

Logique séquentielle

Systemes Numériques

TE302

Chapitre 1: Les Bascules

Introduction

• Définition

- Une bascule est un circuit logique capable, dans certaines circonstances, de maintenir les valeurs de ses sorties malgré les changements de valeurs d'entrées, c'est-à-dire comportant un état « mémoire ».
- Il s'agit de l'élément qui permet le passage de la logique combinatoire à la logique séquentielle.

• Types

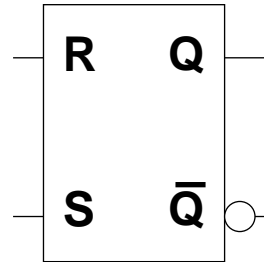
- On distingue deux types de bascules :
 - les bascules asynchrones: sorties évoluent dès qu'une entrée évolue,
 - les bascules synchrones: sorties synchronisées par une horloge « clk »:
 - Horloge active sur niveaux (1: \triangleright ou 0: $\bigcirc\triangleright$): verrou, « latch »,
 - Horloge active sur fronts (\uparrow : \triangleright ou \downarrow : $\bigcirc\triangleright$): « flip flop » ou « edge triggered »,
 - Horloge active sur impulsions:
 - Le 1^{er} front synchronise les entrées,
 - Le 2^{me} front synchronise les sorties,
 - Exemple: bascules *Maître Esclave*, *JK pulse triggered*.

Bascules asynchrones (verrous) (1)

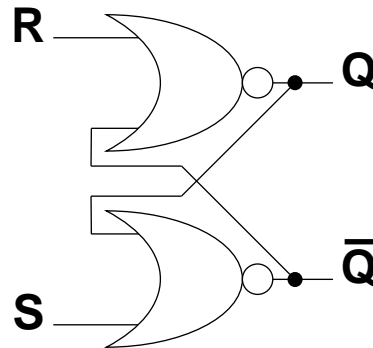
- **Bascule R S:**

- Reset (remise à 0, active à $R = 1$) Set (mise à 1, active à $S = 1$)

- Symbole:



- Logigramme:



- Tables de vérité:

a	b	$\overline{a+b}$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

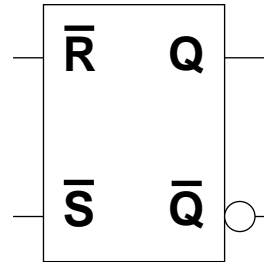
R	S	Q_t	$\overline{Q_t}$	fonction
0	0	Q_{t-1}	$\overline{Q_{t-1}}$	mémoire
0	1	1	0	Set
1	0	0	1	Reset
1	1	0	0	ambiguïté

Bascules asynchrones (2)

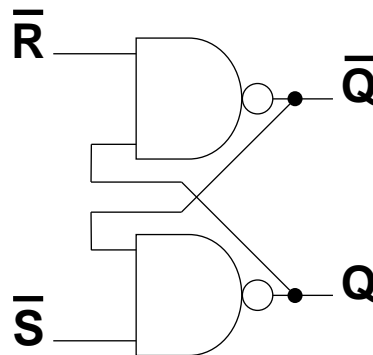
• Bascule $\bar{R} \bar{S}$:

- Reset (remise à 0, active à $\bar{R} = 0$) Set (mise à 1, active à $\bar{S} = 0$)

- Symbole :



- Logigramme:



- Tables de vérité:

a	b	$\overline{a \cdot b}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

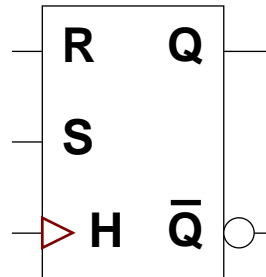
\bar{R}	\bar{S}	\bar{Q}_t	Q_t	fonction
0	0	1	1	ambiguïté
0	1	1	0	Reset
1	0	0	1	Set
1	1	\bar{Q}_{t-1}	Q_{t-1}	mémoire

Bascules synchrones

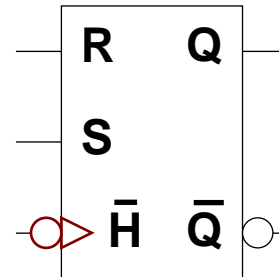
sur niveaux: les verrous, « latches » ou « level triggered » (1)

• Bascule RST (RSH)

