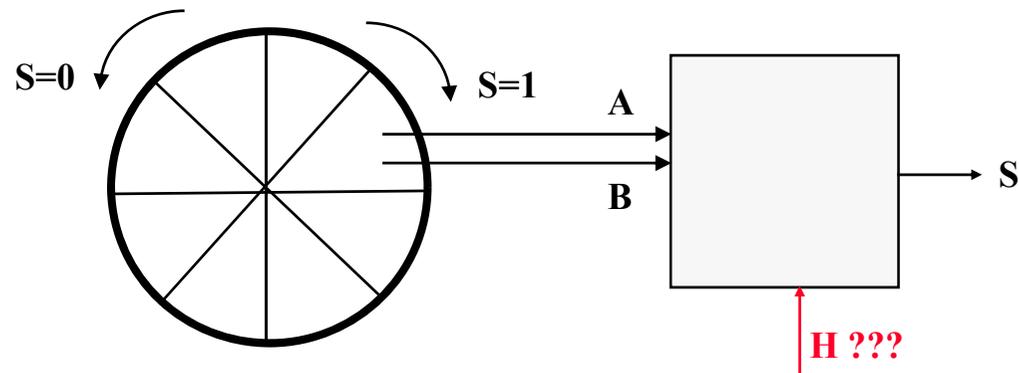
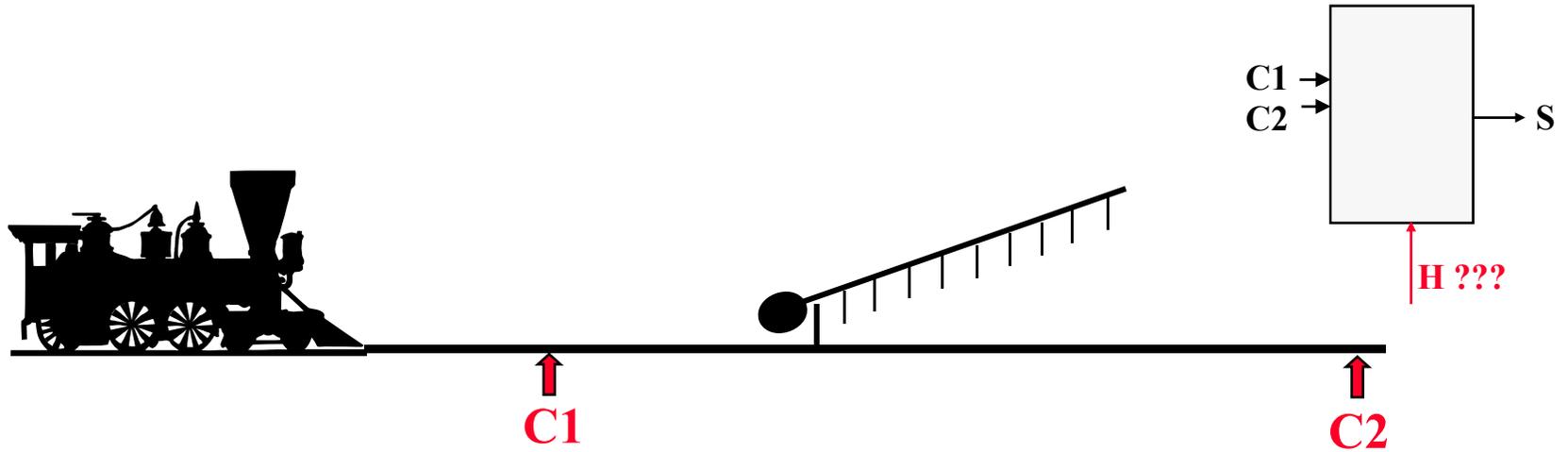


Synthèse des systèmes séquentiels asynchrones

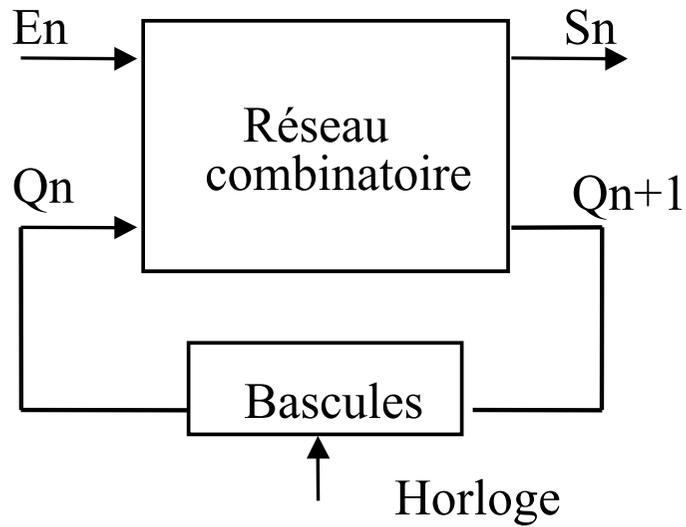
Ecole Polytechnique Universitaire de Montpellier
Université Montpellier II
Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier cedex 05, FRANCE

Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier
UMR 5506 Université Montpellier II / CNRS
161 rue Ada, 34392 Montpellier cedex 05, FRANCE

