

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail  
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION



OFPPT

**SECTEUR ELECTROTECHNIQUE**

# **RESUMES DE THEORIE ET TRAVAUX PRATIQUES**

**Module n° 19:**

**LOGIQUE SEQUENTIELLE**

*SPECIALITE : ÉLECTROMECHANIQUE DES  
SYSTEMES AUTOMATISES*

*NIVEAU : TECHNICIEN SPECIALISE*

**ANNÉE : 2001**

## Remerciements

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module (**Logique séquentielle**).

### Pour la supervision

- M. Mustapha ESSAGHIR : Chef de la Division Modes et Méthodes de Formation
- M. Brahim KHARBOUCH : Chef de projet marocain PRICAM-RGE
- M. René LAPIERRE : Chef de projet canadien PRICAM-RGE
- M. Jocelyn BERTRAND : Expert canadien

### Pour l'élaboration

- Mme Najat FARHANE – Responsable CFF/Électrotechnique(ISIC)
- Mme Carmen DINCA – Formatrice au CFF/Électrotechnique(ISIC)
- Mme Naima EL KORNO – Formatrice au CFF/Électrotechnique(ISIC)
- Mme Meryem SKALI – Formatrice au CFF/Électrotechnique(ISIC)
- M. A. EL YAKOUTI – Formateur au CFF/Électrotechnique(ISIC)

### Pour le secrétariat

- Melle Fatima Zahra MOUTAWAKIL

**Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme.**

**Mme EL ALAMI**

**DRIF**

# SOMMAIRE

Présentation du module Page 4

Contenu du document Page 10

- Projet synthèse
- Résumés de théorie des :
  - Objectifs opérationnels de premier niveau et leur durée
  - Objectifs opérationnels de second niveau et leur durée
- Exercices pratiques des:
  - Objectifs opérationnels de premier niveau et leur durée
  - Objectifs opérationnels de second niveau et leur durée

## PRESENTATION OU PREAMBULE

L'étude du Module 7 : *Logique séquentielle* permet d'acquérir les savoirs, savoirs-faire et savoirs-être nécessaires à la maîtrise de la compétence.

Ce résumé de théorie et recueil de travaux pratiques est composé des éléments suivants :

Le projet synthèse faisant état de ce que l'apprenti devra **savoir-faire** à la fin des apprentissages réalisés dans ce module, est présenté en début du document afin de bien le situer. La compréhension univoque du projet synthèse est essentielle à l'orientation des apprentissages.

Viennent ensuite, les résumés de théorie suivis de travaux pratiques à réaliser pour chacun des objectifs du module.

Les objectifs de second niveau (les préalables) sont identifiés par un préfixe numérique alors que les objectifs de premier niveau (les précisions sur le comportement attendu) sont marqués d'un préfixe alphabétique.

Le concept d'apprentissage repose sur une pédagogie de la réussite qui favorise la motivation de l'apprenti, il s'agit donc de progresser à petits pas et de faire valider son travail.

Les apprentissages devraient se réaliser selon les schémas représentés aux pages qui suivent :



## SCHÉMA DE LA STRATÉGIE D'APPRENTISSAGE



**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT****COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence l'apprenti doit **appliquer des notions de logique séquentielle** selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

**CONDITIONS D'ÉVALUATION**

- À partir :
  - de directives;
  - d'une représentation graphique d'une séquence.
- À l'aide :
  - de manuels techniques;
  - de fiches techniques;
  - de composants logiques;
  - de l'équipement de protection individuelle;
  - de l'équipement d'assemblage;
  - d'instruments de mesure.

**CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE**

- Travail méthodique et minutieux.
- Utilisation appropriée du matériel et des instruments de mesure.
- Fonctionnement normal du montage.

(à suivre)

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT(suite)**

**PRÉCISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITÈRES PARTICULIERS  
DE PERFORMANCE**

- A. Analyser différentes représentations graphiques d'une séquence :
- algorithme;
  - chronogramme;
  - Grafcet.
  - schéma fonctionnel d'une machine

- Justesse de l'analyse :
  - reconnaissance des étapes et des transitions;
  - description du déroulement;
  - explications des règles d'évolution.
- Exactitude de la terminologie.

- B. Traduire des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas électroniques.

- Conformité du schéma avec la représentation graphique.
- Clarté du schéma.

- C. Sélectionner les composants.

- Sélectionner judicieuse en fonction :
  - du schéma électronique;
  - des caractéristiques des composants.

- D. Tracer des schémas de montage.

- Conformité du schéma de montage avec le schéma électronique;
- Clarté du schéma.

- E. Monter des circuits de base.

- Conformité du montage avec le schéma et les directives de départ.
- Respect des règles de santé et de sécurité au travail.
- Qualité du montage :
  - esthétique;
  - fonctionnel.

## OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

**l'apprenti DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :**

**Avant d'apprendre à analyser différentes représentations graphiques d'une séquence:**

- **algorithme;**
- **chronogramme;**
- **Grafcet**
- **Schéma fonctionnel d'une machine (A) :**
  1. Décrire les règles de construction de diverses représentations graphiques d'une séquence.
  2. Reconnaître les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence;
  3. Décrire les modes de départ, de marche et d'arrêt d'une séquence.

**Avant d'apprendre à sélectionner les composants (C) :**

4. Reconnaître la fonction et les symboles de composants logiques.
5. Distinguer les circuits séquentiels et les circuits combinatoires.

---

## **PROJET SYNTHESE**

Pour une séquence d'opération représentée sous forme graphique, l'apprenti doit :

- Reconnaître la séquence de déroulement des différentes étapes ainsi que les décisions pertinentes au fonctionnement du circuit ;
- Tracer un schéma électronique clair et propre correspondant au déroulement de la représentation graphique avec utilisation des symboles appropriés ;
- Sélectionner les composants intégrant le maximum de fonctions ;
- Tracer un schéma de montage clair, propre et conforme au schéma électronique ;
- Enfin, monter le circuit conformément au schéma de montage avec vérification du fonctionnement qui doit être conforme à la représentation graphique.

**OBJECTIF : N° 1**

**DURÉE : 3 H 30 min**

---

**Objectif poursuivi :** Décrire les règles de construction de diverses représentations graphiques d'une séquence.

**Description sommaire du contenu :**

**Ce résumé théorique comprend** La présentation des règles de construction de diverses représentations graphiques d'une séquence ,à savoir ,la détermination des grandes étapes ,des points d'entrée ou de sortie de données, des points de prise de décision etc.

**Endroit ou se déroulera l'activité :** Salle de cours.

**Directives particulières :**

OBJECTIF : N° 1

DURÉE : 3 H 30 min

**I- INTRODUCTION :**

□ Toute machine fonctionne selon un cycle, c-à-d que partant d'un état donné, la machine effectuera différents mouvements, différentes actions et repassera à l'état de départ.

Tout ce qui se passe entre deux passages dans cet état de départ est appelé cycle.

**Exemple** : Poinçonneuse semi-automatique.

La poinçonneuse représentée très schématiquement ci-dessous se compose d'une table fixe la tôle à poinçonner et d'un poinçon mobile.

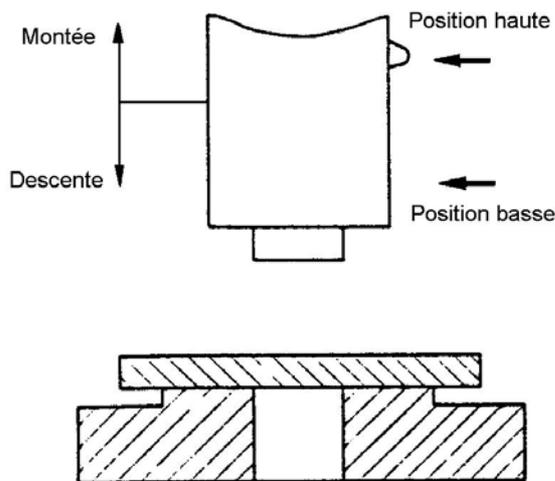


Fig. 1. Constitution de la poinçonneuse

Considérons la poinçonneuse en sa position origine de repos, poinçon en haut.

L'opérateur en donnant l'information «Marche» provoque automatiquement la descente du poinçon suivie de sa remontée en position de repos.

Nous dirons alors que la poinçonneuse a décrit un cycle.

□ Une séquence est un ensemble de comportements liés les un aux autres par des conditions.

**II- RÈGLES DE CONSTRUCTION DE DIVERSES REPRÉSENTATIONS GRAPHIQUES D'UNE SÉQUENCE OU D'UN CYCLE :**

Pour pouvoir construire les diverses représentations graphiques d'une séquence ou d'un cycle, il faut déterminer :

a)- Les grandes étapes :

Reprenons l'exemple de la poinçonneuse semi-automatique. Une telle machine présente successivement trois comportements différents.

Nous appellerons «**Étape**» chacun de ces comportements.

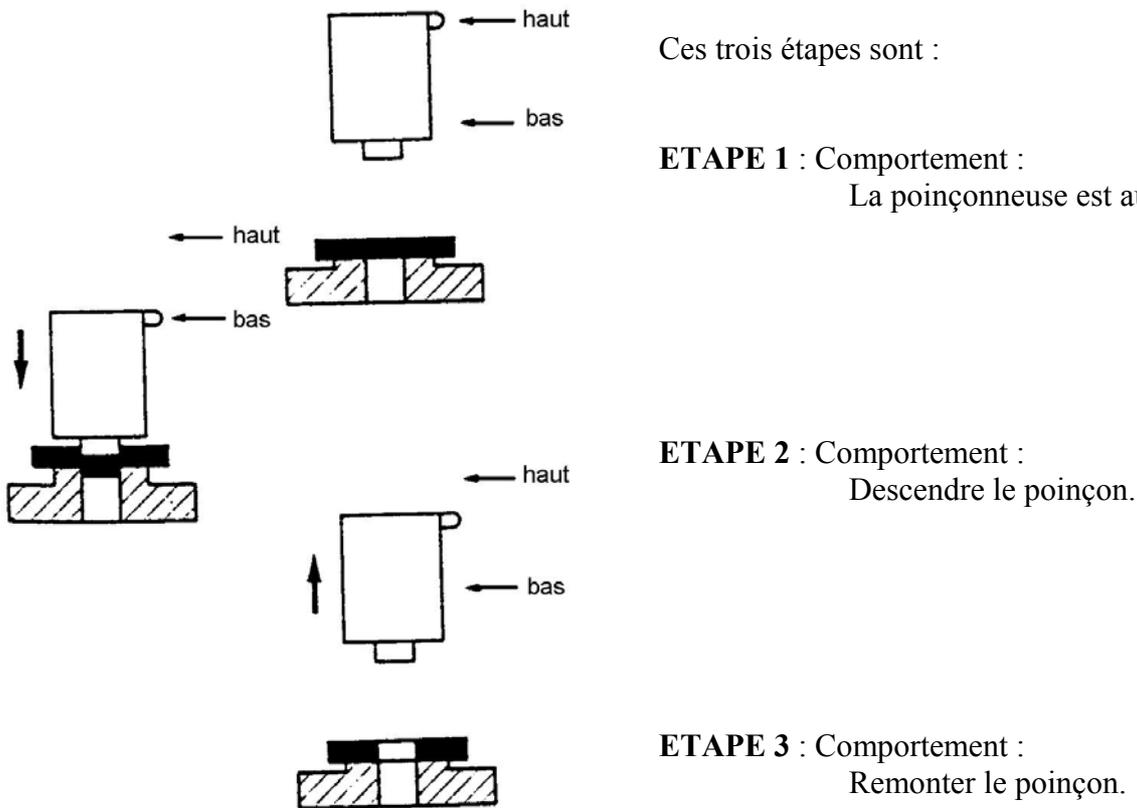


Fig. 2. Description des étapes

Nous pouvons donc, dans un premier temps, définir une étape comme une situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme de commande demeure constant.

Sous une autre forme, tout changement de comportement provoque obligatoirement le passage à une autre étape.

Sur la machine le comportement de l'automatisme se manifeste par des **actions** ou plus exactement par des **ordres** envoyés vers les organes chargés d'exécuter ces actions.

Sur la poinçonneuse deux actions sont effectuées :

- La descente du poinçon associée à l'étape 2.
- La remontée du poinçon associée à l'étape 3.

b)- Les points de prise de décision :

Il s'agit maintenant de déterminer ce qui provoque un changement de comportement de la machine c'est-à-dire les conditions logiques qui déterminent le passage d'un comportement à un autre.

Nous qualifierons chaque passage d'un comportement à un autre comme étant le franchissement d'un point de prise de décision pour bien montrer son irréversibilité.

Par exemple, le passage de la position de repos (étape 1) à la descente du poinçon (étape 2) ne peut s'effectuer que si l'opérateur fournit l'information «Marche» et que si le poinçon est en position haute («condition initiale»).

Reprenons l'exemple de la poinçonneuse semi-automatique

**ETAPE 1** : Étape initiale

Position initiale du poinçon.

Point de décision 1 : Condition de passage de l'étape 1 à l'étape 2 :

Information «marche» et poinçon en position haute.

**ETAPE 2** : Descendre le poinçon.

Point de décision 2 : Condition de passage de l'étape 2 à l'étape 3 :

Poinçon en position basse.

**ETAPE 3** : Remonter le poinçon.

Point de décision 3 : Condition de passage de l'étape 3 à l'étape 1 :

Poinçon en position haute.

Nous pouvons donc définir des points de prise de décision comme des points où on exploite des conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs ou le passage d'une étape à une autre. C'est là où on effectue des tests ou alternance.

Ces points de décision sont appelés aussi transitions qui sont conditionnées par des réceptivités constituées de fonctions logiques des différentes variables nécessaires au passage à l'étape suivante.

c)- Les points d'entrée ou de sortie des données :

- Considérons l'exemple du brassage du linge dans une machine à laver. Chaque nouvelle position du programmeur est une information d'entrée qu'on appelle point d'entrée.
- Considérons un autre exemple : chauffage d'un local.

Dans un local, le chauffage ne doit fonctionner que pour des températures inférieures à 18°C.

Après le test ( $\theta_L < 18^\circ\text{C}$ ), sur la réponse OUI, on doit enregistrer l'information traitée (chauffage en marche), par contre, sur la réponse NON, on doit enregistrer l'information traitée (chauffage arrêté).

L'enregistrement de l'une des informations traitées est un point de sortie des données.

En d'autres termes, les points d'entrée ou de sortie des données sont des points où il faut mettre à disposition une information d'entrée à traiter ou il faut enregistrer une information de sortie traitée.

d)- S'il y a répétition ou arrêt de la séquence :

La reprise de séquence ou boucle, permet de reprendre une ou plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition fixée n'est pas obtenue (c'est un type d'aiguillage).

Exemple :

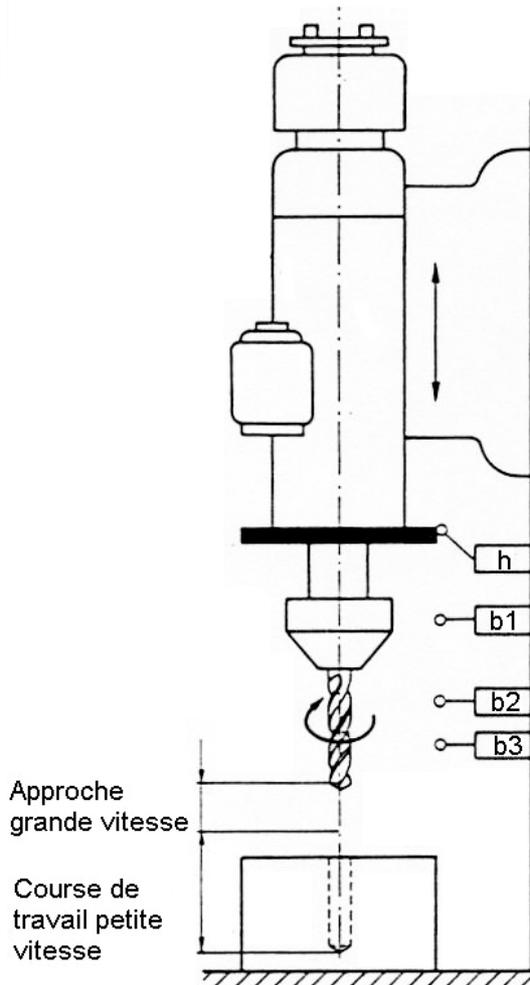
Reprenons l'exemple du chauffage d'un local.

