

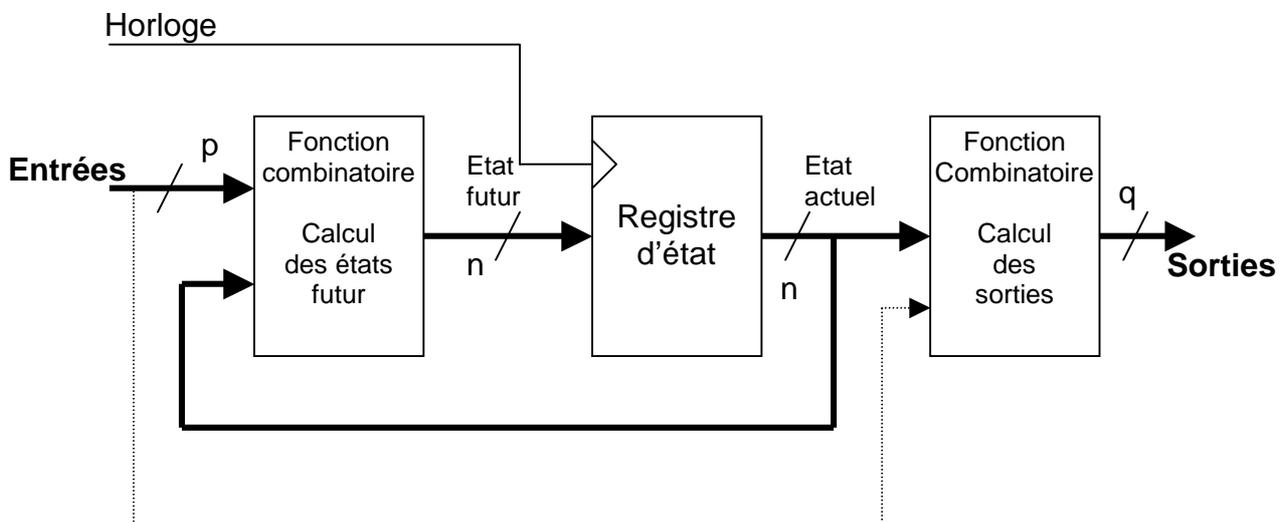
# LA SYNTHÈSE DE SYSTÈMES SEQUENTIELS SYNCHRONES

## I. Présentation

Nous avons vu précédemment que dans un système séquentiel, l'état des sorties dépend à la fois des variables d'entrées et des états précédents des variables de sortie. Nous allons ici voir comment concevoir un système séquentiel répondant à un problème posé.

### Principe d'un circuit séquentiel synchrone

Le schéma fonctionnel d'un système séquentiel synchrone est le suivant :



Ce type d'architecture est appelé Machine à états (M.A.E) ou Finite State Machine (F.S.M).

Le registre d'état, piloté par l'horloge, constitue le cœur de la machine à état. Les blocs combinatoires en amont et en aval du registre d'état servent à interfacer la machine avec l'extérieur.

Le nombre d'entrées est  $p$ . le nombre de sorties est  $q$ .

Le registre est constitué de  $n$  bascules synchrones. Le système peut avoir  $2^n$  états différents. L'entrée du registre constitue l'état futur du registre. A chaque front significatif de l'horloge, les sorties du registre d'état changent d'état. Le bloc combinatoire calcule la nouvelle valeur du registre d'état en fonction des entrées.

Il existe deux types de machines à états : les machines de Moore et les machines de Mealy.

Pour simplifier, on retiendra que :

