

Conception avancée avec les machines à nombre d'états fini (FSM)

Introduction : structure de Mealy et Moore

Les machines à états finis (FSM) sont des modèles mathématiques utilisés pour représenter le comportement séquentiel des systèmes.

Elles sont largement utilisées en conception de circuits numériques, en informatique et dans divers domaines de l'ingénierie pour modéliser les systèmes séquentiels.

Il existe, principalement deux modèles/structures:

- La structure de Mealy
- La structure de Moore

Structure de Mealy :

La structure de Mealy est l'une des deux structures principales utilisées pour concevoir des FSM.

Dans une machine de Mealy, les sorties dépendent non seulement de l'état actuel du système, mais aussi de l'entrée actuelle.

Les principaux éléments d'une machine de Mealy :

États : Une machine de Mealy a un ensemble d'états discrets qui représentent les différents modes de fonctionnement du système.

Chaque état peut être associé à des actions spécifiques ou à des transitions vers d'autres états en fonction des entrées et de l'état actuel.

Transitions : Les transitions définissent comment la machine passe d'un état à un autre en fonction des entrées.

Chaque transition est associée à une condition qui, si elle est remplie par l'entrée actuelle et l'état actuel, déclenche le passage à un nouvel état.

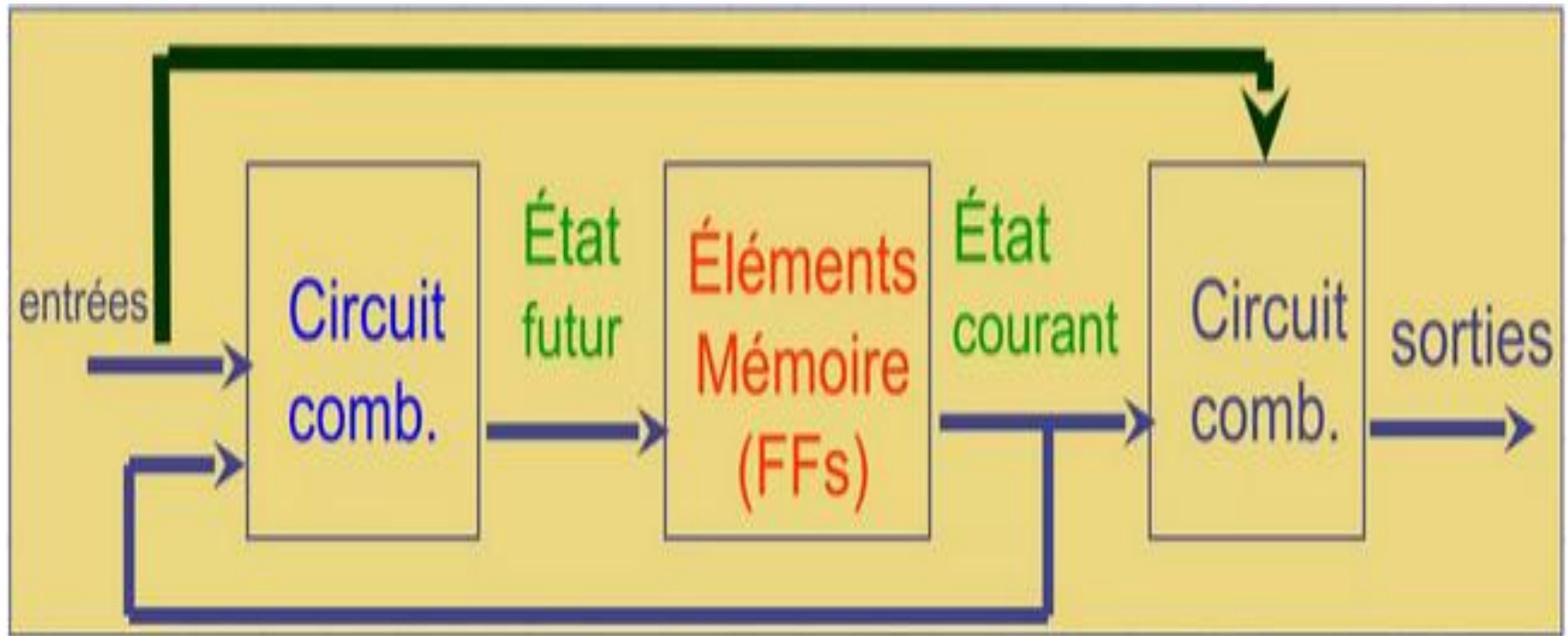
Entrées : Les entrées sont les signaux qui influencent les transitions et les sorties de la machine de Mealy.