On a ici deux sortes de reprises de séquence :

- Après le test ( $\theta_L < 18^\circ\text{C}$ ), sur la réponse OUI, c'est une boucle conditionnelle qui permet de faire marcher le chauffage et reprendre l'étape de la mesure de température.
- Après la dernière information de sortie (chauffage arrêté) c'est une boucle d'initialisation qui autorise le système à continuer sa régulation.

e)- S'il y a saut de séquence :

Exemple : Perceuse avec ou sans débouillage.



Soit une perceuse automatique fixée sur une console coulissant sur un bâti métallique.

Suivant l'épaisseur et la nature des pièces à percer l'opérateur peut choisir entre deux cycles possibles :

- soit le cycle sans débouillage :

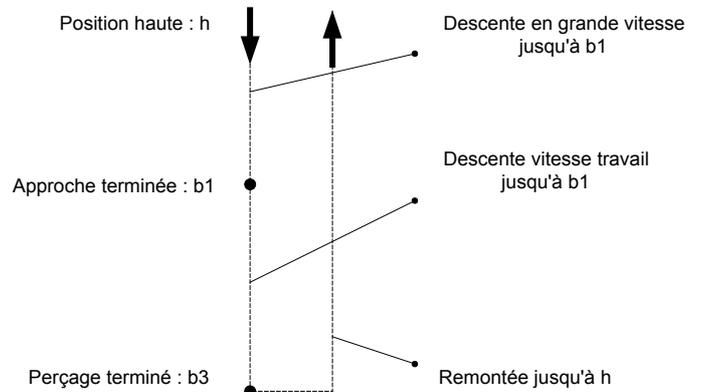
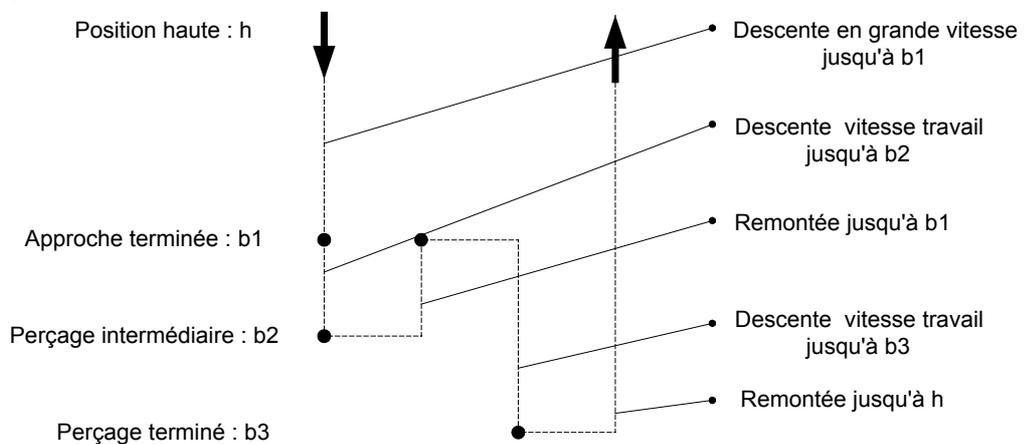


Figure 3

- soit le cycle avec débouillage effectuant une remontée de la broche à une position intermédiaire afin de dégager le foret avant de terminer le perçage déjà commencé. Ce cycle est le suivant :



Les étapes du cycle avec débouillage sont :

ETAPE 1 : Étape initiale (ATTENTE)

ETAPE 2 : Descente en grande vitesse (APPROCHE)

ETAPE 3 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 4 : Remontée en grande vitesse (DEGAGEMENT)

ETAPE 5 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 6 : Remontée en grande vitesse (RETOUR)

Les étapes du cycle sans débouillage sont :

ETAPE 1 : Étape initiale (ATTENTE)

ETAPE 2 : Descente en grande vitesse (APPROCHE)

ETAPE 3 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 6 : Remontée en grande vitesse (RETOUR)

Remarquons que le cycle sans débouillage correspond au saut des étapes 4 et 5 dont les comportements sont inutiles dans ce cycle.

Nous pouvons donc définir un saut conditionnel d'étapes comme une rupture de séquence (autre type d'aiguillage).

f)- s'il y a un choix conditionnel entre plusieurs séquences :

Dans le fonctionnement d'un équipement automatisé, il est nécessaire d'effectuer une sélection exclusive d'une séquence parmi plusieurs séquences (aiguillage).

Exemple: station de pompage (voir figure)

Un groupe moto-pompe alimente en eau, à partir des bassins de reprise, le réservoir d'un château d'eau.

Deux modes de fonctionnement sont possibles :

- Marche manuelle : le responsable de l'installation commande à volonté la marche ou l'arrêt du groupe moto-pompe.
- Marche automatique : (commande automatique) : en fonction de deux niveaux prédéterminés d'eau dans le réservoir, niveau bas et haut, le groupe se met automatiquement en marche ou s'arrête.

On a donc une étape initiale commune aux deux modes de fonctionnement :

**ETAPE 1** : étape initiale (ATTENTE)

Équipement sous tension.

Suivant que le commutateur est sur position marche automatique ou sur position marche manuelle on a le choix entre deux séquences

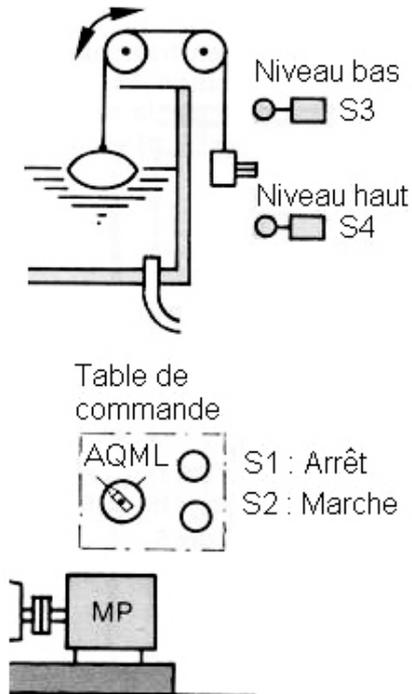


Figure 4

Séquence 1 : marche manuelle

Point de décision : position du commutateur sur ML et information marche.

Étape 2 : Mettre le groupe en marche.

Point de décision : information d'arrêt.

Étape 3 : Arrêter le groupe

Séquence 2 : Marche automatique

Point de décision : position du commutateur sur AQ et information niveau bas atteint.

Étape 4 : Mettre le groupe en marche

Point de décision : information niveau haut atteint.

Étape 5 : Arrêter le groupe.

Après la fin de la séquence choisie 1 ou 2, on a un point de décision qui permet de vérifier si on a la position repos du contacteur du moteur de pompe et puis retour à l'étape initiale.

g)- S'il y a des séquences simultanées :

Le cycle de fonctionnement d'un équipement automatisé peut comporter plusieurs séquences qui s'exécutent simultanément mais dont les évolutions des étapes actives dans chaque séquence restent indépendantes.

Exemple : Poste de perçage (voir figure 5)

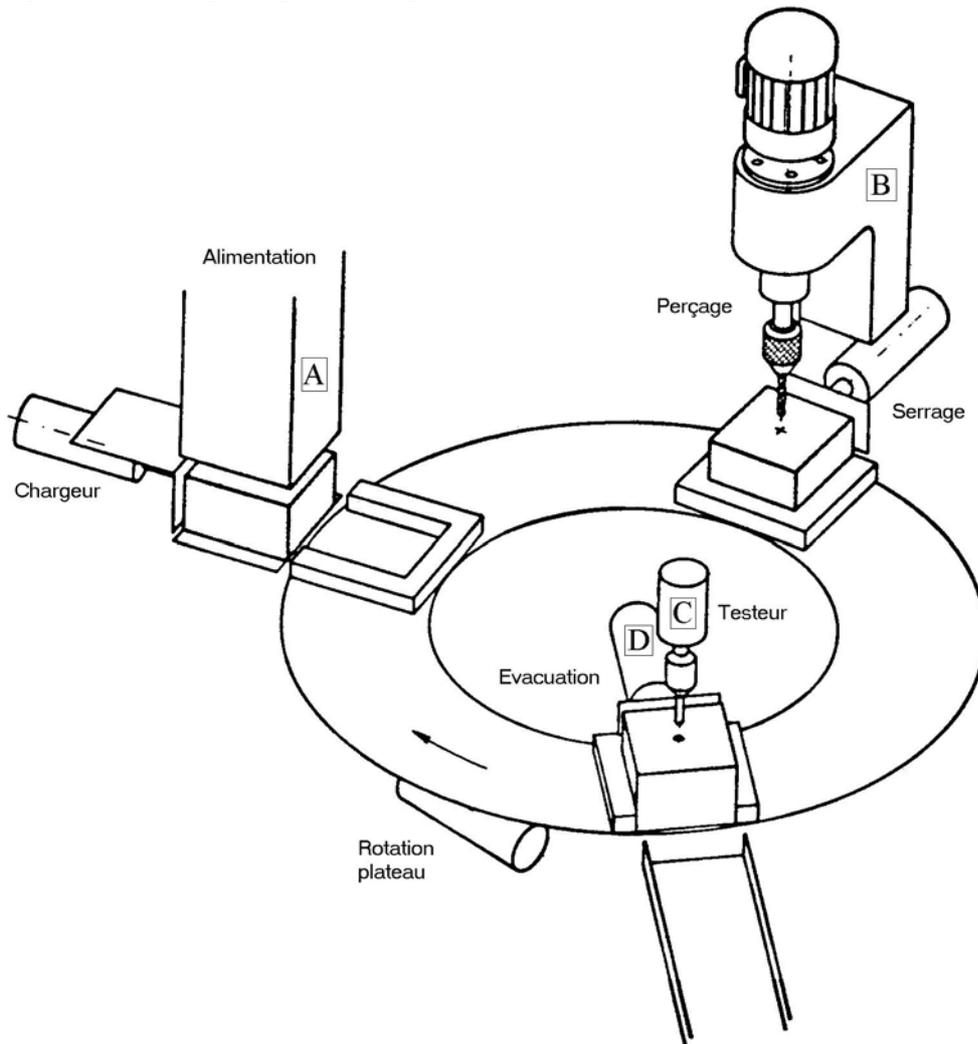


Figure 5

Un plateau tournant dessert 3 postes de travail : le premier de chargement, le deuxième de perçage, et le troisième de contrôle et d'évacuation des pièces percées.

Donc on aura 3 séquences :

Séquence 1 : de chargement

Séquence 2 : de perçage

Séquence 3 : de contrôle et d'évacuation.

Chacune de ces séquences est composée d'un certain nombre d'étapes.

Lorsque l'ordre marche apparaît à condition que la partie opérative soit correctement positionnée, les trois séquences précitées sont simultanément activées. A partir de cette situation les 3 évoluent indépendamment les unes des autres mais elles devront être toutes achevées pour aboutir à une évolution commune à l'étape qui provoque la rotation du plateau.

**Remarque :**

Ce cas est très fréquemment rencontré sur des machines de type transfert et plus généralement sur toutes les machines décomposables en sous machines relativement indépendantes.

h)- Aspect sécuritaire de la séquence

La nature de la séquence en elle-même représente un certain nombre de sécurités :

- Les étapes d'une séquence se déroulent dans un ordre chronologique bien déterminé.
- Une étape (2) ne peut être activée que si l'étape précédente (1) et la condition de passage de l'étape (1) à l'étape (2) est satisfaite.
- L'activation d'une étape entraîne immédiatement la désactivation de l'étape précédente
- Si au cours d'un fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

Parfois, on doit répéter certaines conditions pour des raisons de sécurité.

Prenons l'exemple de la perceuse avec ou sans débouillage déjà vue (voir : II-e)

Pour reprendre l'étape initiale à partir de l'étape 6 on doit tester sur la position haute de la broche.

Pour passer de l'étape 1 à l'étape 2 on doit avoir l'information départ-cycle et on doit tester si on a la position haute de la broche et si on a la broche en rotation.

La répétition de la condition «position haute » peut paraître redondante car elle est écrite à la fois dans la condition de passage de l'étape 6 → l'étape 1 et celle de passage de l'étape 1 → l'étape 2. Mais le fait d'avoir obtenue une fois cette condition vérifiée lors du passage de l'étape 6 à l'étape 1 ne prouve pas qu'elle soit toujours présente au moment de la demande de départ cycle, si des opérations de réglage ont eu lieu entre temps par exemple.

La condition de passage de l'étape 1 à l'étape 2 doit faire intervenir cette information pour des raisons de sécurité.

**OBJECTIF :N° 1**

**DURÉE :** 1H 30min.

---

**- Objectif poursuivi :**

Décrire les règles de construction de diverses représentations graphiques d'une séquence.

**- Description sommaire de l'activité :**

A partir d'un cahier de charge d'un équipement automatisé, déterminer les grandes étapes, les points d'entrée ou de sortie de données, les points de prise de décision, s'il y a répétition ou arrêt de la séquence, s'il y a saut de séquence, s'il y a un choix conditionnel entre plusieurs séquences etc.

**Lieu de l'activité :** Salle de cours.

**- Liste du matériel requis :**

**- Directives particulières :**

**OBJECTIF : N° 1****DURÉE : 1H 30min**Exercice 1

Un chariot peut se déplacer entre deux fins de course.

Initialement, le chariot se trouve à gauche. En activant un bouton départ cycle (dcy) le chariot effectue le cycle suivant :

- déplacement vers la droite jusqu'à fin de course HLIM
- déplacement vers la gauche jusqu'à fin de course HLIM
- arrêt du chariot.

Décrire les règles de construction de divers représentations graphiques.

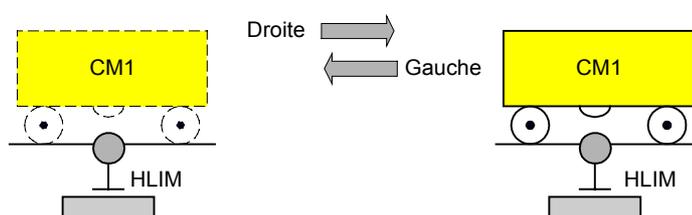


Figure 1

Exercice 2 :

Le chariot 1 est à droite et le chariot 2 en bas. En activant le bouton poussoir dcy les chariots effectuent le cycle suivant :

- CH 1 se déplace vers la gauche et le CH 2 vers le haut
- CH 1 se déplace vers la droite jusqu'à HLIM et temporisation de 5s
- A la fin de la temporisation le CH 2 se déplace vers le bas.