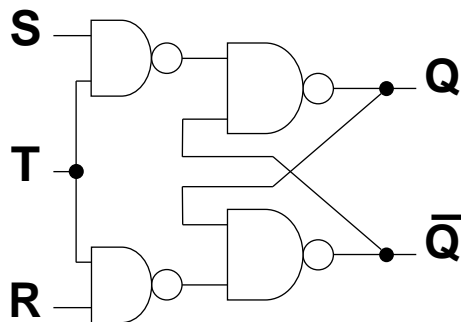
- $T = 0 \Rightarrow$ mémoire: $Q(t) = Q(t-1)$,
- $T = 1 \Rightarrow$ fonctionne comme une RS,
 - Reset (remise à 0, active à $R = 1 \Rightarrow Q = 0$),
 - Set (mise à 1, active à $S = 1 \Rightarrow Q = 1$),
- Symboles : niveau *haut* (1)



niveau *bas* (0)



- Logigramme
RST (RSH) niveaux hauts:



- Table de vérité:

RST (RSH) niveau haut					
T	R	S	Q_t	\overline{Q}_t	fonction
0	X	X	Q_{t-1}	\overline{Q}_{t-1}	mémoire
1	0	0	Q_{t-1}	\overline{Q}_{t-1}	mémoire
1	0	1	1	0	Set
1	1	0	0	1	Reset
1	1	1	1	1	ambiguïté

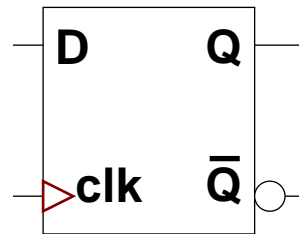
Bascules synchrones

sur niveaux: les verrous, « latches » ou « level triggered » (2)

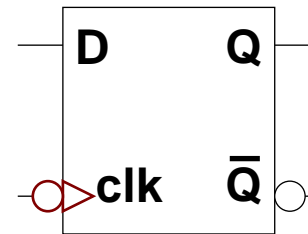
- **Bascule D (Data) : latch**

- $H(\text{clock}) = 0 \Rightarrow$ mémoire: $Q(t) = Q(t-1)$,
- $H(\text{clock}) = 1 \Rightarrow$ échantillonnage: $Q(t) = D(t)$,

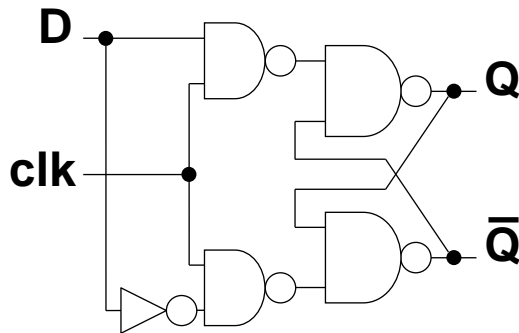
- Symboles : niveau *haut* (1)



- Symboles : niveau *bas* (0)



- **Logigramme**
D niveau haut:

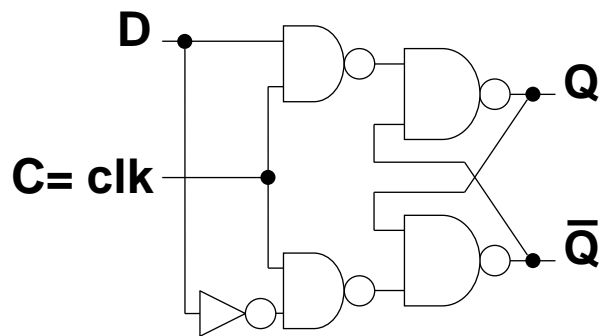
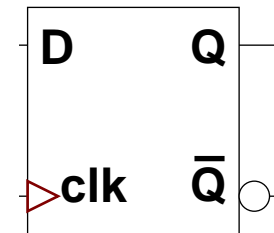
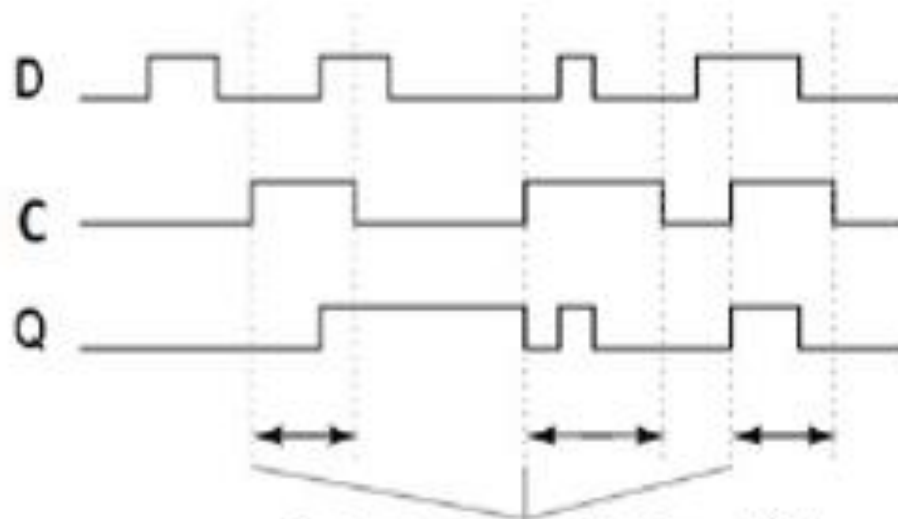


