

---

# Circuits séquentiels

---

# Plan

- Introduction
- Définition d'une bascule
- Présentation de quelques bascules (RS, D, JK)

Applications :

Les registres; les registres à décalage

Les compteurs modulo n

# Définition

---

- Rappel : **Circuit combinatoire** = la valeur des sorties **S<sub>t</sub>** dépendent de la valeur des entrées (**E<sub>i</sub>**)

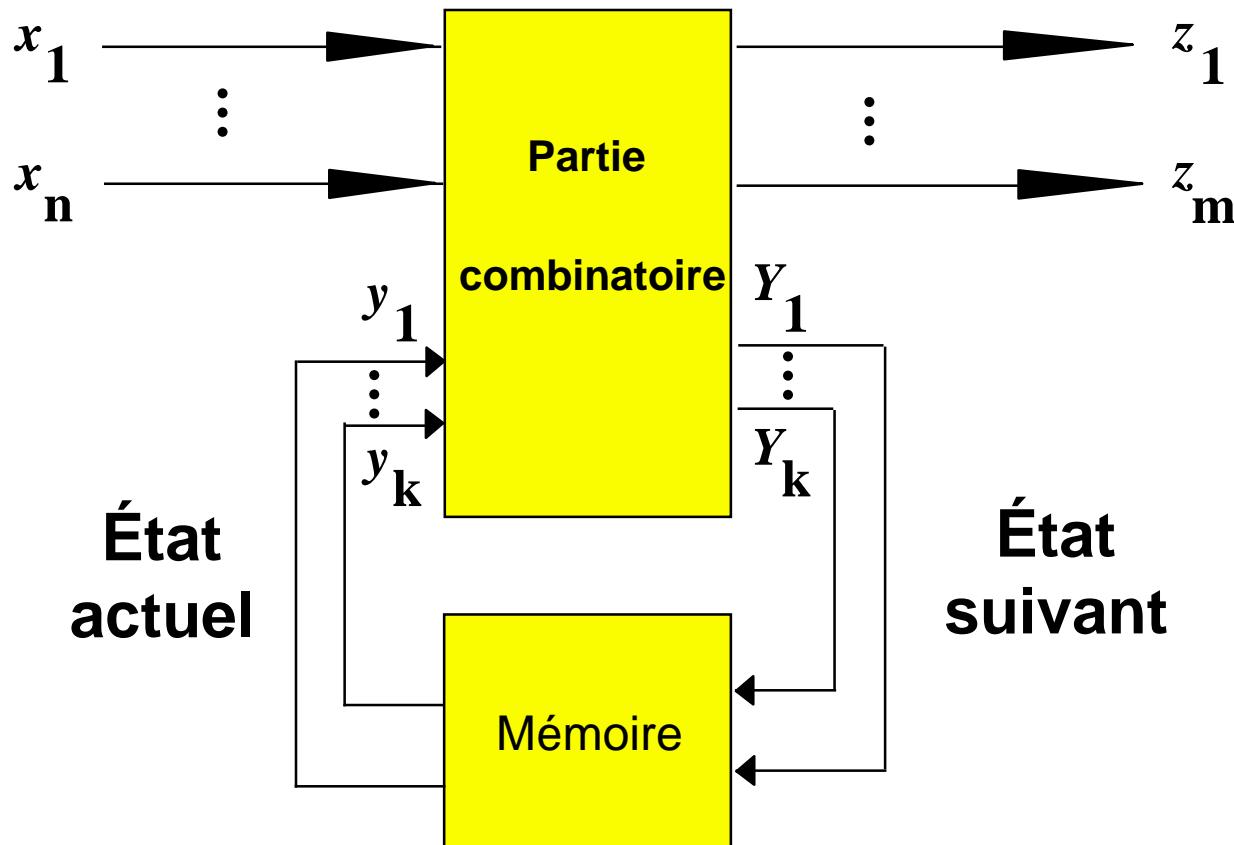
$S_t = f(E_0, E_1, E_2\dots)$  **sans mémoire**

- Un **circuit séquentiel** : faculté de **mémorisation**
- La valeur des sorties à l'instant **t** dépendent de la valeur des entrées **e(t)** de la valeur des sorties à l'instant **t-1**

$S_t = f(E_0, E_1, E_2\dots, S_{t-1})$

# Circuit séquentiel

***n* Variables d'entrée**



# Circuit séquentiel : Etats Stables

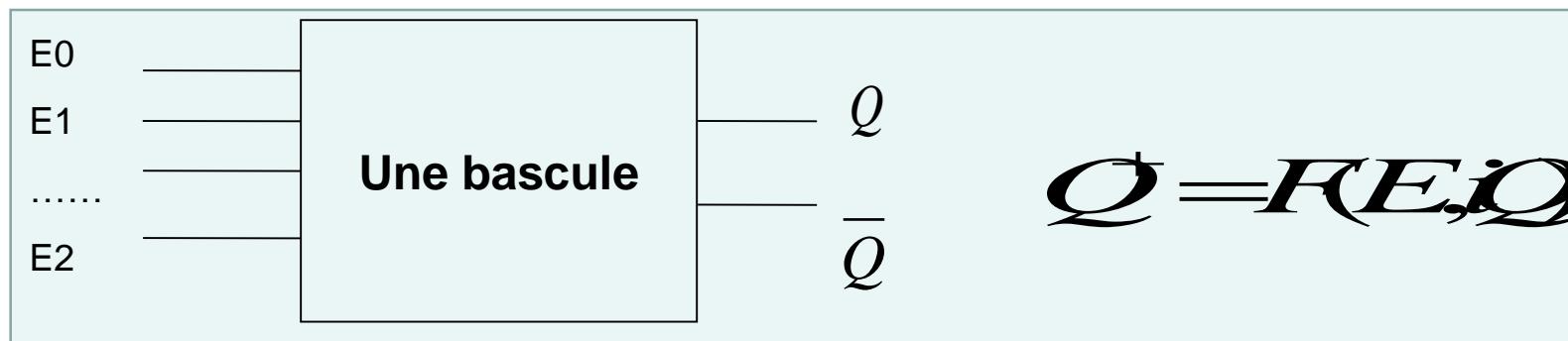
---

- **Les circuits séquentiels** de base sont les **bascules** (flip-flops)
- Une bascule à deux états stables (bistables)
- Les bascules : **capables de conserver l'état de leur sortie** même si la combinaison des signaux d'entrée ayant provoqué cet état de sortie disparaît.

