

---

---

# 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  **$S_t$**  dépendent de la valeur des entrées ( **$E_i$** )

$$S_t = f(E_0, E_1, E_2...) \text{ sans mémoire}$$

- 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**

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

# Circuit séquentiel

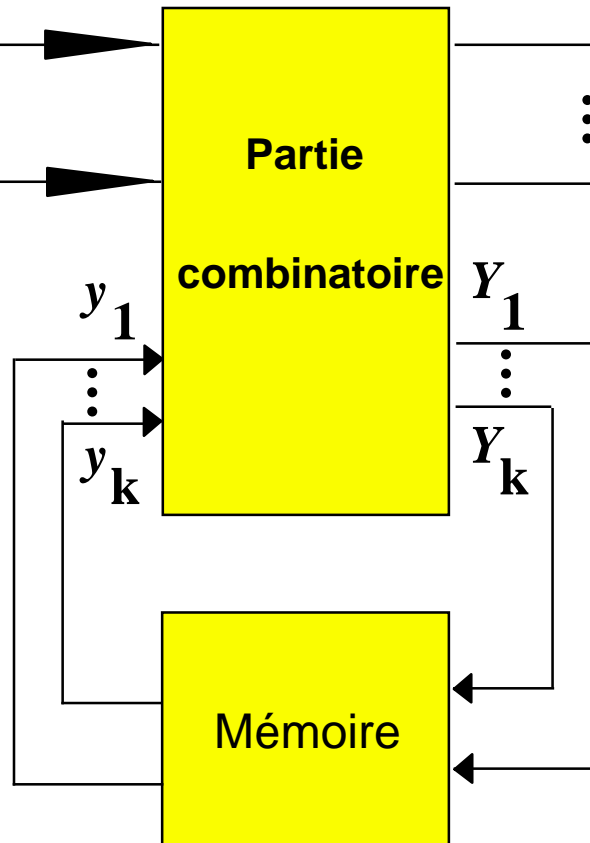
**$n$  Variables d'entrée**

$x_1$   
 $\vdots$   
 $x_n$

**$m$  Fonctions de sortie**

$z_1$   
 $\vdots$   
 $z_m$

**État  
actuel**



**État  
suivant**

# Circuit séquentiel : Etats Stables

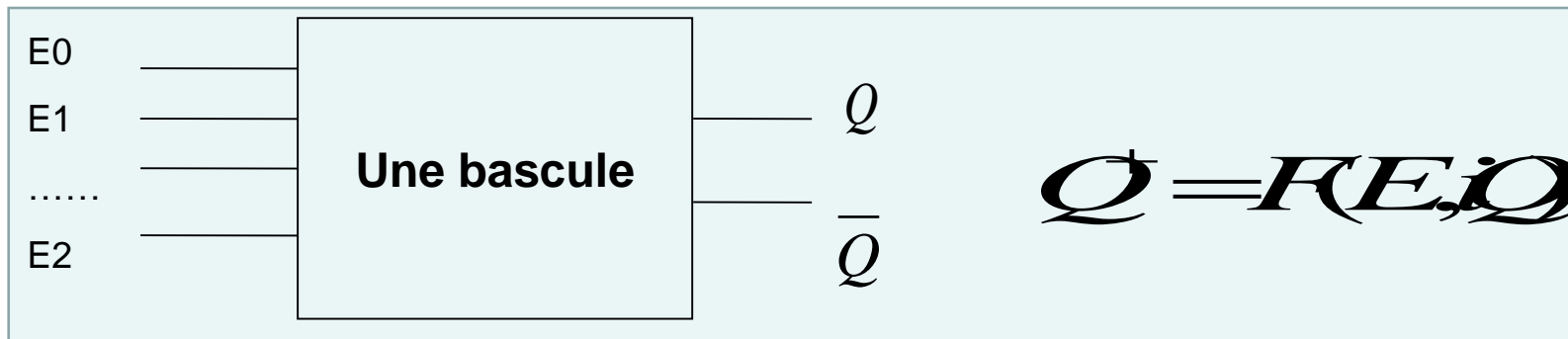
---

- **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)



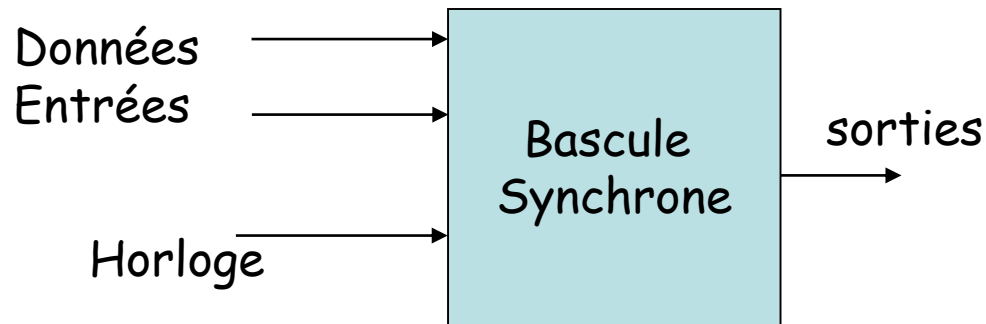
- Bascules Synchrones ou des bascules Asynchrone .
- Chaque bascule **possède des entrées** et **deux sorties**  $Q$  et  $\bar{Q}$
- Une bascule possède la fonction de **mémoration** et de **basculément**.



