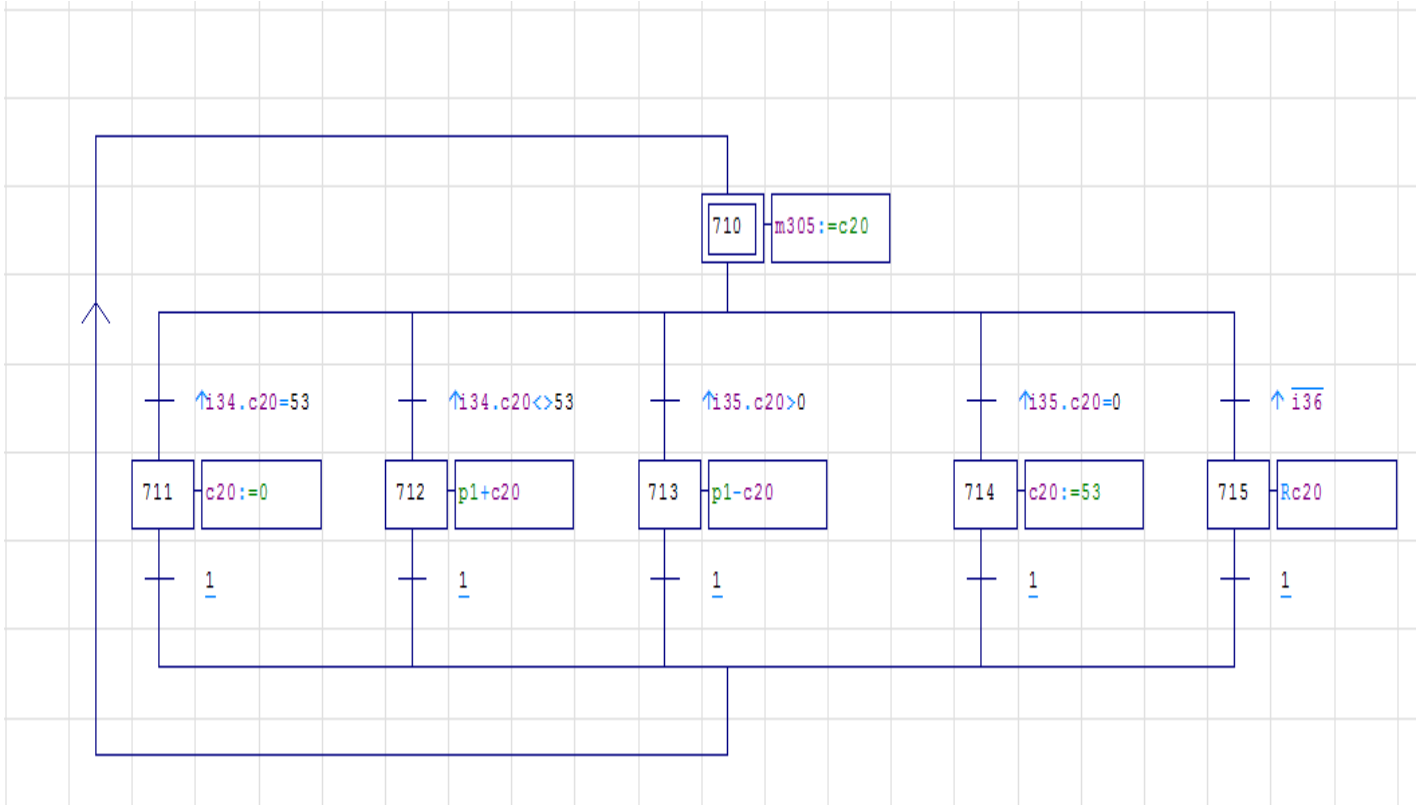


Figure III.27 : GRAFCET pour choisir et afficher le lieu des rayonnages.

III.10. GRAFCET de sécurité

Le grafcet de sécurité permettant de gérer les arrêts d'urgence, réarmements et phases d'initialisation agit sur le grafcet de conduit ainsi que sur celui de production normale.

Les arrêts d'urgence peuvent être présentés par l'ensemble des options qui permettent d'interrompre brusquement le fonctionnement d'un système automatisé. L'interruption du fonctionnement peut être envisagée lors d'un incident de production tel le mauvais positionnement d'une pièce ou les incidents de la machine comme la défaillance mécanique d'un organe. De plus et surtout, l'incorporation des arrêts d'urgence dans l'automatisme est faite dans le but d'assurer la sécurité des personnes en cas de mauvais fonctionnement.