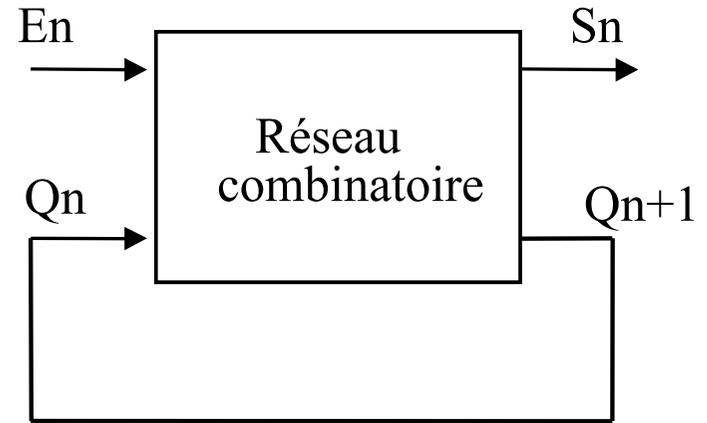
Synchrone / Asynchrone



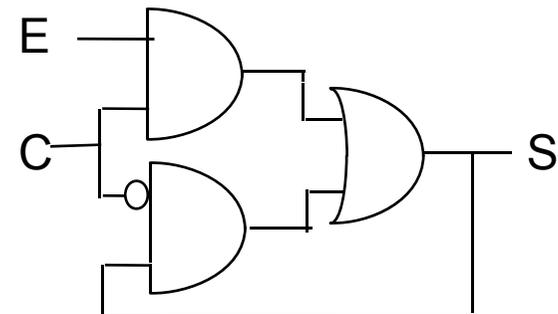
Synchrone / Asynchrone



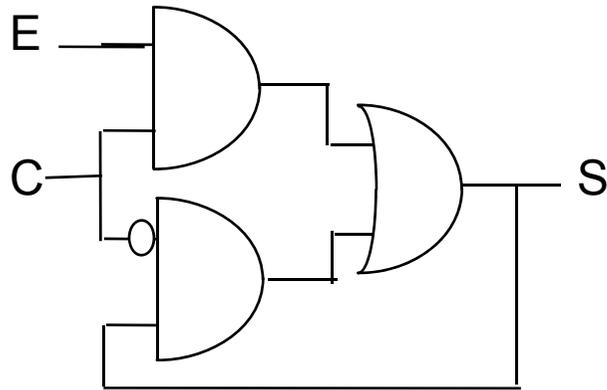
Système Séquentiel Synchrone



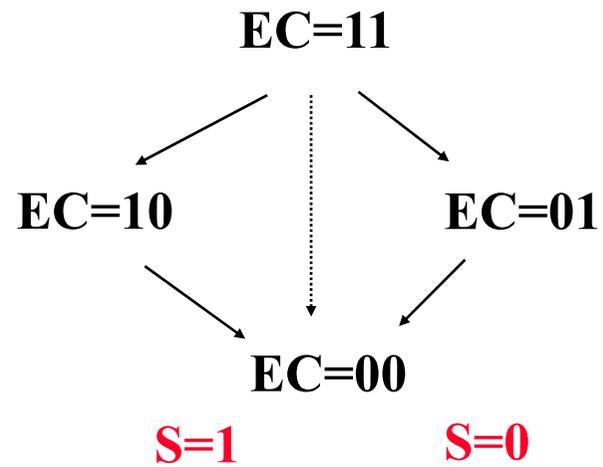
Système Séquentiel Asynchrone



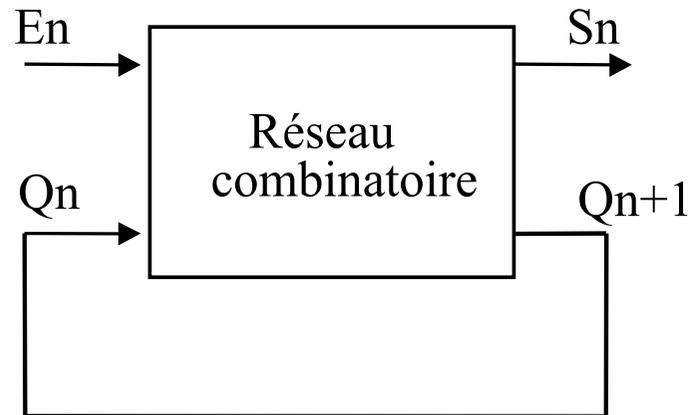
Asynchrone



| C | E | S |
|---|---|---|
| 0 | 0 | S |
| 0 | 1 | S |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |



Asynchrone



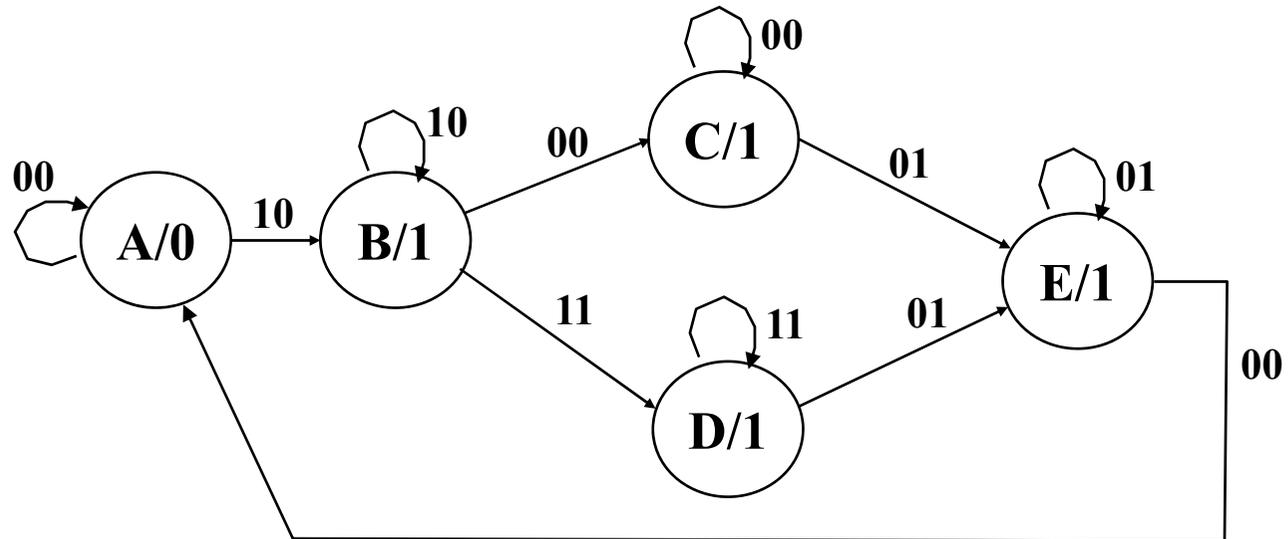
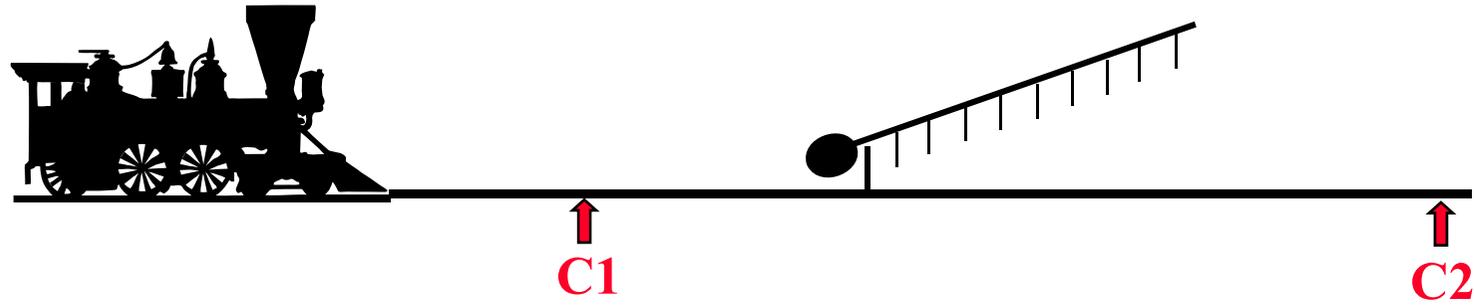
Contraintes :

- **Modification d'une seule entrée (primaire ou secondaire) à la fois**

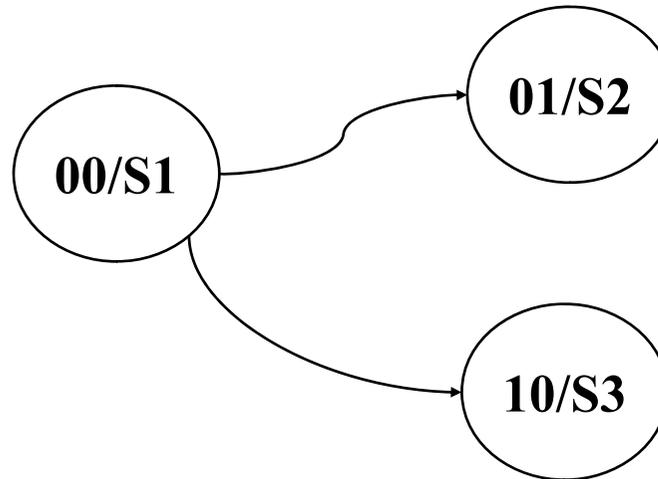
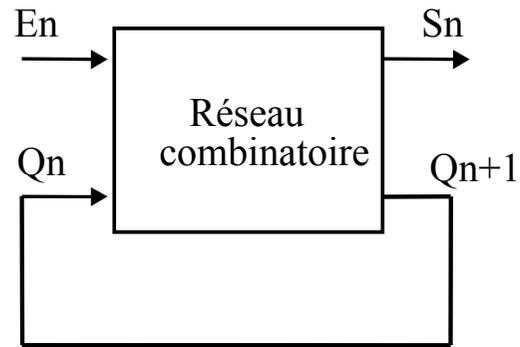
Cette contrainte peut être respectée de part la mécanique du système
Sinon elle doit se traduire par une contrainte sur l'environnement
d'utilisation.