- **Table de vérité:**

D niveau haut				
clk	D	Q_t	\overline{Q}_t	fonction
0	X	Q_{t-1}	\overline{Q}_{t-1}	mémoire
1	0	0	1	copie
1	1	1	0	copie

Exemple: D-latch (niveau haut)

Regular D-latch response



D niveau haut				
clk	D	Q_t	\overline{Q}_t	fonction
0	X	Q_{t-1}	\overline{Q}_{t-1}	mémoire
1	0	0	1	copie
1	1	1	0	copie

Bascules synchrones

sur fronts: les «flip flop» ou «edge triggered» (1)

- Les entrées prioritaires de forçage asynchrone (EPFA)

- Leurs actions sont *indépendantes* de clk et des entrées,
- Leurs actions sont *prioritaires* sur clk et sur les entrées,
- Elles sont *actives* sur niveau **BAS**,
- 2 actions:

- La mise à 1, MAU, SET, PRESET:

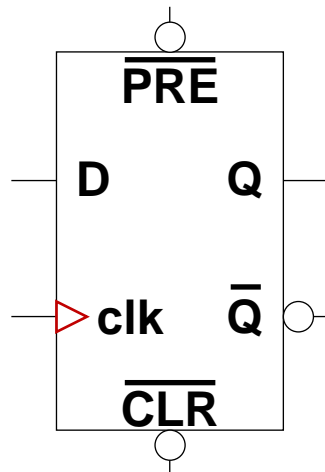
$$\overline{\text{PRE}} = 0 \Rightarrow Q_i = 1 \text{ et } \overline{Q}_i = 0$$

- La remise à 0, RAZ, RESET, CLEAR:

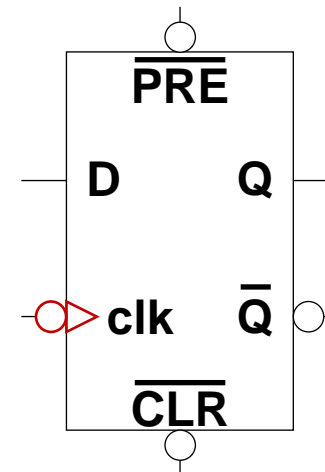
$$\overline{\text{CLR}} = 0 \Rightarrow Q_i = 0 \text{ et } \overline{Q}_i = 1$$

- Symboles pour la D sur fronts (edge triggered D):

- clk = \uparrow = rising edge :



- clk = \downarrow = falling edge :



Bascules synchrones

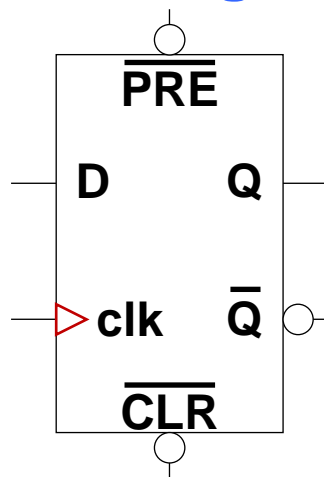
Bascule D sur fronts, «D flip flop» ou «D edge triggered» (1)

• Fonctionnement:

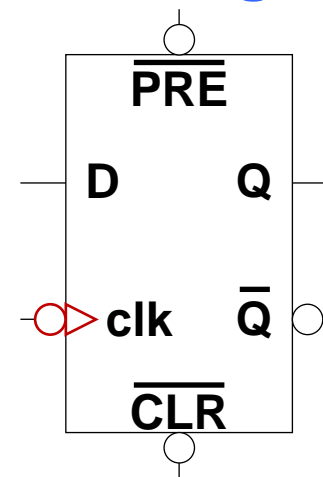
- La bascule recopie l'entrée de donnée D sur la sortie Q uniquement pendant la durée du front actif (\uparrow ou \downarrow), de l'horloge «clk»: $Q(t + \Delta t) = D(t)$
- De même pour son complément: $\overline{Q}(t + \Delta t) = \overline{D}(t)$
- Δt est le temps de propagation (décalage, delay time) entre le front d'horloge (clk) et l'information (Q) valide.

• Symboles pour la D sur fronts:

• clk = \uparrow = rising edge:



• clk = \downarrow = falling edge:



Bascules synchrones

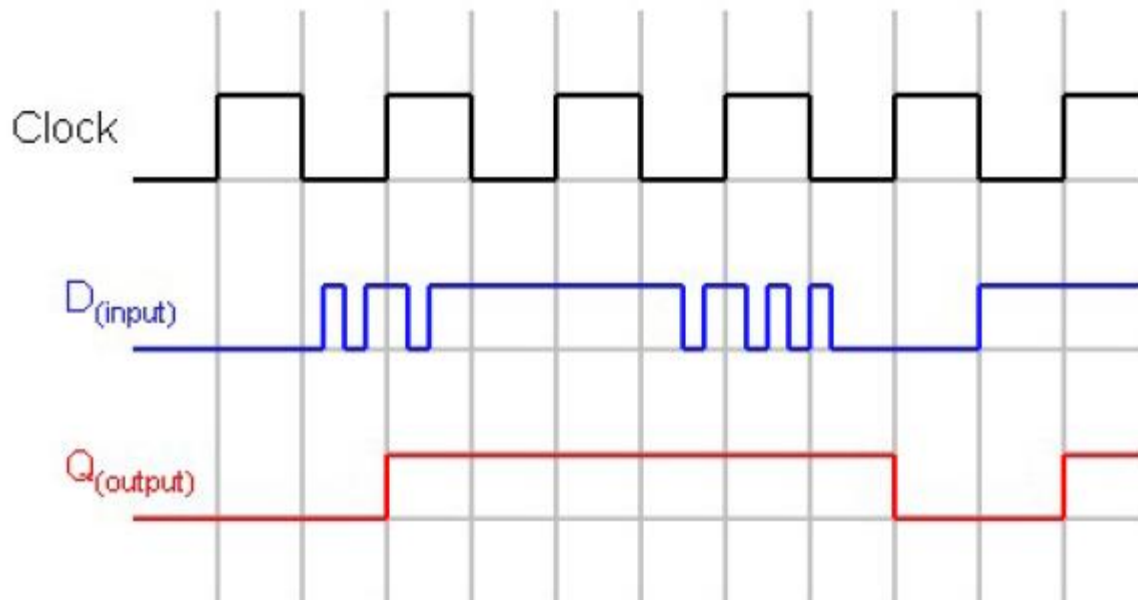
Bascule D sur fronts, «D flip flop» ou «D edge triggered» (2)

• Table de vérité:

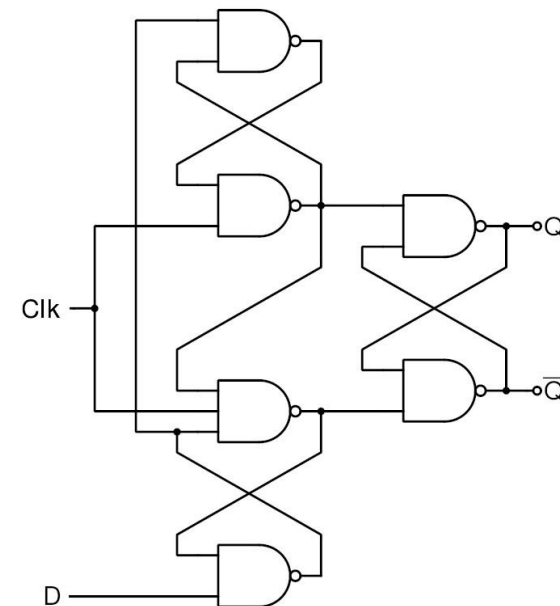
D sur fronts montants (\uparrow)				
clk	D(t)	Q (t+ Δ t)	\overline{Q} (t+ Δ t)	fonction
\downarrow	X	Q (t)	\overline{Q} (t)	mémoire
\uparrow	0	0	1	copie
\uparrow	1	1	0	copie