Les arrêts d'urgence sont de deux types, ils interviennent à la fois sur la partie commande PC et sur la partie opérative PO. Le premier type est l'arrêt d'urgence avec reprise du cycle de fonctionnement à l'étape initiale. Le deuxième est l'arrêt d'urgence avec reprise à l'étape d'arrêt. L'arrêt d'urgence avec reprise de cycle à l'étape initiale se caractérise par une annulation de tout le cycle de fonctionnement.

Toutes les étapes actives doivent alors être désactivées et la partie "opérative" doit être ramenée à sa position d'origine, manuellement ou à partir d'une séquence particulière de dégagement. L'arrêt d'urgence avec reprise à l'étape d'arrêt intervient plutôt en ce qui a trait au blocage des réceptivités des transitions. Ces réceptivités sont donc bloquées lorsque l'arrêt d'urgence avec reprise à l'étape d'arrêt est demandé.

Le grafcet de sécurité que nous avons est composée de deux grafcet :

- Grafcet de stop et arrêt d'urgence
- Grafcet de réinitialiser les deux systèmes (palettiseur et entrepôt) de l'étape d'arrêt

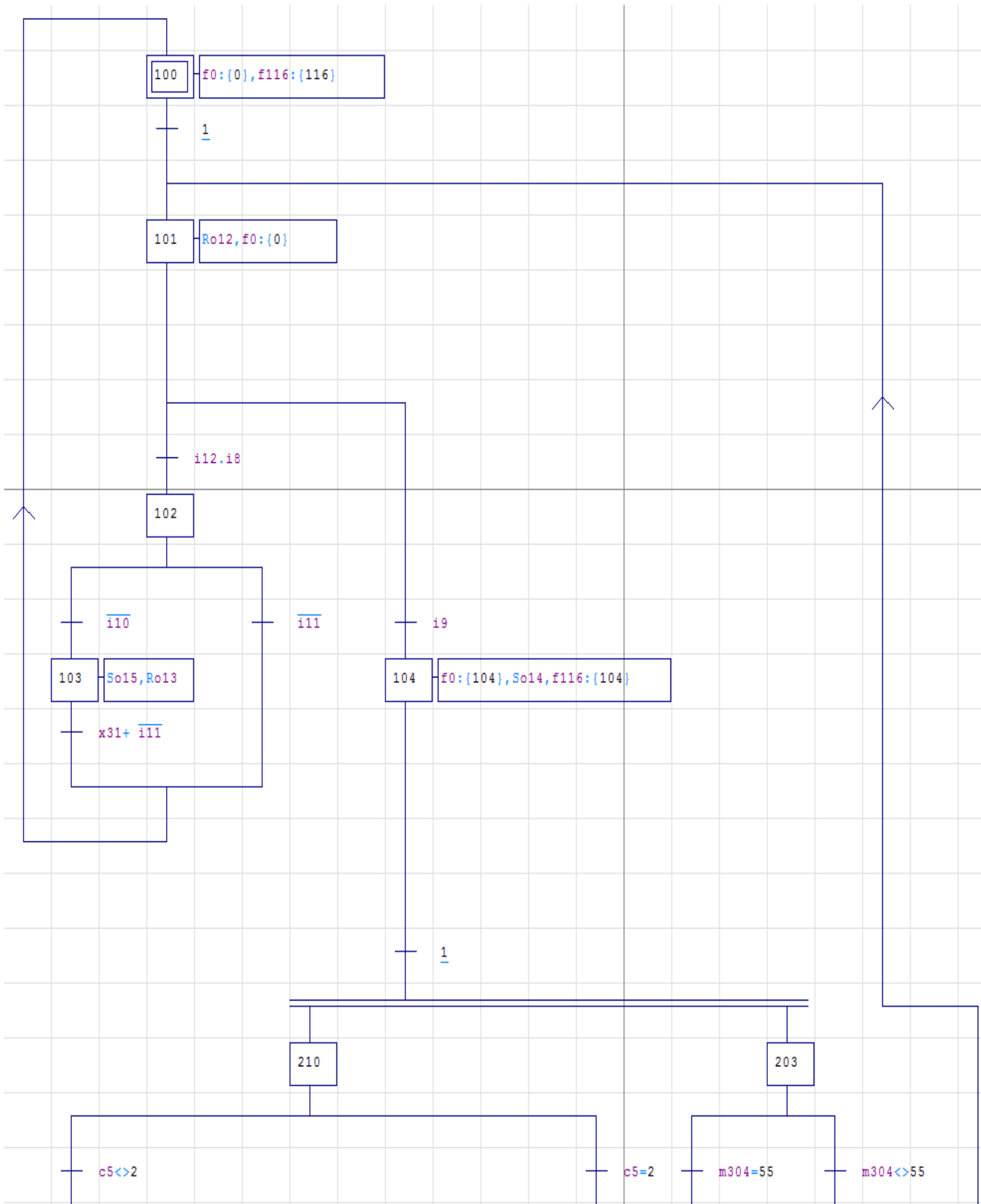


Figure III.28 : GRAFCET de sécurité 1/2.