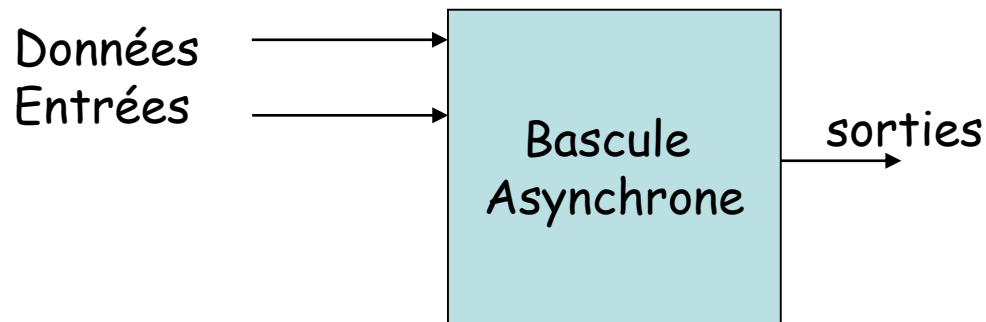
Types de bascules : RS, RST ,D ,JK , T

# Bascules Synchrones/Asynchrones

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

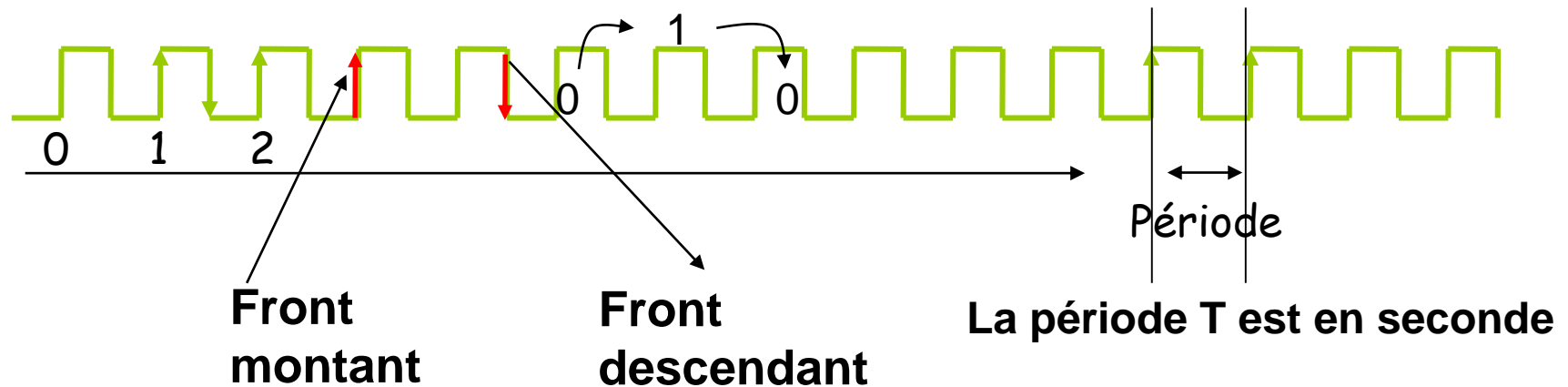


- Les bascules asynchrones, non asservies à une horloge et prenant en compte leurs entrées à tout moment.