Exemple1:

Elaborer le chronogramme de la sortie Q :

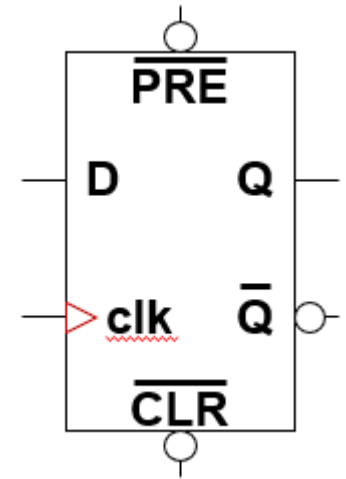
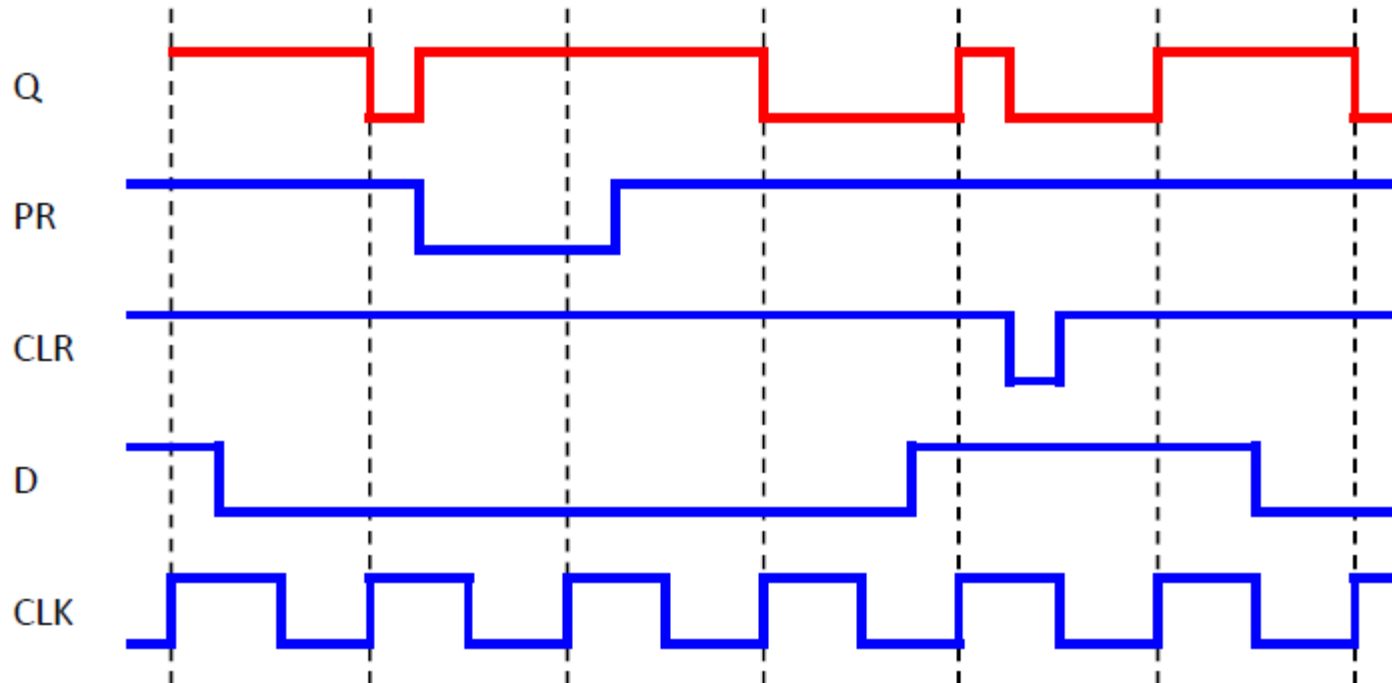