Chaque transition est conditionnée par une combinaison d'entrées et d'états.

Sorties : Contrairement à une machine de Moore, où les sorties dépendent uniquement de l'état actuel, dans une machine de Mealy, les sorties dépendent à la fois de l'état actuel et de l'entrée actuelle.

Cela signifie que les sorties peuvent changer à chaque cycle d'horloge en fonction de l'entrée.

Schéma d'une machine de Mealy



Structure de Moore :

La structure de Moore est l'autre structure principale utilisée pour concevoir des FSM.

Dans une machine de Moore, les sorties dépendent uniquement de l'état actuel du système, indépendamment de l'entrée actuelle.

Les points clés d'une machine de Moore sont:

États : Comme pour une machine de Mealy, une machine de Moore a un ensemble d'états discrets qui représentent les différents modes de fonctionnement du système.

Transitions : Les transitions spécifient comment la machine passe d'un état à un autre en fonction des entrées.

Chaque transition est déclenchée par une condition sur les entrées et l'état actuel.

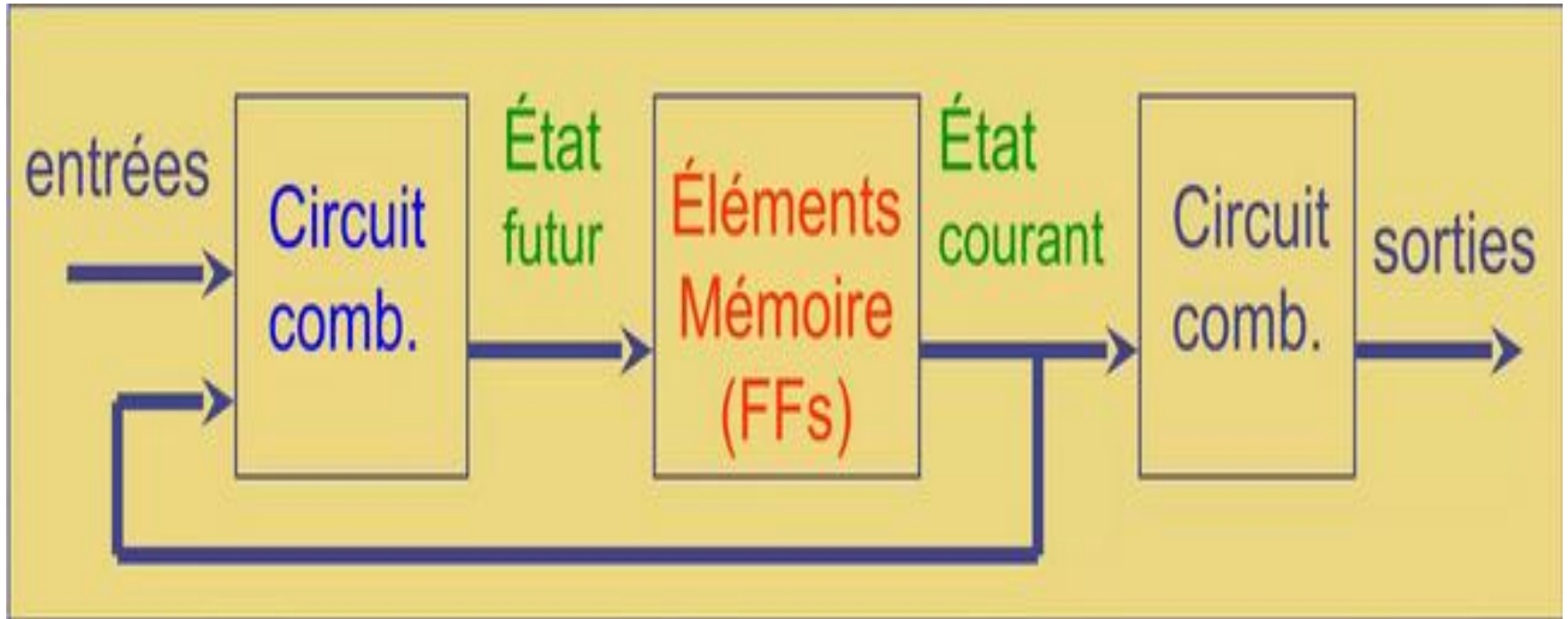
.