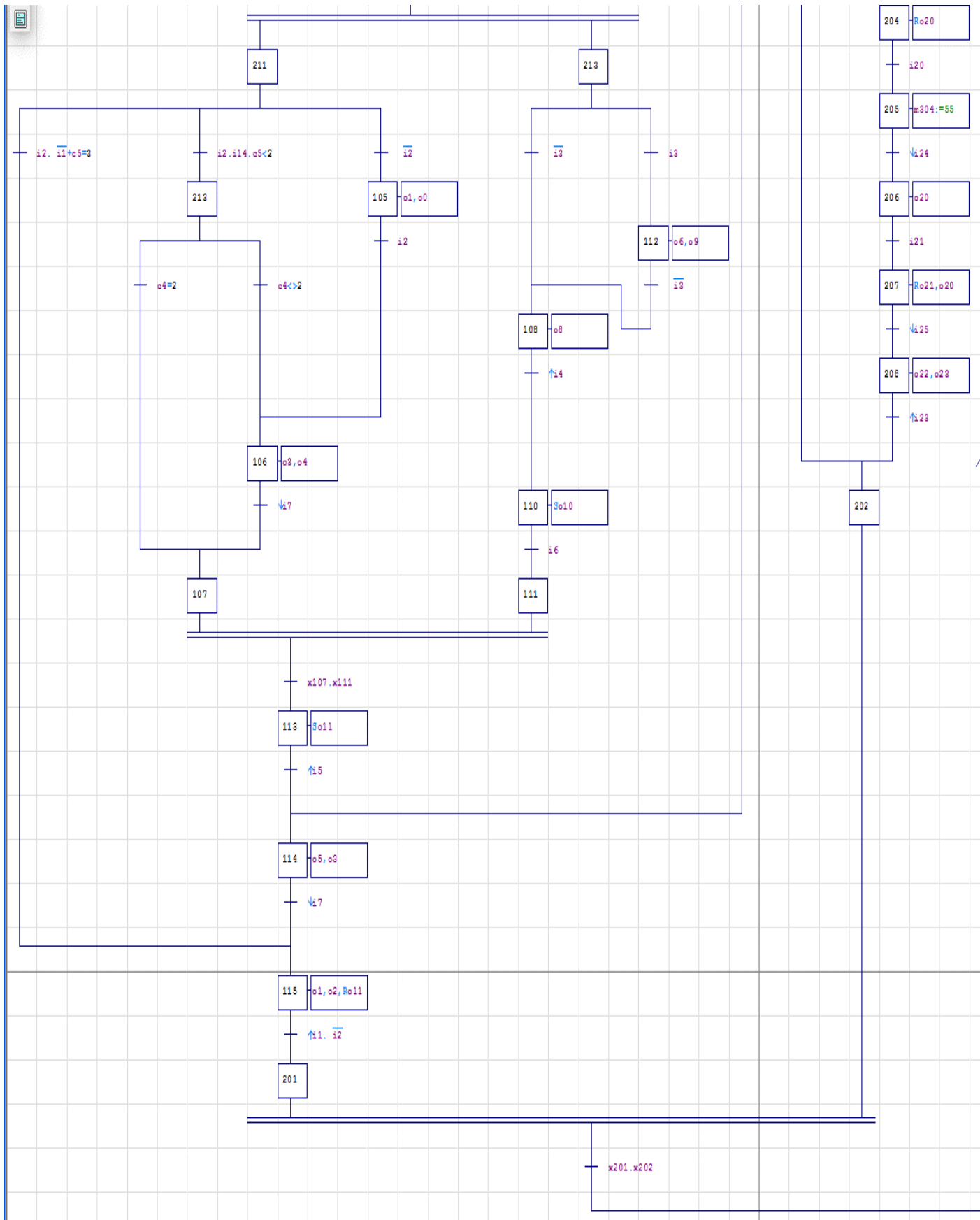


Figure III.29 : GRAFCET de sécurité 2/2.

