

## Chapitre 3 : Le GRAFCET

### I. Introduction : Langages de Programmation

Il existe 4 langages de programmation des automates qui sont normalisés au plan mondial par la norme CEI 61131-3.

Chaque automate se programme via une console de programmation propriétaire ou par un ordinateur équipé du logiciel constructeur spécifique.

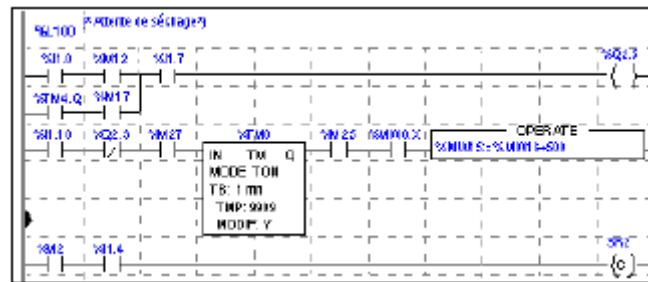
- *Liste d'instructions (IL : Instruction list)* : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.

```
! %L0: LD      %I1.0
      AND     %M12
      OR (    %TM4.Q
      AND     %M17
      )
      AND     %I1.7
      ST      %Q2.5
! %L5: LD      %I1.10
      AND     %Q2.5
      AND     %M27
      IN      %TM0
      LD      %TM0.Q
      AND     %M25
      AND     %M000.XS
      [%M005 := %M008+S00]
```

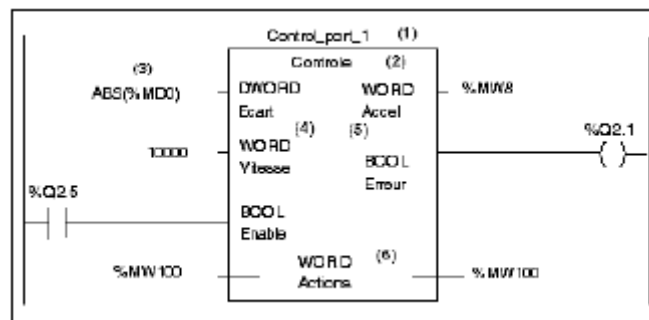
- *Langage littéral structuré (ST : Structured Text)* : Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme *if ... then ... else ...* (si ... alors ... sinon ...) . Peu utilisé par les automaticiens.

```
IF %M0 THEN
  FOR %M0099 := 0 TO 31 DO
    IF %M00100 [%M0099] > 0 THEN
      %M00110 := %M00100 [%M0099];
      %M00111 := %M0099;
      %M1 := TRUE;
      EXIT;          (*Sortie de la boucle FOR*)
    ELSE
      %M1 := FALSE;
    END_IF;
  END_FOR;
ELSE
  %M1 := FALSE;
END_IF;
```

- *Langage à contacts (LD : Ladder diagram)* : Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé.