Exemple : Tsetup et Thold de bascules

Synchrone / Asynchrone

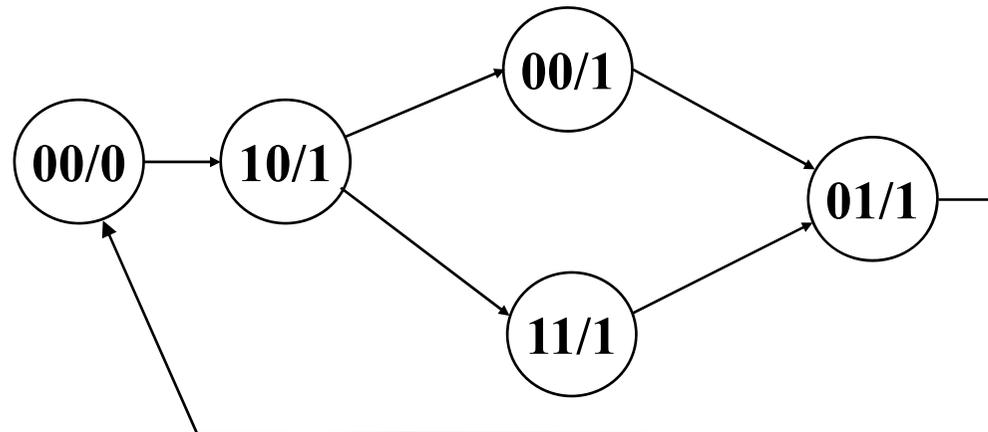
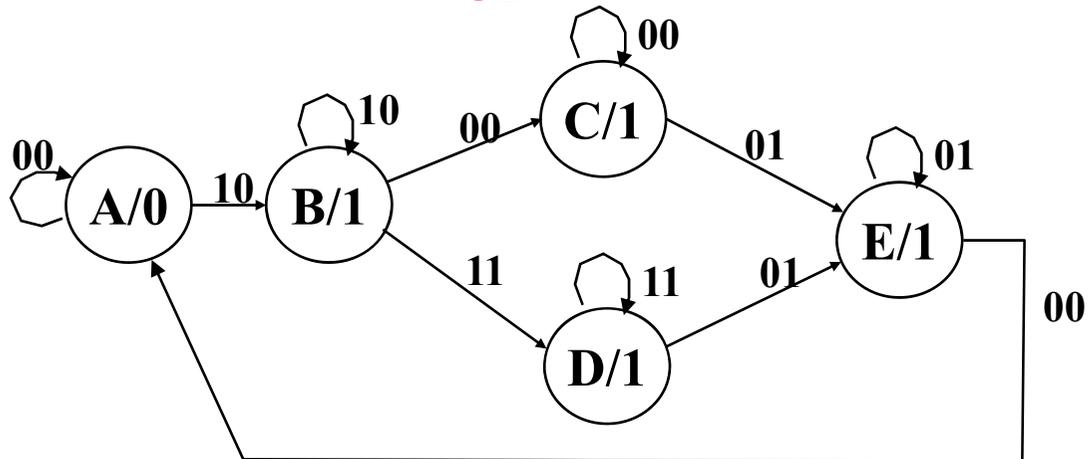
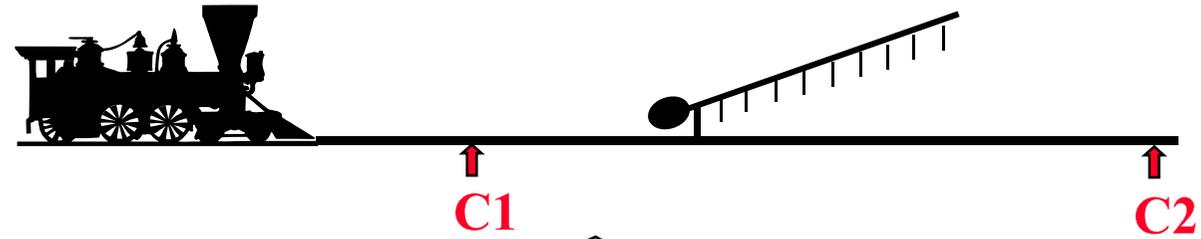


Modélisation

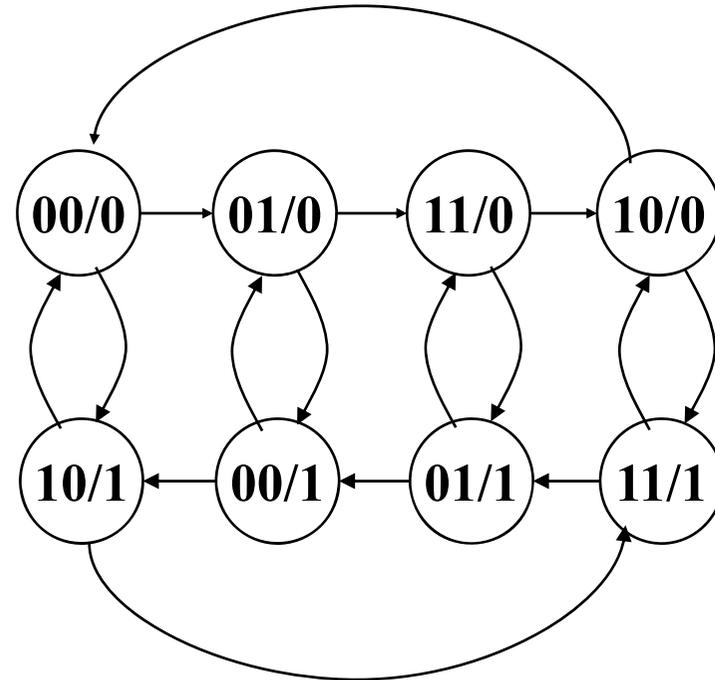
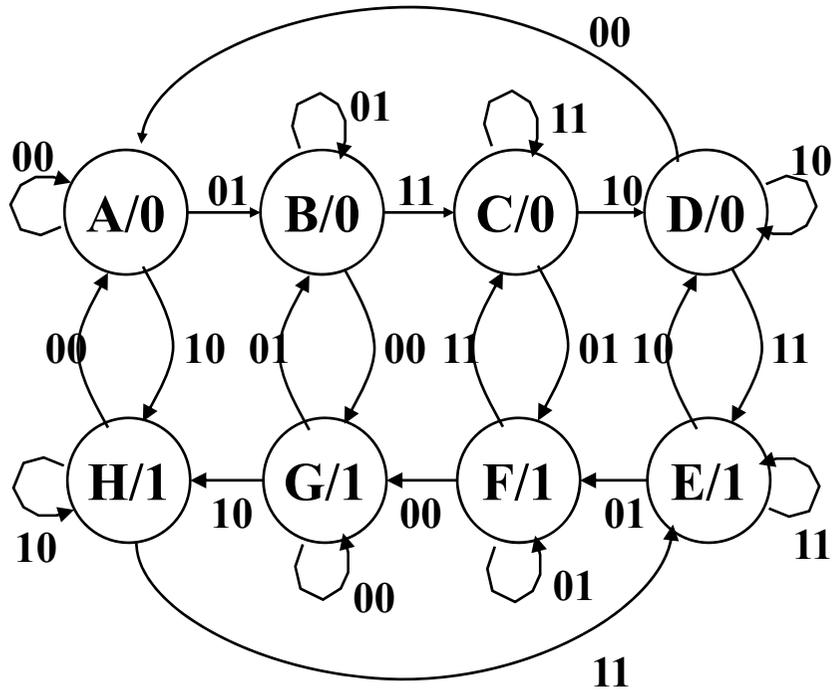
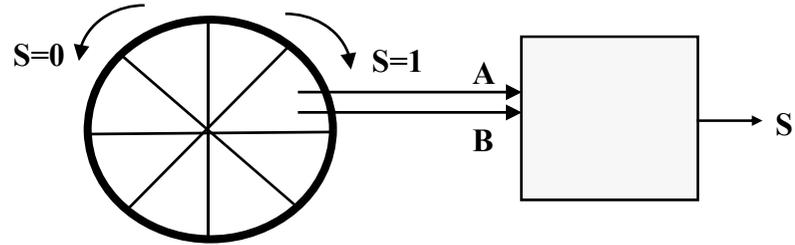