III.10.1. Grafcet d'arrêt d'urgence et de stop

Lorsque vous appuyez sur le bouton d'urgence (i11), le système s'arrête directement et revient à l'étape initiale, si vous appuyez sur le bouton d'arrêt (i10) le programme continu à fonctionner jusqu'à ce qu'il atteigne l'étape finale (x31) et s'arrête.

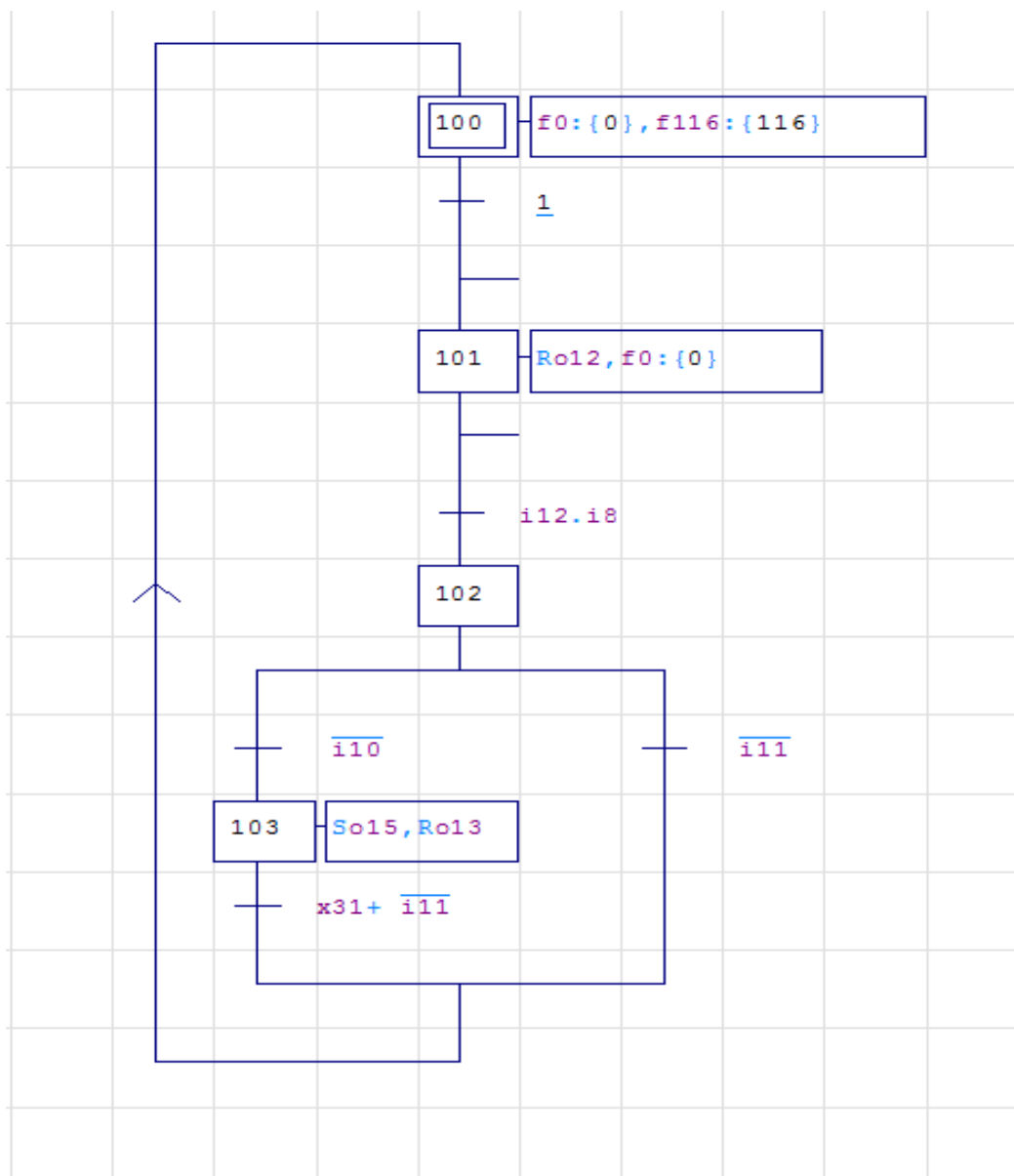


Figure III.30: GRAFCET d'arrêt d'urgence et de stop de palettiseur et l'entrepôt.

III.10.2. Grafcet de reste de palettiseur

Après un arrêt d'urgence, nous pouvons reprendre le cycle de palettiseur à l'étape d'arrêt en appuyant sur le bouton (reset).