# Les bascules ( flip-flops)



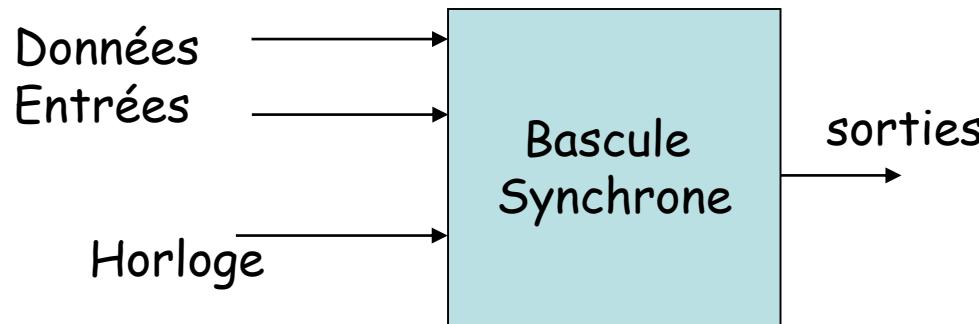
- Bascules Synchrones ou des bascules Asynchrone .
- Chaque bascule **possède des entrées** et **deux sorties**  $Q$  et  $\bar{Q}$
- Une bascule possède la fonction de **mémoration** et de **basculement**.



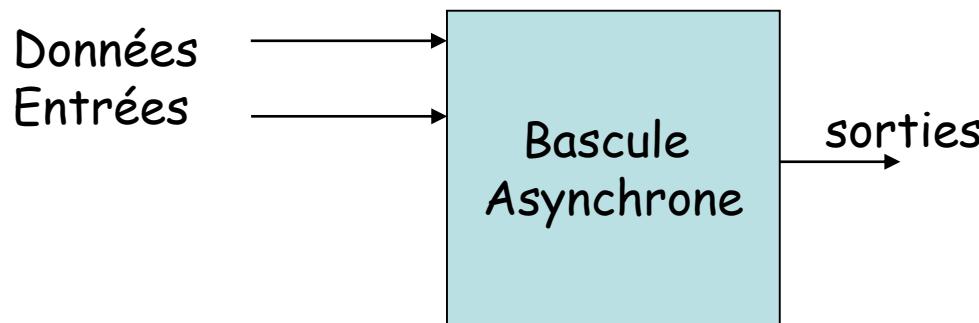
Types de bascules : RS, RST ,D ,JK , T

# Bascules Synchrones/Asynchrones

- Les bascules synchrones : asservies à des impulsions d'horloge et donc insensibles aux bruits entre deux tops

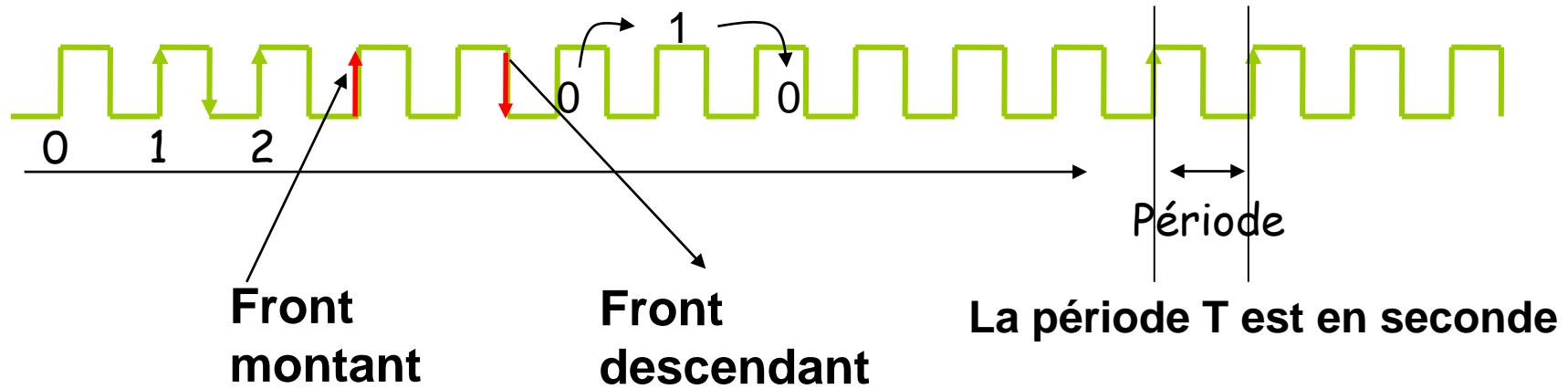


- Les bascules asynchrones, non asservies à une horloge et prenant en compte leurs entrées à tout moment.



# Horloge (Clock)

- **Horloge** : composant passant indéfiniment et régulièrement d'un niveau haut à un niveau bas (succession de 1 et de 0), chaque transition s'appelle un top.



Fréquence = nombre de changement par seconde en hertz (Hz)