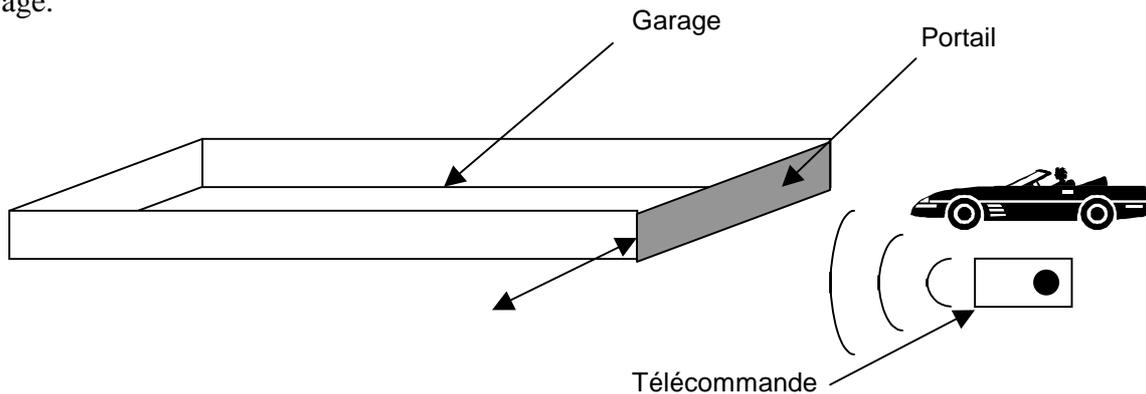
- dans les machines de Moore, la liaison représentée en pointillé sur le schéma n'existe pas : les sorties ne dépendent que de l'état actuel du registre d'état.
- dans les machines de Mealy, la liaison en pointillé est présente : les sorties dépendent de l'état actuel du registre d'état et de l'état des entrées.

Nous n'étudierons ici que des machines de Moore.

**Remarque :** On peut considérer un compteur synchrone comme un cas particulier d'une machine à états. Dans le cas des compteurs synchrones, il n'y a pas d'entrées et les sorties sont directement les sorties du registre d'état.

## II. Un exemple de système séquentiel synchrone : Le portail de garage.

Pour illustrer notre étude, nous allons étudier un système séquentiel très simple : Le portail de garage.



Le principe de fonctionnement est le suivant :

Quand l'automobiliste arrive devant le garage, il actionne sa télécommande. Un moteur actionne le système d'ouverture du portail, le portail s'ouvre. Arrivé en butée, un contact est actionné et ordonne l'arrêt du mouvement d'ouverture.

Le portail reste ouvert jusqu'à un nouvel appui sur le bouton de la télécommande qui va entraîner la fermeture du portail (rotation du moteur dans l'autre sens). Arrivé en butée, un autre contact est actionné et ordonne l'arrêt du mouvement de fermeture.

Le système est géré par une fonction logique séquentielle synchrone.

Les variables logiques de cette fonction sont :

### Variables d'entrées :

**TC :** Variable logique à 1 quand la télécommande est actionnée.

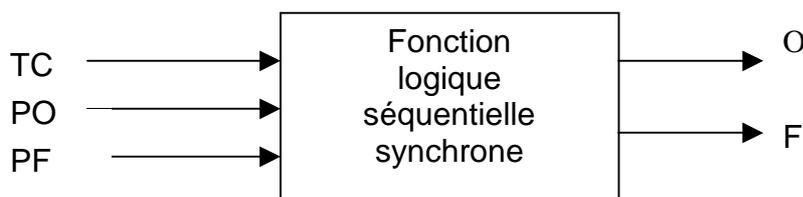
**PO :** Variable logique à 1 quand le portail est ouvert (ouvert complètement)

**PF :** Variable logique à 1 quand le portail est fermé (fermé complètement)

### Variables de sorties :

**O :** Quand O est à 1 le portail s'ouvre.

**F :** Quand F est à 1, le portail se ferme.



### III. Description d'un système séquentiel

Il existe de nombreux outils pour décrire un système séquentiel. Nous allons nous intéresser à 2 outils : Le grafcet et le diagramme d'états.

#### III.1 Représentation Grafcet

GRAFCET : **GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape **T**ransition.

Le grafcet est un outil de description graphique qui permet la description d'un système séquentiel. Le grafcet fait l'objet d'une norme française depuis juin 1982 et a donné naissance à une norme internationale en décembre 1988.

Un automatisme séquentiel est une suite d'actions formant un cycle. Le cycle se décompose en séquences comportant plusieurs étapes. Chaque étape caractérise une situation stable pendant laquelle s'exécutent une ou plusieurs actions.