# 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

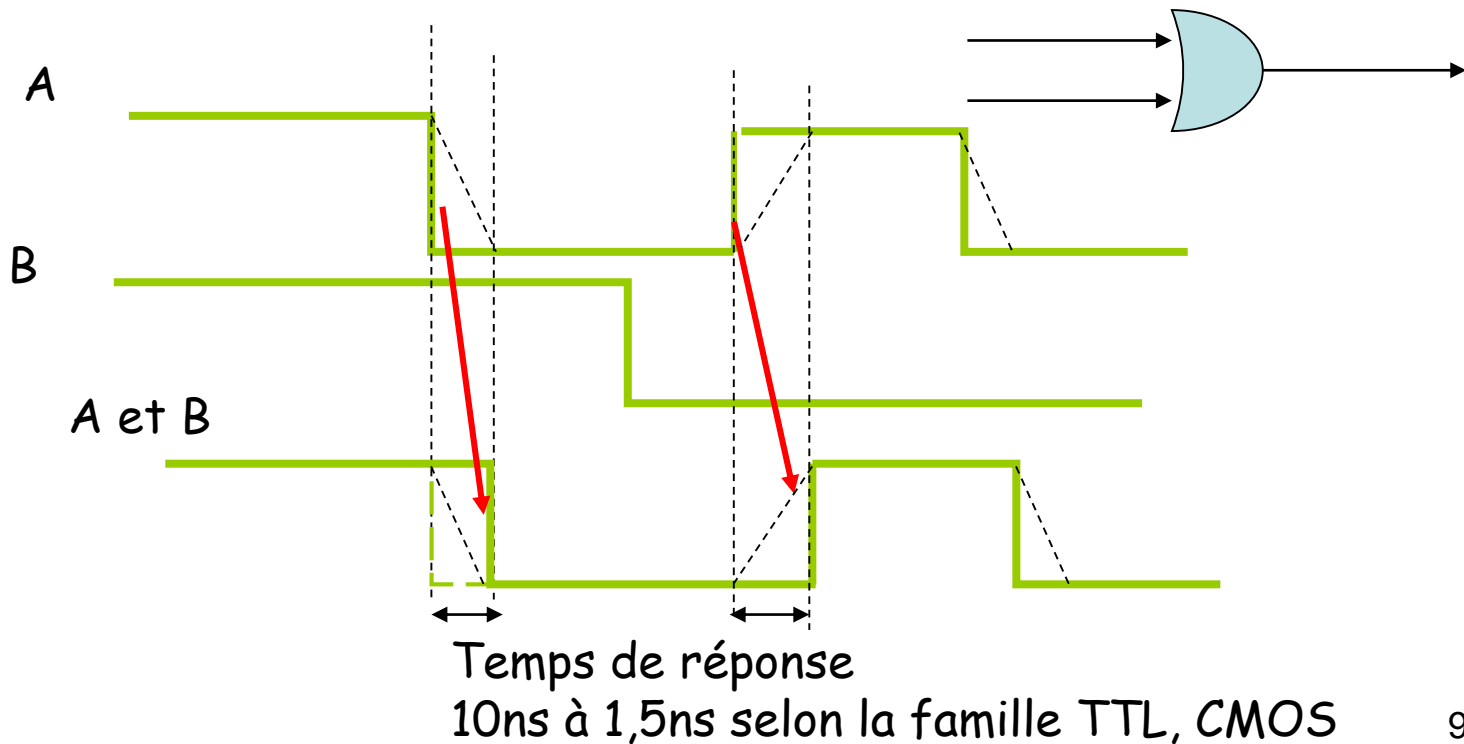
.....1 megahertz.....1 microseconde

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

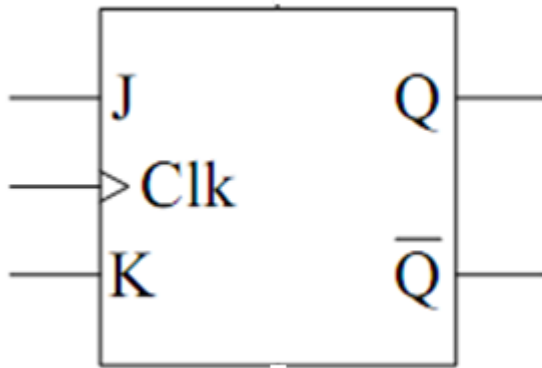


# Temps de réponse des portes logiques

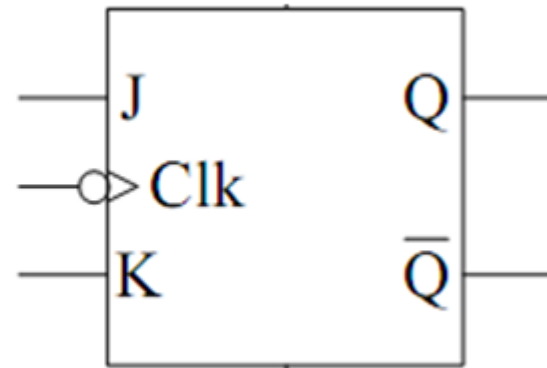
- L'instant séparant l'instant où les données sont appliquées de l'instant où les sorties sont positionnées n'est pas nul.



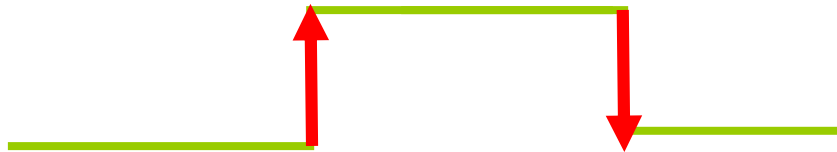
# Horloge (Clock)



**Front montant**



**Front descendant**



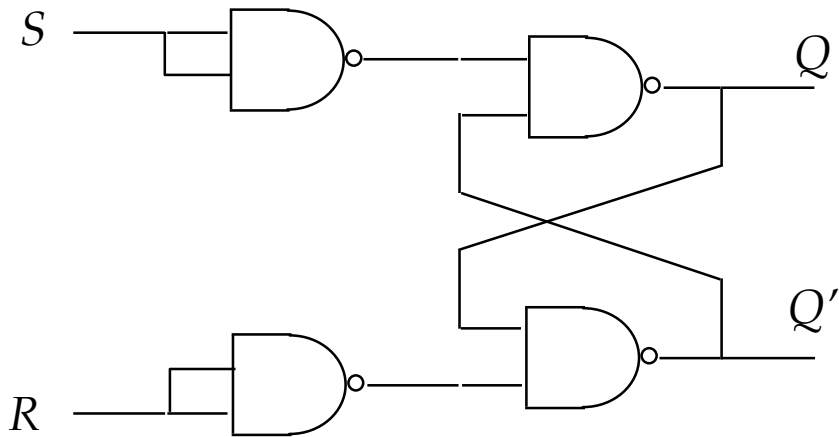
---

# **Bascules**

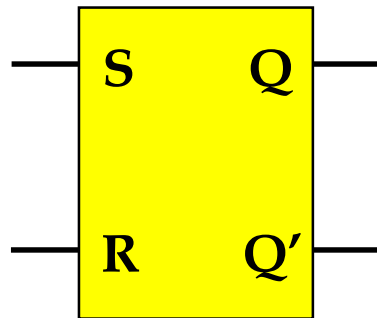
## **RS D JK**

# Bascule RS

- Diagramme, symbole et table de transition :