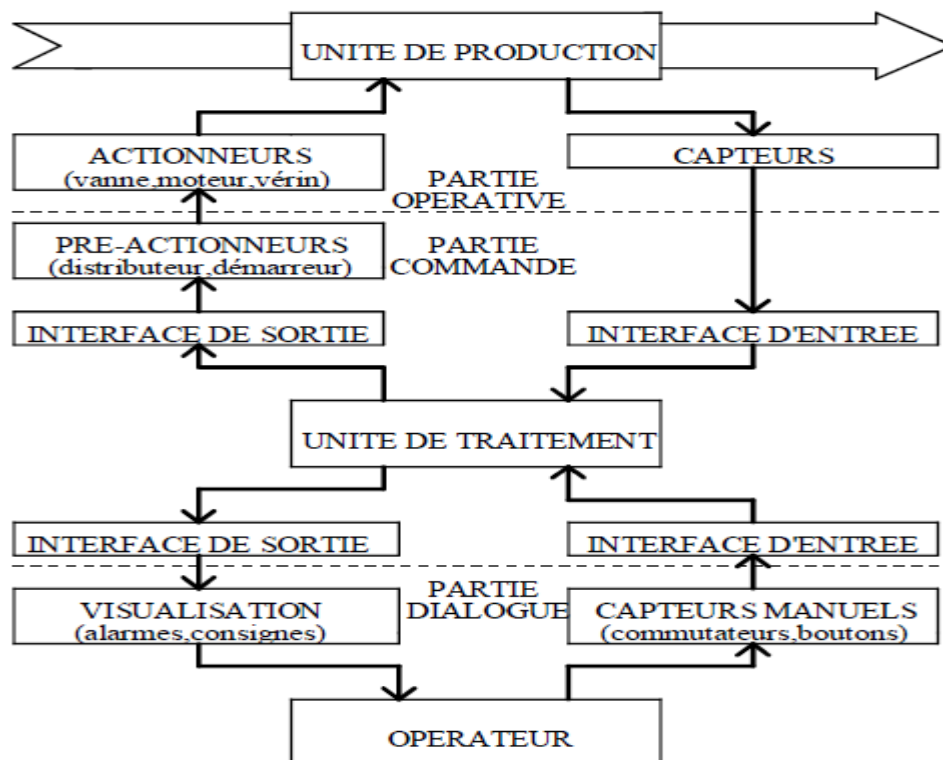


- *Blocs Fonctionnels (FBD : Function Bloc Diagram)* : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droite. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisé par les automaticiens.



## II. Programmation à l'aide du Grafcet (SFC : Sequential Function Chart)

### II.1. Architecture d'un système automatisé



## II.2. Le cahier des charges

**Définition :** Le cahier des charges est un document où sont spécifiées toutes les fonctions, toutes les valeurs des grandeurs physiques et tous les modes d'utilisation du matériel.

**Remarque :** Il est recommandé de diviser et de répartir la description du matériel sur plusieurs niveaux (3 au minimum)

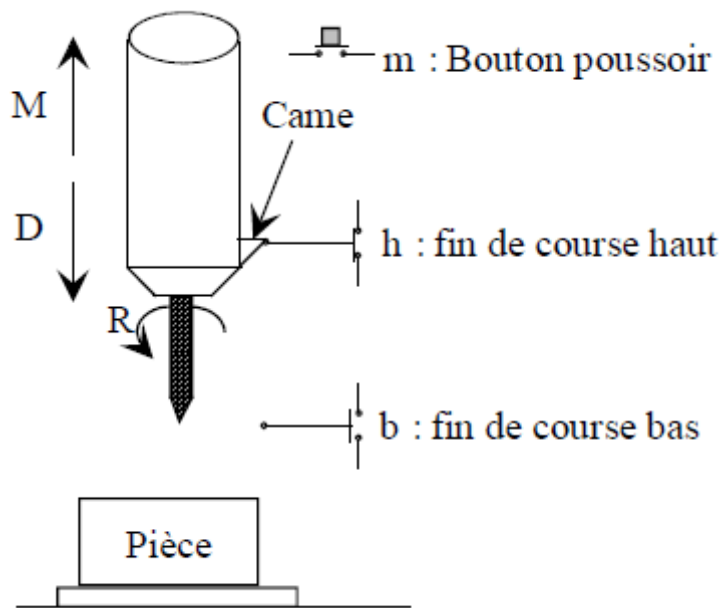
- **1<sup>er</sup> niveau :** Il correspond aux spécifications fonctionnelles, qui décrivent l'automatisme indépendamment de la technique utilisée (pneumatique, hydraulique, Électrique). Ces spécifications peuvent permettre au concepteur d'en comprendre le rôle, de définir les actions à réaliser et leur enchaînement séquentiel.
- **2<sup>ème</sup> niveau :** Il correspond aux spécifications techniques ou opérationnelles. Les spécifications techniques énumèrent les caractéristiques physiques des capteurs et des actionneurs, les conditions d'environnement et les conditions pour assurer la sécurité de fonctionnement de l'automatisme. Les spécifications opérationnelles assurent l'optimisation de l'exploitation du processus (modes de marche et d'arrêt, maintenance, absence de pannes dangereuses).
- **3<sup>ème</sup> niveau :** Il concerne la documentation à propos de l'utilisation (câblage, programmation), de l'entretien et du dépannage du matériel. Cette documentation doit être à jour.
- **Les niveaux supérieurs :** Ils concernent les clauses juridiques, le service après-vente, les garanties, les conditions financières...