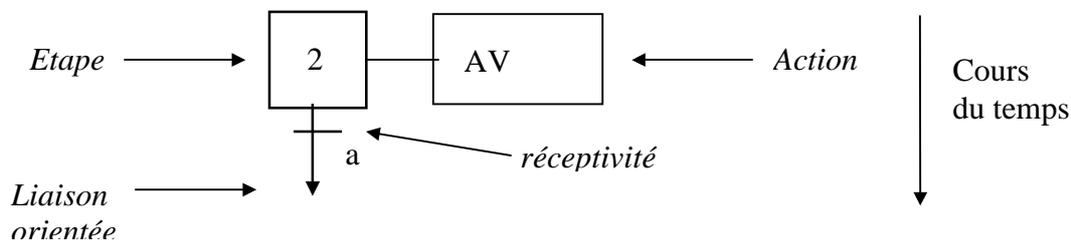
Dans un GRAFCET les **étapes** sont repérées et associées à des **actions**.

Exemples d'actions:

- fonctionnement d'un moteur ou d'un vérin.
- ouverture ou fermeture d'une vanne.

Les **transitions** sont associées à des **conditions de transition : réceptivités**.

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



Un GRAFCET se lit de haut en bas ou en suivant les flèches.

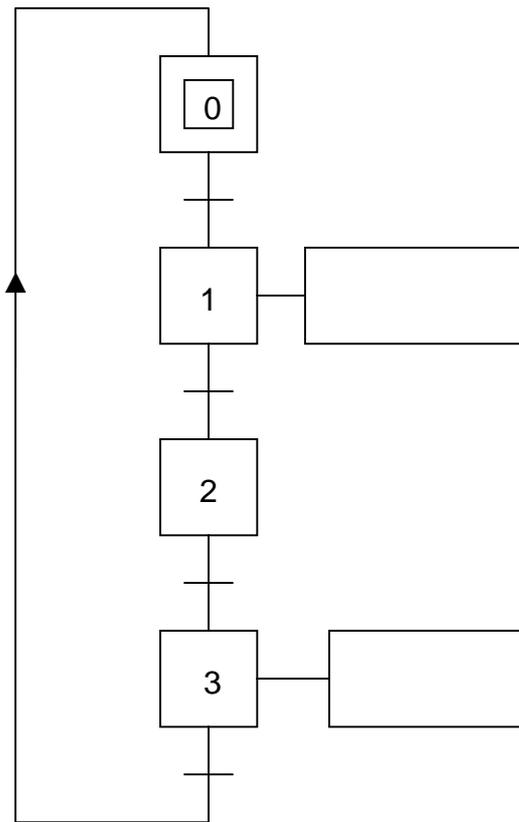
Nota: En général:    Actions = lettres majuscules  
                             réceptivités = lettres minuscules.

**Les actions correspondent aux sorties de la fonction logique séquentielle.**

**Les réceptivités correspondent aux entrées de la fonction logique séquentielle.**

Pour clarifier les choses, nous allons représenter le grafcet du système « Portail de garage ».

Compléter le grafcet du portail de garage donné page suivante :



Il existe des règles bien particulières pour écrire un grafcet, en particulier pour la divergence et la convergence .

Nous ne détaillerons pas plus la représentation Grafcet qui est surtout utilisé par les électrotechniciens et les utilisateurs d'automatismes industriels. L'électronicien préfère en général utiliser la représentation diagramme d'état.

### III.2 Représentation diagramme d'état

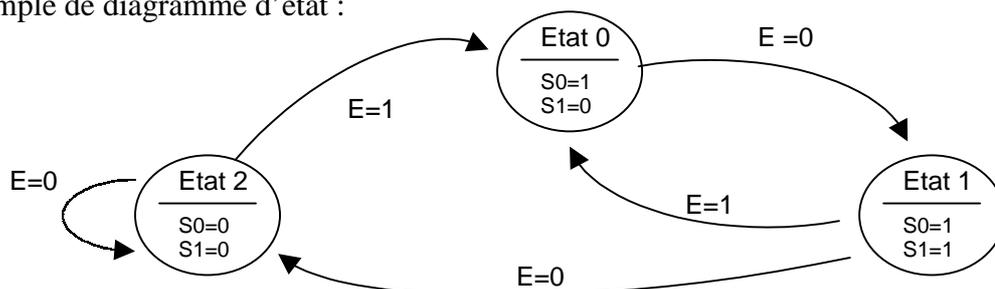
On associe à chaque état stable une case.