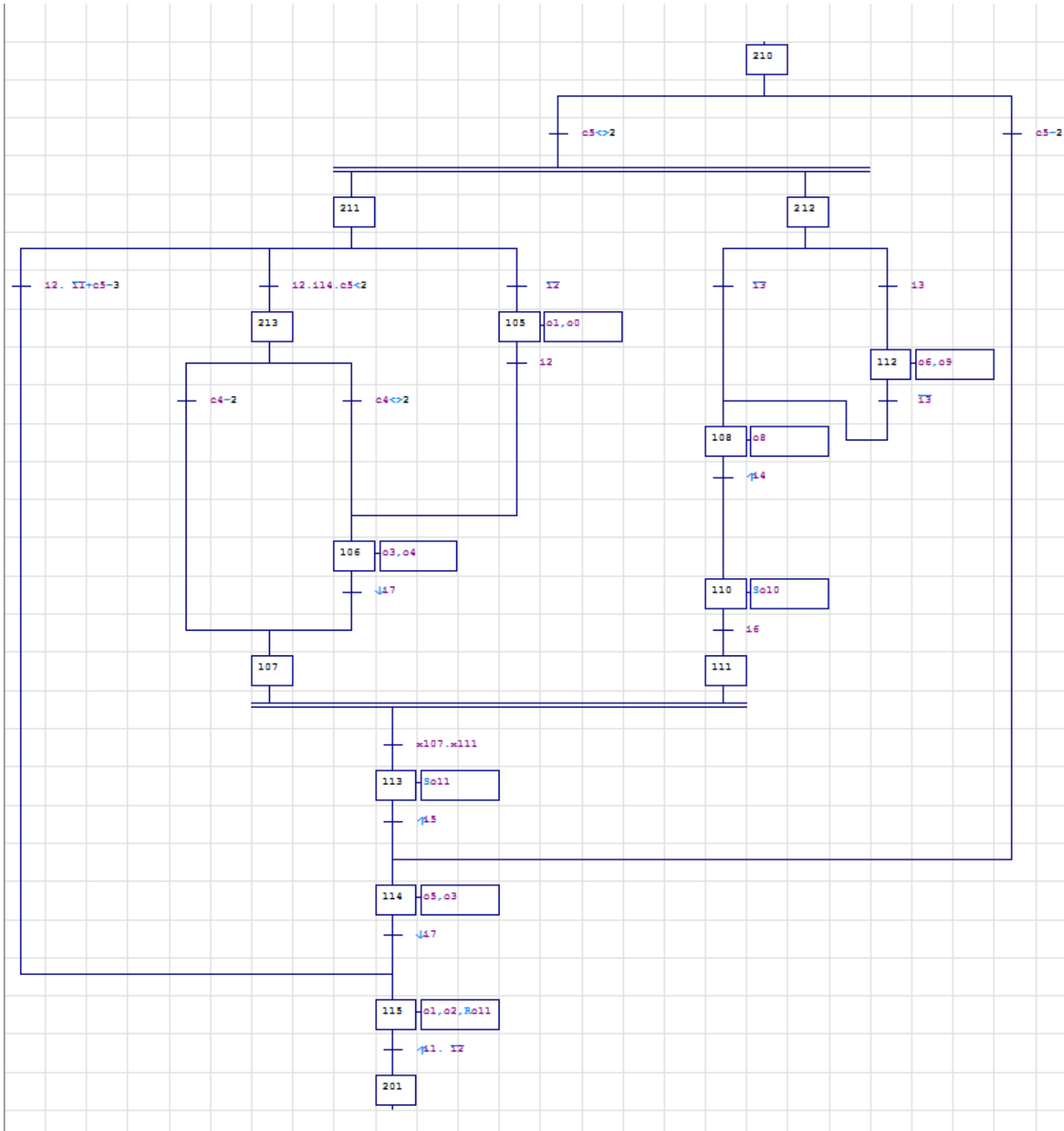


Figure III.31 : GRAFCET de reste de palettiseur.

III.10.3. Grafcet de reste d'entrepôt

Après un arrêt d'urgence, nous pouvons reprendre le cycle d'entrepôt à l'étape d'arrêt en appuyant sur le bouton (reset).