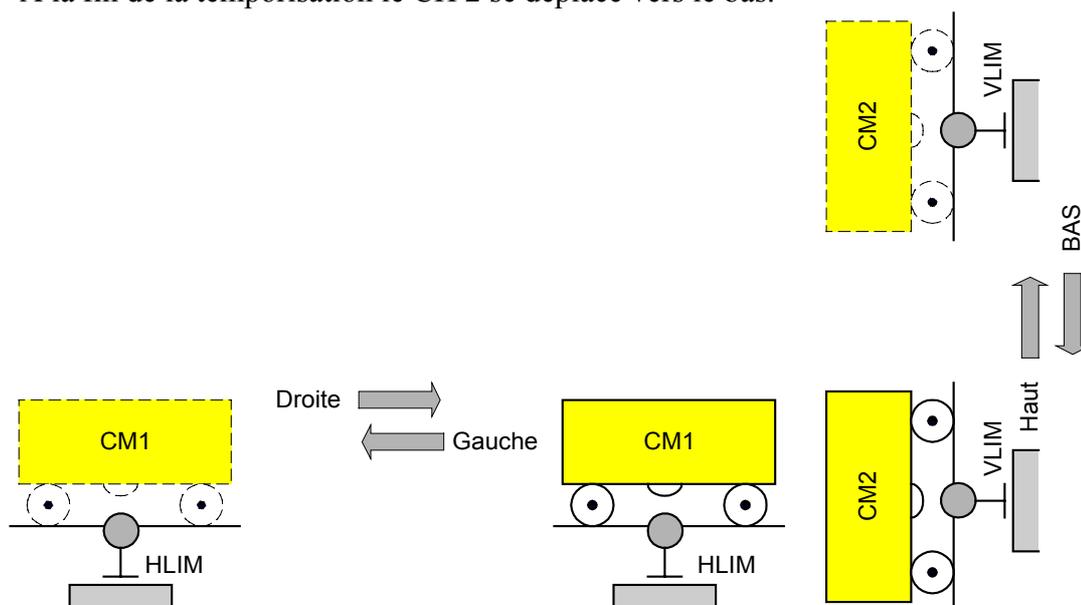


Figure 2

Même question que le 1<sup>er</sup> exercice.

Exercice 3 :

Une station de mélange se compose de deux réservoirs contenant deux produits A et B pouvant se déverser dans une trémie peseuse C. Un mélangeur M permet d'obtenir l'homogénéisation du mélange formé par ces deux produits grâce à la rotation d'une hélice.

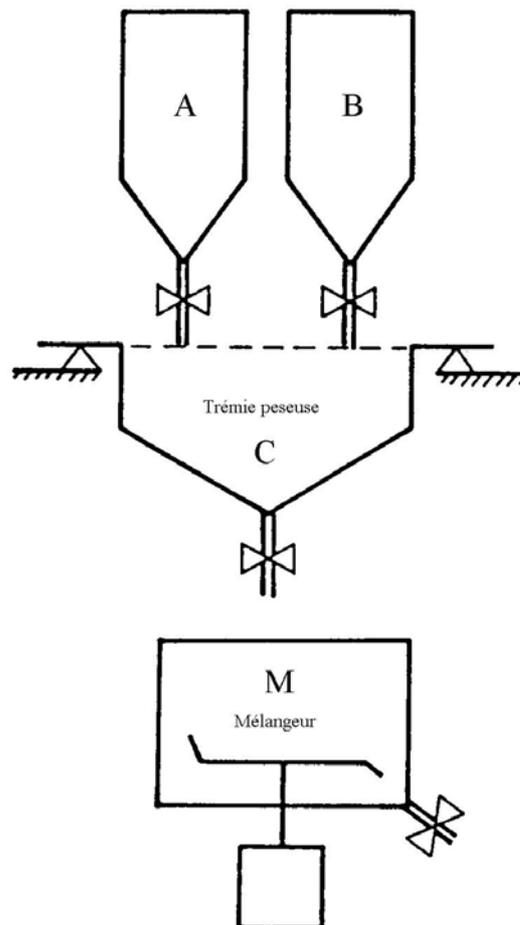


Figure 3

L'ordre de départ du cycle donné par l'opérateur ne peut être pris en compte que si les conditions initiales sont réalisées, c'est à dire si la trémie et le mélangeur sont vides.

La quantité de produit A est d'abord pesée dans la trémie C et celle-ci est immédiatement vidangée dans le mélangeur M.

Le produit B est ensuite pesé et mélangé au produit A présent dans le mélangeur.

Ces deux produits sont malaxés pendant 20s, temps au bout duquel le mélangeur est vidangé.

**Même question que l'exercice 1.**

Exercice 4 :

Un dispositif automatique destiné à trier des caisses de deux tailles différentes se compose d'un tapis, amenant les caisses, de trois poussoirs et de deux tapis d'évacuation suivant le figure ci-dessous.

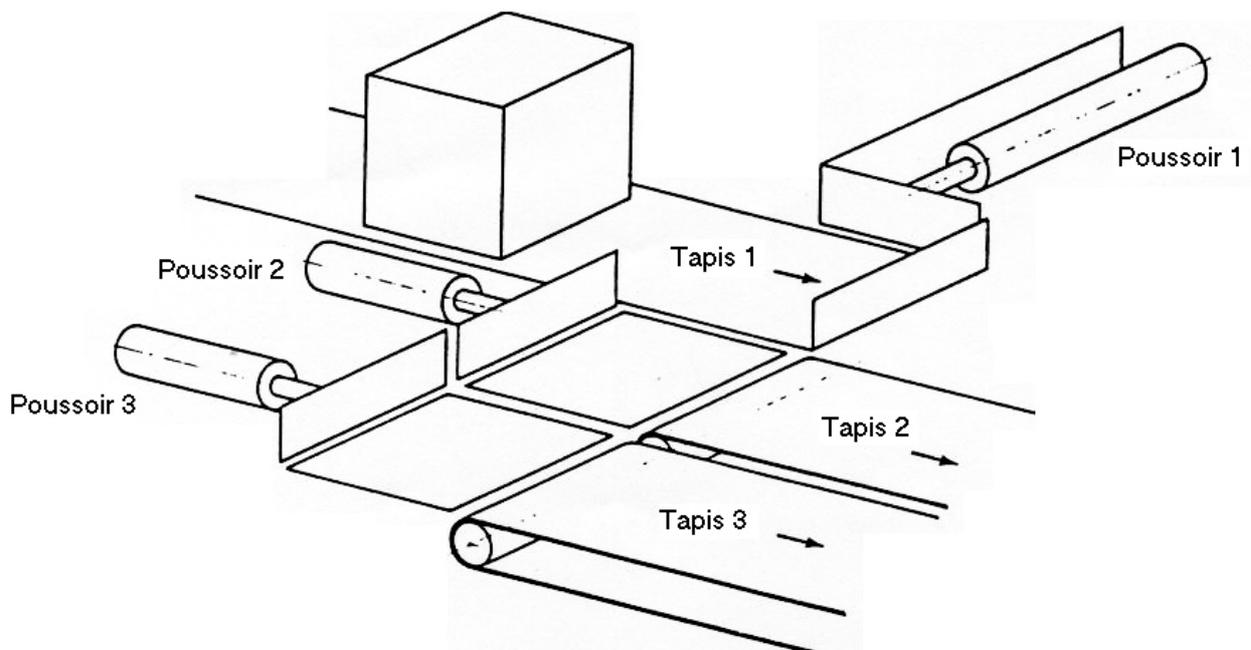


Figure 4

Le poussoir 1 pousse les petites caisses devant le poussoir 2 qui à son tour les transfère sur le tapis d'évacuation 2, alors que les grandes caisses sont poussées devant le poussoir 3, ce dernier les évacue sur le tapis 3.

Pour effectuer la sélection des caisses, un dispositif de détection placé devant le poussoir 1 permet de reconnaître sans ambiguïté le type de caisse qui se présente.

Même question que les autres exercices.

**OBJECTIF : N° 2**

**DURÉE : 30 min**

---

- **Objectif poursuivi :** Reconnaître les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence.

- **Description sommaire du contenu :**

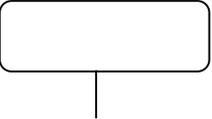
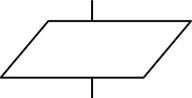
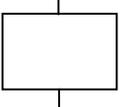
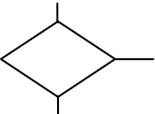
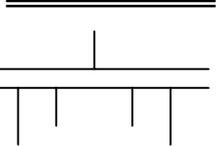
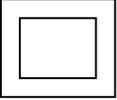
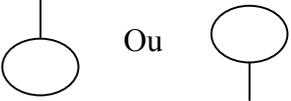
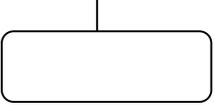
- **Ce résumé théorique présente** les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence à savoir : début et fin d'un organigramme, parallélogramme, losange, tiret, flèche, etc.

- **Lieu de l'activité :** Salle de cours.

- **Directives particulières :**

**OBJECTIF : N° 2****DURÉE : 30 min.**

Les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence sont résumés dans le tableau ci-dessous :

| <b>SYMBOLES</b>   | <b>DESIGNATIONS</b>   |
|---|---|
|    | Début d'un ordinogramme   |
|    | Point d'entrée de données ou de sortie de résultats   |
|    | Action c'est-à-dire opération ou groupe d'opérations sur des données. C'est le symbole général «traitement»   |
|   | Indication d'un point de décision (test ou alternance)<br>C'est-à-dire exploitation de conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs.                               |
|  | Ce symbole est utilisé lorsqu'une ou plusieurs voies doivent l'avoir atteint avant qu'une ou plusieurs voies qui en sortent soient utilisées en parallèle ou suivant un ordre quelconque. |
|  | Étape initiale  |
|  | Renvoi : donne la possibilité de raccorder des segments de grandes séquences.   |
|  | Étape simple  |
|  | Transition  |
|  | Fin d'un ordinogramme.  |

Sens conventionnel des liaisons

Le sens général des lignes de liaisons doit être :

- de haut en bas ; 
- de gauche à droite ; 

Lorsque le sens ainsi défini n'est pas respecté, des pointes de flèches à cheval sur la ligne indiquent le sens utilisé :  ; 

**OBJECTIF : N° 2**

**DURÉE : 30 min.**

---

- **Objectif poursuivi :** Reconnaître les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence.

- **Description sommaire de l'activité :**

l'apprenti doit reconnaître les symboles correspondant à chacune des représentations graphiques d'une séquence et inversement.

- **Lieu de l'activité :** Salle de cours.

- **Liste du matériel requis :**

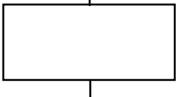
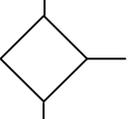
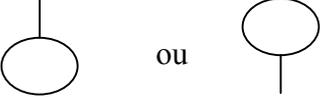
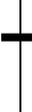
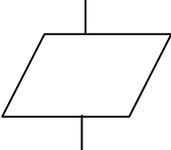
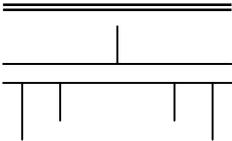
- **Directives particulières :**

EXERCICE PRATIQUE

**OBJECTIF : N° 2**

**DURÉE : 30 min.**

EXERCICE 1 :  
Compléter le tableau suivant :

| <b>SYMBOLES</b>   | <b>DESIGNATIONS</b> |
|---|---------------------|
|    |                     |
|    |                     |
|   |                     |
|  |                     |
|  |                     |
|  |                     |
|  |                     |
|  |                     |
|  |                     |

## EXERCICE PRATIQUE

EXERCICE 2 :

Connaissant la désignation, donner le symbole correspondant :

| <b>SYMBOLES</b> | <b>DESIGNATIONS</b>         |
|-----------------|-----------------------------|
|                 | Étape simple                |
|                 | Transition                  |
|                 | Étape initiale              |
|                 | Fin d'un ordinogramme       |
|                 | Traitement                  |
|                 | Embranchement               |
|                 | Point d'entrée ou de sortie |
|                 | Renvoi                      |
|                 | Début d'un ordinogramme     |
|                 | Liaison de haut en bas      |
|                 | Liaison de bas en haut      |
|                 | Liaison de gauche à droite  |
|                 | Liaison de droite à gauche  |

**OBJECTIF : N°03**

**DURÉE : 2 H**

---

**Objectif poursuivi :** Décrire les modes de départ, de marche et d'arrêt d'une séquence.

-

**- Description sommaire du contenu :**

Ce résumé théorique comprend la représentation des modes de départ, de marche et d'arrêt d'une séquence à savoir :

- Les marches automatiques ou de production ;
- Les marches d'intervention ;
- L'arrêt momentané ;
- Les arrêts d'urgence etc.

**- Lieu de l'activité :** Salle de cours.

**- Directives particulières :**

OBJECTIF : N° 3

DURÉE : 2 H

I- MODE DE MARCHÉ :

Un mode de marche est un choix de fonctionnement, effectué par l'opérateur, conditionnant la façon dont doit se dérouler le cycle de l'automatisme de commande.

Malgré la grande variété des modes de marche rencontrés sur les automatismes industriels, il est possible de les regrouper en deux grandes catégories :

- Les marches automatiques ou de production.
- Les marches d'intervention.

1.1. Les marches automatiques :

Les marches automatiques sont considérées comme le fonctionnement normal de l'automatisme.

a)- Fonctionnement semi-automatique – Marche cycle par cycle – Cycle unique :

Chaque cycle, commandé par l'information «départ cycle», se déroule automatiquement mais nécessite à chaque fois une nouvelle intervention de l'opérateur pour pouvoir exécuter le cycle suivant.

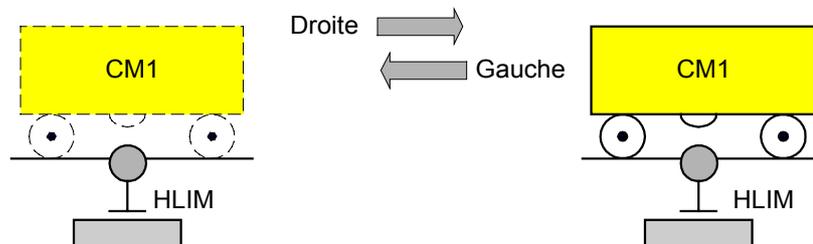
Exemple :

Figure 1

- Le chariot est initialement à gauche.
- En activant un bouton poussoir départ cycle (dcy), le chariot effectue le cycle suivant :

- Déplacement vers la droite jusqu'à fin de course HLIM;
- Déplacement vers la gauche jusqu'à fin de course HLIM;
- Arrêt du chariot.

D'après le cahier de charge de cet exercice, il faut une nouvelle activation du bouton dcy pour exécuter le cycle suivant.

b)- Fonctionnement automatique – Marche cycle automatique – Cycles continus :

Après action sur un bouton poussoir «départ cycle», le cycle se répète indéfiniment jusqu'à ce que l'ordre d'arrêt soit donné, cet arrêt ne s'effectuant qu'une fois le cycle terminé.

Precisons bien que cette demande d'arrêt n'intervient que pour éviter l'exécution d'un nouveau cycle mais ne provoque pas l'arrêt du cycle en cours.

Exemple :

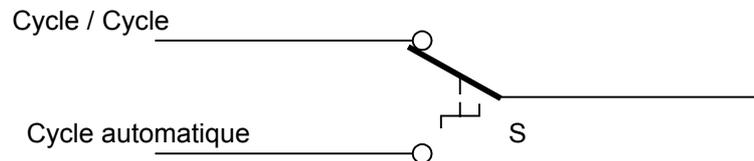
Reprenons l'exemple précédent traité en 1.1.a) avec un cahier de charge différent :

- Le chariot est initialement à gauche.  
 - Dès qu'on active un bouton poussoir «départ cycle», le chariot effectue les déplacements suivants :

- Déplacement à droite jusqu'à fin de course HLIM
- Déplacement à gauche jusqu'à fin de course HLIM

Le cycle recommence jusqu'à l'activation d'un bouton poussoir «arrêt cycle» à la fin du cycle.