- **Changement d'entrée \Leftrightarrow Changement d'état**
- **Modification d'une seule entrée**

Synchrone / Asynchrone



Synchrone / Asynchrone



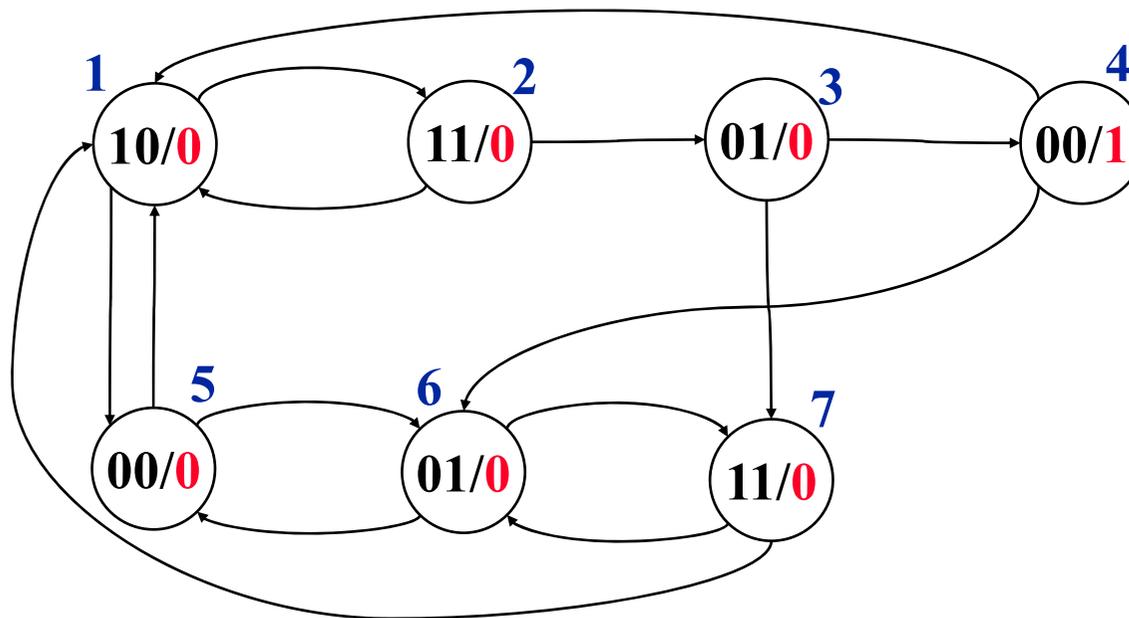
Méthode de synthèse

- 1: Modélisation du cahier des charges
 - Graphe d'état
 - Table des phases primitive
- 2: Réduction du nombre d'états
 - Minimisation du nombre d'états
 - Fusionnement d'états
- 3: Codage des états
 - Graphe d'adjacence
 - Assignation des états
- 4: Synthèse
 - Synthèse des variables secondaires
 - Synthèse des sorties

Modélisation du cahier des charges

Exemple: Le système a deux entrées e_1 et e_2 et une sortie S . La sortie S doit passer à 1 chaque fois que la séquence $e_1e_2 = 10, 11, 01, 00$ intervient sur les entrées. Quand S est à 1, S doit repasser à 0 dès la première variation d'une des deux entrées.

Graphe d'états



Modélisation du cahier des charges

Graphe d'états

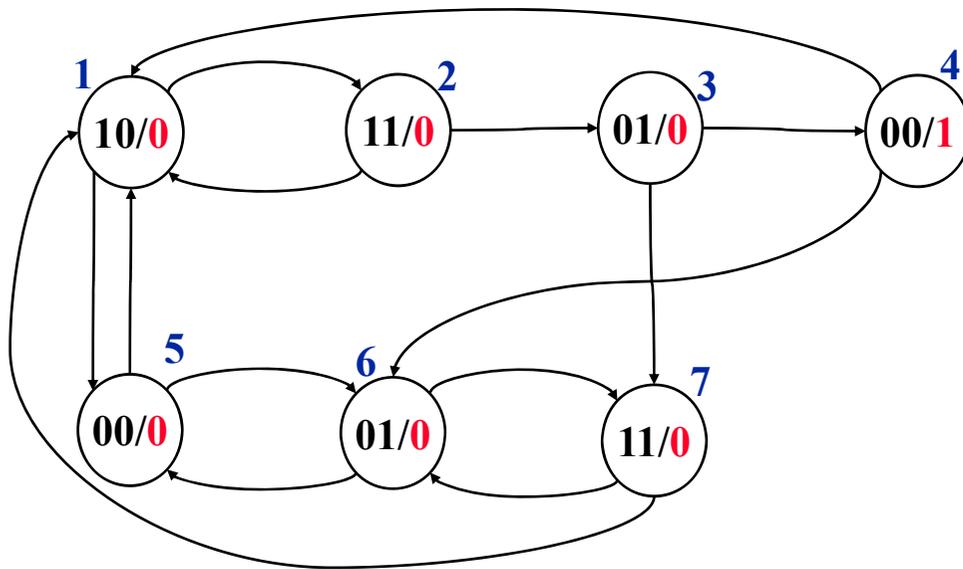


Table des phases primitive

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 5 | - | 2 | 1 | 0 |
| 2 | - | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 4 | 3 | 7 | - | 0 |
| 4 | 4 | 6 | - | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 6 | - | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 0 |
| 7 | - | 6 | 7 | 1 | 0 |

Minimisation du nombre d'états

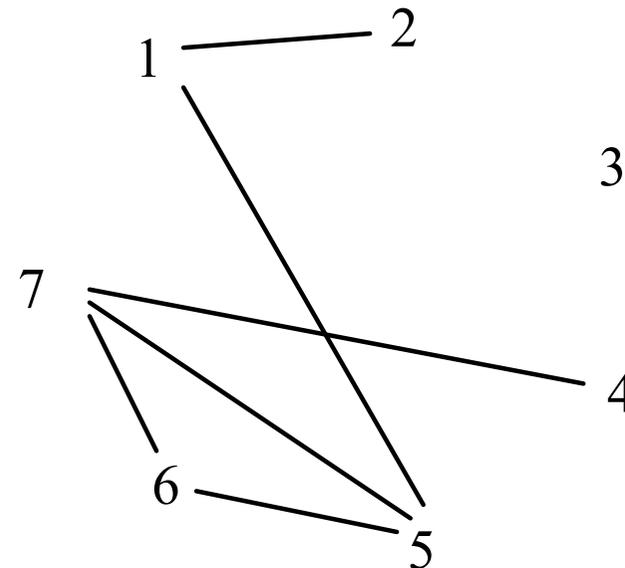
- **Règle 1 (R1):** Deux états sont équivalents s'il sont stables pour les mêmes valeurs d'entrée (état stable dans la même colonne), et si pour chaque combinaison d'entrée, ils ont même sorties et même états suivants

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 5 | - | 2 | 1 | 0 |
| 2 | - | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 4 | 3 | 7 | - | 0 |
| 4 | 4 | 6 | - | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 6 | - | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 0 |
| 7 | - | 6 | 7 | 1 | 0 |