## II.3. Représentation graphique du fonctionnement d'un automatisme

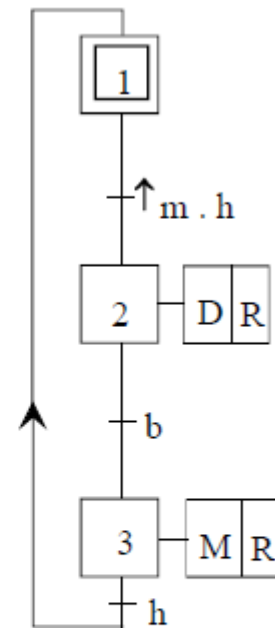
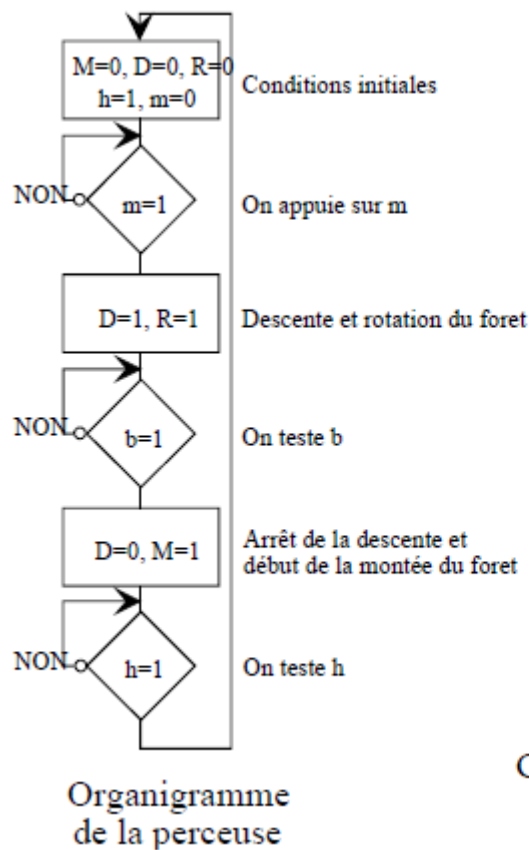
Les différentes représentations graphiques sont :

- **L'organigramme :** élaboré en 1948, il est appliqué essentiellement à l'informatique (logiciels) puis à l'électronique (architecture des ordinateurs et API numériques).
- **Les langages à contact :** ladder, contact, relais
- **Les langages booléens :** logigrammes
- **Les réseaux de Pétri :** élaborés en 1970, ils sont particulièrement bien adaptés à l'étude des fonctionnements simultanés, ou pour les circuits complexes.
- **Le Grafcet :** (Graphe de Commande Etapes-Transitions), élaborés en 1977, il est appliqué exclusivement aux automates.

**Exemple : Automatisation d'une perceuse.**

**Cahier des charges :**

- Le foret tourne toujours sur lui-même en décente et en montée
- Les contacts sont à 1 lorsqu'ils sont enclenchés
- Les contacts h et b sont enclenchés par le passage de la came solidaire de la perceuse
- Le cycle démarre lorsque l'on s'appuie sur le bouton poussoir m et que le contact h est enclenché par la came.



### Remarque :

- L'organigramme commence par les conditions initiales et se poursuit par des tests et des actions jusqu'au moment où le système revient à l'état initial.
- Le Grafcet est constitué des éléments suivants : les étapes, les transitions, les actions et les réceptivités.
- Dans un Grafcet, il y a toujours l'alternance étape-transition-étape-transition... alors que dans un organigramme il peut y avoir plusieurs tests successifs. Ainsi l'organigramme repose sur cette notion de test à partir duquel nous décidons tel ou tel enchaînement selon la valeur de la réceptivité associée à une transition.

## III. Les éléments du GRAFCET

### III.1. Normalisation

Les **étapes** sont représentées par des carrés.

Les **étapes initiales** sont représentées par des doubles carrés.

Les **liaisons** orientées de haut en bas ne sont pas fléchées.