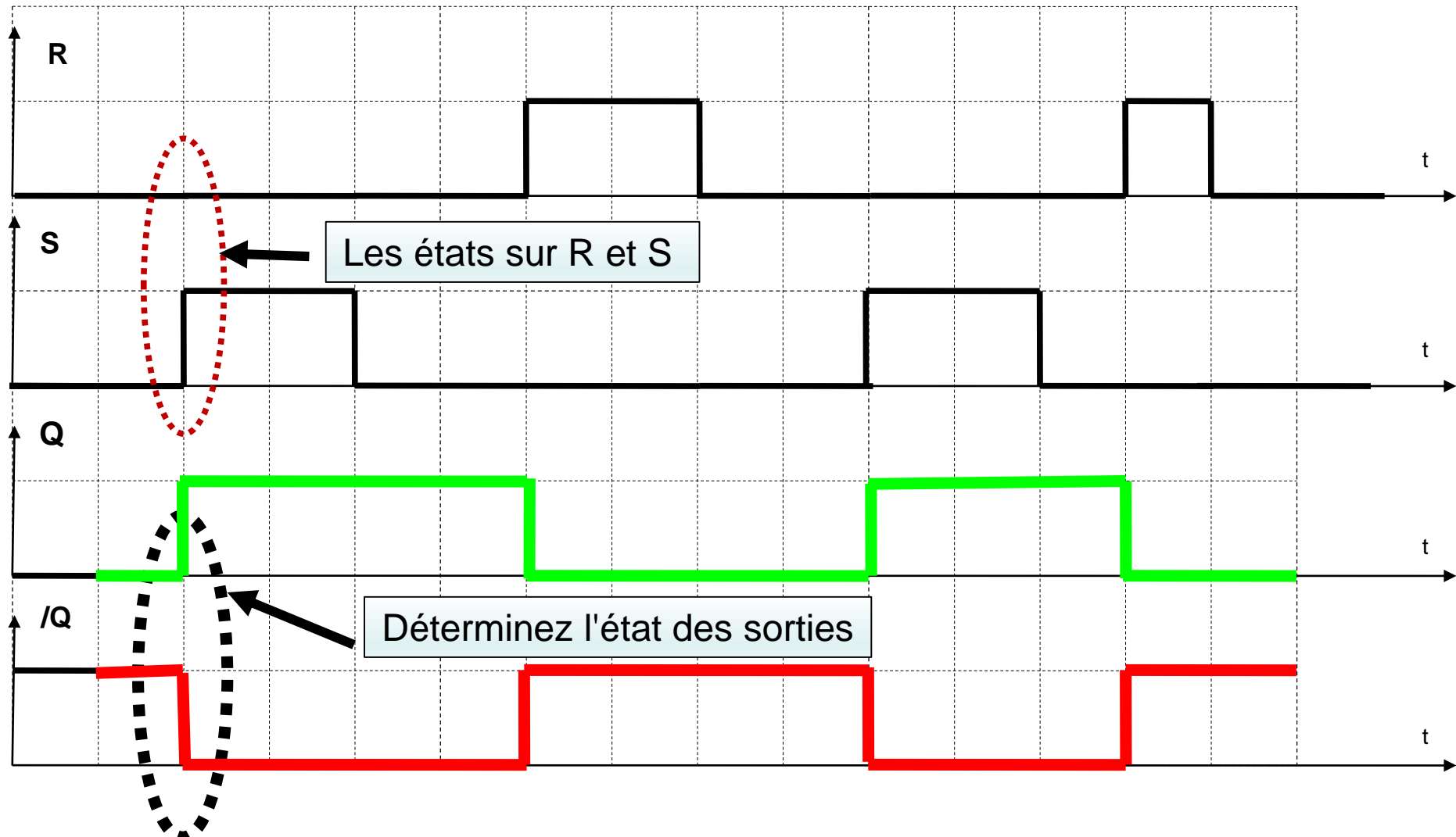


R = Reset (Mise à 0)  
S = Set (Mise à 1)



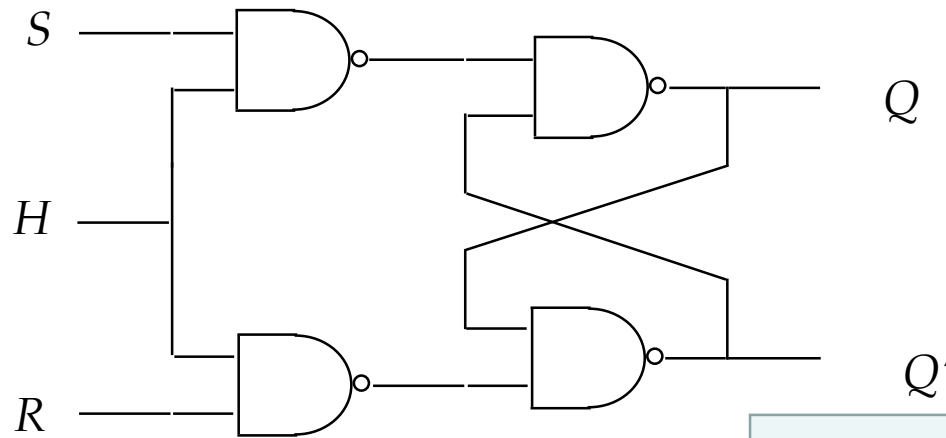
R	S	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	?	Interdit

# Bascule RS



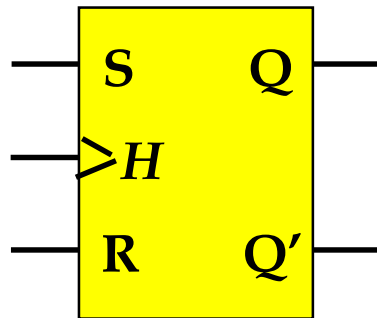
# Bascule RSH

- Diagramme, symbole et table de transition :



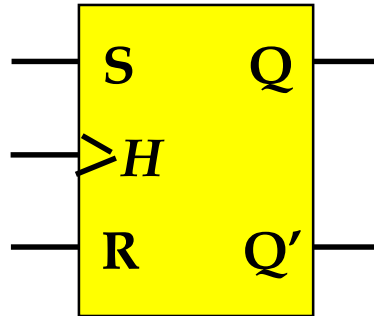
Condition supplémentaire :  
**H actif**

- 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

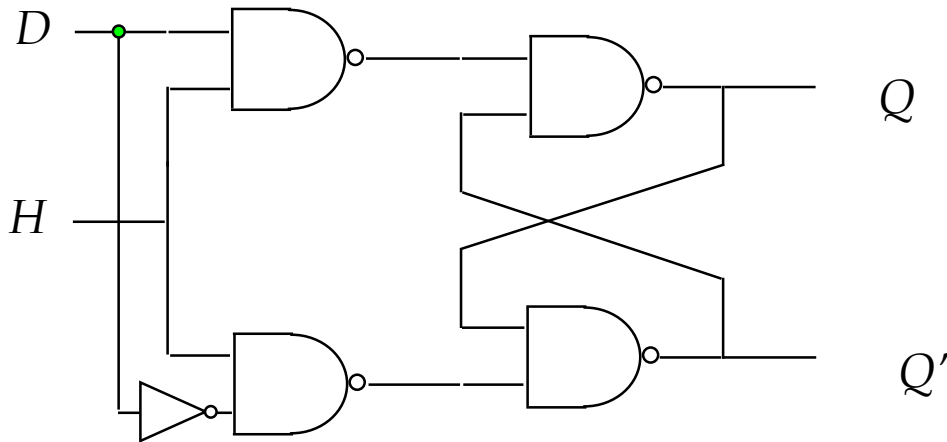
Table de vérité

$Q_t$	$Q(t+1)$	R	S
0	0	<i>X</i>	<i>0</i>
0	1	<i>0</i>	<i>1</i>
1	0	<i>1</i>	<i>0</i>
1	1	<i>0</i>	<i>X</i>

Table de transition

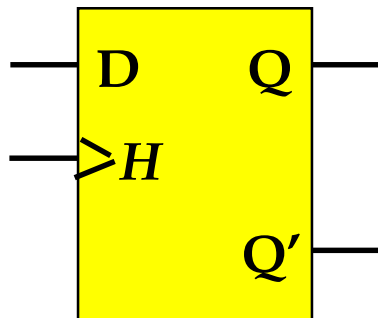
# Bascule D

- Diagramme, symbole et table de transition :