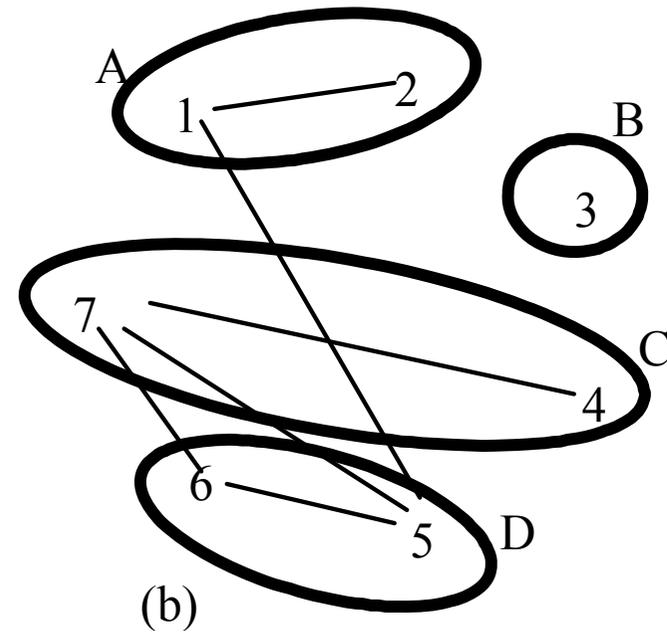
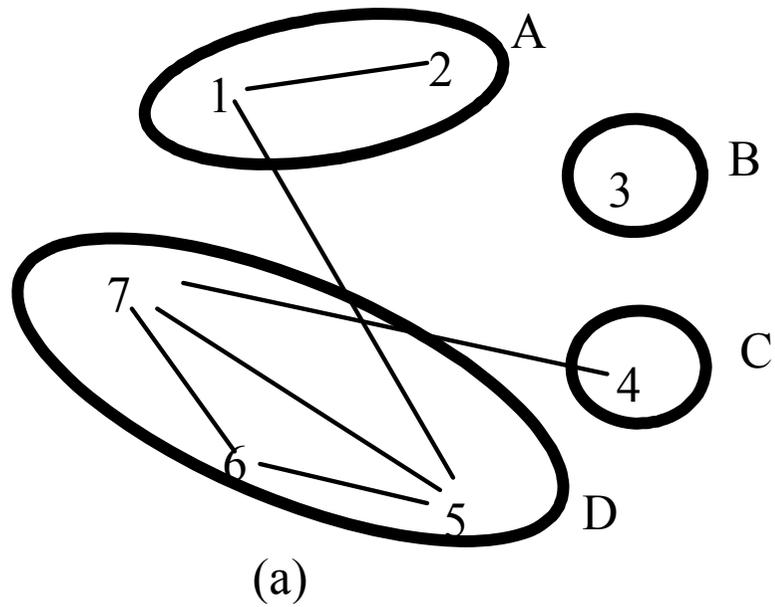
Fusionnement d'états

Règle de fusionnement: Deux états sont fusionnables uniquement s'il ont mêmes état suivants (pas d'incompatibilité sur les états suivants compte tenu des états indéterminés).

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 5 | - | 2 | 1 | 0 |
| 2 | - | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 4 | 3 | 7 | - | 0 |
| 4 | 4 | 6 | - | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 6 | - | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 0 |
| 7 | - | 6 | 7 | 1 | 0 |

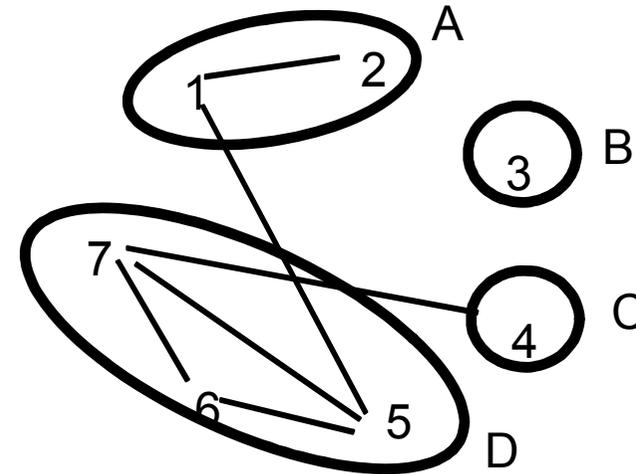


Fusionnement d'états



Fusionnement d'états

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 5 | - | 2 | 1 | 0 |
| 2 | - | 3 | 2 | 1 | 0 |
| 3 | 4 | 3 | 7 | - | 0 |
| 4 | 4 | 6 | - | 1 | 1 |
| 5 | 5 | 6 | - | 1 | 0 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 0 |
| 7 | - | 6 | 7 | 1 | 0 |

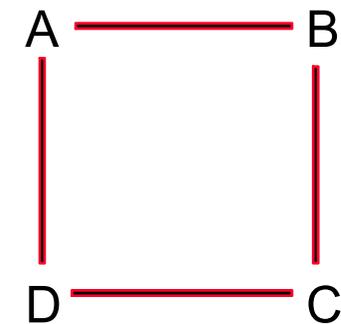


| Etats | Etats Suivants | | | |
|-----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1,2) | 5 | 3 | 2 | 1 |
| B (3) | 4 | 3 | 7 | - |
| C (4) | 4 | 6 | - | 1 |
| D (5,6,7) | 5 | 6 | 7 | 1 |

Codage des états

| Etats | Etats Suivants | | | |
|-------------|----------------|-----|-----|-----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1, 2) | 5 | 3 | (2) | (1) |
| B (3) | 4 | (3) | 7 | - |
| C (4) | (4) | 6 | - | 1 |
| D (5, 6, 7) | (5) | (6) | (7) | 1 |

Graphe d'adjacence



| Etats | | Etats Suivants | | | |
|-------|----|----------------|------|------|------|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 00 | 10 | 01 | (00) | (00) |
| B | 01 | 11 | (01) | 11 | -- |
| C | 11 | (11) | 10 | 10 | 10 |
| D | 10 | (10) | (10) | (10) | 00 |

Synthèse des variables secondaires

| Etats | | Etats Suivants | | | |
|-------|----|----------------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 00 | 10 | 01 | 00 | 00 |
| B | 01 | 11 | 01 | 11 | -- |
| C | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 |
| D | 10 | 10 | 10 | 10 | 00 |

| yly2 \ e1e2 | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 00 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 00 | 1 | 0 | 1 | - |
| 11 | 00 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 | 00 | 1 | 1 | 1 | 0 |

$$Y1 = e1'.e2' + y1.e2 + y2.e1$$

| yly2 \ e1e2 | | 00 | 01 | 11 | 10 |
|-------------|----|----|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 00 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 01 | 00 | 1 | 1 | 1 | - |
| 11 | 00 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 00 | 1 | 0 | 0 | 0 |

$$Y2 = y1'.y2 + y1.e1'.e2' + y1'.e1'.e2$$

Synthèse des sorties

| Etats | Etats Suivants | | | |
|-----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1,2) | 5 | 3 | 2 | 1 |
| B (3) | 4 | 3 | 7 | - |
| C (4) | 4 | 6 | - | 1 |
| D (5,6,7) | 5 | 6 | 7 | 1 |