Les **liaisons** orientées de bas en haut sont fléchées.

Les **transitions** sont représentées par des segments orthogonaux aux liaisons orientées de haut en bas.

Les **actions** s'écrivent à droite des étapes.

Les **réceptivités** s'écrivent à droite des transitions.

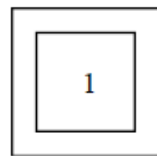
6

## III.2. Les éléments de base du Grafcet

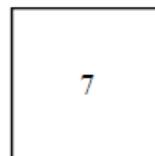
### a. Les étapes

- ♦ **Les étapes** : A un instant donné une étape peut être soit **active**, soit **inactive**. La situation d'un automate est défini par l'ensemble de toutes les étapes actives. Lors du déroulement de l'automatisme, les étapes sont actives les unes après les autres. A toute étape  $i$ , nous associons une variable logique notée  $X_i$  telle que  $X_i=1$  si l'étape est active et  $X_i=0$  si l'étape est inactive.

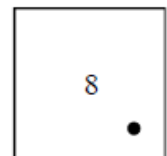
#### Exemple



Étape initiale N°1 inactive  
" $X_1=0$ "



Étape N°7 inactive " $X_7=0$ "

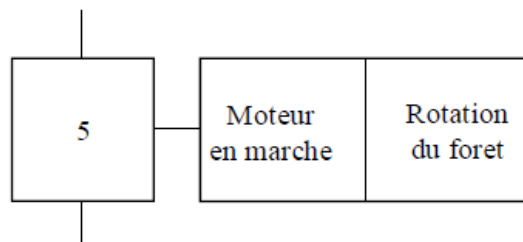


Étape N°8 active " $X_8=1$ "

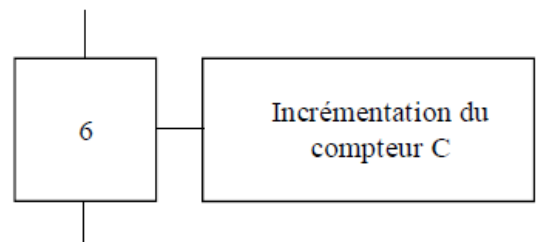
### b. Les actions

- ♦ **Les actions** : A chaque étape peuvent être associées une ou plusieurs actions. Ces actions sont réalisées à chaque fois que nous activons l'étape à laquelle elles sont associées. Ces actions peuvent être **externes** (sortie de automate pour commander le procédé) ou **internes** (temporisation, comptage, calcul). Une étape peut n'avoir aucune action (attente d'un événement externe ou la fin d'une temporisation).

#### Exemple



Actions externes

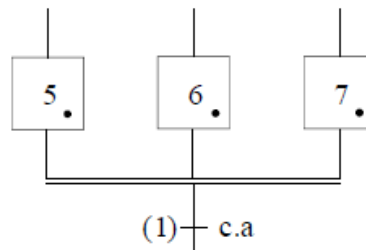


Action interne

### c. Les transitions

- ♦ **Les transitions** : elles expriment les possibilités d'évolution entre une ou plusieurs étapes. Une transition peut être **validée** lorsque toutes les étapes immédiatement reliées à cette transition sont actives ou **non validées** dans le cas contraire. Enfin elle peut être **franchie** lorsqu'elle est validée et que la condition logique associée à cette transition est vraie.

**Exemple :**



La transition (1) est validée et pourra être franchie lorsque l'équation logique "c.a" sera vraie donc égale à 1

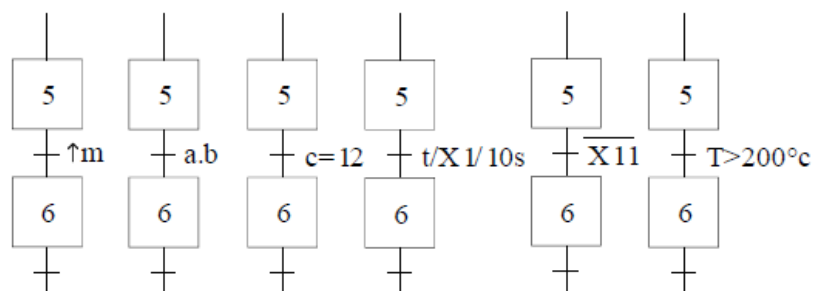
### **Remarque Mécanisme de Franchissement d'une transition.**

Lorsqu'une transition est validée et que la réceptivité qui lui est associée est vraie, la transition est franchie c'est-à-dire que les étapes précédant la transition sont désactivées et les étapes suivant la transition sont activées simultanément.