L'évolution du système est représentée par des flèches représentant des transitions.

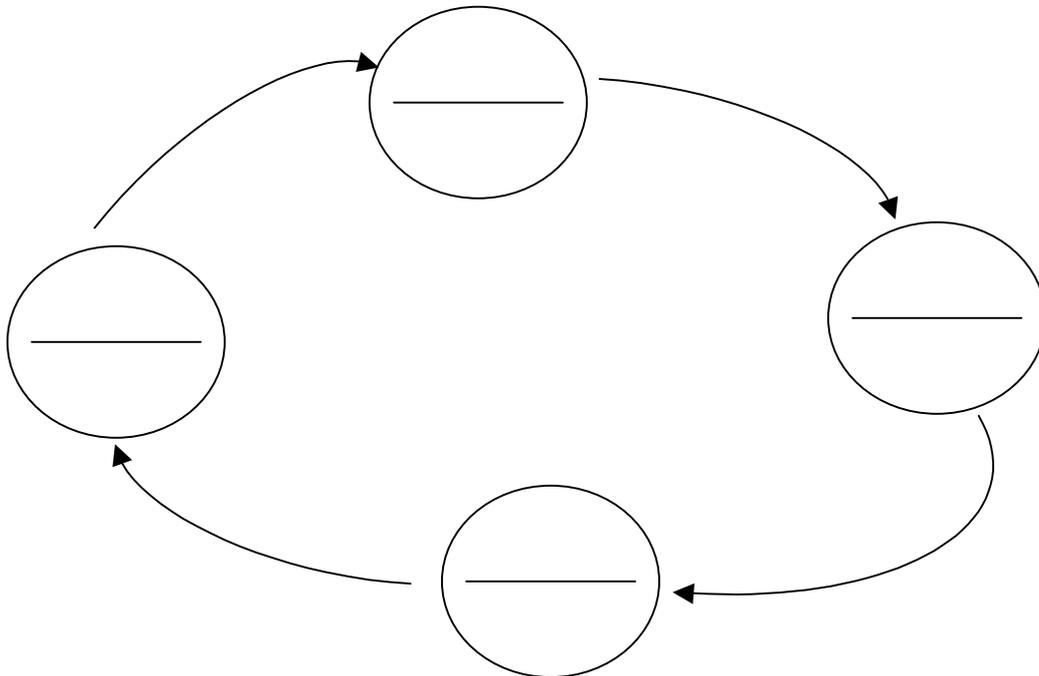
Pour qu'une transition soit activée, il faut que les trois conditions suivantes soient vérifiées :

- 1) Le système se trouve dans l'état source considéré
- 2) La condition de réalisation sur les entrées est vraie
- 3) Un front actif de l'horloge survient

Exemple de diagramme d'état :



Compléter le diagramme d'état du portail de garage :



Déterminer le nombre de bascules nécessaires pour le registre d'état :

Dans notre cas, le diagramme d'état reste simple puisque à partir de chaque état, on ne va que dans un seul état. Les diagrammes peuvent sérieusement se compliquer et il faut envisager tous les cas de figure.

La représentation par diagramme d'état permet de décrire le fonctionnement du système et permet la synthèse du système.

#### IV. Synthèse d'un système séquentiel

Il s'agit maintenant de déterminer quels sont les circuits (bascules, portes, etc..) qui vont nous permettre de réaliser la fonction logique.

Il est nécessaire de déterminer les équations des fonctions combinatoires qui calculent l'état futur en fonction des entrées et de l'état présent ainsi que les équations qui calculent les sorties en fonction de l'état présent.

L'outil qui permet de passer du diagramme d'état aux équations est la table de transition.

### IV.1 Table de transition

La table de transitions se présente sous la forme d'un tableau où sont représentés, à gauche : l'état actuel du système, l'état des entrées, à droite : l'état futur du système et l'état des sorties.