Le choix de ces marches de production est laissé à l'opérateur. Elles peuvent être réalisées par un commutateur bidirectionnel à deux positions maintenues :



**Remarque** : L'arrêt des cycles continus s'effectue en plaçant le commutateur sur la position «Cycle par Cycle».

1.2. Les marches d'intervention :

Les marches dites d'intervention ou de maintenance, dont les plus connues sont les marches manuelles, nécessitent de la part de celui qui les utilise une connaissance très précise de la machine et de ses possibilités. Ces modes ne seront donc généralement exécutés que sous la responsabilité d'un régleur ou d'un agent de maintenance.

a)- Fonctionnement séquence par séquence ou étape par étape :

Dans ces fonctionnements l'évolution du cycle est fractionnée séquence par séquence ou étape par étape, le passage d'une séquence à une autre ou d'une étape à la suivante s'effectuant sur commande de l'opérateur. De tels fonctionnements ne sont pas toujours possibles suivant la technologie utilisée.

Ces modes de fonctionnement sont particulièrement utiles à la mise en route d'une installation, lors de la localisation d'un incident ou d'un réglage à effectuer. Ils permettent une analyse fine des différents comportements du cycle et facilitent les réglages de parties bien précises de la machine.

b)- Fonctionnement manuel :

L'exécution d'une action est directement liée à un ordre manuel, l'exécution de cet ordre étant généralement asservie à certaines sécurités.

II- LES ARRETS :

Les arrêts ne constituent pas à proprement parler un mode de marche mais peuvent imposer aussi au cycle des structures particulières.

2.1. L'arrêt momentané :

Un arrêt momentané interrompt immédiatement les ordres de commande de toute ou partie des actions en cours.

Il est donc possible, sous le contrôle de l'opérateur, de reprendre le fonctionnement du cycle à l'endroit où il a été interrompu.

2.2. Les arrêts d'urgence :

Un arrêt d'urgence provoque l'annulation de tous les ordres de commande, que ceux-ci soient manuels ou automatiques. Il peut quelques fois laisser certaines actions maintenues ou enclencher d'autres suivant le sens de la sécurité.

L'arrêt d'urgence peut aussi effectuer la remise à zéro du ou des cycles, c'est à dire la désactivation de toutes les étapes actives, ou réinitialiser le cycle si cette opération ne s'avère pas dangereuse pour la partie opérative.

La machine doit donc dans certains cas être ramenée à sa position initiale ou d'origine, manuellement ou, à partir d'une séquence particulière de dégagement.

III- LES CONDITIONS INITIALES ET LE DEPART D'UNE SEQUENCE :

Les conditions initiales sont particulièrement importantes car elles correspondent au contrôle des positions que doit avoir la machine au début du cycle automatique.

Ces conditions initiales doivent être vérifiées systématiquement avant le démarrage de chaque cycle, même si elles ont déjà été obtenues à la fin du cycle précédent.

Ces conditions de départ doivent être insérées dans des registres à décalage, des compteurs binaires ou à décade.

Exemple :

Reprenons l'exemple de la perceuse avec ou sans déburrage.

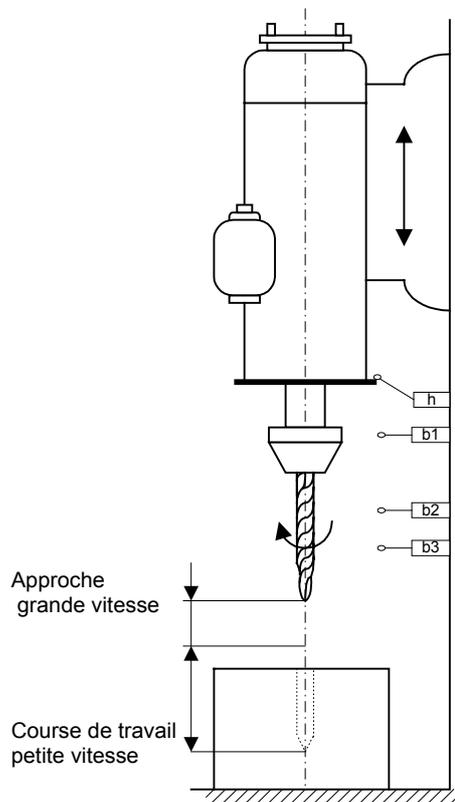


Figure 2

Les conditions initiales dans ce cas sont :

Broche en position haute,

Et

Rotation de la broche.

qu'on doit vérifier au départ de chaque cycle.

**OBJECTIF : N° 3**

**DURÉE : 1H 30min**

---

- **Objectif poursuivi :** Décrire les modes de départ, de marche et d'arrêt d'une séquence.

- **Description sommaire de l'activité :**

A partir d'un cahier des charges, déterminer les modes de départ, de marche et d'arrêt d'une séquence à savoir marches automatiques ou marches d'intervention, arrêts momentanés ou arrêts d'urgence.

- **Lieu de l'activité :** Salle de cours.

.

- **Liste du matériel requis :**

- **Directives particulières :**

**OBJECTIF : N° 3**

**DURÉE : 1H 30min**

---

Exercice 1

Soit une came C entraînée en rotation par un moto-réducteur. Cette came doit effectuer un tour et un seul à chaque fois que l'ordre lui est donnée.

Déterminer les modes de marche et d'arrêt.

Exercice 2 :

A l'étape de départ la lampe est éteinte.

Une première impulsion sur un bouton poussoir «b» allume la lampe.

Lorsque le bouton «b» est relâché, la lampe reste allumée.

Une seconde pression sur «b» éteint la lampe, celle-ci s'allumera de nouveau lorsque b sera enfoncé.

Déterminer les modes de marche et d'arrêt.

Exercice 3 :

Un chariot peut se déplacer entre deux positions caractérisées par deux fins de course.

Initialement, le chariot se trouve à gauche. En activant un bouton poussoir départ cycle «dcy », le chariot effectue le cycle suivant :

- Déplacement vers la droite jusqu'à fin de course 1;
- Déplacement vers la gauche jusqu'à fin de course 2;
- Puis arrêt du chariot.

Déterminer les modes de marche - arrêt et les conditions initiales de départ.

Exercice 4 :

Reprenons l'exemple du mélangeur :

Une station de mélange se compose de deux réservoirs contenant deux produits A et B pouvant se déverser dans une trémie peseuse C. Un mélangeur M permet d'obtenir l'homogénéisation du mélange formé par ces deux produits grâce à la rotation d'une hélice.

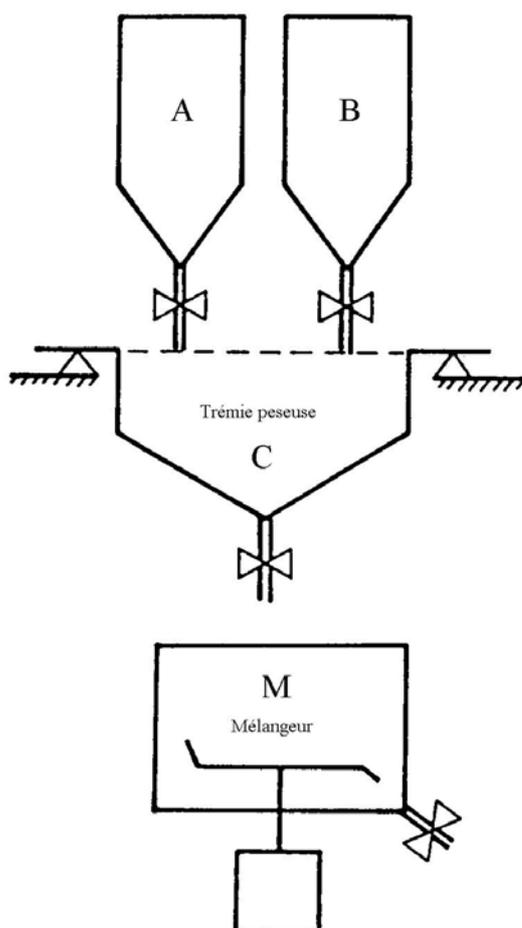


Figure 1

L'ordre de départ du cycle donné par l'opérateur ne peut être pris en compte que si les conditions initiales sont réalisées, c'est à dire si la trémie et le mélangeur sont vides.

La quantité du produit A est d'abord pesée dans la trémie C et celle-ci est immédiatement vidangée dans le mélangeur M.

Le produit B est ensuite pesé et mélangé au produit A présent dans le mélangeur.

Ces deux produits sont malaxés pendant 20s, temps au bout duquel le mélangeur est vidangé.

- Déterminer les conditions initiales, les modes de marche – arrêt.

Exercice 5:

Reprenons l'exemple des 2 chariots :

Le chariot 1 est à droite et le chariot 2 en bas. En activant le bouton poussoir dcv les chariots effectuent le cycle suivant :

- CH 1 se déplace vers la gauche et le CH 2 vers le haut
- CH 1 se déplace vers la droite jusqu'à HLIM et temporisation de 5s
- A la fin de la temporisation le CH 2 se déplace vers le bas.

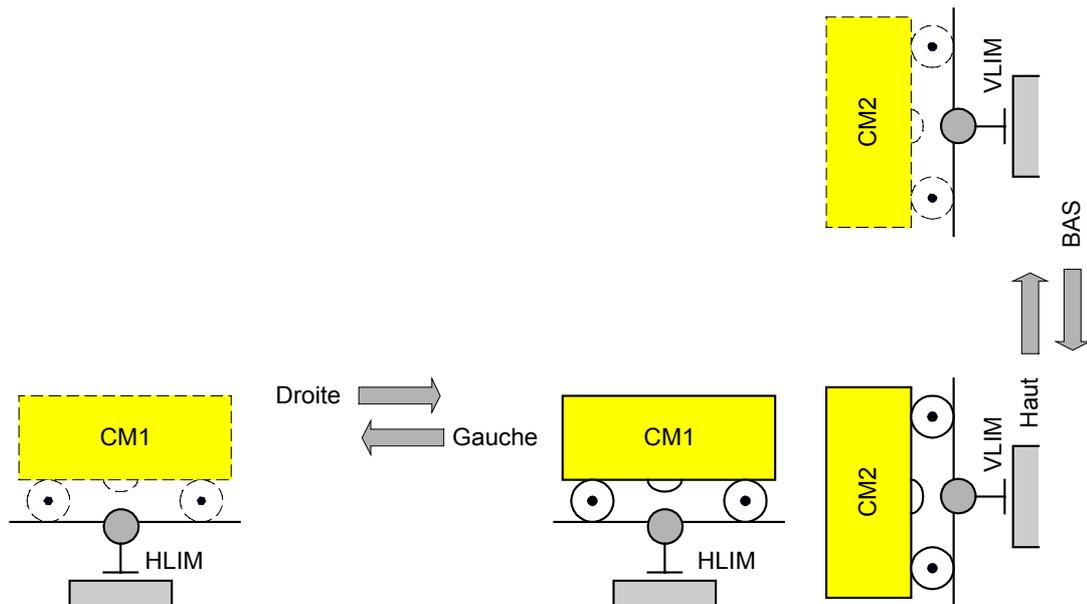


Figure 2

- Déterminer les conditions initiales de départ, les modes de marche – arrêt.

**OBJECTIF : A**

**DURÉE : 6 H 30 min**

---

- **Objectif poursuivi :** Analyser les différentes représentations graphiques d'une séquence.

**Description sommaire du contenu :**

Ce résumé théorique comprend la représentation de l'analyse des différentes représentations graphiques d'une séquence, à savoir :

- Algorithme, algorithme
- Chronogramme
- Grafcet
- Schéma fonctionnel d'une machine

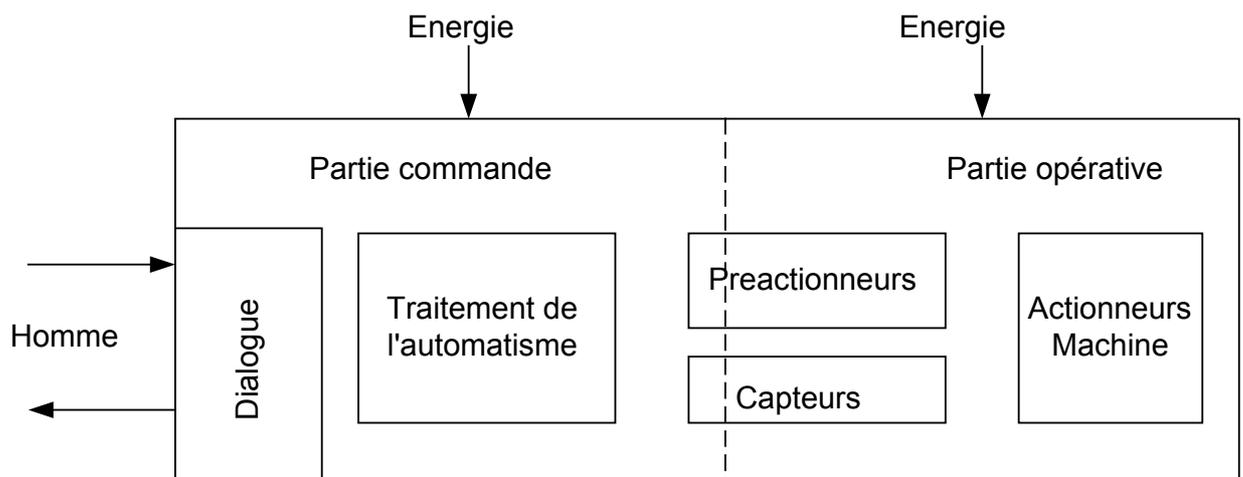
**Lieu de l'activité :** Salle de cours.

- **Directives particulières :**

**OBJECTIF : A****DURÉE : 6 H 30 min****I- INTRODUCTION**

Tout système automatisé comprend deux parties essentielles :

- Une partie opérative (PO) qui comporte des actionneurs permettant de réaliser les opérations sollicitées par la partie commande.
- Une partie commande (PC) permettant de piloter la partie opérative en fonction des informations qu'elle reçoit :
  - Soit des personnes extérieures au système par l'intermédiaire des boutons poussoirs, claviers etc.
  - Soit des capteurs contrôlant la partie opérative.

Structure d'un système automatisé

La partie commande de nombreux systèmes techniques automatisés est en logique séquentielle. Il est donc nécessaire de trouver des représentations graphiques qui permettent de représenter le fonctionnement de la partie opérative et de décrire ensuite le fonctionnement de la partie commande.

Ainsi la même représentation permet :

- L'analyse du problème à résoudre;
- L'étude de la partie commande;
- Le dépannage de la machine et sa commande.

## II- DIFFERENTES REPRESENTATIONS GRAPHIQUES D'UNE SEQUENCE

### 2-1 Algorithme – Algorithme :

Un algorithme est une règle. Il s'exprime par une suite ordonnée de directives composées d'actions et de décisions qu'il faut exécuter en séquence suivant un enchaînement strict pour accomplir une tâche quelconque.