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

**Table de vérité**

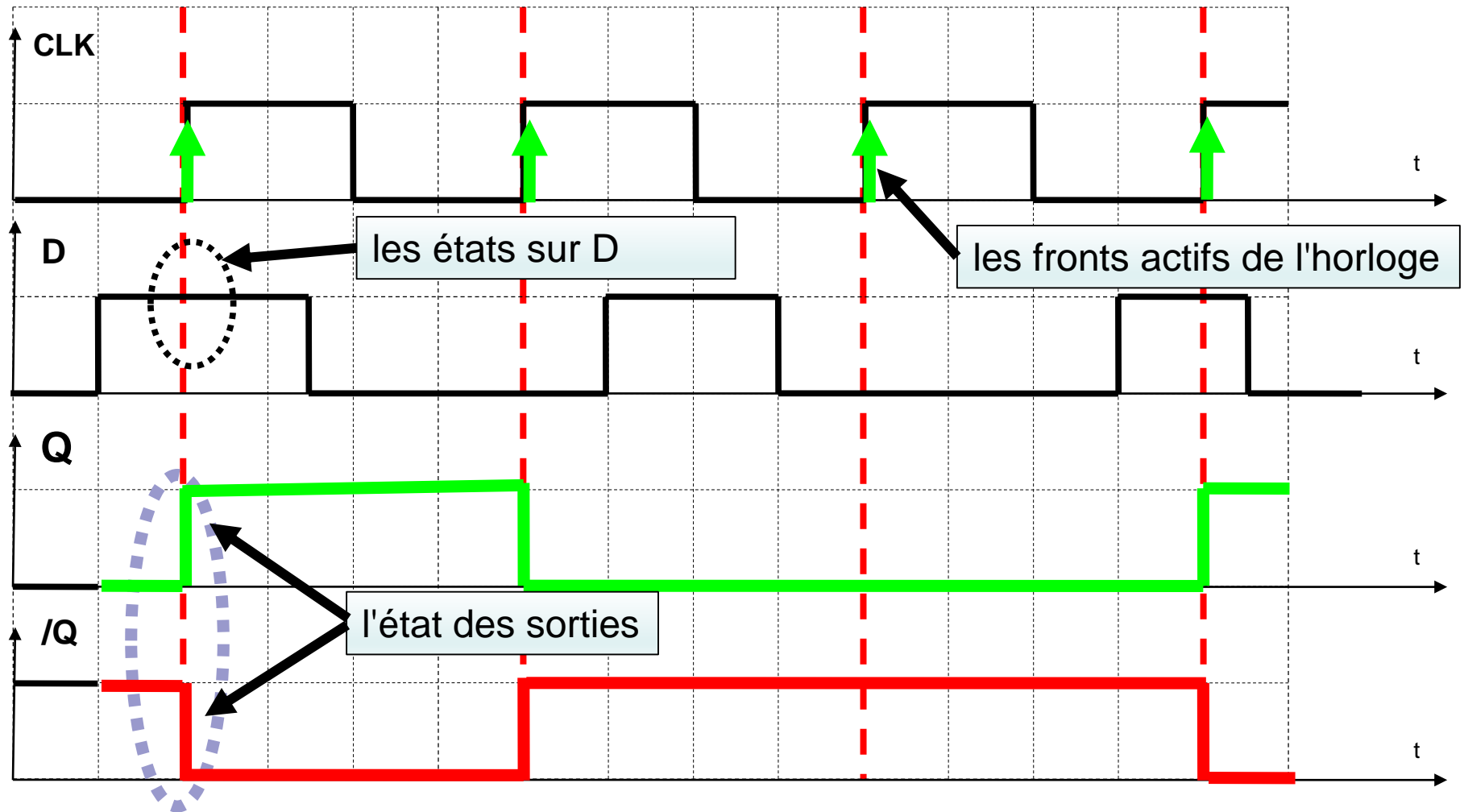


$Q_t$	$Q(t+1)$	D	C (exemple Front montant)
0	0	0	X
0	1	1	Front montant
1	0	0	Front montant
1	1	1	X

**Table de transition**

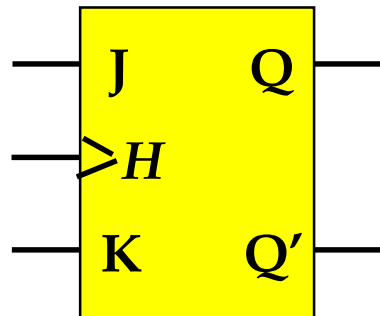
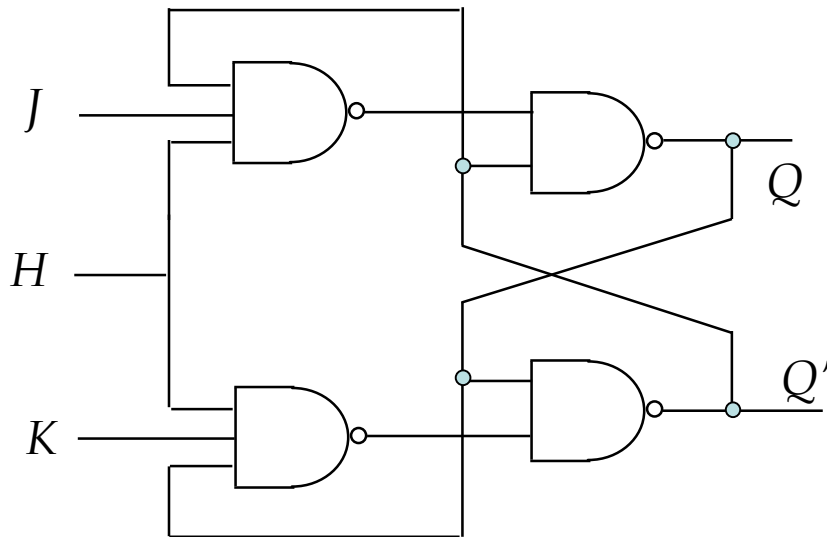


# Bascule D



# Bascule JK

- Diagramme, symbole et table de transition :