Logigramme de la
basculer D sur front \uparrow :



Exemple 2 : (D sur fronts montants (↑))

Elaborer le chronogramme de la sortie Q :

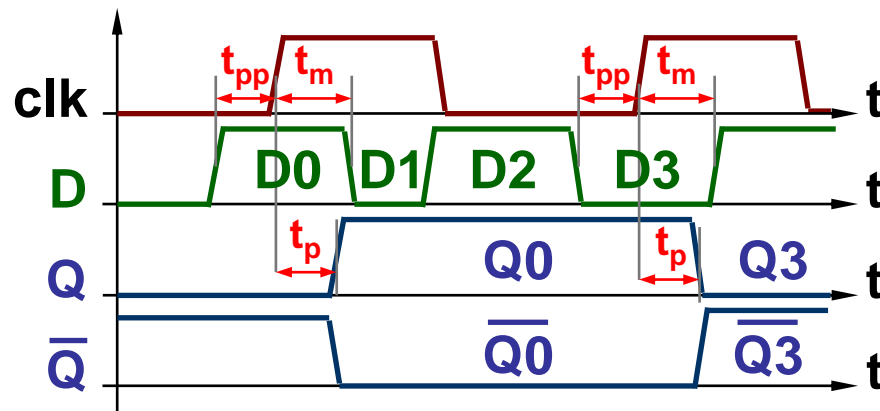


Bascules synchrones

Bascule D sur fronts, «D flip flop» ou «D edge triggered» (3)

- **Conditions de fonctionnement**

- Pour que l'échantillonnage logique soit correct, il faut respecter les spécifications temporelles du constructeur:
 - Temps de pré-positionnement «Setup time»: temps minimum pendant lequel la donnée d'entrée (D) doit être maintenue avant le front actif de l'horloge clk: t_{pp} ,
 - Temps de maintien «Hold time»: temps minimum pendant lequel la donnée d'entrée (D) doit être maintenue après le front actif de l'horloge clk: t_m ,
 - Temps de propagation «Propagation time»: temps minimum avant lequel la donnée de sortie Q n'est pas encore valide: Δt ou t_p ,
- Chronogramme d'une bascule D sur fronts montants: $\text{clk} = \uparrow$

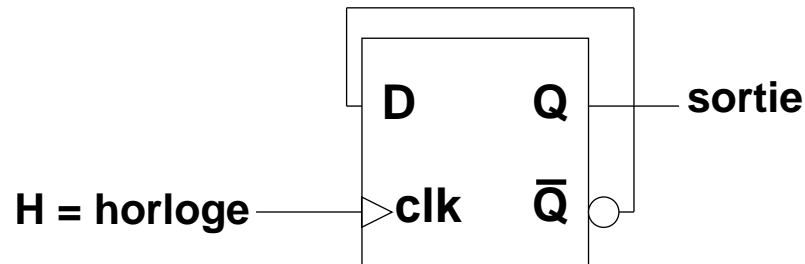


Bascules synchrones

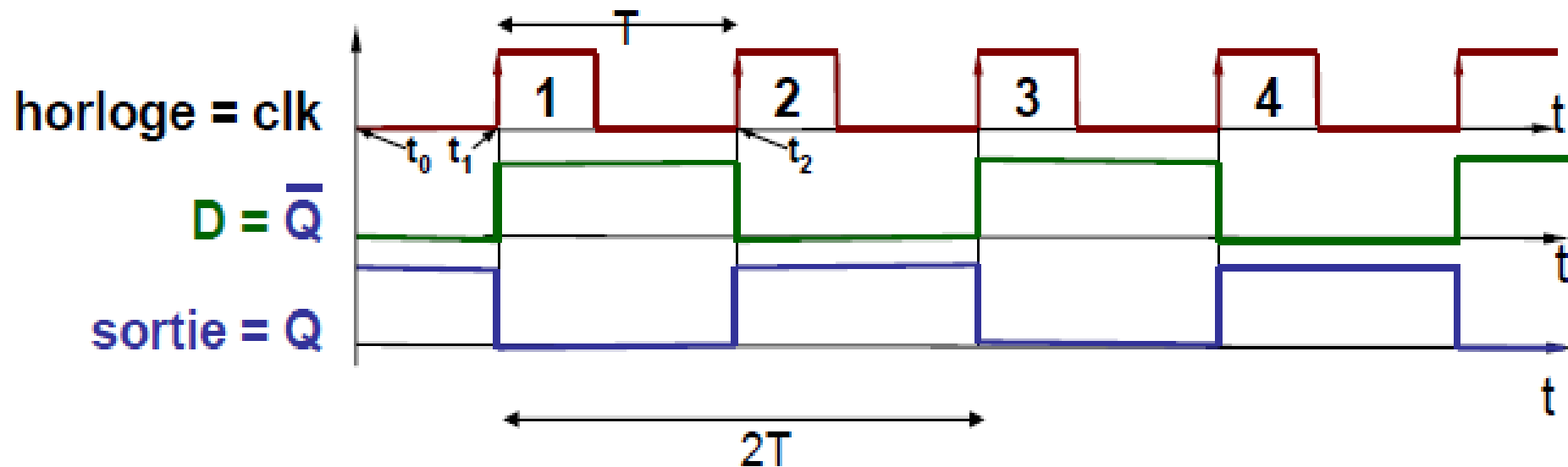
Bascule D sur fronts, «D flip flop» «D edge triggered» (4)