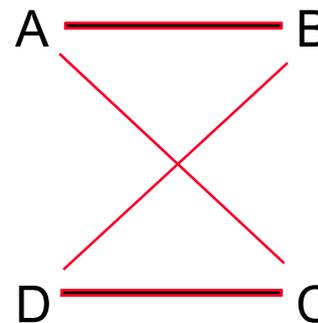
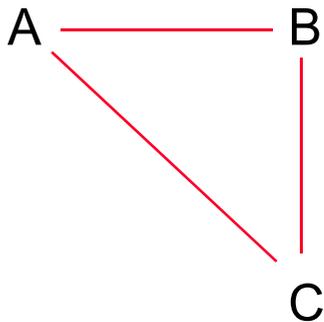
| Etats | | Sorties | | | |
|-------|----|---------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 00 | x | x | 0 | 0 |
| B | 01 | x | 0 | x | x |
| C | 11 | 1 | x | x | x |
| D | 10 | 0 | 0 | 0 | x |

| Etats | | Sorties | | | |
|-------|----|---------|----|----|----|
| | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 01 | 1 | 0 | 0 | - |
| C | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| D | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Codage des états

| Etats | Etats Suivants | | | |
|-------------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1, 2, 3) | ① | ② | ③ | 8 |
| B (4, 5, 6) | 1 | ④ | ⑤ | ⑥ |
| C (7, 8) | ⑦ | 2 | 5 | ⑧ |
| D | - | - | - | - |

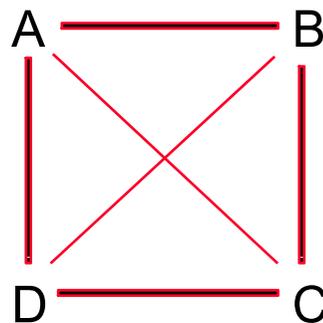
Graphe d'adjacence



Codage des états

| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1, 2) | ① | ② | 6 | 8 |
| B (3, 4) | 1 | 5 | ③ | ④ |
| C (5, 6) | 7 | ⑤ | ⑥ | 4 |
| D (7, 8) | ⑦ | 2 | 3 | ⑧ |

Graphe d'adjacence



Codage des états

| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A (1, 2) | ① | ② | 6 | 8 |
| B (3, 4) | 1 | 5 | ③ | ④ |
| C (5, 6) | 7 | ⑤ | ⑥ | 4 |
| D (7, 8) | ⑦ | 2 | 3 | ⑧ |
| E | - | - | - | - |
| F | - | - | - | - |
| G | - | - | - | - |
| H | - | - | - | - |

Bascules et asynchrone

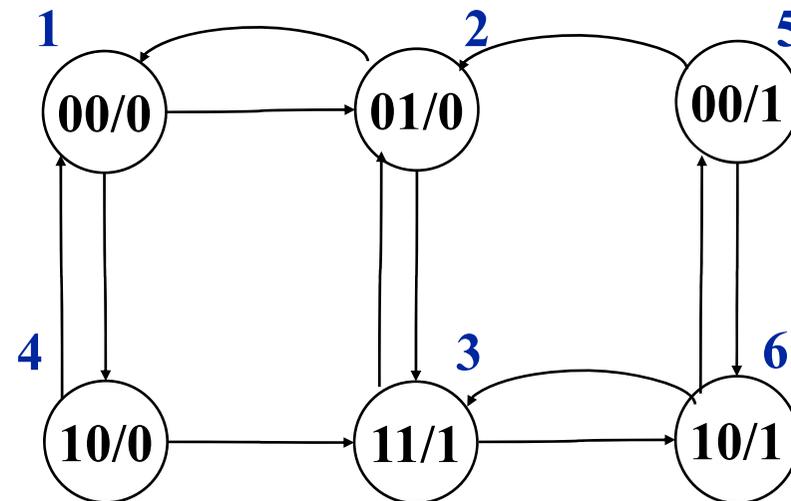
Une bascule est un dispositif synchrone puisque synchronisé par un signal d'horloge H.

Pour concevoir un tel système plusieurs démarches peuvent être envisagées. Il en est une qui est de considérer l'horloge H comme une entrée banalisée est ainsi de considérer le système global comme étant un système asynchrone.

D-Latch – Cahier de charges

Une bascule D-Latch est un dispositif comportant 2 entrées D et H et une sortie Q telles que :

- Si H = 1 (niveau 1) Q = D
- Sinon mémoire



D-Latch

Graphe d'états

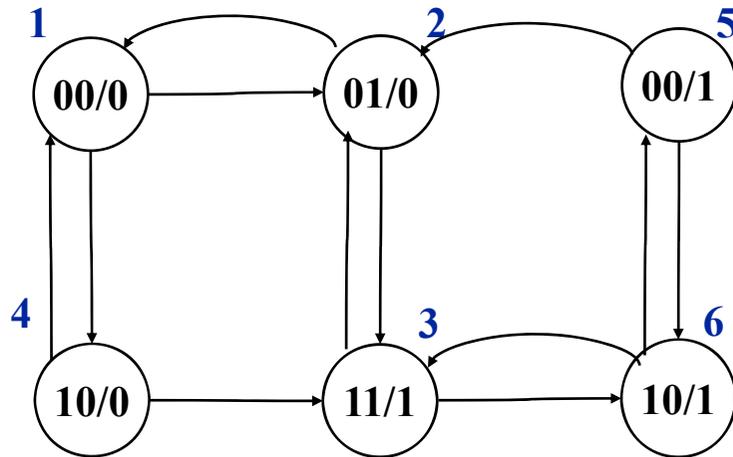
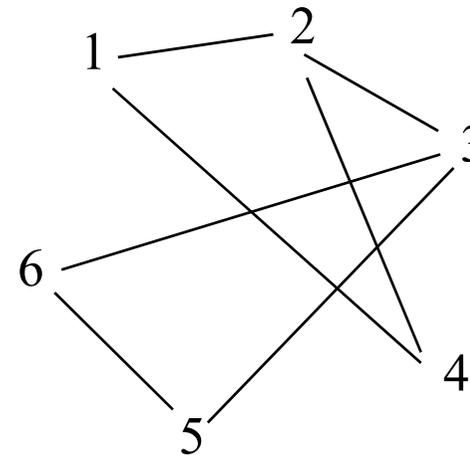


Table des phases primitive

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 1 | 2 | - | 4 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | - | 0 |
| 3 | - | 2 | 3 | 6 | 1 |
| 4 | 1 | - | 3 | 4 | 0 |
| 5 | 5 | 2 | - | 6 | 1 |
| 6 | 5 | - | 3 | 6 | 1 |

D-Latch

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 1 | 2 | - | 4 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | - | 0 |
| 3 | - | 2 | 3 | 6 | 1 |
| 4 | 1 | - | 3 | 4 | 0 |
| 5 | 5 | 2 | - | 6 | 1 |
| 6 | 5 | - | 3 | 6 | 1 |



| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A(1,2,4) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| B(3,5,6) | 5 | 2 | 3 | 6 |

D-Latch

| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A(1,2,4) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| B(3,5,6) | 5 | 2 | 3 | 6 |

| Etats y | Etats Suivants Y | | | |
|------------|------------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