Fréquence =  $1/\text{période}$

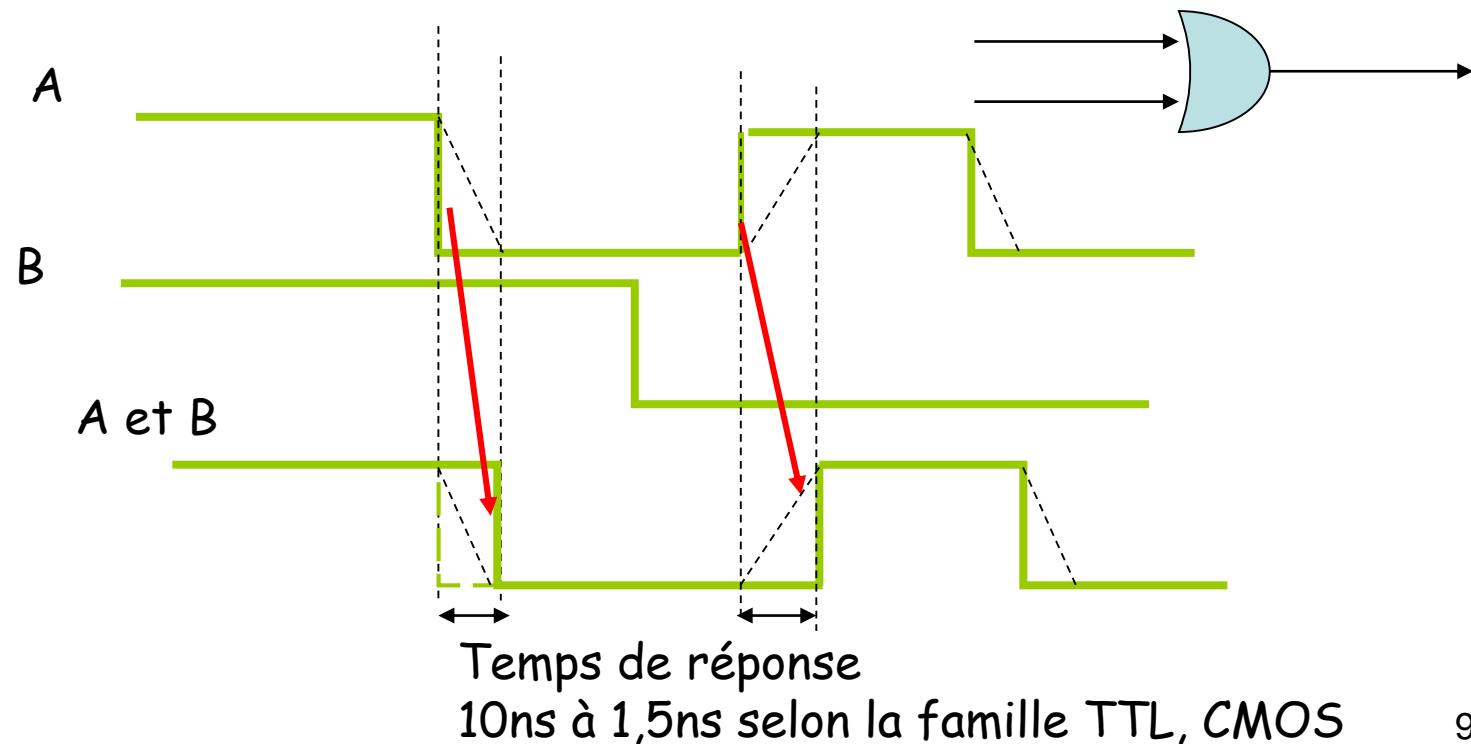
Une horloge de 1 hertz a une période de 1 seconde

..... 1 megahertz ..... 1 microseconde

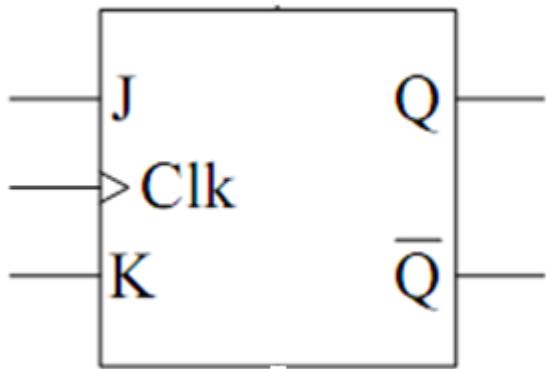
..... 1 gigaHz ..... 1 nanoseconde

# Temps de réponse des portes logiques

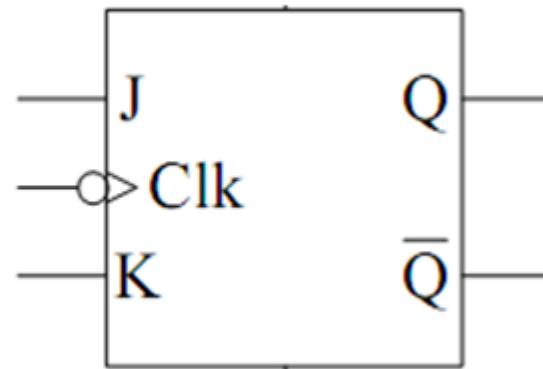
- L'instant séparant l'instant où les données sont appliquées de l'instant où les sorties sont positionnées n'est pas nul.



# Horloge (Clock)



Front montant



Front descendant



---

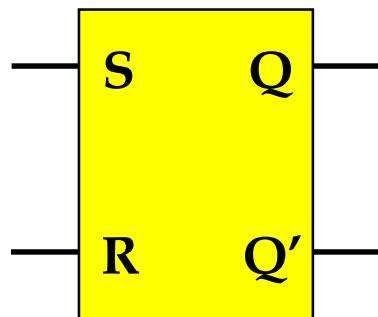
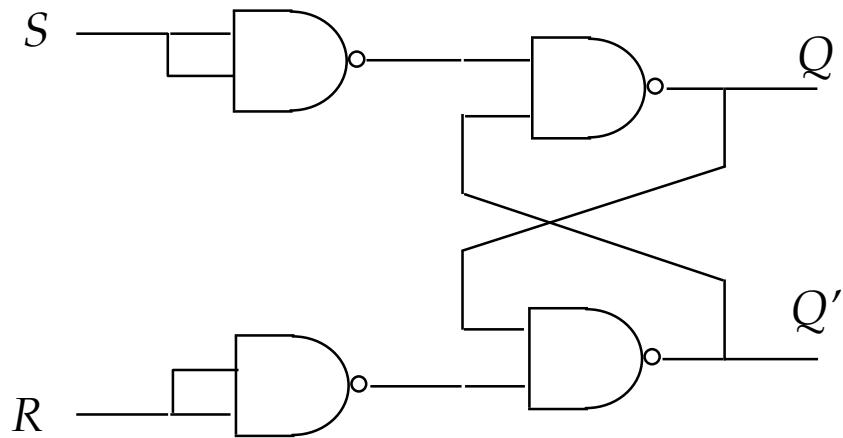
---