#### **Application à l'exemple du portail de garage :**

$Q1$  et  $Q0$  représentent les deux sorties du registre d'état,  $Q1_n$  et  $Q0_n$  représentent l'état présent du registre d'état,  $Q1_{n+1}$  et  $Q0_{n+1}$  représentent l'état futur du registre d'état

#### **Compléter le tableau suivant :**

| Etat actuel |        |        | Entrées |    |    | Etat futur |            |            | Sorties |   |
|-------------|--------|--------|---------|----|----|------------|------------|------------|---------|---|
| état actuel | $Q1_n$ | $Q0_n$ | TC      | PO | PF | état futur | $Q1_{n+1}$ | $Q0_{n+1}$ | O       | F |
| 0           | 0      | 0      | 0       | X  | X  | 0          | 0          | 0          | 0       | 0 |
| 0           | 0      | 0      | 1       | X  | X  | 1          | 0          | 1          | 0       | 0 |
| 1           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |
| 1           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |
| 2           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |
| 2           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |
| 3           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |
| 3           |        |        |         |    |    |            |            |            |         |   |

### IV.2 Synthèse du séquenceur

A partir de la table, il s'agit maintenant de synthétiser la fonction. La démarche est très proche de celle employée pour la synthèse de compteurs synchrones.

#### **Calcul des états futurs :**

Il faut déterminer les équations des états futur ( entrées D du registre d'état ) en fonction des entrées et de l'état présent (sorties Q du registre d'état)

**D1 =**

**D0 =**

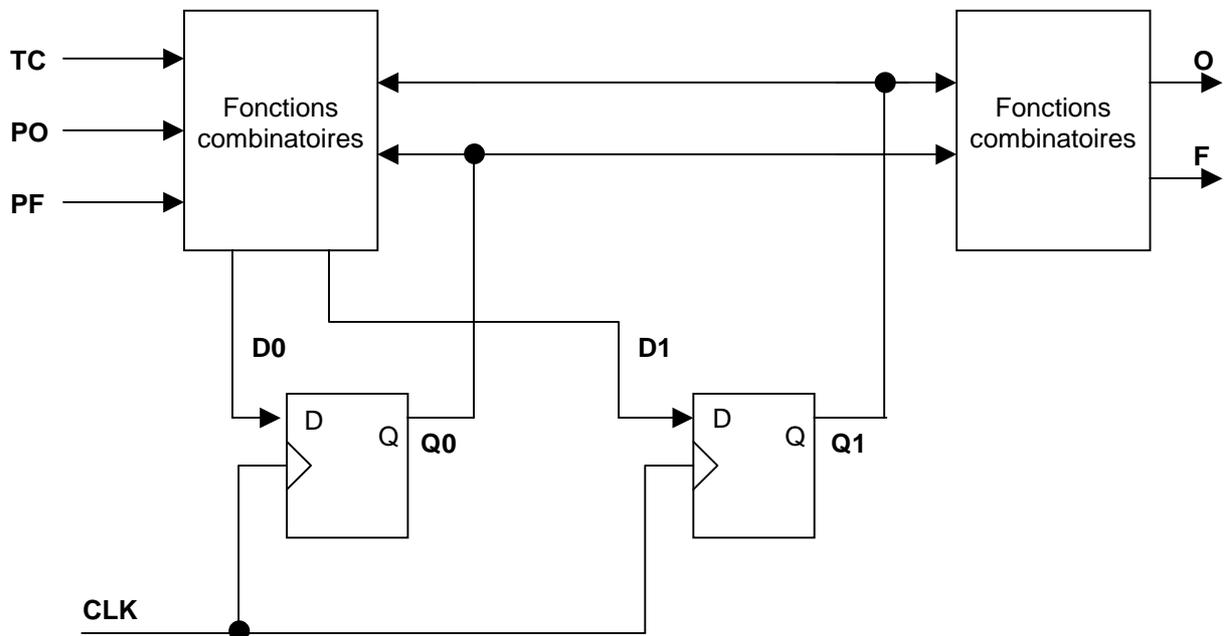
### Calcul des sorties :

Il faut déterminer les équations des sorties en fonction de l'état présent ( sorties Q du registre d'état).

**O** =

**F** =

Le schéma structurel de notre système sera le suivant :



**Cette structure sera validée en simulation en TP.**