### **d. Les réceptivités**

- ♦ **Les réceptivités** : Nous associons à chaque transition une condition logique appelée réceptivité qui peut être soit vraie, soit fausse. Elle peut être fonction des variables externes (entrées, consignes affichées par l'opérateur) ou internes (compteurs, temporisations, étapes actives ou inactives).

**Exemple :**



**Remarque :** Temporisation d'étape

Le lancement de la temporisation d'une étape est noté

$\delta = t/X_i/q$  ou  $X_i$  est la variable logique associée à l'étape  $i$  et  $q$  est la durée de la temporisation.

$t/Xi/10s$  : temporisation par rapport à l'activation de l'étape  $Xi$ ,

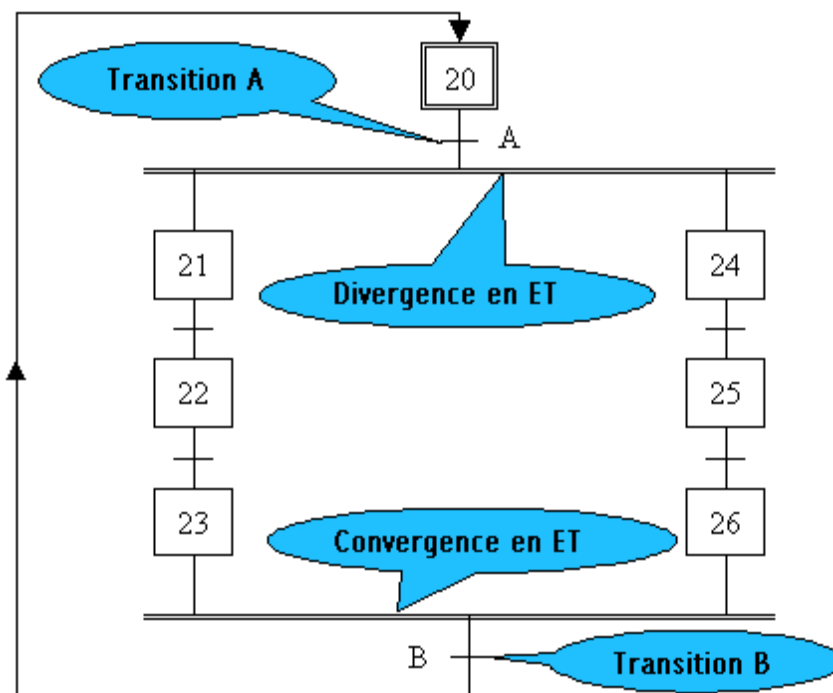
$t/a/10s$  temporisation par rapport à la mise à 1 de l'élément "a"

**Attention** "a" et "Xi" doivent rester à 1 pendant la durée de la temporisation (donc ici 10 secondes).

## IV. Structure de Base du GRAFCET

### IV.1. Divergence et Convergence en ET (Séquences simultanées)

8



- Divergence en ET : lorsque la transition A est franchie, les étapes 21 et 24 sont actives.
- Convergence en ET : la transition B sera validée lorsque les étapes 23 et 26 seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.