Entrées : Les entrées sont des signaux qui influencent les transitions entre les états de la machine de Moore.

Sorties : Les sorties d'une machine de Moore dépendent uniquement de l'état actuel.

Cela signifie que la sortie reste constante pendant toute la durée de l'état et ne dépend pas de l'entrée actuelle

Schéma d'une machine de Moore



Représentation d'une machine à états finis (FSM)

Une machine à états finis peut être représentée de différentes manières, en fonction de l'objectif de la représentation et du niveau de détail requis.

1. Diagramme d'états-transitions :

C'est la méthode la plus courante et la plus intuitive pour représenter une machine à états finis.

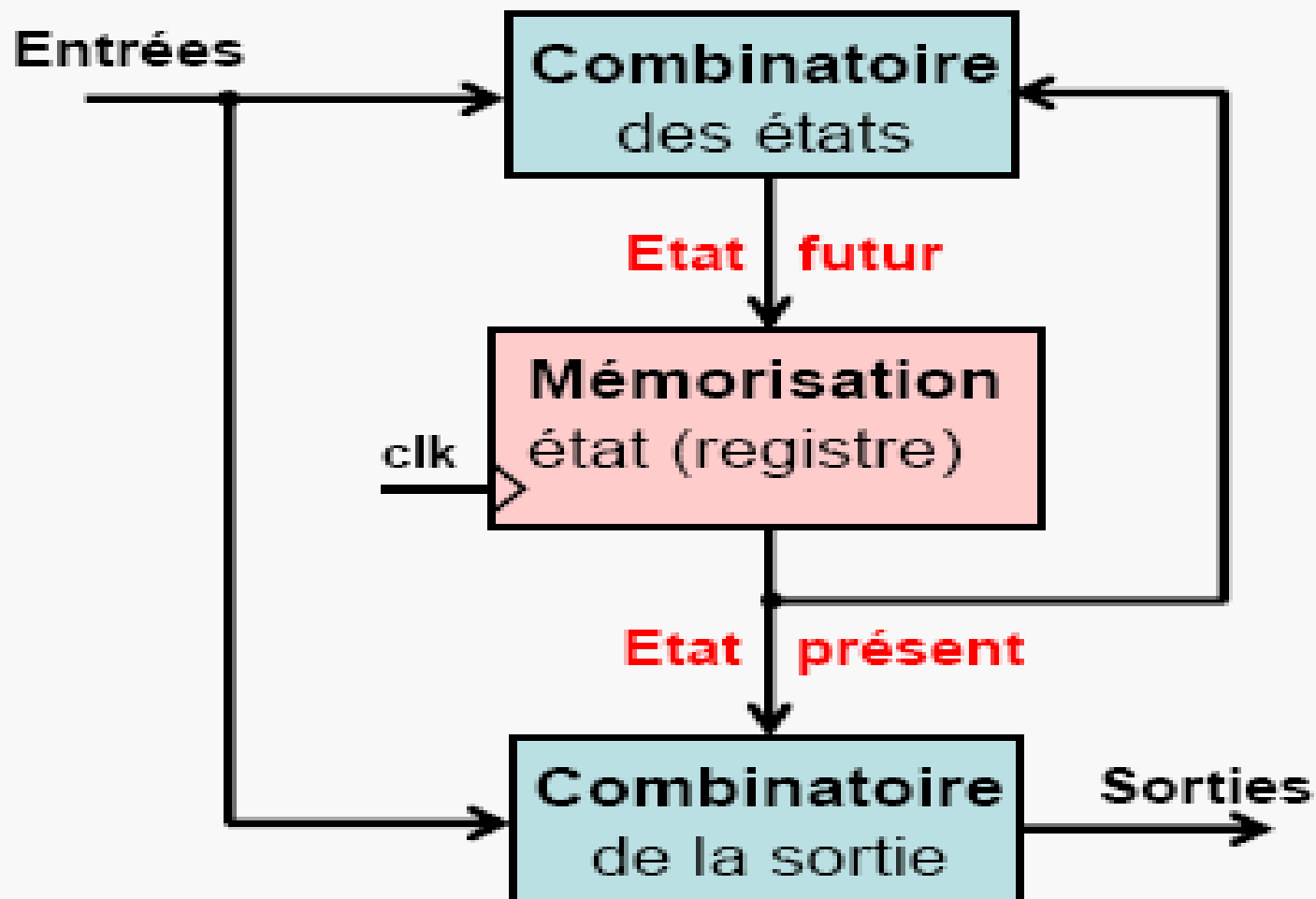
Chaque état est représenté par un cercle ou une boîte avec son nom à l'intérieur.