# **Bascules**

# **RS D JK**

# Bascule RS

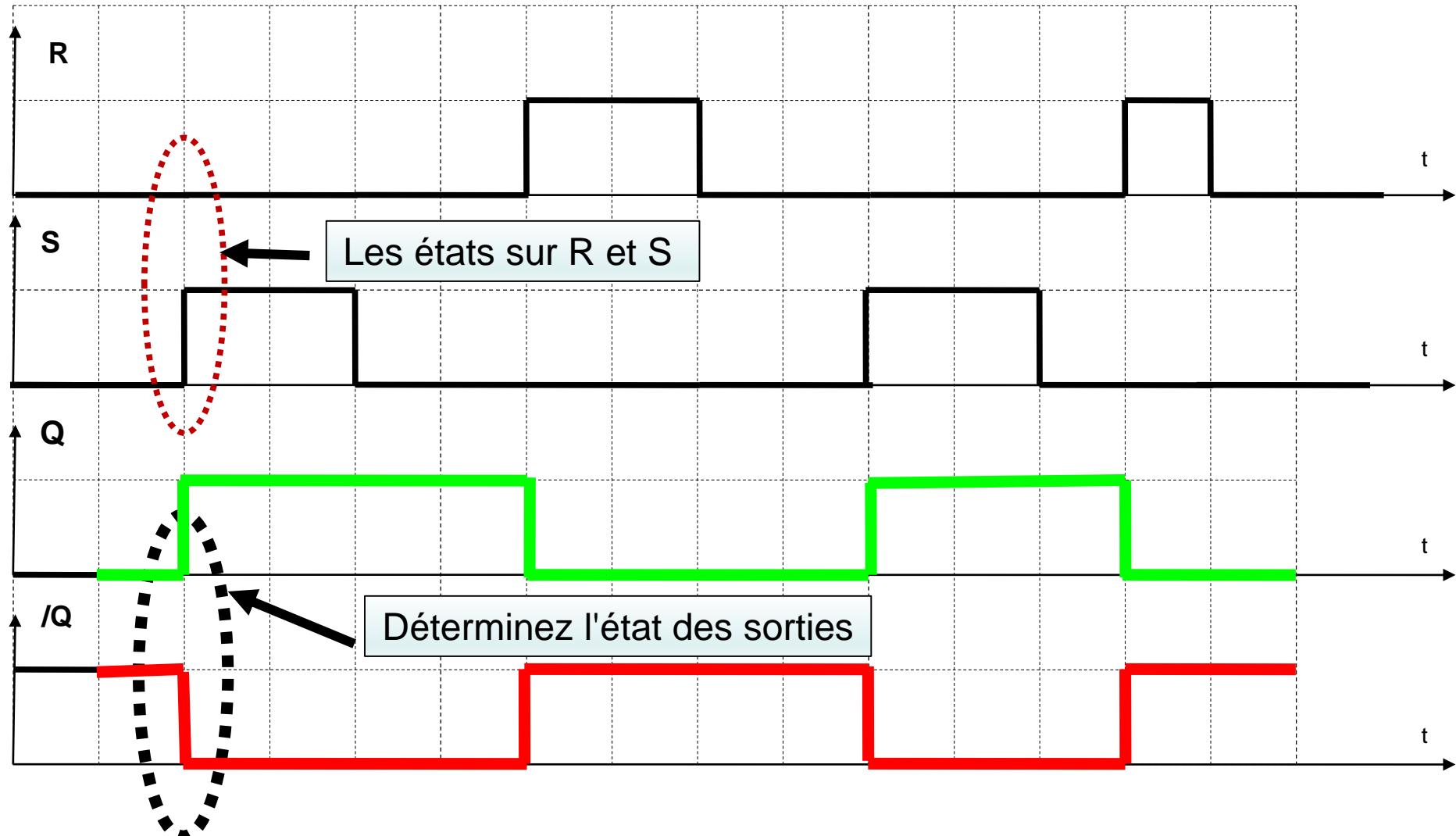
- Diagramme, symbole et table de transition :



$R$  = Reset (Mise à 0)  
 $S$  = Set (Mise à 1)

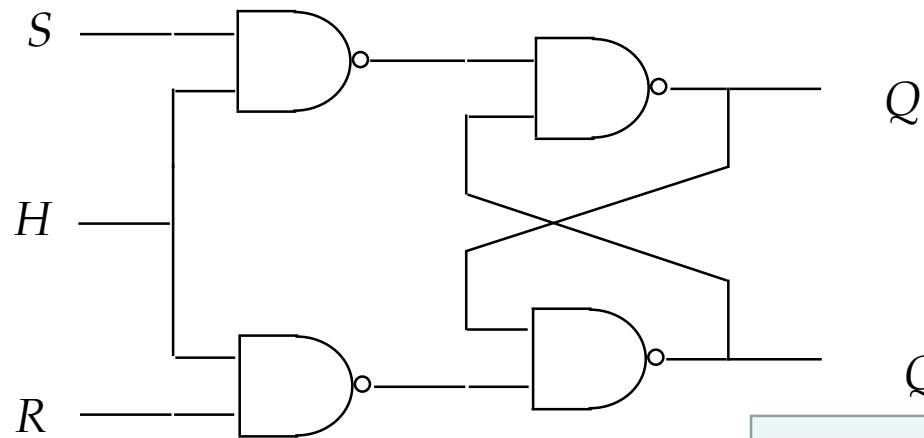
$R$	$S$	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

# Bascule RS



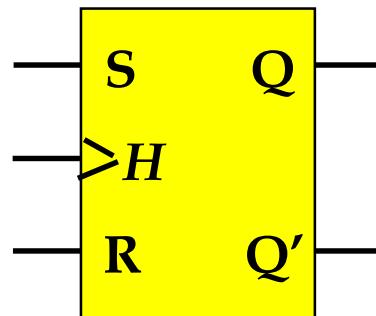
# Bascule RSH

- Diagramme, symbole et table de transition :



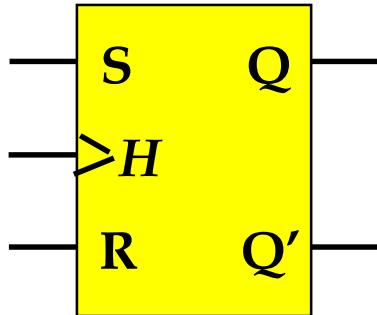
Condition supplémentaire :  
**H actif**

- Si  $H=1$  mémoire classique
- Si  $H=0$  mémoire figée



R	S	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

# Bascule RSH



R	S	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

Table de vérité

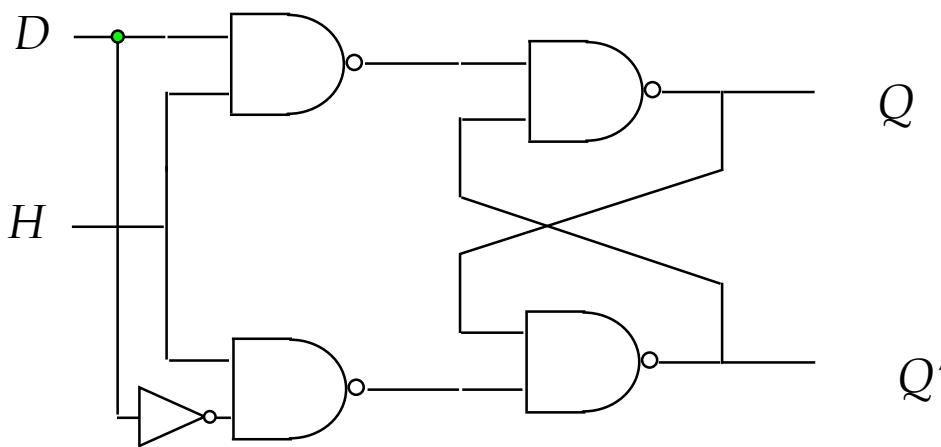


$Q_t$	$Q(t+1)$	R	S
0	0	X	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	X

Table de transition

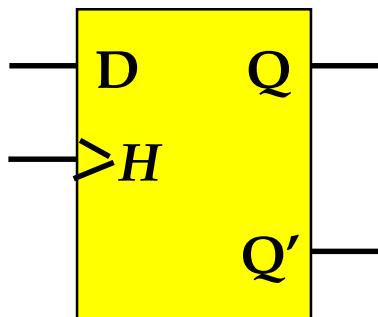
# Bascule D

- Diagramme, symbole et table de transition :