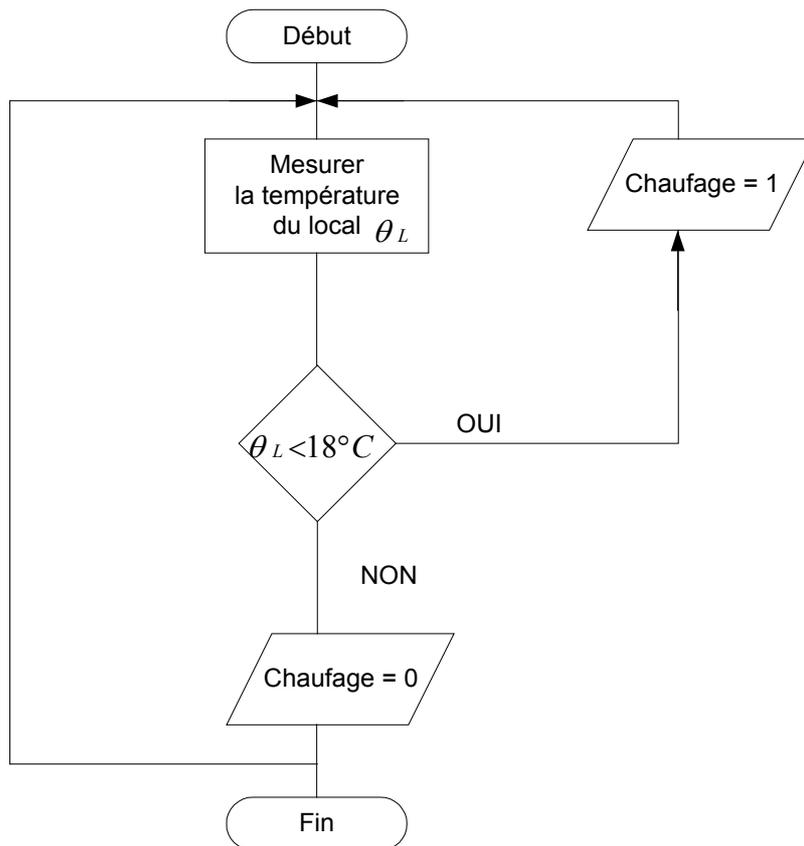
On peut considérer que toute succession de tâches logiques constitue l'algorithme de son résultat.

L'algorithme reproduit dans une représentation graphique normalisée tous les cheminements du raisonnement logique qui détermine la composition de l'algorithme.

#### Exemples :

##### a)- Chauffage d'un local

Dans un local le chauffage ne doit fonctionner que pour des températures inférieures à 18°C.



État 1 : Chauffage en marche.

État 0 : Chauffage arrêté.

b)- Tri de sacs

A la sortie de l'atelier de conditionnement d'une usine de fabrication d'engrais, un même convoyeur à bande transporte indifféremment des sacs de 25kg et des sacs de 50kg.

Un dispositif de tri automatique dirige ces sacs vers deux zones distinctes de stockage.

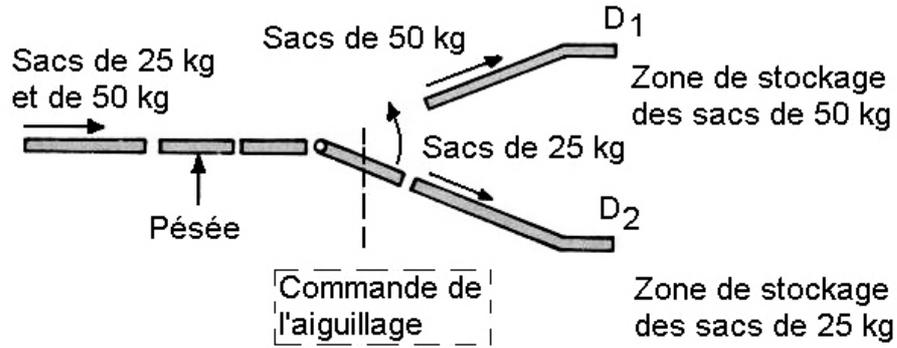
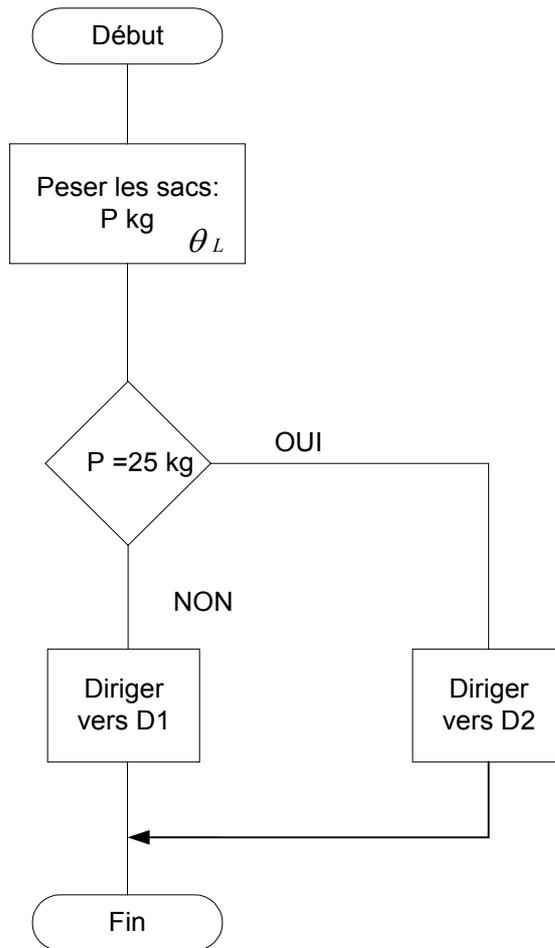


Figure 1



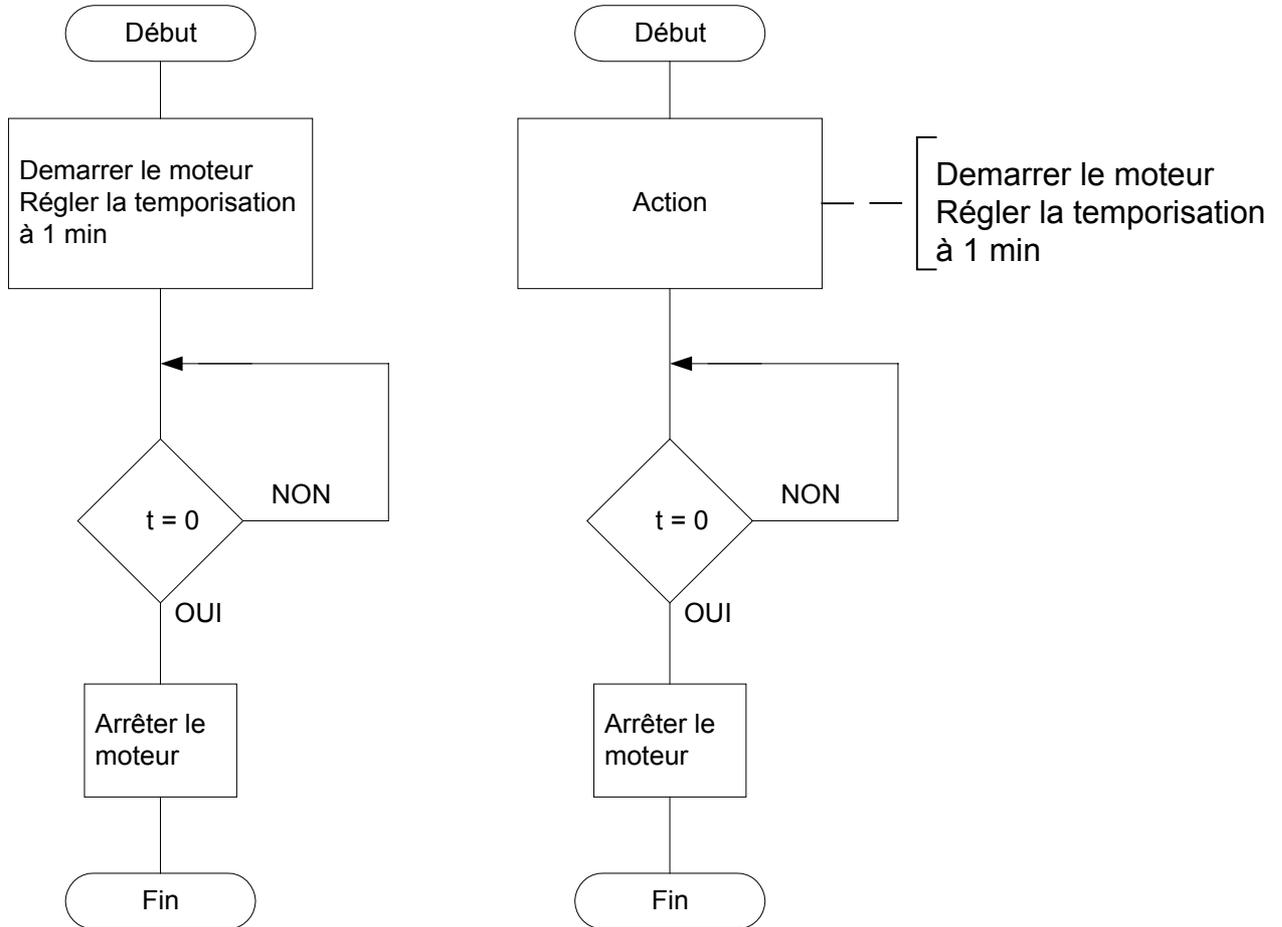
Commentaire :

Le test  $P = 25 \text{ kg}$  ? est considéré comme un aiguillage qui entraîne deux actions différentes.

c)- Temporisation

Un dispositif de temporisation limite la durée de fonctionnement d'un moteur à une minute.

Ou bien :

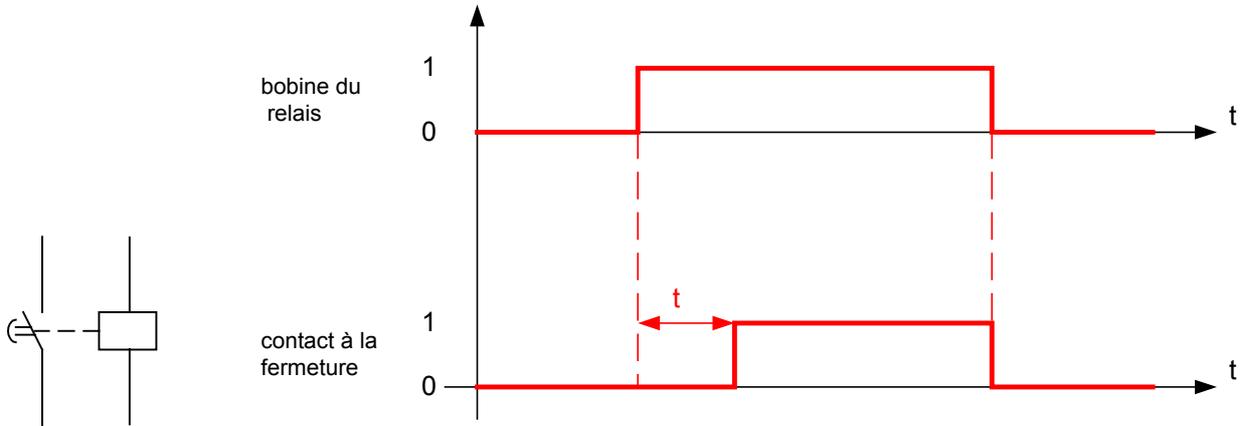


2.2. Chronogramme

Il permet de visualiser l'interaction des variables binaires d'un circuit. Il représente par un graphique les états 0 et 1 de celles-ci en fonction du temps.

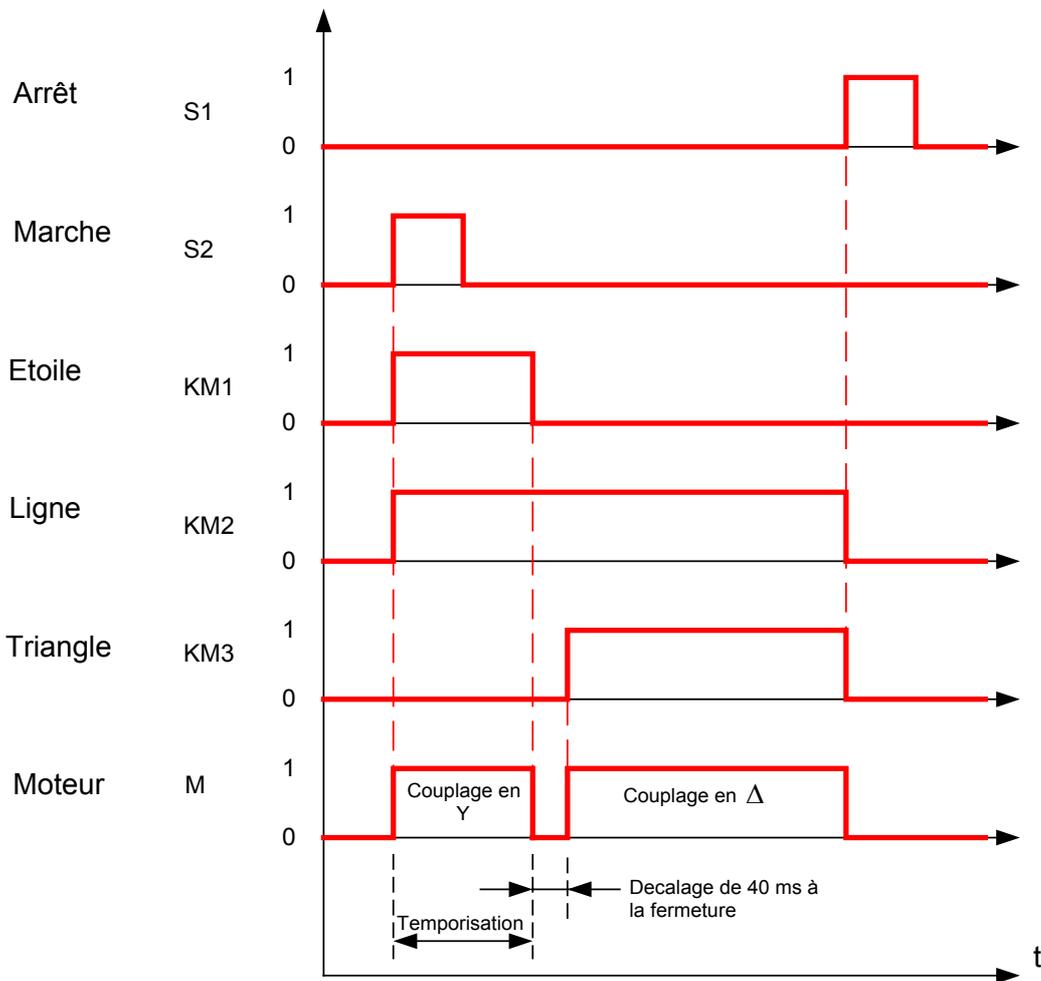
Exemples :

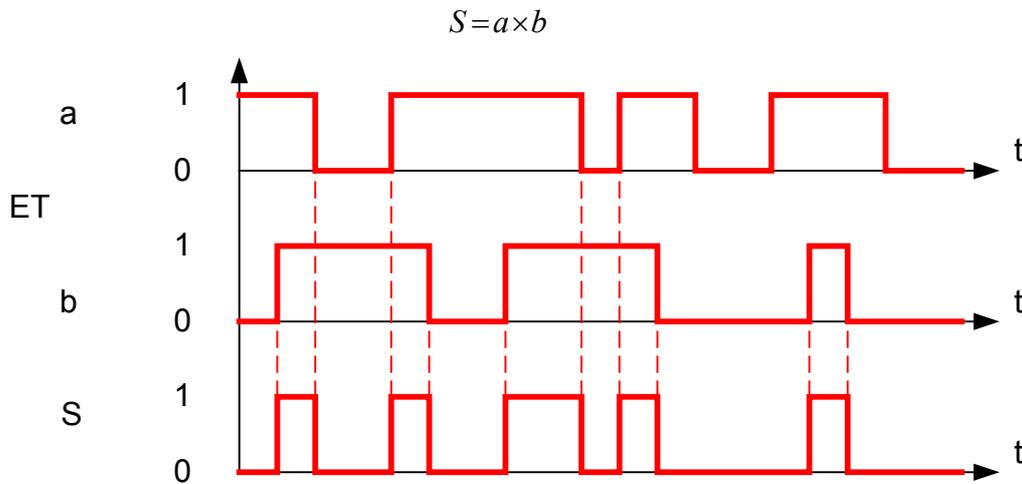
a)- Chronogramme d'un relais temporisé à la fermeture



Le contact passe à l'état 1 (fermeture) après un temps  $t$  temporisé suivant le passage à l'état 1 (excitation) de la bobine du relais.

b)- Chronogramme d'un démarrage étoile-triangle d'un moteur asynchrone à rotor à cage : commande semi-automatique, un sens de marche.



c)- Chronogramme de la fonction ET2.3. Grafcet

Le Grafcet est une représentation graphique du comportement d'un système automatisé.