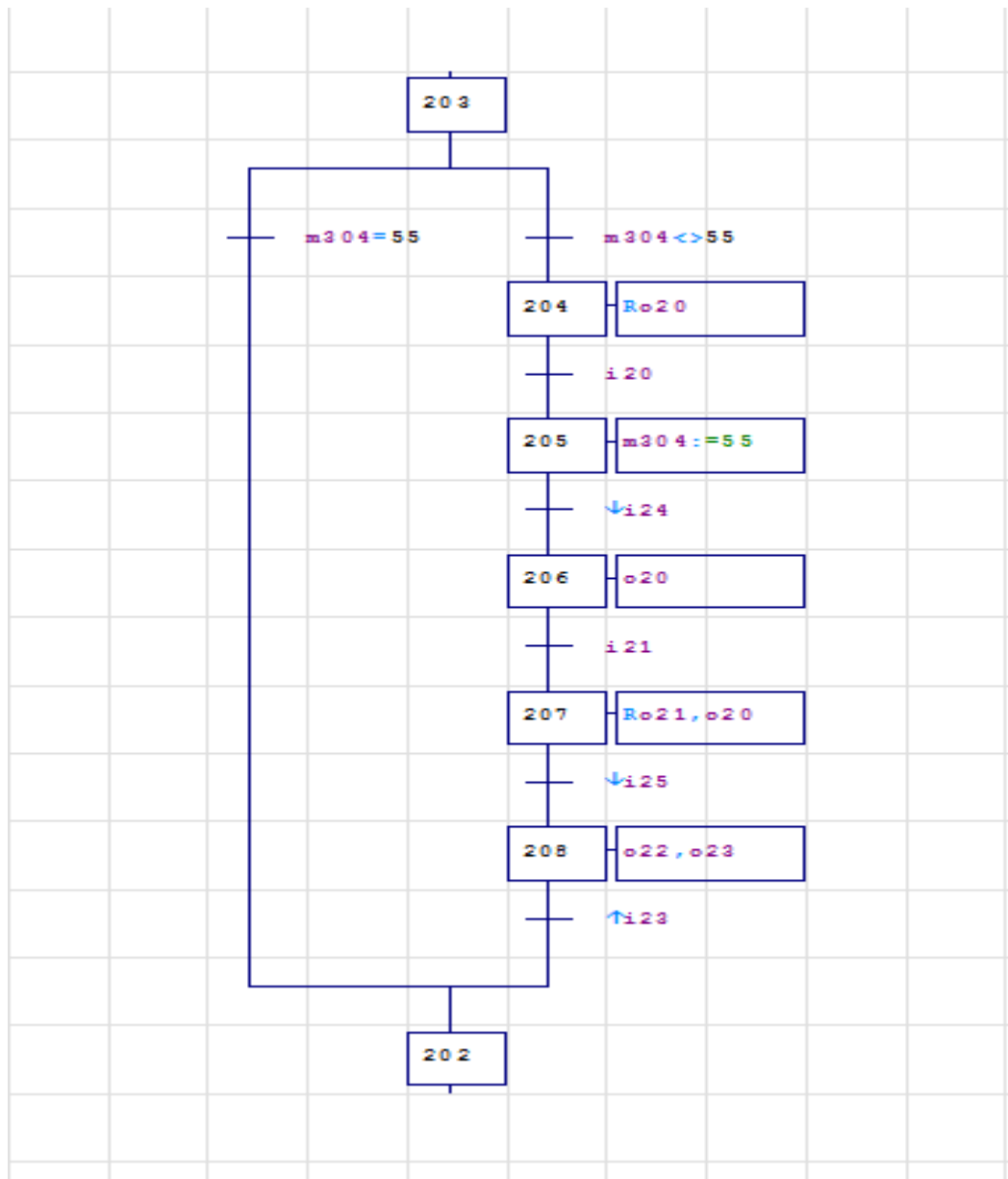


Figure III.32 : GRAFCET de reste d'entrepôt.

III.10.4. Grafcet d'alarme (sirène)