D	$Q_{t+1}$
0	0
1	1

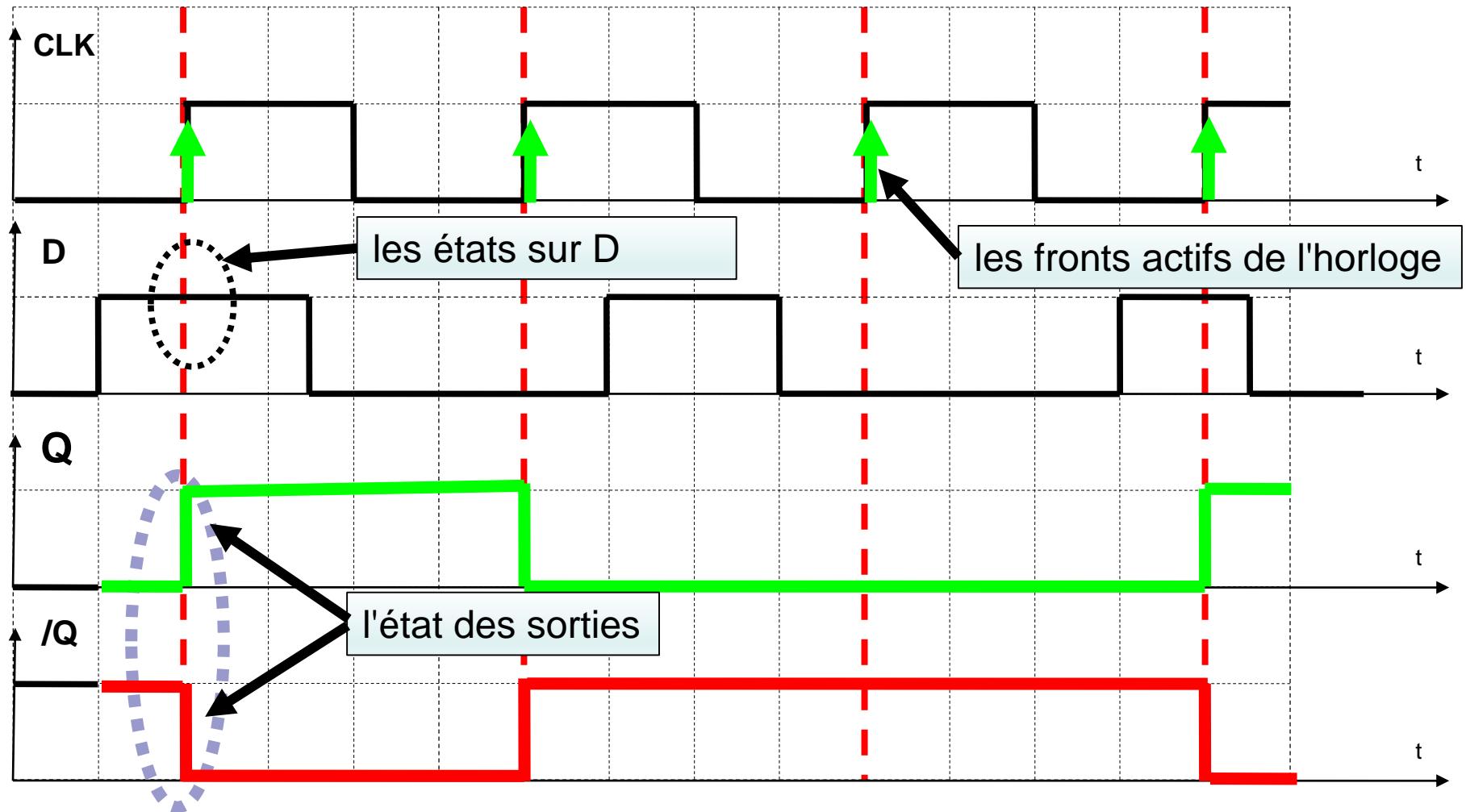
Table de vérité



$Q_t$	$Q(t+1)$	D	C	(exemple Front montant)
0	0	0	X	
0	1	1		Front montant
1	0	0		Front montant
1	1	1	X	

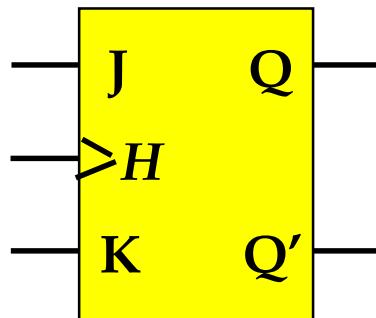
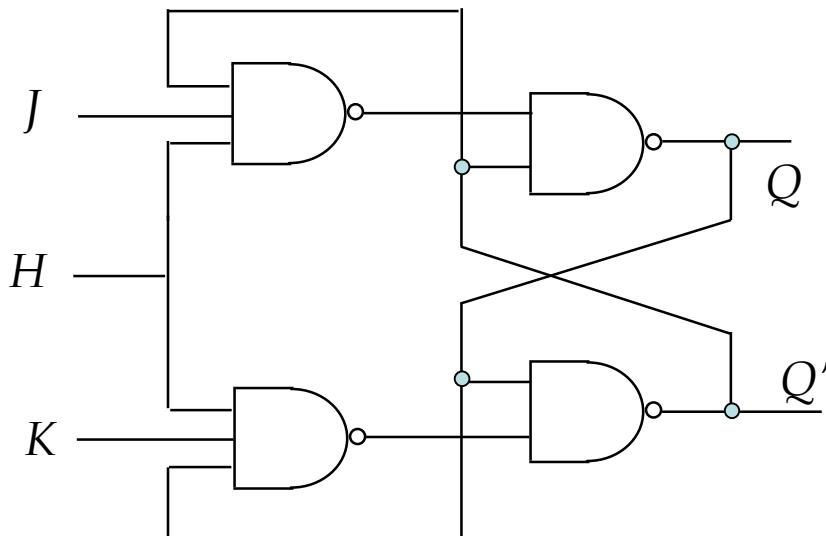
Table de transition