#### **Remarques**

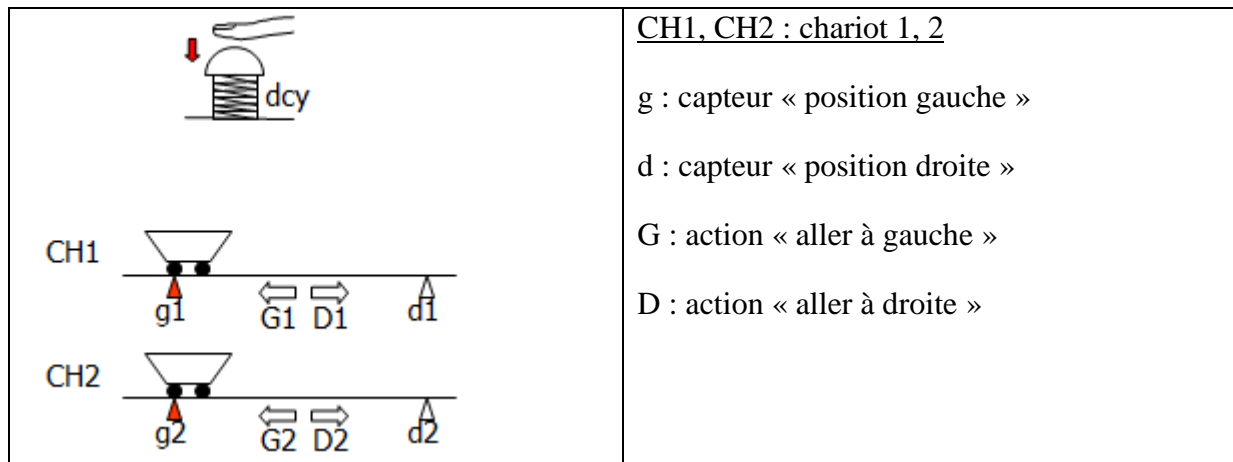
Après une divergence en ET, on trouve une convergence en ET. Le nombre de branches parallèles peut-être supérieur à 2. La réceptivité associée à la convergence peut-être de la forme = 1. Dans ce cas la transition est franchie dès qu'elle est active.

#### **IV.1.1. Exemple avec Branchement en ET :**

Cahier des charges :

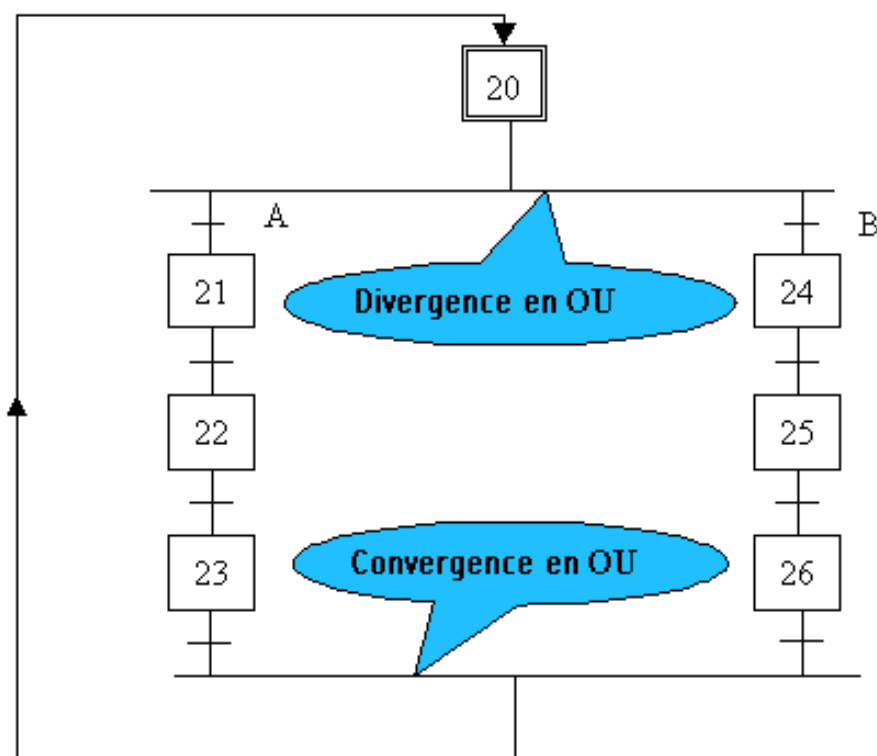


Après appui sur départ cycle « dcy », les chariots partent pour un aller-retour. Un nouveau départ cycle ne peut se faire que si les deux chariots sont à gauche.



(Voir simulation)

## IV.2. Divergence et Convergence en Ou



- Divergence en OU : l'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités A et B associées aux transitions.