Le tracé de ce graphique est défini par :

- Des éléments de base : Étape, Transition, liaisons orientées permettant de construire la structure séquentielle de l'automatisme ;
- Une interprétation : Actions associées aux étapes, Réceptivités associées aux transitions permettant de décrire le fonctionnement de la partie opérative et de la partie commande ;
- Des règles d'évolution, permettant d'obtenir des documents pouvant être interprétés sans ambiguïté par les différents intervenants dans l'automatisme.

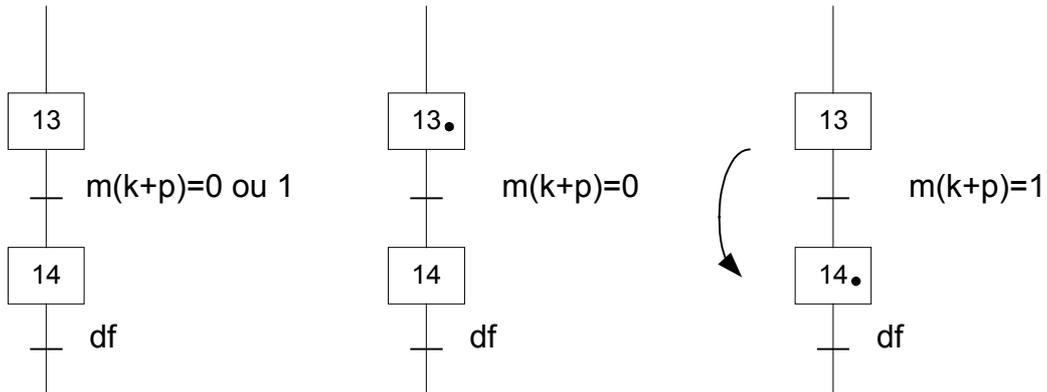
a)- Éléments de base

- Étape : Caractérise un comportement invariant d'une partie ou de la totalité de la partie commande du système.
- Actions associées à l'étape : Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est active.
- Transition : Elle indique la possibilité d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
- Réceptivité associée à la transition : C'est une condition logique vraie ou fausse des différentes variables nécessaires au franchissement de la transition.
- Liaison orientées : Ce sont des lignes verticales ou horizontales qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

b)- Règles d'évolution du Grafcet

- **Règle 1** : L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement.
- **Règle 2** : Une transition est soit validée, soit non validée.  
Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives.  
Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée et que la réceptivité associée à la transition est vraie.

Exemple :



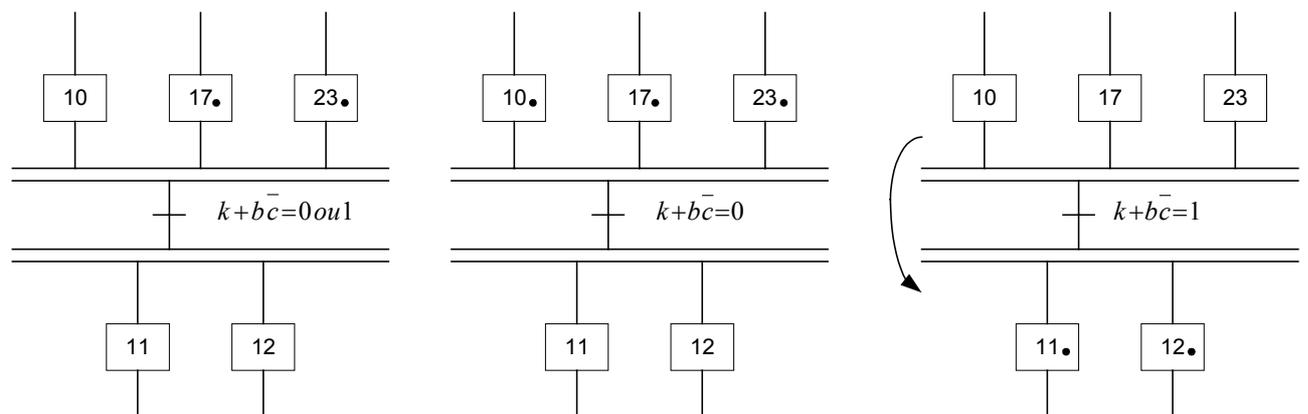
Transition non validée  
(étape 13 étant inactive)

Transition validée  
mais ne peut être franchie  
(étape 13 active mais  
réceptivité  $m(k+p)=0$ )

Transition franchie  
(réceptivité  $m(k+p)=1$ )

- **Règle 3** : Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Exemple :



Transition non validée  
(Étape 10 inactive)

Transition validée  
mais ne peut être franchie  
(réceptivité  $k+b\bar{c}=0$ )

Transition franchie  
(réceptivité  $k+b\bar{c}=1$ )

- **Règle 4** : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.
- **Règle 5** : Si au cours d'un fonctionnement une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

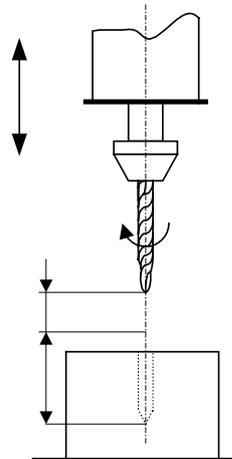
c)- Emploi du diagramme fonctionnel Grafcet

A fin de définir correctement le cahier des charges d'un équipement, le diagramme fonctionnel est utilisé à 2 niveaux :

**Niveau 1** : Permet de comprendre ce que l'automatisme doit faire face aux différentes situations pouvant se présenter à lui.

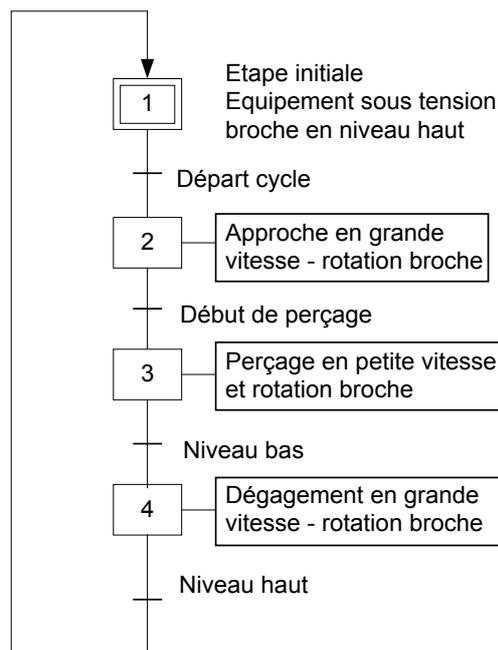
**Niveau 2** : Le choix technologique étant fait, la description donne les précisions nécessaires à la réalisation pratique de l'équipement.

Exemple 1 : Tête d'usinage.



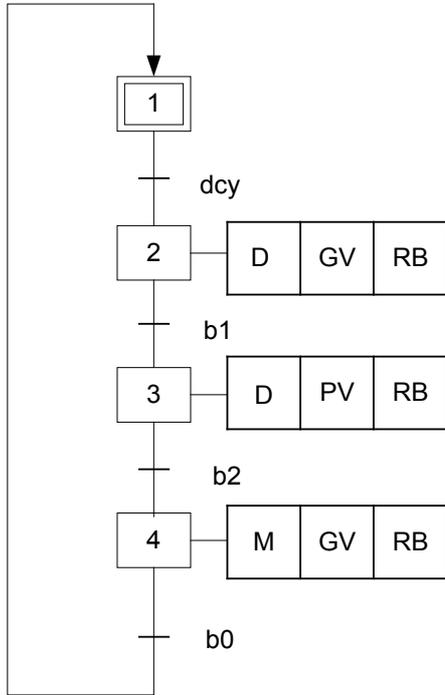
□ Grafcet niveau 1

On désire percer des pièces à l'aide d'une broche animée d'un mouvement de rotation et d'un mouvement vertical.



□ Grafcet niveau 2

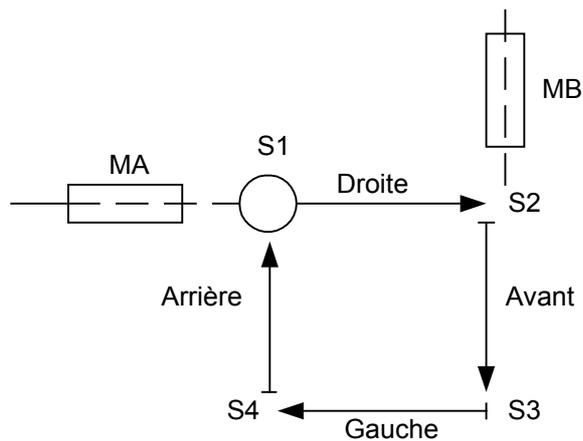
Après le choix technique (actionneurs, capteurs) le Grafcet niveau 2 apporte les précisions nécessaires à la réalisation de l'équipement.



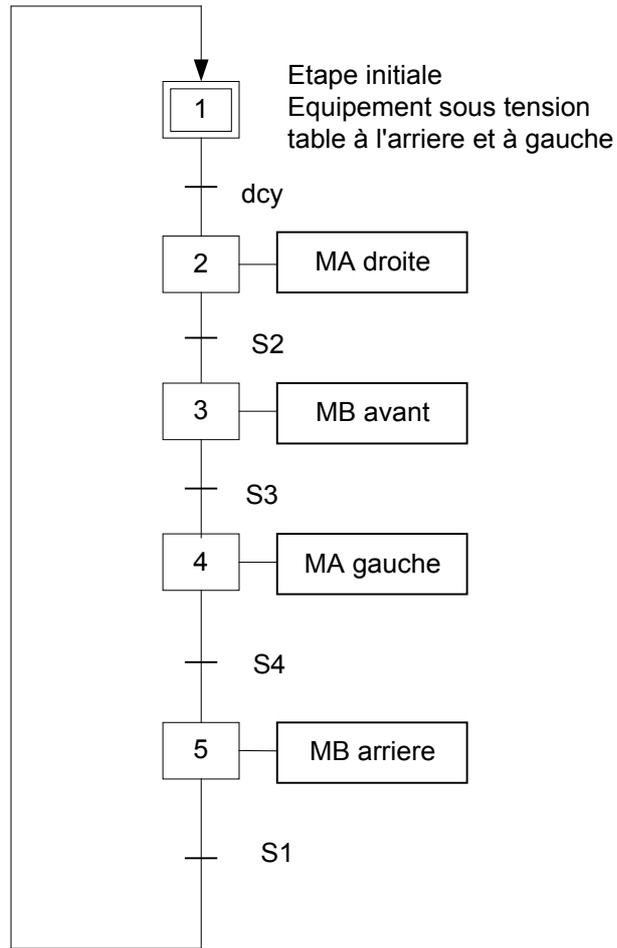
- D : descente;
- M : montée;
- GV : grande vitesse;
- PV : petite vitesse;
- RB : rotation broche;
- Dcy : départ cycle;
- b2 : fin de course niveau bas;
- b0 : fin de course niveau haut;
- b1 : début de perçage.

Exemple 2 : Cycle carré

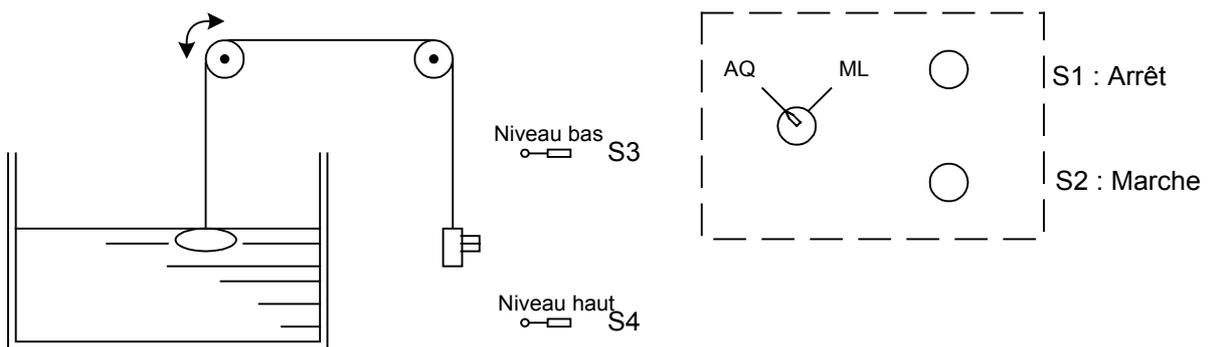
La table d'une machine outil se déplace suivant un cycle carré. Deux moteurs MA et MB assurent respectivement les mouvements Droite-Gauche et Avant-Arrière. Les capteurs S1, S2, S3, S4 contrôlent la fin des mouvements.



□ Grafcet niveau 2

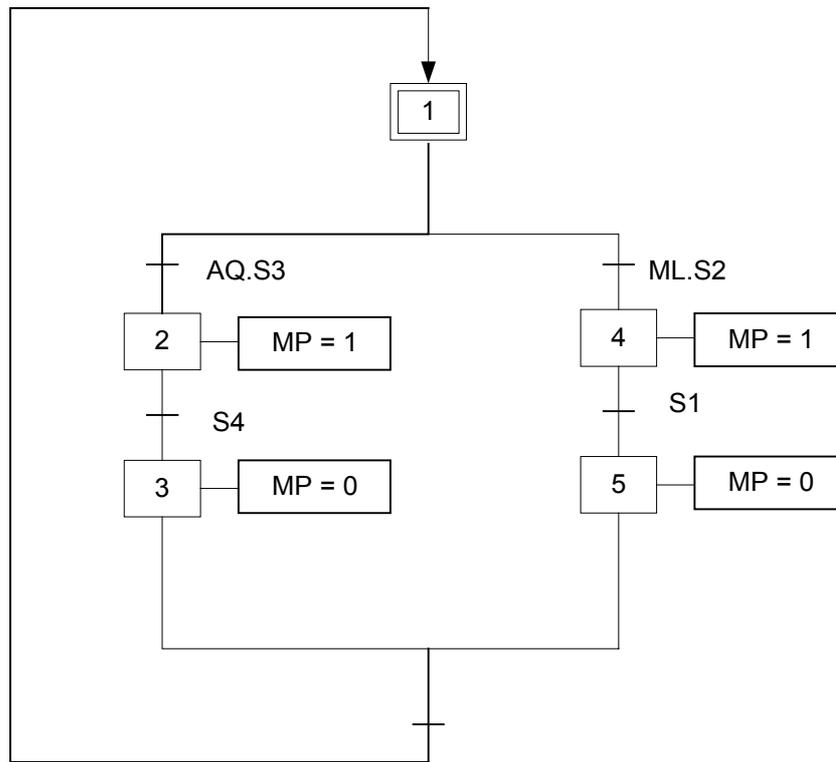


Exemple 3 : Station de pompage.