# Bascule D



# Bascule JK

- Diagramme, symbole et table de transition :



**Table de vérité**

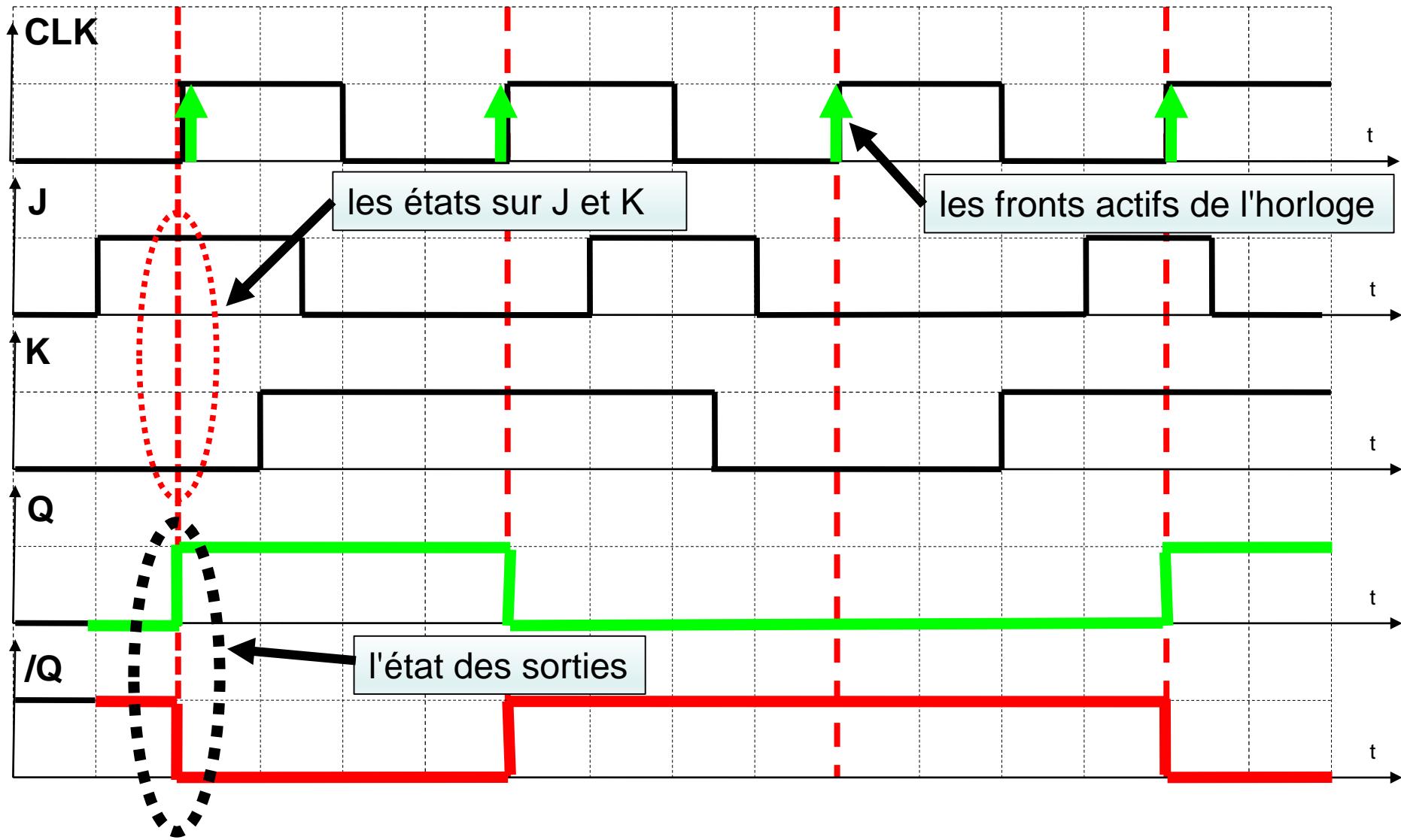
J	K	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	0	Mise à 0
1	0	1	Mise à 1
1	1	$\bar{Q}_t$	Change d'état



**Table de transition**

$Q_t$	$Q(t+1)$	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

# Bascule JK



# **Applications des circuits séquentiels**

- Les registres**
- Les compteurs**

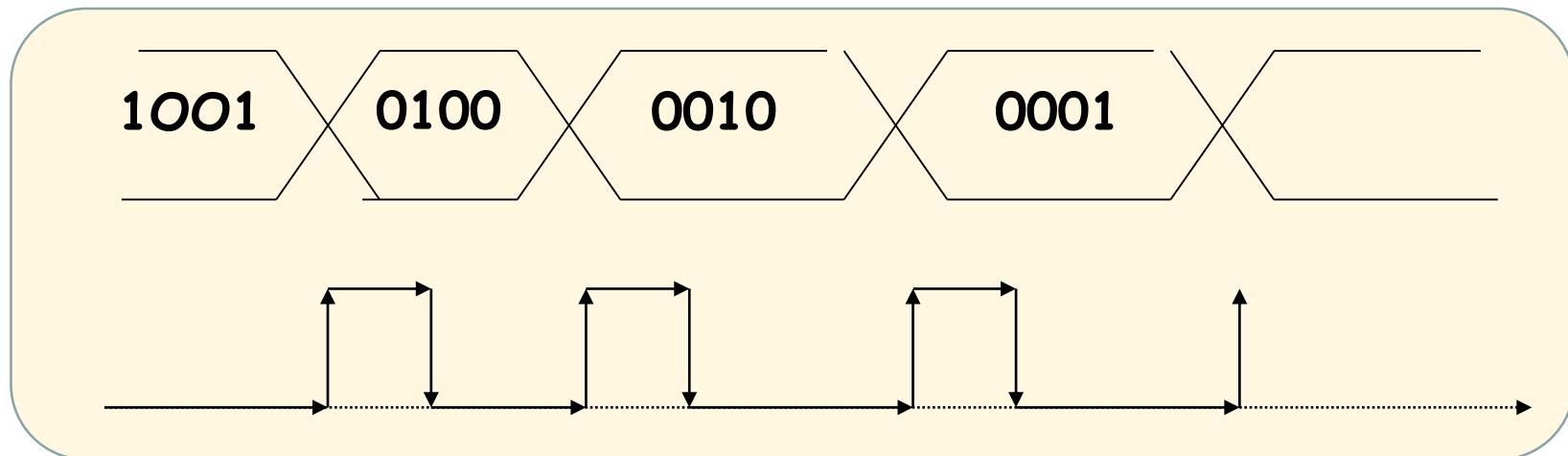
# Applications des circuits séquentiels

- **Les registres à décalage :**

Dans un registre à décalage droite (resp. gauche) :

$\langle n-1, \dots, i+1, i, i-1, \dots, 1, 0 \rangle$

La sortie de la bascule **i** à l'instant **t** correspond à la sortie de la bascule **i+1** (resp. **i-1**) à l'instant **t-1**.