- Convergence en OU : après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

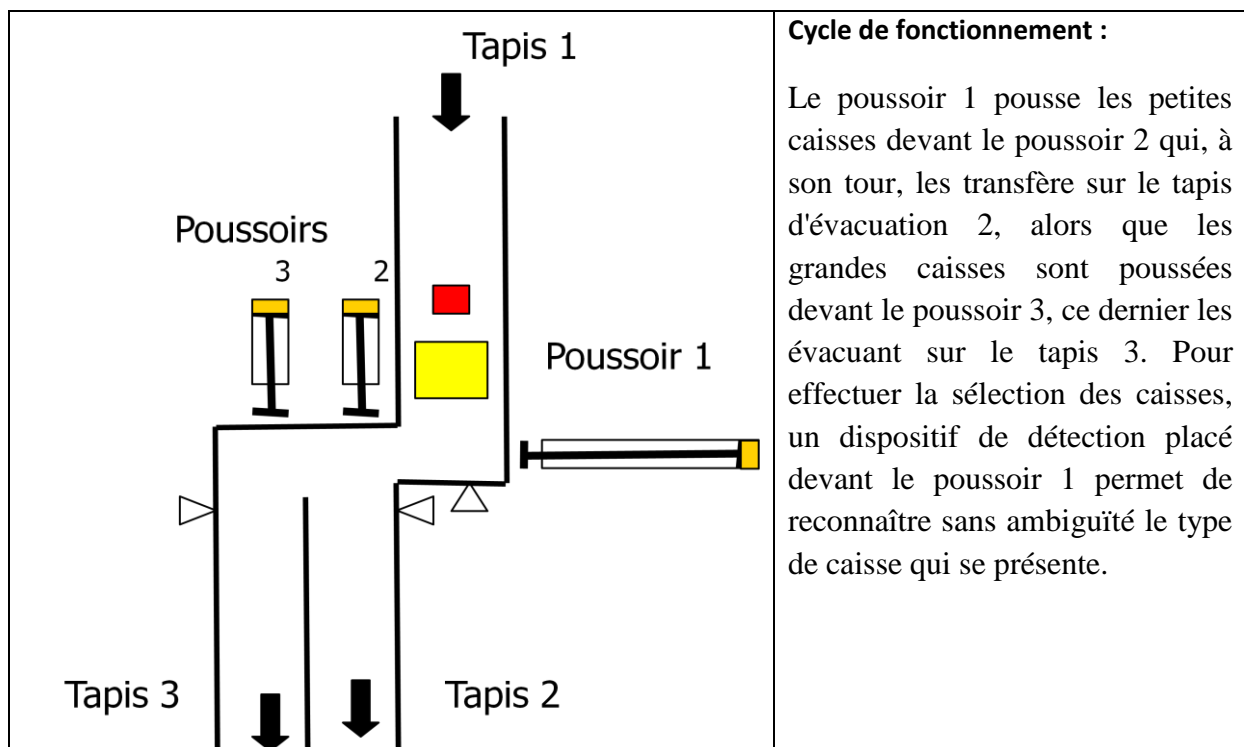
### Remarques:

A et B ne peuvent être vrais simultanément (conflit).  
Après une divergence en OU, on trouve une convergence en OU.  
Le nombre de branches peut-être supérieur à 2.  
La convergence de toutes les branches ne se fait pas obligatoirement au même endroit.

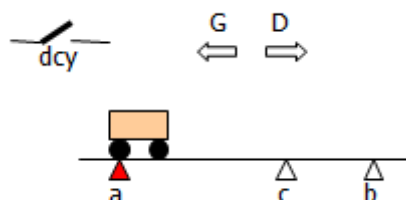
#### IV.2.1. Exemple avec Branchement en OU :

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 la figure ci-dessous :

10



### IV.3. Application



Réaliser le GRAFCET de l'application suivante :

Cahier des charges:

Après l'ordre de départ cycle « dcy », le chariot part jusque b, revient en c, repart en b puis rentre en a

Capteurs:

- a : chariot à gauche
- b : chariot à droite

Actionneurs:

- D : aller à droite
- G : aller à gauche