$\overline{KMP}$  - position repos du contacteur du moteur de la pompe.  
 AQ - marche automatique  
 ML - marche normale

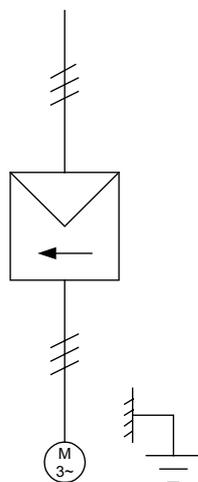
□ Grafcet niveau 2



2.4. Schéma fonctionnel d'une machine

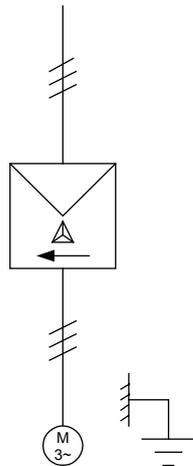
Destiné à faire comprendre le fonctionnement. Il représente par des symboles ou des figures simples une machine, une installation ou une partie d'installation avec ses interdépendances fonctionnelles, mais sans que toutes les liaisons soient représentées.

Exemple 1 : Commande manuelle du démarrage direct d'un moteur triphasé asynchrone à rotor à cage avec un seul sens de marche.



Symbole fonctionnel général d'un démarreur de moteur avec un seul sens de marche.

Exemple 2 : Commande manuelle d'un démarrage étoile-triangle d'un moteur asynchrone triphasé à rotor à cage avec un seul sens de marche.

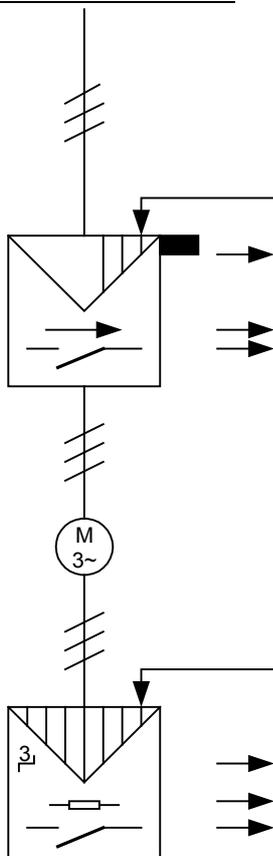


Symbole fonctionnel général d'un démarreur Y-Δ de moteur avec un seul sens de marche.

Exemple avec toutes les représentations graphiques vues

Démarrage rotorique semi-automatique, trois temps, un seul sens de marche d'un moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné.

\* Schéma fonctionnel :



Démarrateur semi-automatique avec :  
Mise à l'arrêt automatique;

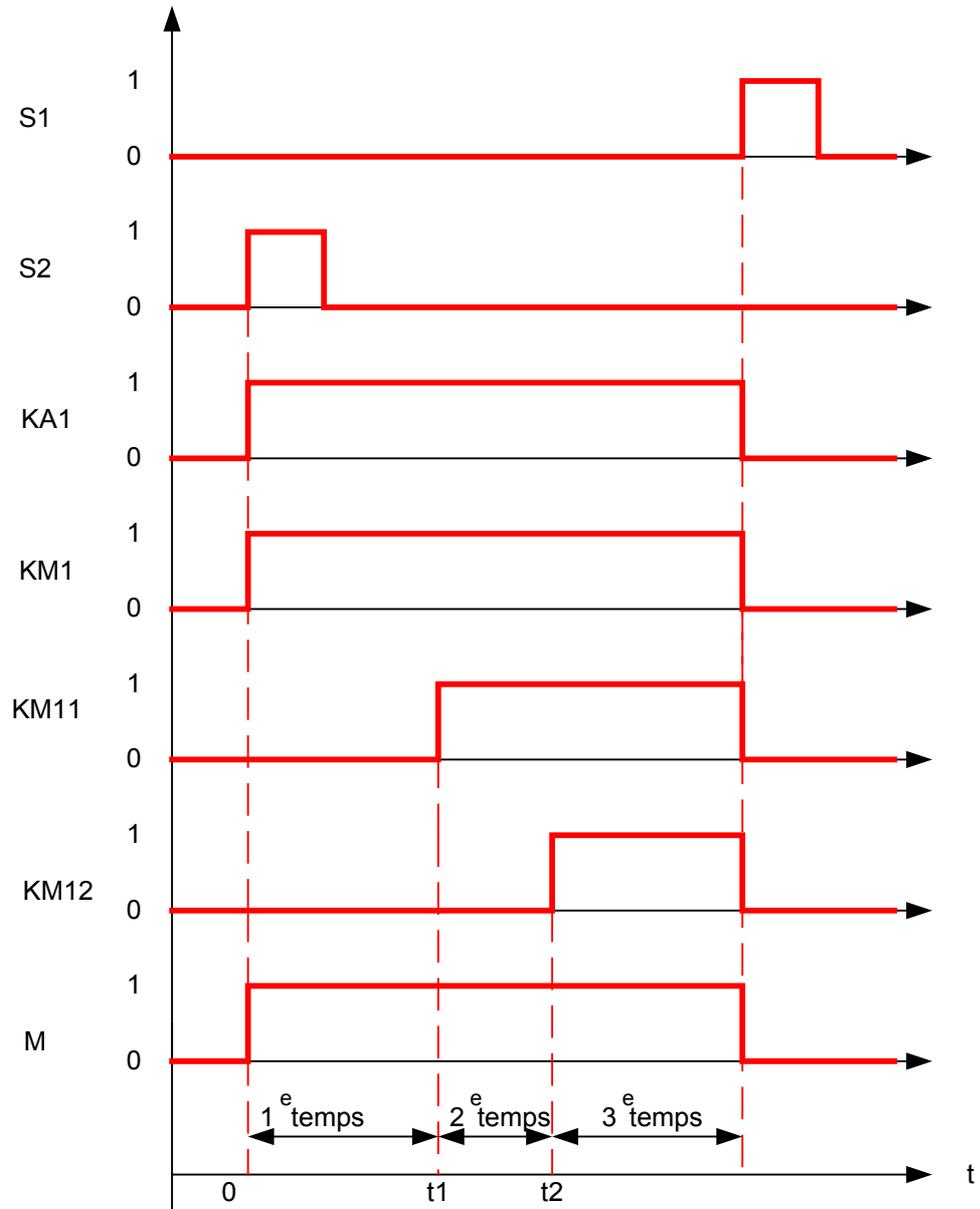
Un sens de marche;  
Par contacteurs.

Moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné

Démarrage rotorique automatique avec :

3 échelons (crans);  
Rhéostatique;  
Par contacteur

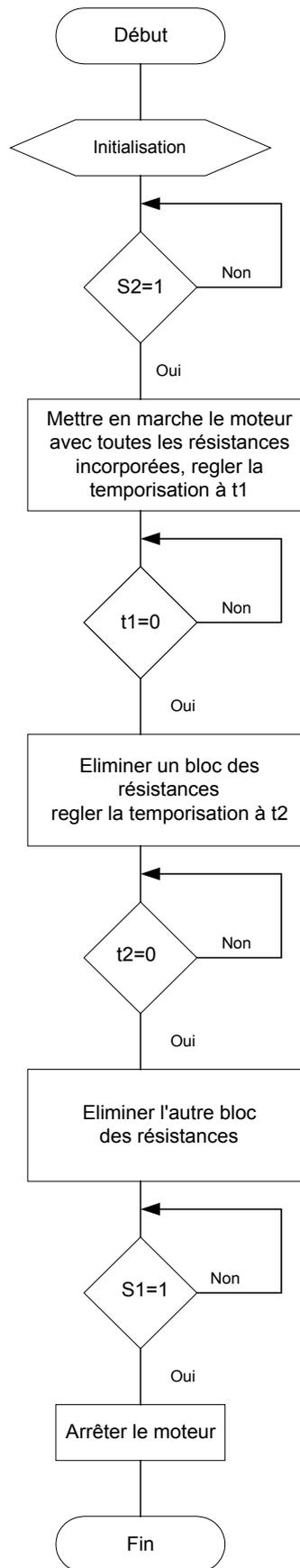
\* Chronogramme :



Nomenclature :

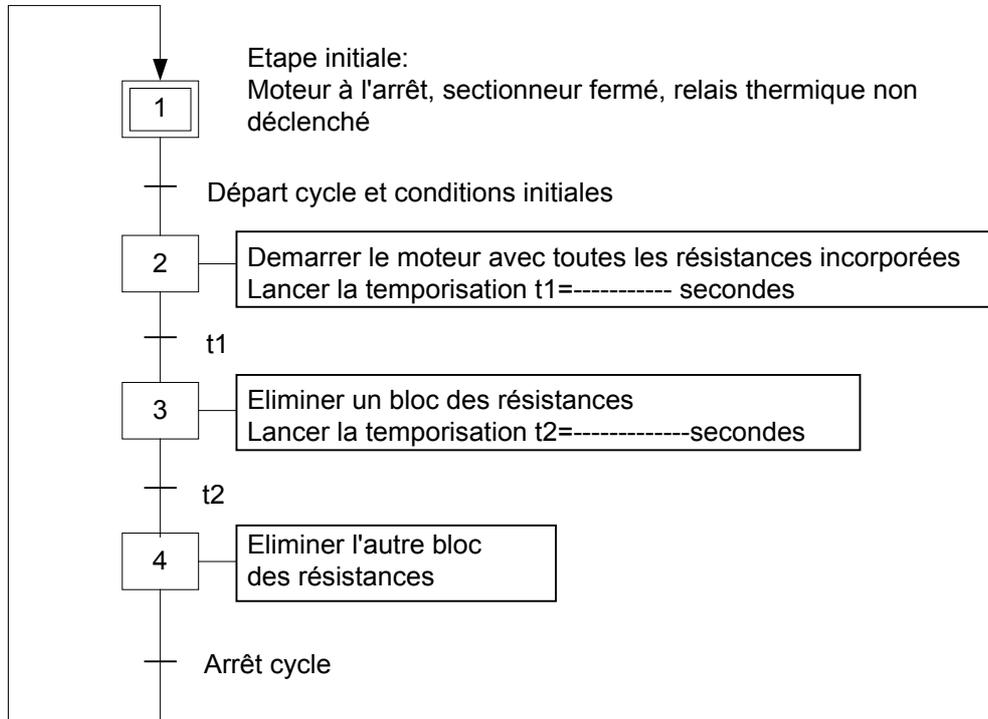
- S1, S2 : boutons poussoirs « Arrêt » et « Marche »
- KA 1 : contacteur auxiliaire
- KM1 : contacteur tripolaire (réseau)
- KM11 : contacteur tripolaire ou tétrapolaire (2<sup>ème</sup> temps)
- KM12 : contacteur tripolaire ou tétrapolaire (3<sup>ème</sup> temps)
- M3 ~ : moteur asynchrone triphasé à rotor bobiné.

\* Algorithme :

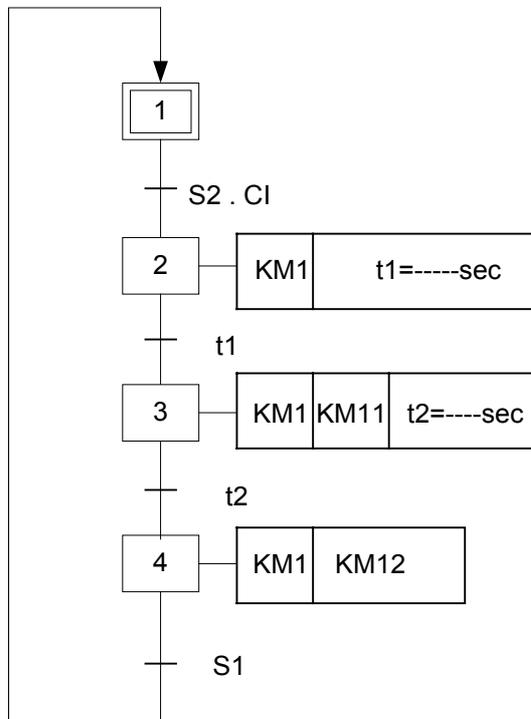


\* Grafcet

Point de vue partie opérative (Niveau 1)



Point de vue partie commande (Niveau 2)



**OBJECTIF : A**

**DURÉE : 3 H**

---

**- Objectif poursuivi :**

Analyser différentes représentations graphiques d'une séquence à savoir : algorithme; chronogramme; grafcet; schéma fonctionnel.

**- Description sommaire de l'activité :**

l'apprenti doit analyser un algorithme, un chronogramme, un grafcet, un schéma fonctionnel d'une machine.

**- Lieu de l'activité :**

Salle de cours.

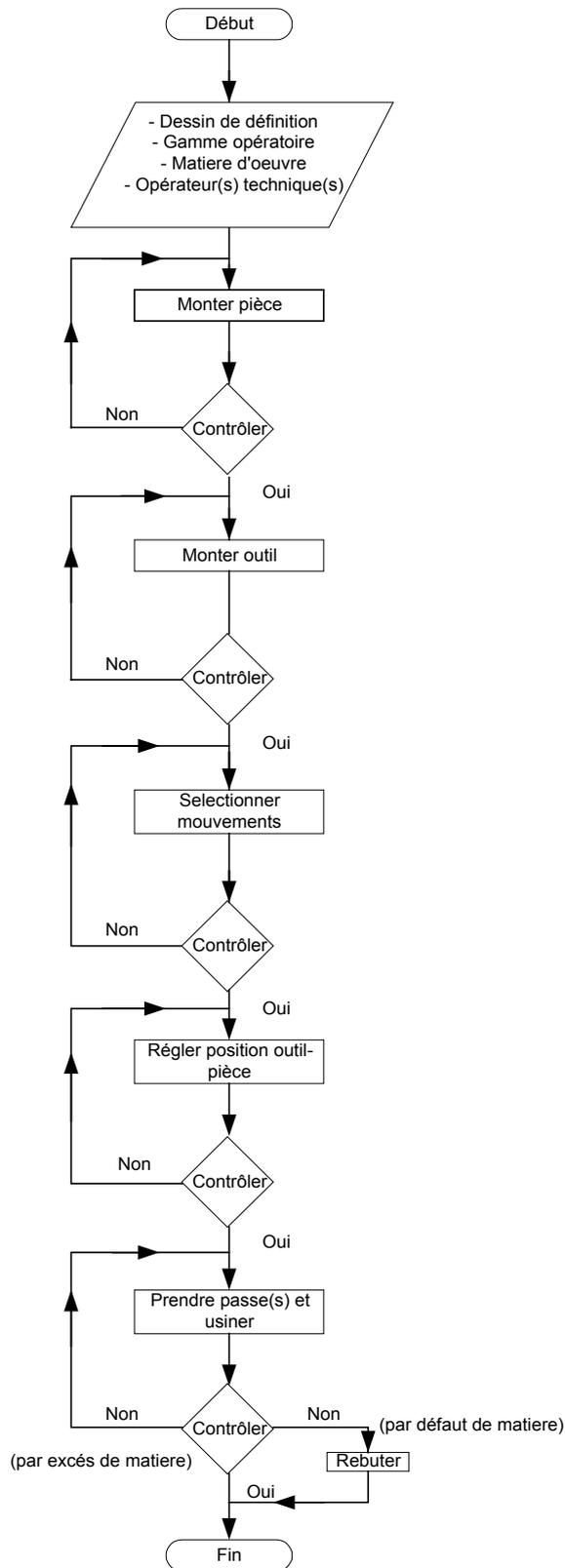
**- Liste du matériel requis :**

**- Directives particulières :**

OBJECTIF : A

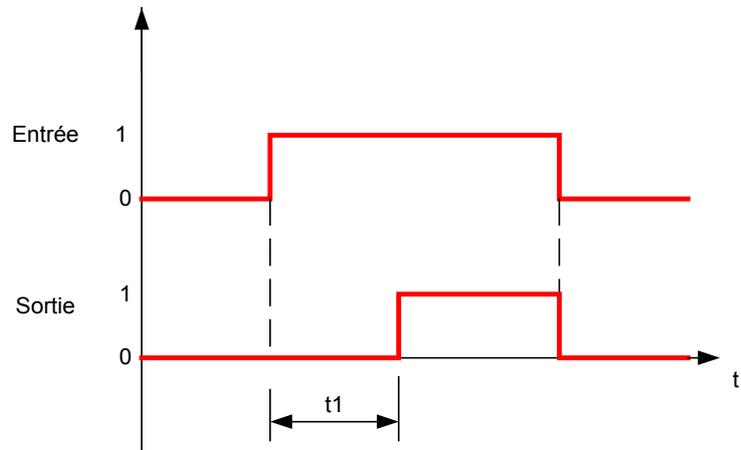
DURÉE : 3 H

Analyser chacune des représentations graphiques suivantes :