**Table de vérité**

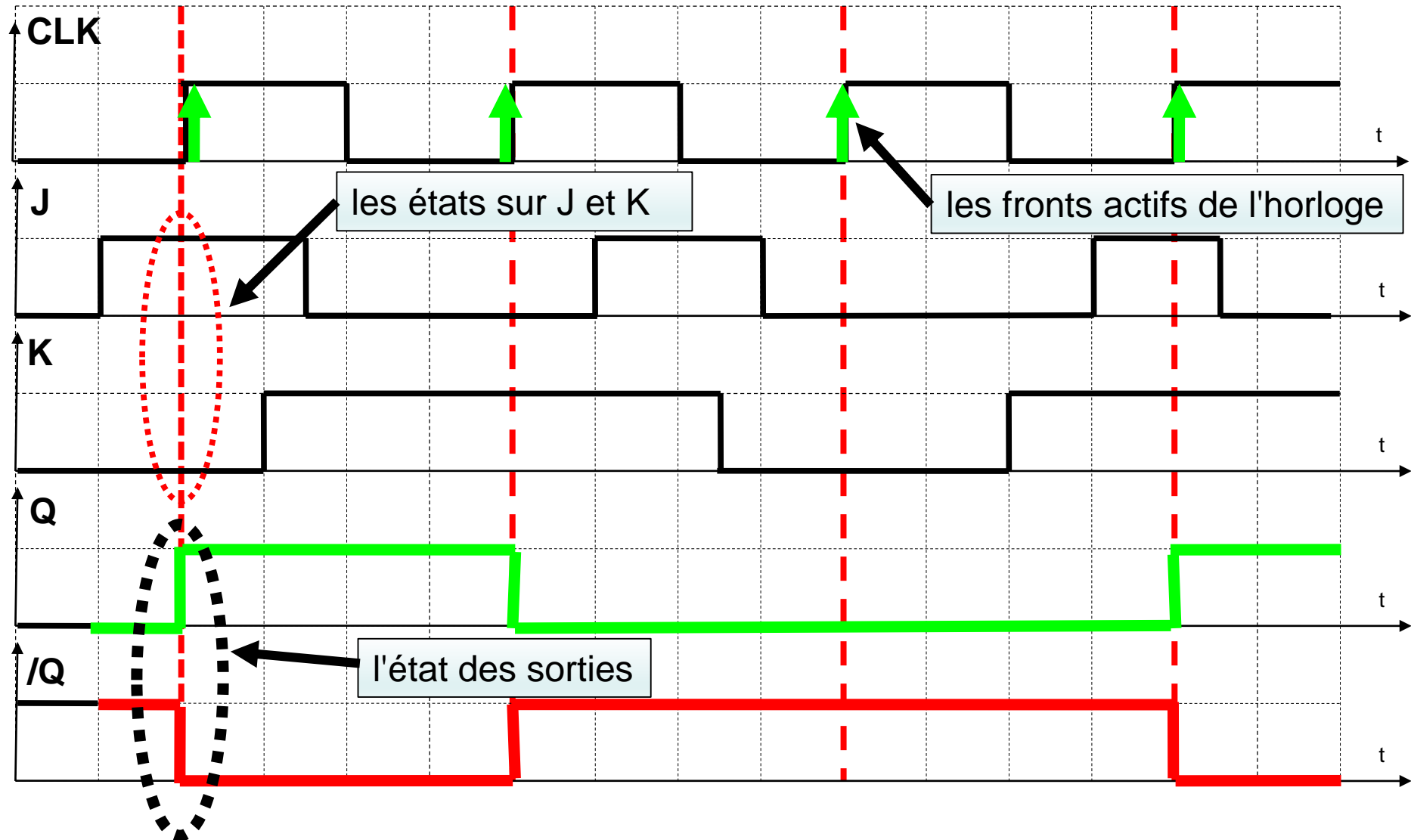
J	K	$Q_{t+1}$	
0	0	$Q_t$	Ne change pas d'état
0	1	0	Mise à 0
1	0	1	Mise à 1
1	1	$\overline{Q_t}$	Change d'état



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

**Table de transition**

# Bascule JK



# **Applications des circuits séquentiels**

- Les registres**
- Les compteurs**

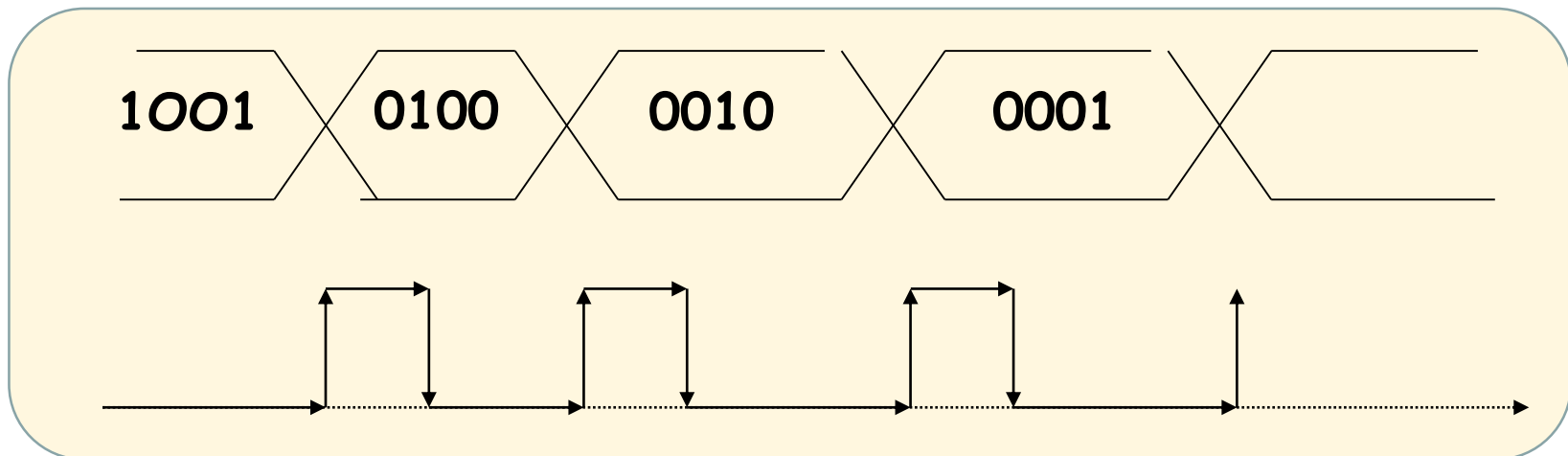
# Applications des circuits séquentiels

- 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  **$t-1$** .