# Applications des circuits séquentiels

## Les registres à décalage :

Le décalage à droite consiste à faire avancer l'information vers la droite:

### Exemples:

Avant décalage

1	0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---



Après décalage

0	0	1	1	1	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

décalage à gauche

Avant décalage

1	0	0	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---



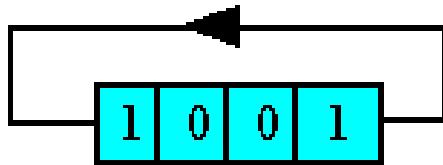
Après décalage

0	1	0	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

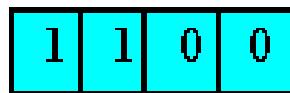
décalage à droite

# Applications des circuits séquentiels

## Les registres à décalage :

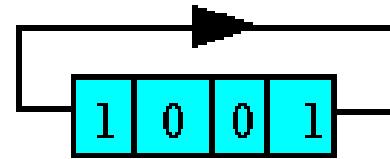


Avant décalage

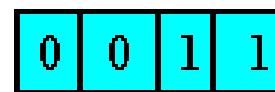


Après décalage

Décalage circulaire à droite



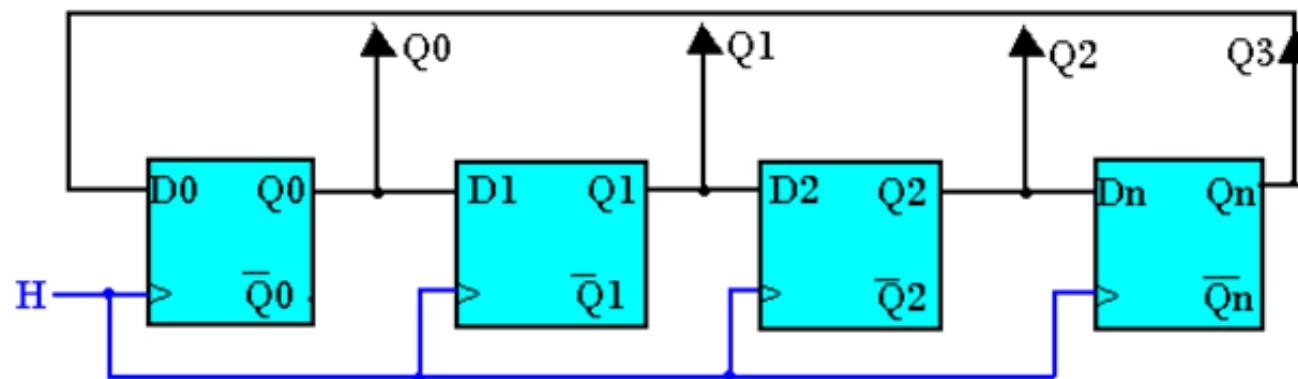
Avant décalage



Après décalage

Décalage circulaire à gauche

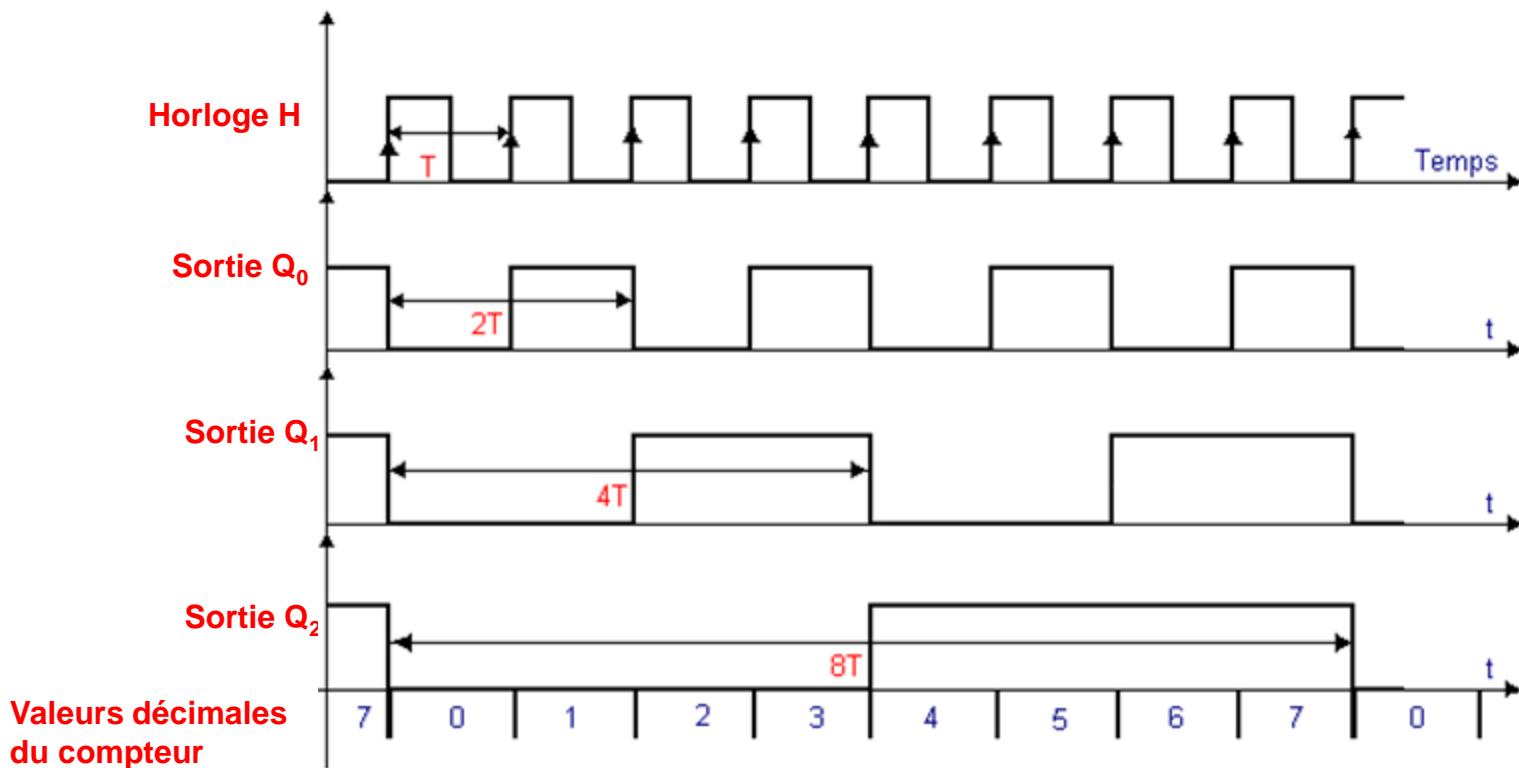
**Exemple:** registre à décalage circulaire 4 bits à bascule D