Les transitions entre les états sont représentées par des flèches dirigées, indiquant la direction du changement d'état.

Les conditions déclenchant les transitions sont généralement indiquées à côté des flèches.

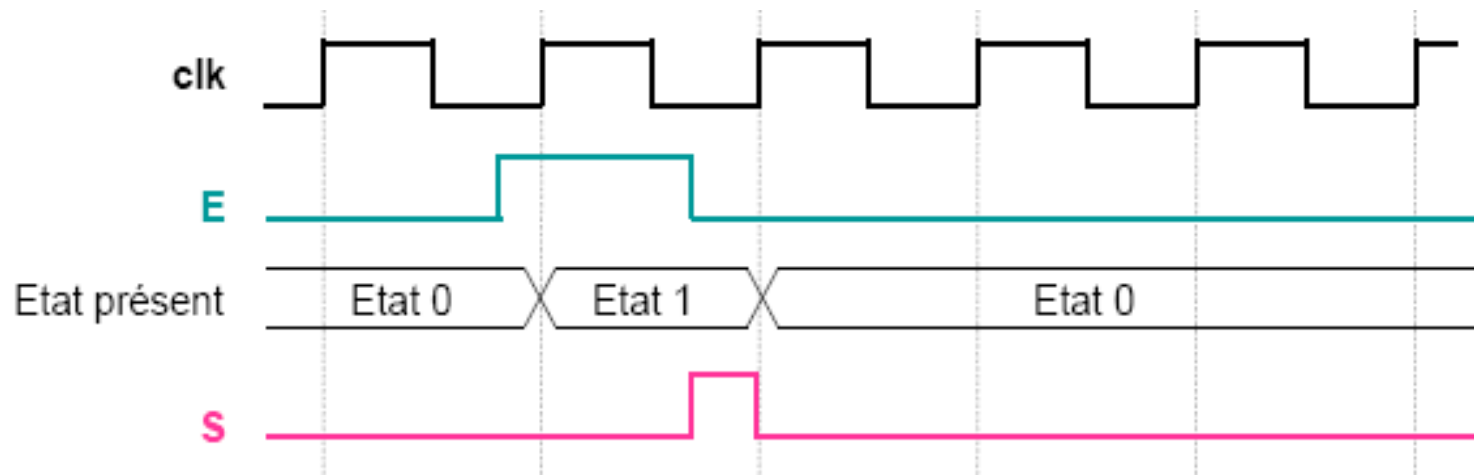
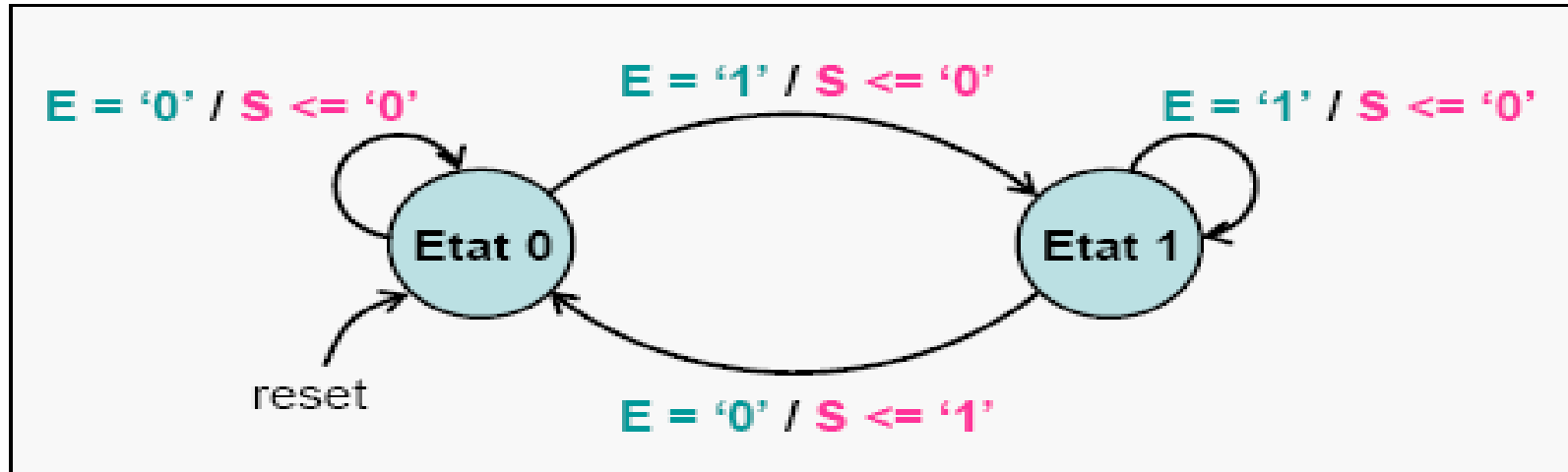
Machine de Mealy.