$$Y = H'y + H.D$$

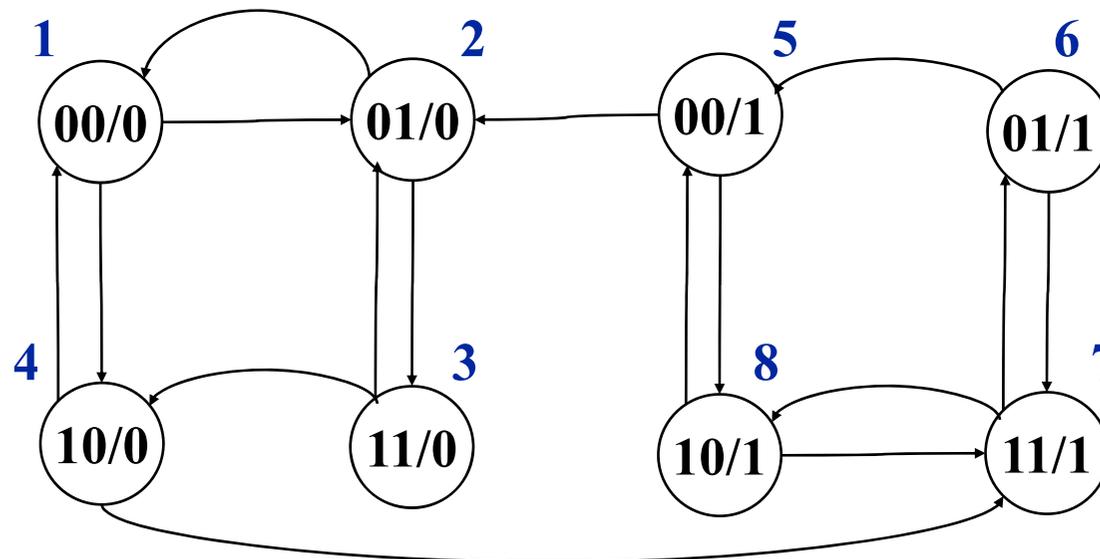
| Etats y | Sortie Q | | | |
|------------|----------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

$$Q = Y$$

Bascule D – Cahier de charges

Une bascule D est un dispositif comportant 2 entrées D et H et une sortie Q telles que :

- Si H passe de 0 à 1 (front montant) $Q = D$
- Sinon mémoire



Bascule D

Graphe d'états

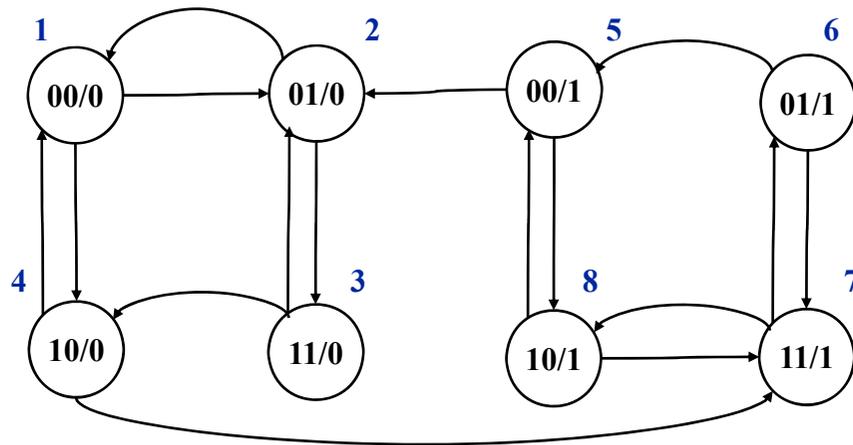
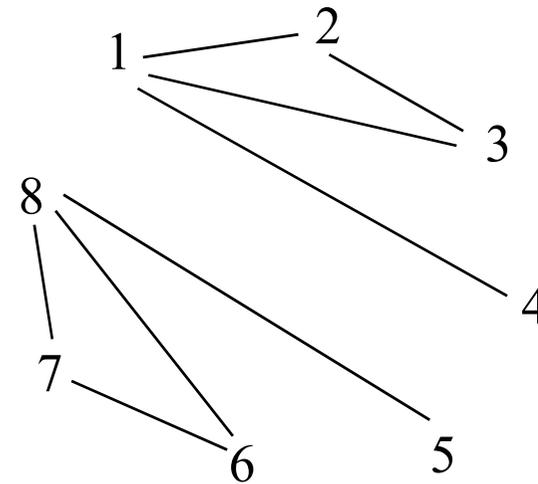


Table des phases primitive

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 1 | 2 | - | 4 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | - | 0 |
| 3 | - | 2 | 3 | 4 | 0 |
| 4 | 1 | - | 7 | 4 | 0 |
| 5 | 5 | 2 | - | 8 | 1 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 1 |
| 7 | - | 6 | 7 | 8 | 1 |
| 8 | 5 | - | 7 | 8 | 1 |

Bascule D

| Etats | Etats Suivants | | | | Sortie |
|-------|----------------|----|----|----|--------|
| | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 1 | 2 | - | 4 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | - | 0 |
| 3 | - | 2 | 3 | 4 | 0 |
| 4 | 1 | - | 7 | 4 | 0 |
| 5 | 5 | 2 | - | 8 | 1 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | 1 |
| 7 | - | 6 | 7 | 8 | 1 |
| 8 | 5 | - | 7 | 8 | 1 |

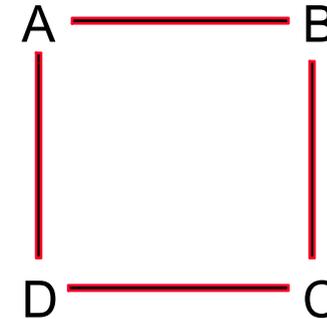


| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A(1,2,3) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| B(4) | 1 | - | 7 | 4 |
| C(5) | 5 | 2 | - | 8 |
| D(6,7,8) | 5 | 6 | 7 | 8 |

Bascule D

Graphe d'adjacence

| Etats | Etats Suivants | | | |
|----------|----------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A(1,2,3) | 1 | 2 | 3 | 4 |
| B(4) | 1 | - | 7 | 4 |
| C(5) | 5 | 2 | - | 8 |
| D(6,7,8) | 5 | 6 | 7 | 8 |



| Etats y1y2 | Etats Suivants Y1Y2 | | | |
|---------------|---------------------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 00 | 00 | 00 | 01 |
| 01 | 00 | 00 | 11 | 01 |
| 11 | 11 | 01 | 10 | 10 |
| 10 | 11 | 10 | 10 | 10 |

| Etats y1y2 | Sortie Q | | | |
|---------------|----------|----|----|----|
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 01 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 |

$$Y1 = y1.y2' + y1.H' + y2.D.H$$

$$Y2 = y1.D'.H' + y1.y2.D' + y1'.y2.D + y1'.D.H'$$

$$Q = Y1$$

Bascule D avec Clear et Preset – Cahier de charges

Une bascule D est un dispositif comportant 2 entrées D et H, 2 entrées Clear et Preset et une sortie Q telles que :

- Si Clear = Preset = 0
 - Si H passe de 0 à 1 (front montant) $Q = D$
 - Sinon mémoire