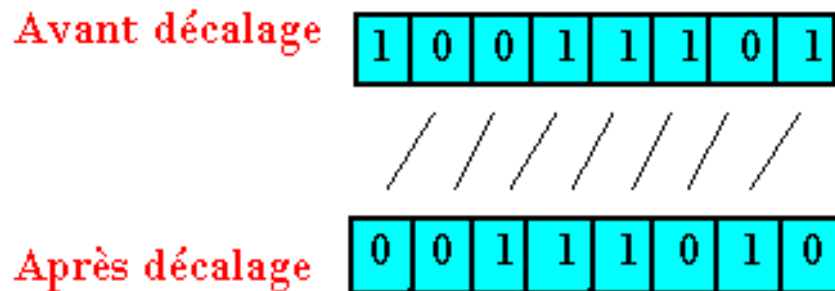


# Applications des circuits séquentiels

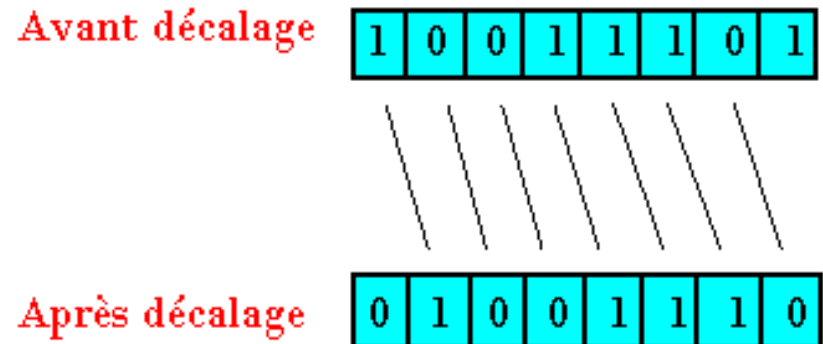
## Les registres à décalage :