L'alarme est activée en appuyant sur le bouton d'urgence

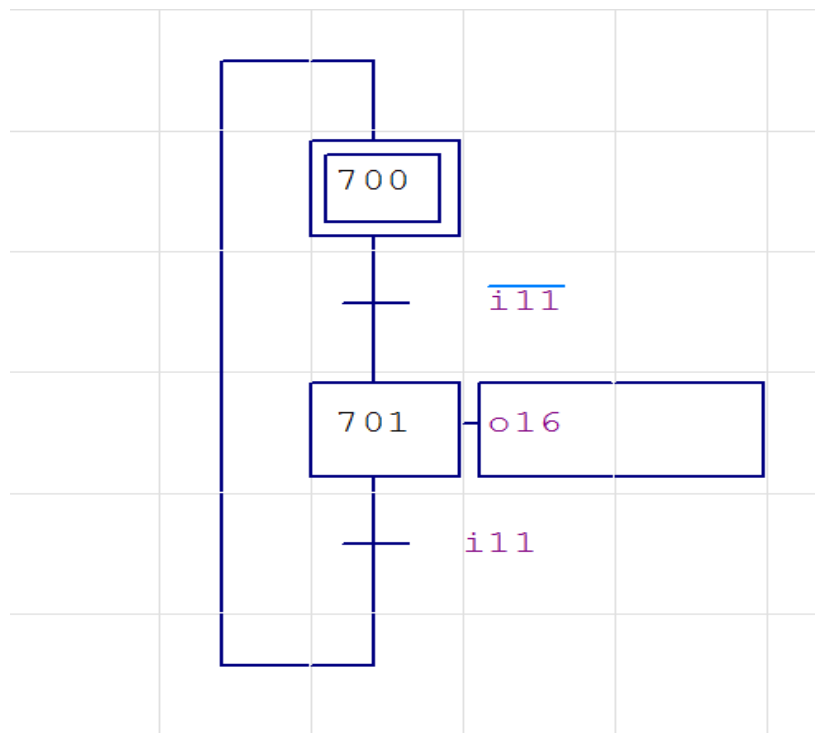


Figure III.33 : GRAFCET d'alarme (sirène).

Variable	Entrée / Sortie	Description	Type
O16	Sortie	alarme	sirène

Tableau III.9 : Actionneur d'alarme

III.11. Le logiciel AUTOMGEN

La société française IRIA a créé et a développé un logiciel appelé AUTOMGEN (AUTO : Automatisation, GEN : Général). Un logiciel standard qui peut piloter une gamme assez importante des automates.

L'AUTOMGEN est un logiciel de conception d'application d'automatisme. Il permet de programmer des systèmes pilotés par des automates programmables industriels, microprocesseurs et ordinateurs équipé de cartes d'entrée-sortie.

Il peut fonctionner avec plusieurs outils de représentation graphiques tell que Grafcet, Logigramme, Ladder, Organigramme... etc.

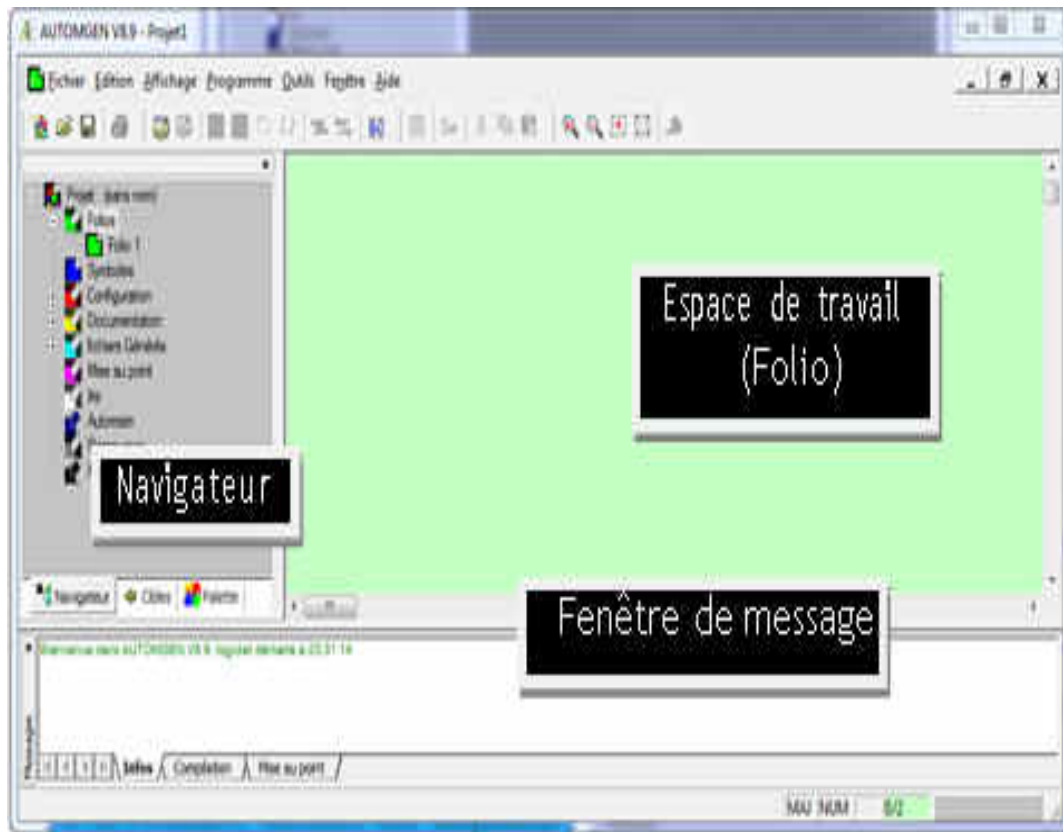


Figure III.34 : Fenêtre principale d'AUTOMGEN.