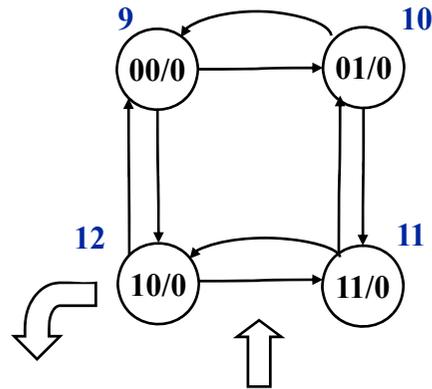
- Si Clear = 1 (Preset = 0), $Q = 0$

- Si Preset = 1 (Clear = 0), $Q = 1$

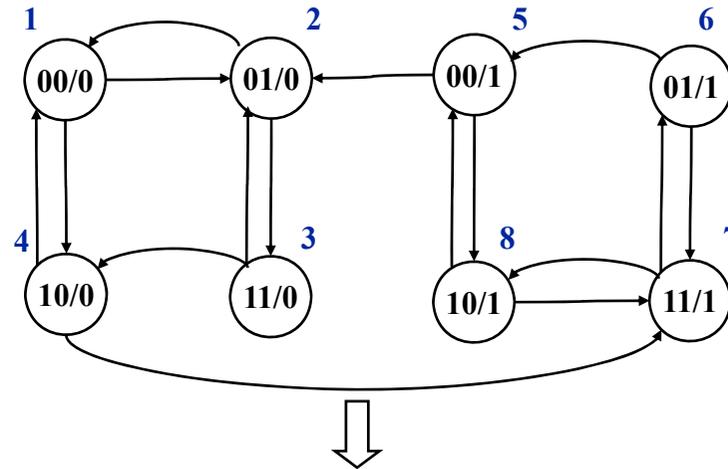
Bascule D avec Clear et Preset

DH/Q

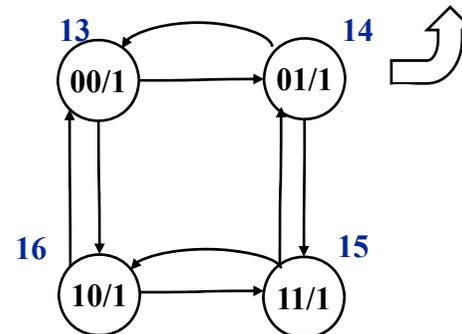
Clear = 1



Clear = Preset = 0



Preset = 1



Bascule D avec Clear et Preset

| États | États Suivants | | | | | | | | | | | | Sortie Q |
|-------|----------------|----|----|----|-----------|----|----|----|------------|----|----|----|-------------|
| | Clear=Preset=0 | | | | Clear = 1 | | | | Preset = 1 | | | | |
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | |
| 1 | 1 | 2 | - | 4 | 9 | - | - | - | 13 | - | - | - | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | - | - | 10 | - | - | - | 14 | - | - | 0 |
| 3 | - | 2 | 3 | 4 | - | - | 11 | - | - | - | 15 | - | 0 |
| 4 | 1 | - | 7 | 4 | - | - | - | 12 | - | - | - | 16 | 0 |
| 5 | 5 | 2 | - | 8 | 9 | - | - | - | 13 | - | - | - | 1 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | - | - | 10 | - | - | - | 14 | - | - | 1 |
| 7 | - | 6 | 7 | 8 | - | - | 11 | - | - | - | 15 | - | 1 |
| 8 | 5 | - | 7 | 8 | - | - | - | 12 | - | - | - | 16 | 1 |
| 9 | 1 | - | - | - | 9 | 10 | - | 12 | - | - | - | - | 0 |
| 10 | - | 2 | - | - | 9 | 10 | 11 | - | - | - | - | - | 0 |
| 11 | - | - | 3 | - | - | 10 | 11 | 12 | - | - | - | - | 0 |
| 12 | - | - | - | 4 | 9 | - | 11 | 12 | - | - | - | - | 0 |
| 13 | 5 | - | - | - | - | - | - | - | 13 | 14 | - | 16 | 1 |
| 14 | - | 6 | - | - | - | - | - | - | 13 | 14 | 15 | - | 1 |
| 15 | - | - | 7 | - | - | - | - | - | - | 14 | 15 | 16 | 1 |
| 16 | - | - | - | 8 | - | - | - | - | 13 | - | 15 | 16 | 1 |

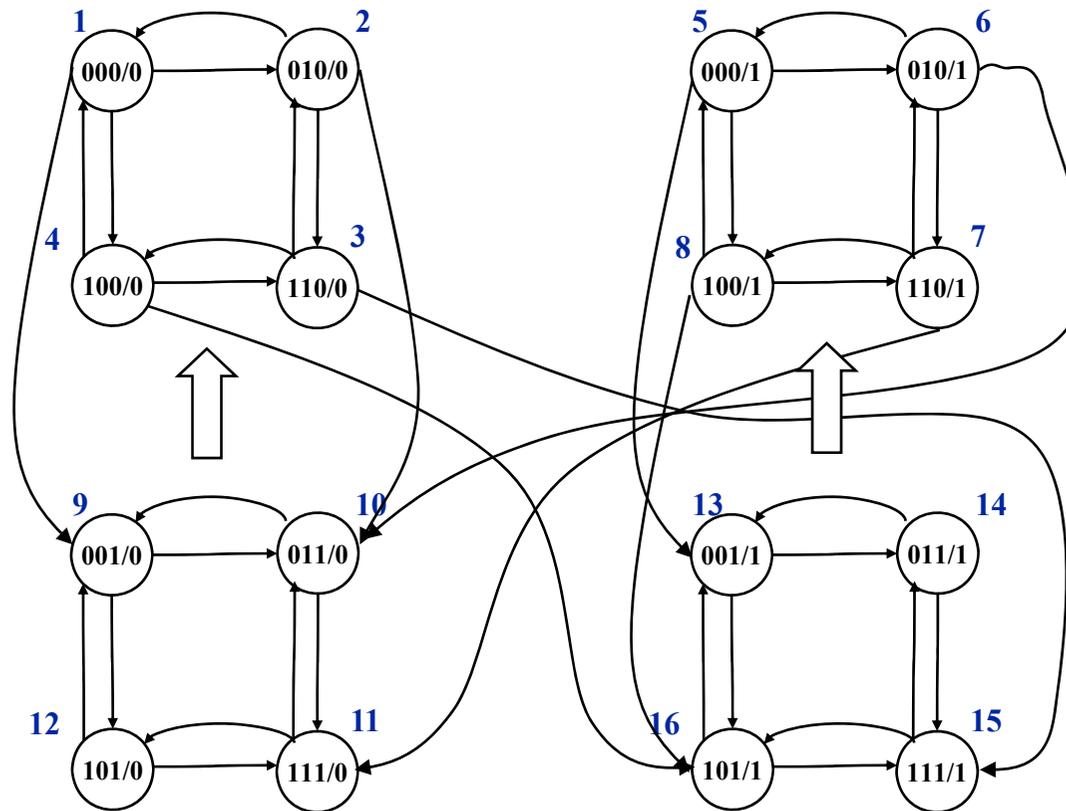
Bascule D avec Clear et Preset

| Etats | Etats Suivants | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|----|----|----|-----------|----|----|----|------------|----|----|----|
| | Clear=Preset=0 | | | | Clear = 1 | | | | Preset = 1 | | | |
| | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 | 00 | 01 | 11 | 10 |
| A | 1 | 2 | 3 | 4 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | - |
| B | 1 | - | 7 | 4 | - | - | - | 12 | - | - | - | 16 |
| C | 5 | 2 | - | 8 | 9 | - | - | - | 13 | - | - | - |
| D | 5 | 6 | 7 | 8 | - | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |

4 états => 2 variables secondaires

Bascule JK

JKH/Q



Bascule JK

| Etats | Etats Suivants | | | | | | | | Sortie Q |
|-------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | 000 | 001 | 011 | 010 | 100 | 101 | 111 | 110 | |
| 1 | 1 | 9 | | 2 | 4 | | | | 0 |
| 2 | 1 | | 10 | 2 | | | | 3 | 0 |
| 3 | - | | | | 4 | 2 | 15 | 3 | 0 |
| 4 | 1 | | | | 4 | 16 | | 3 | 0 |
| 5 | 5 | 13 | | 6 | 8 | | | | 1 |
| 6 | 5 | | 10 | 6 | | | | 7 | 1 |
| 7 | | | | 6 | 8 | | 11 | 7 | 1 |
| 8 | 5 | | | | 8 | 16 | | 7 | 1 |
| 9 | 1 | 9 | 10 | | | 12 | | | 0 |
| 10 | | 9 | 10 | 2 | | | 11 | | 0 |
| 11 | | | 10 | | | 12 | 11 | 3 | 0 |
| 12 | | 9 | | | 4 | 12 | 11 | | 0 |
| 13 | 5 | 13 | 14 | | | 16 | | | 1 |
| 14 | | 13 | 14 | 6 | | | 15 | | 1 |
| 15 | | | 14 | | | 16 | 15 | 7 | 1 |
| 16 | | 13 | | | 8 | 16 | 15 | | 1 |