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

### Exemples:



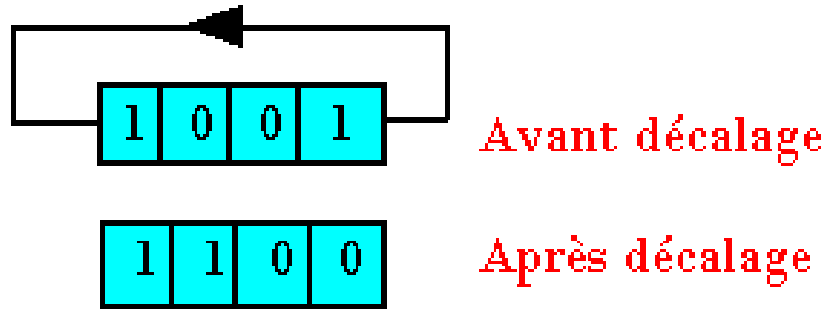
décalage à gauche



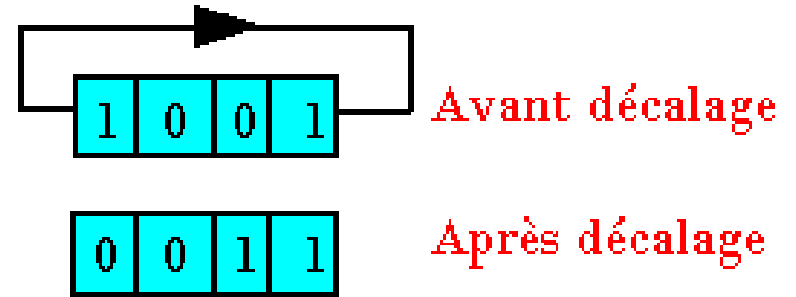
décalage à droite

# Applications des circuits séquentiels

## Les registres à décalage :

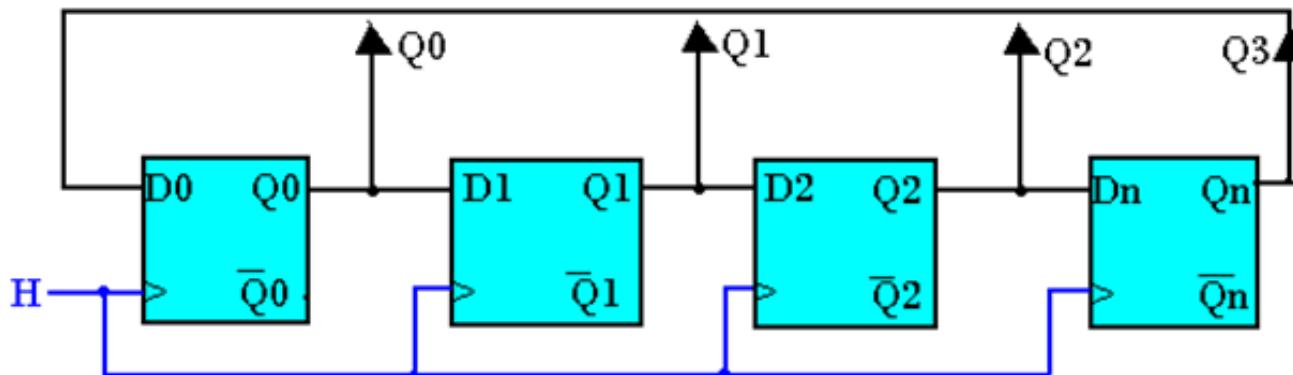


Décalage circulaire à droite



Décalage circulaire à gauche

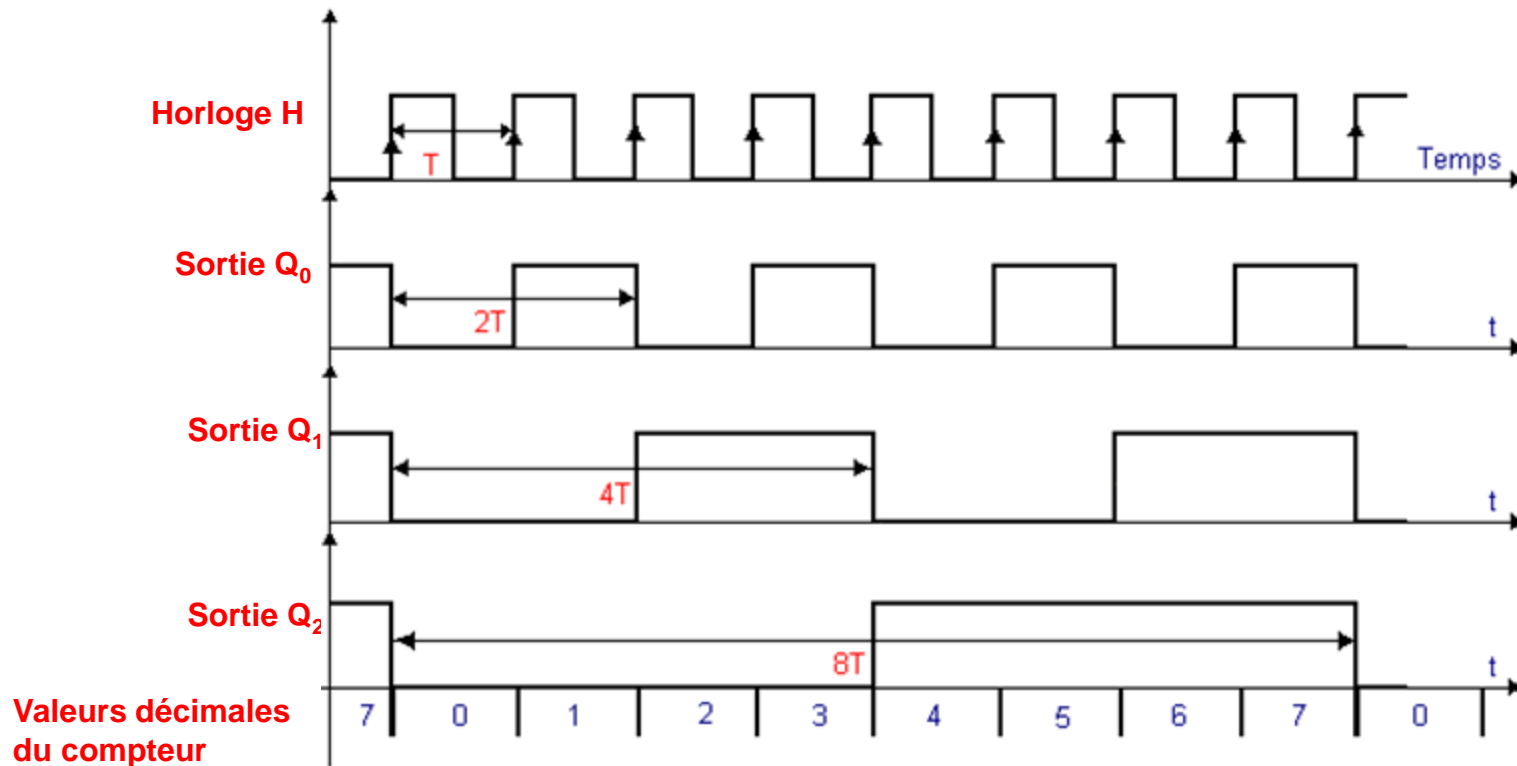
**Exemple:** registre à décalage circulaire 4 bits à bascule D



# 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 Qi 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	$\overline{Q_t}$

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

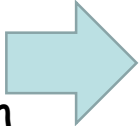
Q <sub>avant</sub>	Q <sub>après</sub>	J	K
0	0	0	X
0	1	1	X
1	0	X	1
1	1	X	0

Table de transition JK

Etat Actuel Avant	Etat Suivant après	Ce qu'il faut appliquer aux entrées
----------------------	-----------------------	--

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			
								27

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



# Applications des circuits séquentiels

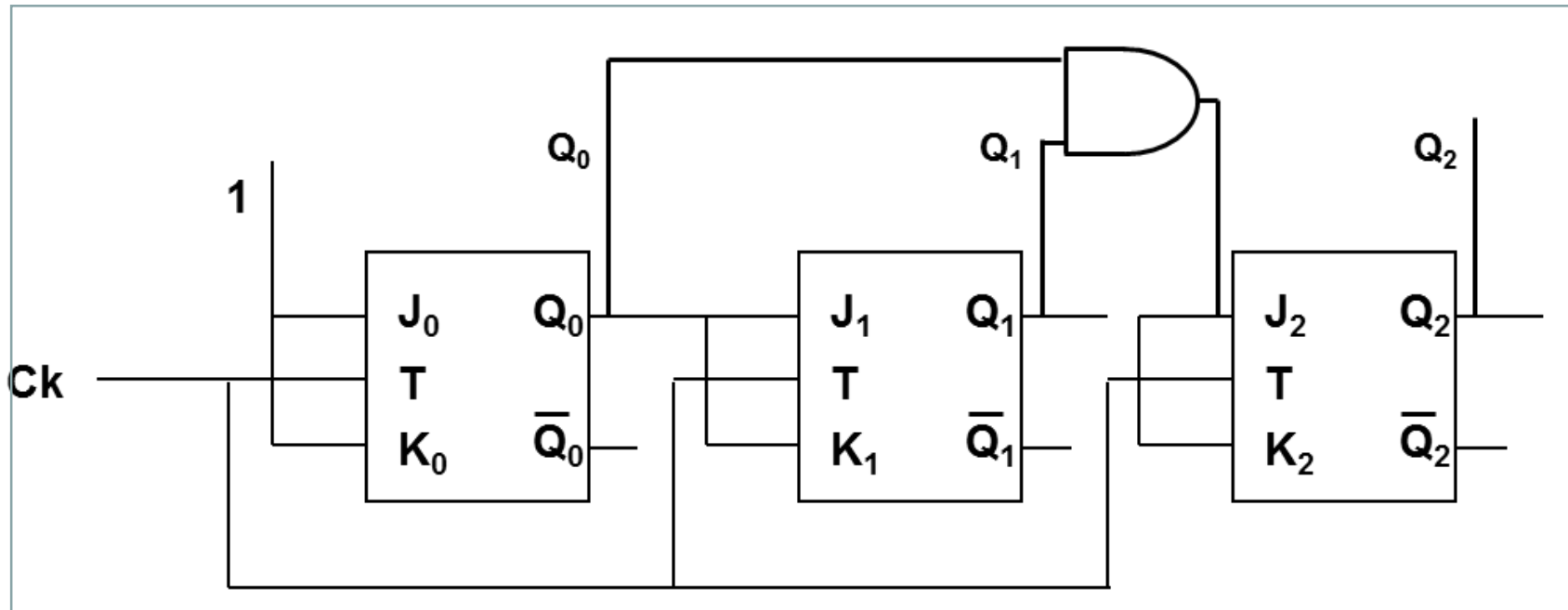
- Resultats

$$J_0=K_0=1$$

$$J_1=K_1=Q_0$$

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

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



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

---

---

**Merci pour votre attention**

---

---