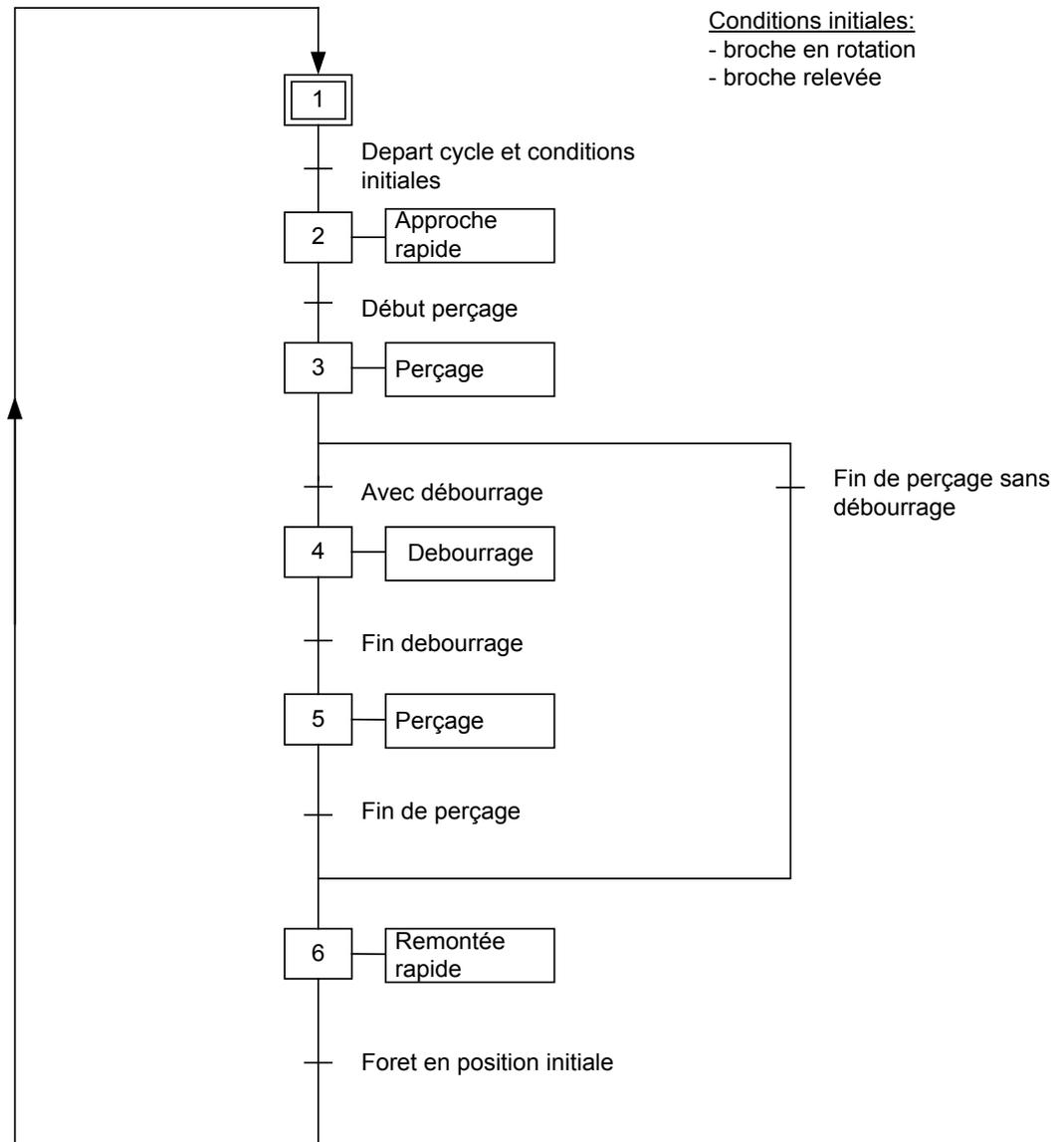
1- Algorithme

## EXERCICE PRATIQUE

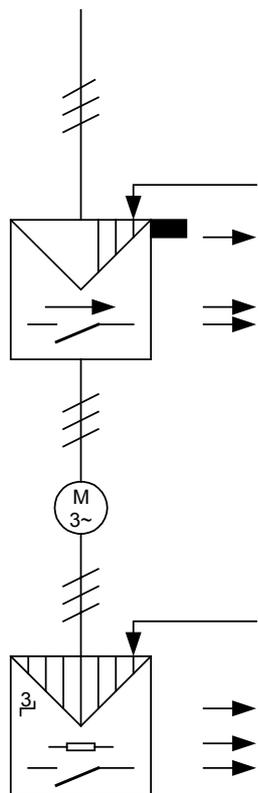
### 2- Chronogramme



### 3- Grafset :



4- Schéma fonctionnel :



**OBJECTIF : N° B**

**DURÉE : 6 H**

---

**Objectif poursuivi :** Traduire des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas électroniques.

**Description sommaire du contenu :**

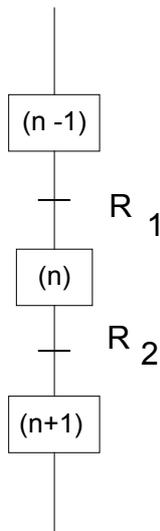
**Ce résumé théorique comprend** la traduction des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas électroniques clairs et conformes aux représentations graphiques.

**- Lieu de l'activité :** Salle de cours.

**Directives particulières :**

**I- MISE EN EQUATION D'UNE ETAPE**

Une étape de rang (n) a deux états : actif et inactif qui peuvent respectivement s'écrire :  $A(n)$  et  $\bar{A}(n)$ .



Les conditions d'activation d'une étape sont les suivantes :

- L'étape de rang (n-1) doit être active, soit  $A(n-1) = 1$ .
- La réceptivité de la transition entre l'étape de rang (n-1) et l'étape de rang (n) doit être vraie, soit  $t(n-1) \rightarrow (n) = 1$ .
- La condition de désactivation est que l'étape de rang (n+1) soit active, soit  $A(n+1)=1$ .

De plus, après activation, l'étape mémorise son état.

Si  $m(n)$  est sa mémoire :  $m(n) = 1$ .

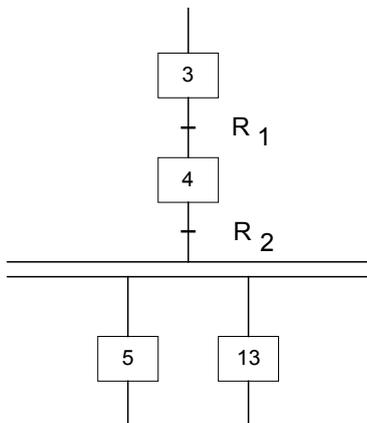
Sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation, l'équation générale de l'état actif d'une étape peut s'écrire :

$$A(n) = (\text{activation OU mémorisation}) \text{ ET PAS désactivation}$$

$$A(n) = \{A(n-1) t(n-1) \rightarrow (n) + m(n)\} \cdot \bar{A}(n+1)$$

Exemples d'application :

1- Étape précédant le début de deux séquences simultanées



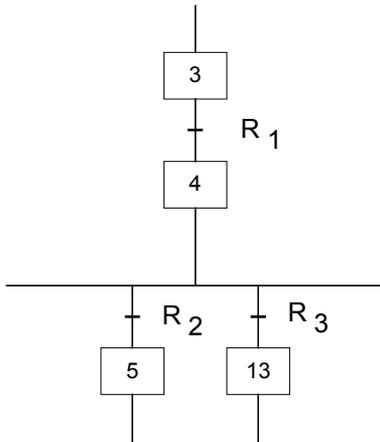
Étape 4 :

$$A_4 = (A_3 \cdot R_1 + m_4) \cdot A_5 \cdot A_{13}$$

$$A_4 = (A_3 \cdot R_1 + m_4) \cdot (\bar{A}_5 + \bar{A}_{13})$$

$\bar{A}_5 + \bar{A}_{13}$  : condition de non désactivation de l'étape 4 qui prend en compte la divergence en ET.

2- Étape précédant un choix conditionnel entre plusieurs séquences

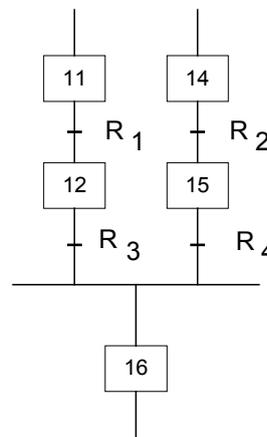
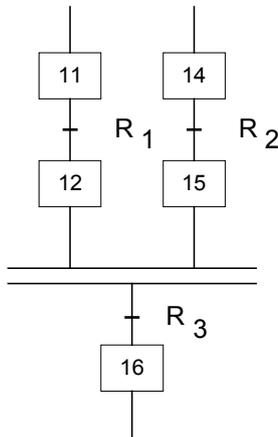


Étape 4 :  $A4 = (A3.R1+m4).(\overline{A5+A13})$

$A4 = (A3.R1+m4).\bar{A}5 \bar{A}13$

$\bar{A}5.\bar{A}13$  : condition de non désactivation de l'étape 4 qui prend en compte la divergence en OU.

3- Étape terminant deux séquences simultanées ou choisies après un aiguillage



Convergence en ET

Convergence en OU

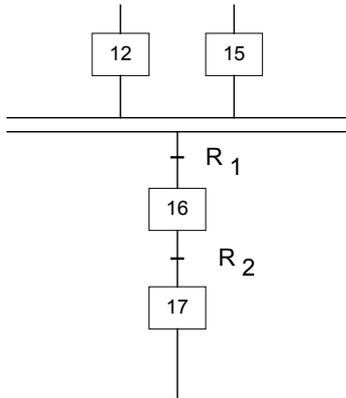
Pour les deux cas de figure :

Étape 12 :  $A12 = (A11.R1+m12).\bar{A}16$

Étape 15 :  $A15 = (A14.R2+m15).\bar{A}16$

$\bar{A}16$  : condition de non désactivation commune aux deux étapes 12 et 15.

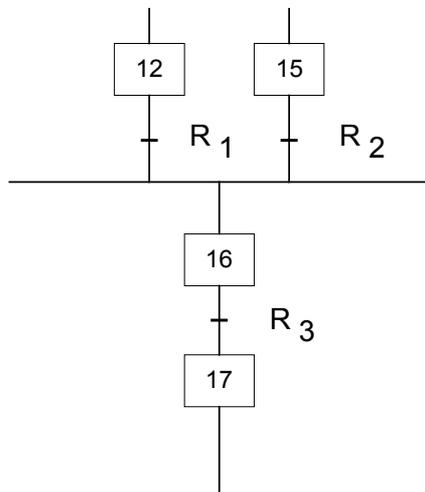
4- Étape de début d'une séquence après convergence en ET



Étape 16 :  $\bar{A}_{16} = (A_{12}.A_{15}.R_1 + m_{16}).\bar{A}_{17}$

$A_{12}.A_{15}.R_1$  : condition d'activation de l'étape 16 qui prend en compte la convergence en ET.

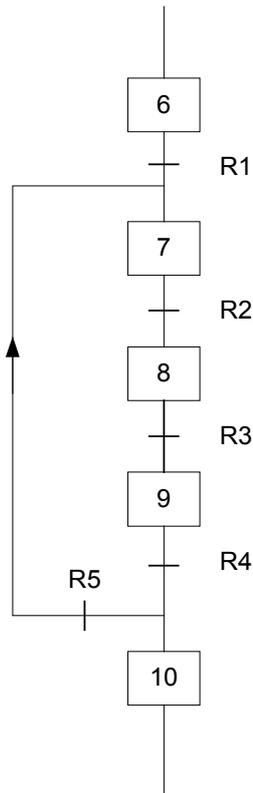
5- Étape de début d'une séquence après une convergence en OU



Étape 16 :  $A_{16} = (A_{12}.R_1 + A_{15}.R_2 + m_{16}).\bar{A}_{17}$

$A_{12}.R_1 + A_{15}.R_2$  : condition d'activation de l'étape 16 qui prend en compte la convergence en OU.

6- Reprise de séquence ou boucle



Soit la boucle 7-8-9 :

\* Première étape de la boucle : étape 7

$$A7 = (A6.R1 + A9.R5 + m7). \bar{A}8.$$

$A6.R1$  : condition d'activation de l'étape 7 en venant de l'étape 6.

$A9.R5$  : condition d'activation de l'étape 7 en venant de l'étape 9.

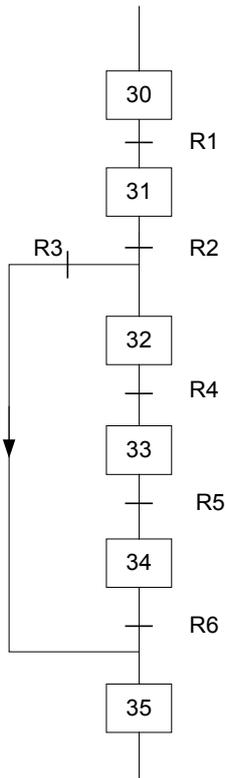
\* Dernière étape de la boucle : étape 9

$$A9 = (A8.R3 + m9). (\bar{A}10 + A7)$$

$$A9 = (A8.R3 + m9). \bar{A}10.A7$$

$\bar{A}10.A7$  : condition de non désactivation de l'étape 9 qui prend en compte la condition de reprise de séquence.

## 7- Saut d'étapes



Soit le saut des étapes 32-33

\* étape qui précède le saut : étape 31

$$A_{31} = (A_{30} \cdot R_1 + m_{31}) \cdot (A_{32} + A_{34})$$

$$A_{31} = (A_{30} \cdot R_1 + m_{31}) \cdot \bar{A}_{32} \bar{A}_{34}$$

$\bar{A}_{32} \bar{A}_{34}$  : condition de non désactivation de l'étape 31 qui prend en compte la condition de saut.

\* étape qui suit le saut : étape 34

$$A_{34} = (A_{33} \cdot R_5 + A_{31} \cdot R_3 + m_{34}) \cdot \bar{A}_{35}$$

$A_{33} \cdot R_5$  : condition d'activation de l'étape 34 dans le cas où il n'y a pas de saut de séquence.

$A_{31} \cdot R_3$  : condition d'activation de l'état 34 dans le cas où il y a saut de séquence.

## II- REGLES DE CONVERSION D'UNE ETAPE EN SCHEMA

### 2-1- Schéma électronique

- Représenter chaque étape par une mémoire (bascule bistable type RS).

L'équation générale d'une bascule bistable à déclenchement prioritaire est :

État de la sortie Q = (enclenchement ou mémoire) ET PAS déclenchement

$$Q = (E + m) \times \bar{D}$$

Écrire les équations d'enclenchement et de déclenchement de chaque étape (bascule).

- Traduire ces équations en schémas logiques (logigramme).

Exemples :

- Tête d'usinage