III.11.1. Le navigateur

Le navigateur permet un accès rapide aux différents éléments d'une application : folios, symbole, configuration, fichier générale.

III.11.1. Espace de travail (folio)

Un folio est une page sur laquelle est dessinée un ou des GRAFCET ou une partie de GRAFCET.

III.12. Conclusion

L'automatisation d'un système quelconque nécessite une bonne modélisation assurant le bon fonctionnement de ce système ainsi que la commande et la supervision, parmi les différents systèmes existants on trouve le palettiseur et l'entrepôt automatisé qui s'agit d'un moyen d'augmenter la production dans les usines.

Dans ce chapitre on a tout d'abord fait une présentation générale de palettiseur et l'entrepôt automatisé sur le logiciel d'émulation FACTORY I/O ensuite on a modélisé graphique associé à ce cahier de charges à l'aide du Logiciel AUTOMGEN.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Sur le plan personnel, travailler sur ce projet m'a permis d'approfondir mes connaissances, et de mettre en pratique mes connaissances théoriques dans le domaine des automatismes industriels. Il m'a également permis de bien comprendre le fonctionnement des systèmes automatisés.

En premier lieu, on a abordé une étude théorique sur les systèmes automatisés de production et montré les performances de ces systèmes. Ensuite on a présenté les différents outils de modélisation graphique, puis on a appliqué la modélisation d'un cahier de charges d'un palettiseur, ce dernier répond au besoin des entreprises industrielles à forte production. Pour automatiser le processus on a proposé une solution programmée basée sur le palettiseur avec entrepôt automatisé afin de stocker la production excédentaire.

Le choix de ces systèmes était bénéfique puisqu'il est un système automatisé très intéressant et la dépendance à leur égard a commencé à augmenter récemment, et que sa réalisation fait appel à plusieurs domaines technologiques.

Ce projet de fin d'études m'a été d'un grand apport d'une part, la connaissance et la maîtrise de nouveaux logiciels de contrôle et d'automatisation qui sont très répandus à l'échelle mondiale et d'autre part la réalisation d'un projet en cours d'automatisation portant sur un thème d'actualité et d'avenir.

Vue l'importance de cette étude pour l'automatisation d'un palettiseur à l'entrepôt, le manque de moyens ne m'a pas permis d'appliquer le modèle graphique sur une maquette assimilant le fonctionnement de notre système, et d'essayer de valider les résultats trouvés sur un banc d'essai réel qui améliorera beaucoup cette étude au futur.

J'espère enfin que mon projet peut être une phase éducative pour les travaux pratiques des systèmes automatisés à notre département et rend service à tous ceux qui aborderont le même sujet et obtenir la satisfaction de mon encadreur et de mes jurys.

Références Bibliographiques

Les cite Web:

- [1] « Structure d'un système automatisé »
[http://foxi31.ovh.org/dl/2/ISI/04\)%20Structure%20d'un%20systeme%20automatise.pdf](http://foxi31.ovh.org/dl/2/ISI/04)%20Structure%20d'un%20systeme%20automatise.pdf)
- [3] <http://slideplayer.fr/slide/3249822/>
- [9] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/palettiseurs-et-manutention-continue-42122210/palettiseurs-et-palettisation-a9280/>
- [10] <https://factoryio.com/docs/>
- [11] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Grafcet>

Mémoires / Theses:

- [6] L'HOMME Walter, 'Gestion d'énergie de véhicules électriques hybrides basé sur la représentation énergétique macroscopique', Thèse pour obtenir le grade de Docteur, Ecole Doctorale des Sciences Pour l'ingénieur, l'Université des Sciences et Technologies de Lille, nov, 2007
- [7] R. FRITAS, Modélisation et analyse par réseaux de Petri d'un système de production GERE EN KANBAN, mémoire de magister, 2005.
- [8] Cours Complet sur le Grafcet. Dr Mohamad KHALIL, Automates et Informatique industrielle Centre Universitaire de Technologie Franco-Libanais - CUT .

Autre référence :

- [2] « Les automates programmables industriels », cours science industriel.
- [4] N.Bennis, 'Les Réseaux de Petri', Notes de Cours, Théorie, propriétés et applications.
- [5] Jacques AIAHCE, Jean-Marc CHEREU, 'les systèmes automatisés', cours science industriel.
- [12] https://osec.fr/tp/c_1_260.pdf