# Applications des circuits séquentiels

## Les compteurs :

Exercice: on désire réaliser un compteur modulo 8 : 0, 1, 2, ...7, 0, 1....  
En utilisant les bascules JK



Nous avons trois bits : donc trois bascules 0, 1, 2

# Exercice : réaliser ce compteur avec des bascules JK.

Etat Actuel Avant			Etat Suivant après			Ce qu'il faut appliquer aux entrées		
Q2	Q1	Q0	Q2	Q1	Q0	J2/K2	J1/K1	J0/K0
0	0	0	0	0	1	?	?	?
0	0	1	0	1	0	?	?	?
0	1	0	0	1	1	?	?	?
0	1	1	1	0	0	?	?	?
1	0	0	1	0	1	?	?	?
1	0	1	1	1	0	?	?	?
1	1	0	1	1	1	?	?	?
1	1	1	0	0	0	?	?	?
						?	?	?

Trouvez les équations de  $J2$ ,  $K2$ ,  $J1$ ,  $K1$ ,  $J0$ ,  $K0$  en fonction des  $Q_i$  avant (à l'instant  $t$ )

# Table de transition de la bascule JK

J	K	$Q_{t+1}$
0	0	$Q_t$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\bar{Q}_t$



Table de vérité

$Q_{\text{avant}}$	$Q_{\text{après}}$	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Table de transition

# Tables de transition

Q <sub>avant</sub>	Q <sub>après</sub>	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

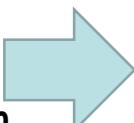
Table de transition JK

Etat Actuel  
Avant

Etat Suivant  
après

Ce qu'il faut  
appliquer aux entrées

Trouvez les  
équations de  
J2, K2, J1,  
K1, J0, K0 en  
fonction des  
Qi avant



Q2	Q1	Q0	Q2	Q1	Q0	J2/K2	J1/K1	J0/K0
0	0	0	0	0	1	0 X	0 X	1 X
0	0	1	0	1	0	0 X	....	
0	1	0	0	1	1			
0	1	1	1	0	0			
1	0	0	1	0	1			
1	0	1	1	1	0			
1	1	0	1	1	1			
1	1	1	0	0	0			

# Applications des circuits séquentiels

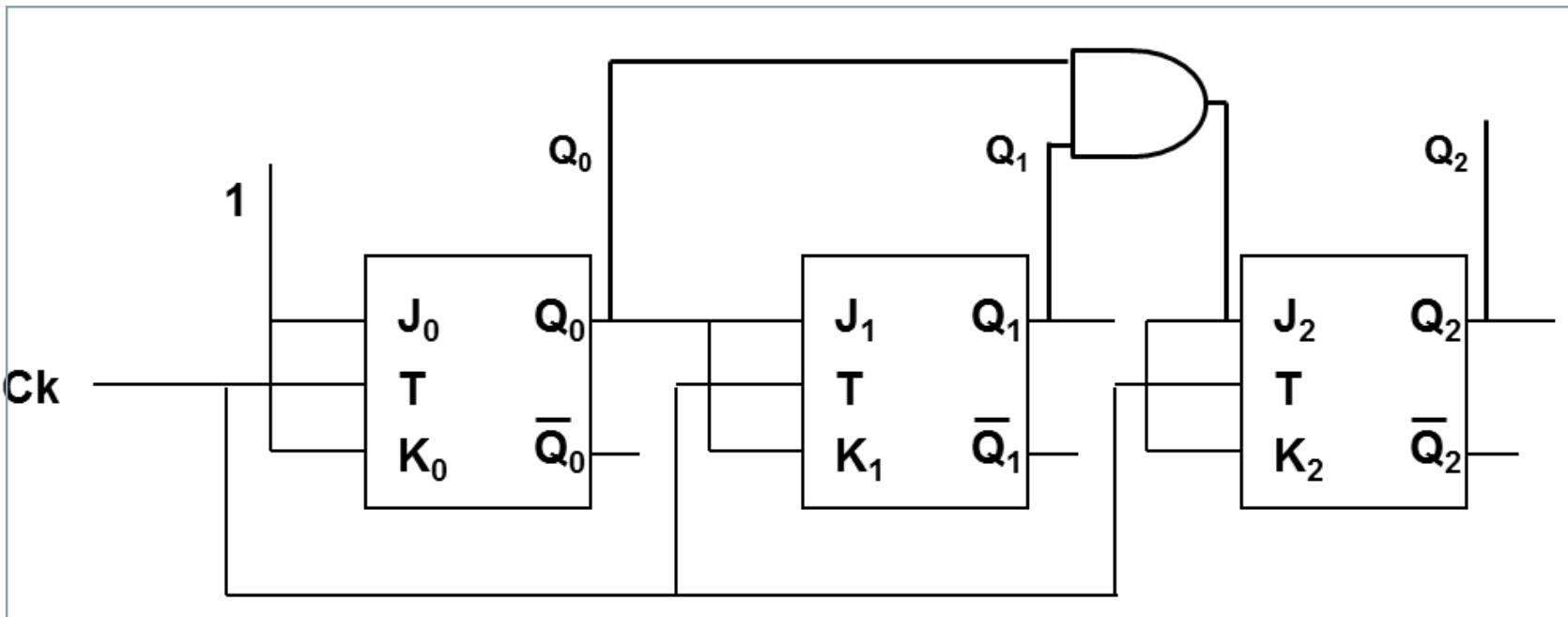
- Résultats

$$J_0 = K_0 = 1$$

$$J_1 = K_1 = Q_0$$

$$J_2 = K_2 = Q_0 \cdot Q_1$$

**ATTENTION : Poids fort  $Q_2$ , Poids Faible  $Q_0$**



**Compteur synchrone modulo 8 à l'aide des bascules JK**

---

---

**Merci pour votre attention**

---

---