- Mémorisation synchrone des états (c.à.d. sur un front d'horloge).
- La sortie dépend directement de l'entrée et ceci indépendamment de l'horloge (clk) $\Rightarrow$ Sortie asynchrone.
- L'état futur est calculé à partir des entrées et de l'état présent.
- Les sorties d'une machine de Mealy dépendent de l'état présent et des entrées.



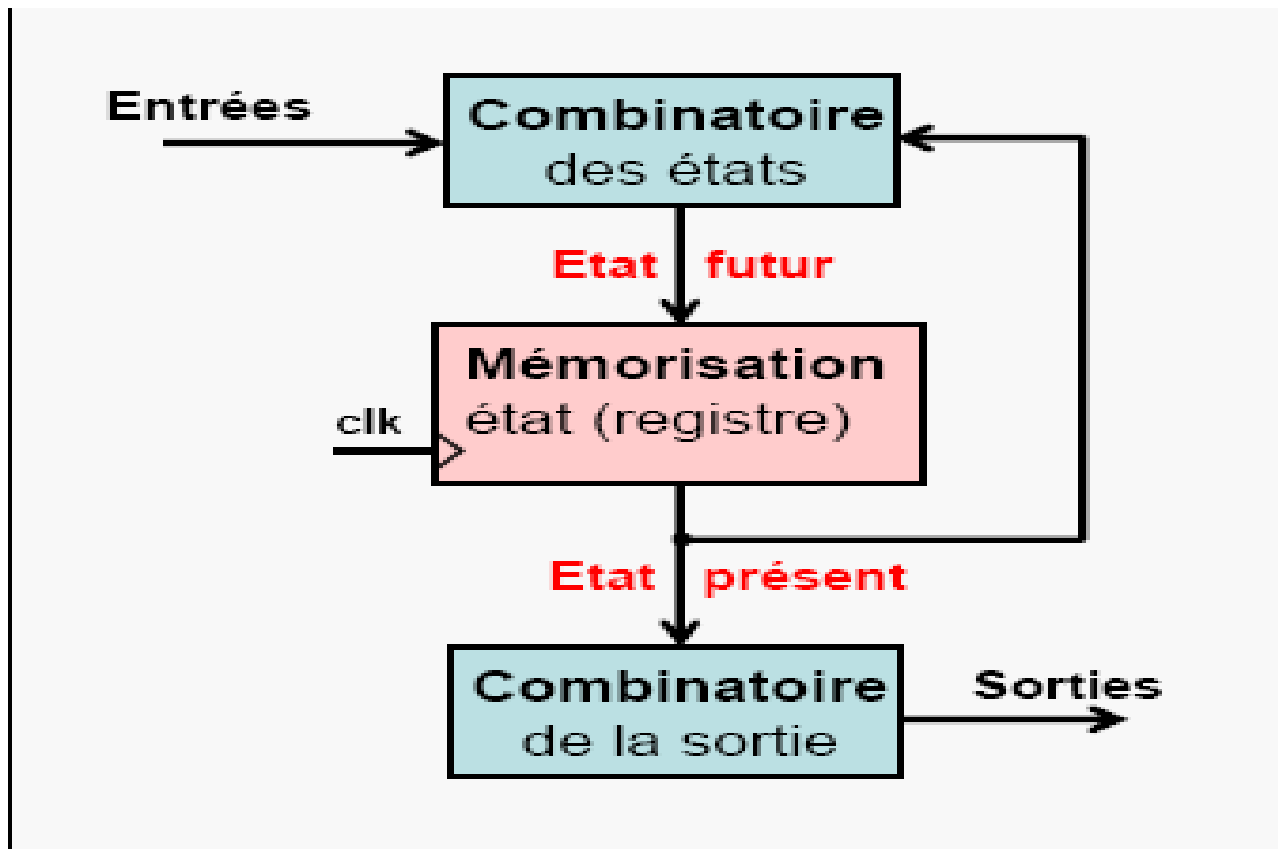
Exemple : Machine de Mealy reconnaissant la séquence 10

Diagramme de transitions:

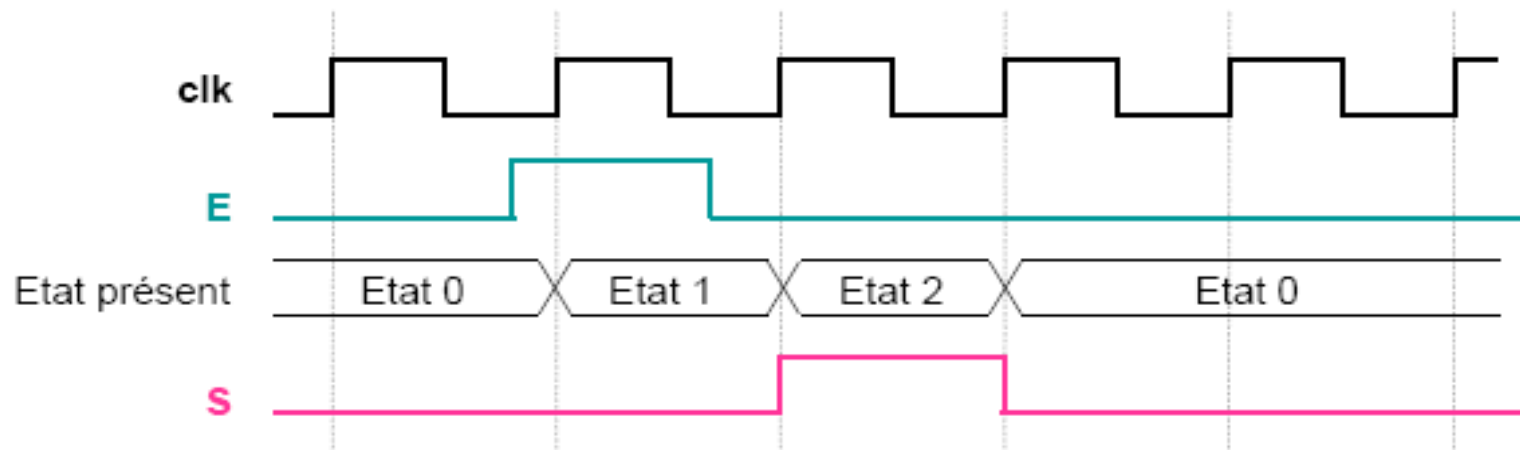
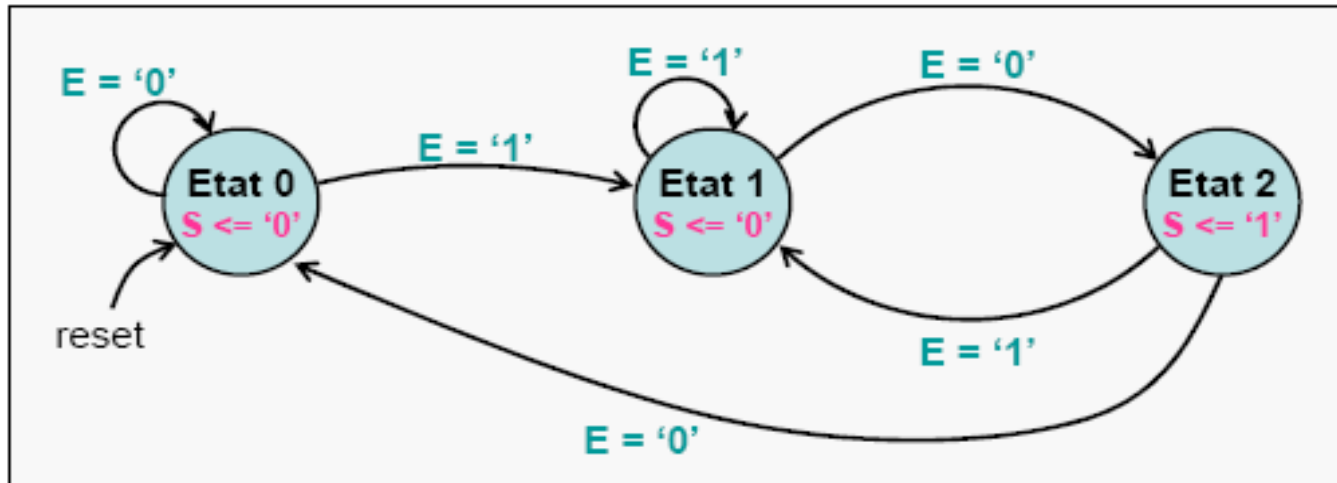


Machine de Moore.

- Les sorties d'une machine de Moore dépendent de l'état présent (synchrones, elles changent sur un front d'horloge).
- L'état futur est calculé à partir des entrées et de l'état présent.



Exemple : Machine de Moore reconnaissant la séquence 10
Diagramme de transitions:



2. Tableau de transitions :

Cette représentation est plus formelle et est souvent utilisée pour une spécification détaillée de la machine à états finis.

Les états sont listés dans les lignes du tableau, et les colonnes représentent les entrées et les sorties.

Chaque cellule du tableau spécifie l'état suivant et la sortie correspondante en fonction de l'entrée actuelle et de l'état actuel.

3. Diagramme de transition d'états (STD) :

C'est une représentation graphique similaire au diagramme d'états-transitions, mais avec une structure plus formelle.

Il utilise des symboles normalisés pour représenter les états, les transitions, les entrées et les sorties.

Les STD sont souvent utilisés dans la conception de systèmes électriques et électroniques.

4. Graphes de Petri :

Cette représentation est particulièrement utile pour modéliser des systèmes concurrents ou parallèles.

Les états sont représentés par des places, et les transitions entre les états sont représentées par des arcs.

Les graphes de Petri peuvent être utilisés pour analyser la concurrence, les blocages et d'autres comportements complexes.