- **Application: le diviseur de fréquence**

- Bascule D sur fronts montants: $\text{clk} = \uparrow$,
- $\overline{\text{PRE}} = \overline{\text{CLR}} = 1$: EPFA inhibées (inactives),
- Conditions initiales (CI): $Q(0) = 1 \Rightarrow D(0) = \overline{Q}(0) = 0$
- Logigramme: $D = \overline{Q}$ (mode changement d'état ou «toggle»),



- Chronogramme :



Bascules synchrones

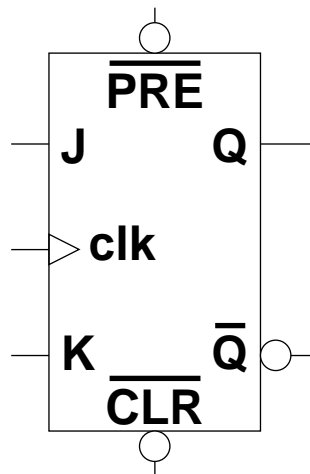
Bascule JK sur fronts, «JK flip flop» ou «JK edge triggered» (1)

- **Fonctionnement:**

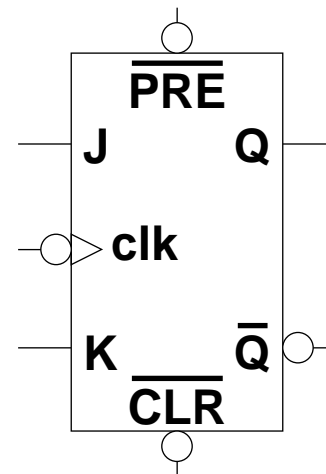
- Les conditions temporelles (t_{pp} , t_m et t_p) sont du même type que celles des bascules D (diapositive 10),
- Sur les fronts de clk (\uparrow ou \downarrow) la sortie Q de la bascule JK : mémorise (JK = 00), suit J (JK = 01 \Rightarrow Q = 0; JK = 10 \Rightarrow Q = 1),
- Change d'état (Toggle) (JK = 11) : *ainsi il n'y a plus d'ambiguïté*,
- La bascule JK comporte le même type d'entrées prioritaires de forçage asynchrone que la bascule D.

- **Symbole pour la JK sur fronts:**

- clk = \uparrow = rising edge:



- clk = \downarrow = falling edge:



Bascules synchrones

Bascule JK sur fronts, «JK flip flop» ou «JK edge triggered» (2)

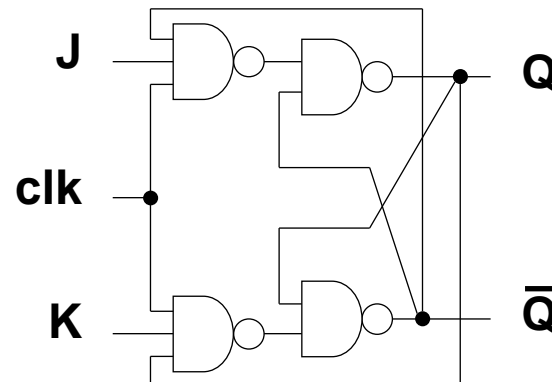
• Table de vérité:

JK sur fronts montants (\uparrow)					
clk	J	K	Q(t)	$\overline{Q}(t)$	fonction
\downarrow	X	X	$Q_{t-\Delta t}$	$\overline{Q}_{t-\Delta t}$	Mémoire
\uparrow	0	0	$Q_{t-\Delta t}$	$\overline{Q}_{t-\Delta t}$	Mémoire
\uparrow	0	1	$Q=J=0$	$\overline{Q}=K=1$	J (Reset)
\uparrow	1	0	$Q=J=1$	$\overline{Q}=K=0$	J (Set)
\uparrow	1	1	\overline{Q}_{t-1}	Q_{t-1}	Toggle

• Table des transitions:

Q(t)	Q(t+1)	J	K
0	0	0	Φ
0	1	1	Φ
1	0	Φ	1
1	1	Φ	0
$\Phi = 0 \text{ ou } 1$			

• Logigramme de la JK sur front \uparrow :

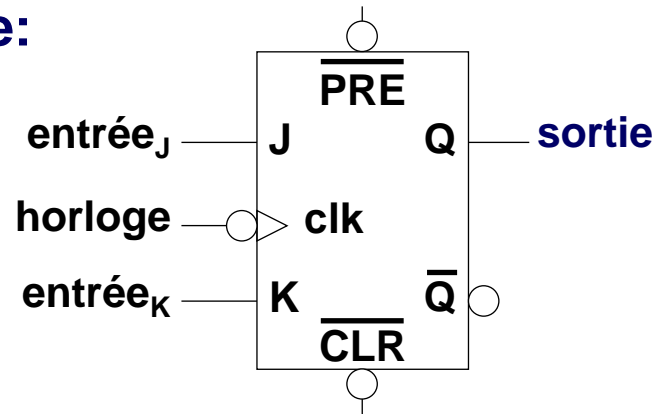


Bascules synchrones

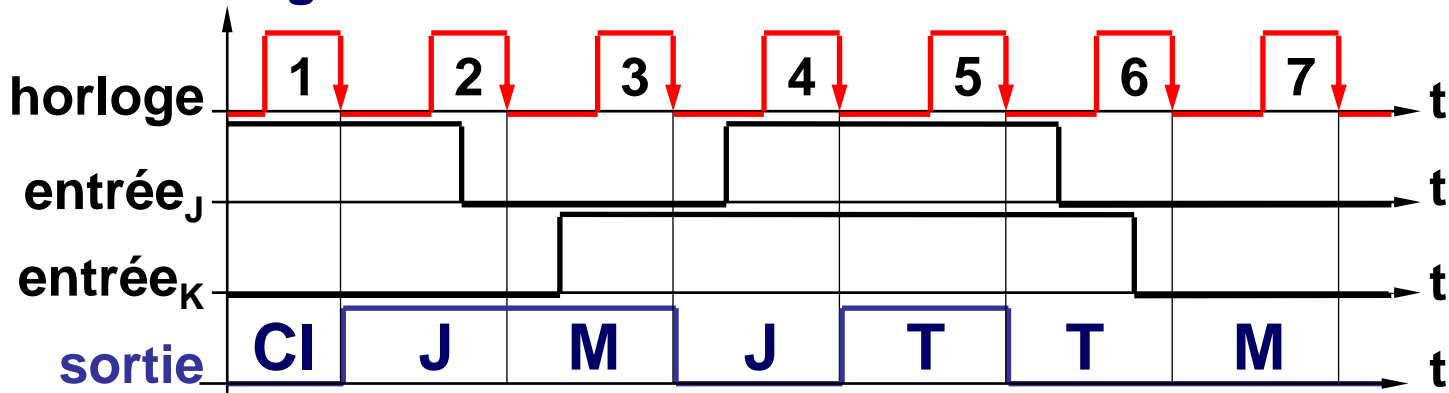
Bascule JK sur fronts, «JK flip flop» ou «JK edge triggered» (4)

- Exemple de fonctionnement (1)

- Bascule JK sur fronts descendants: $\text{clk} = \downarrow$,
- $\overline{\text{PRE}} = \overline{\text{CLR}} = 1$: EPFA inhibées,
- Conditions initiales (CI): $Q = 0$,
- Logigramme:



- Chronogramme:

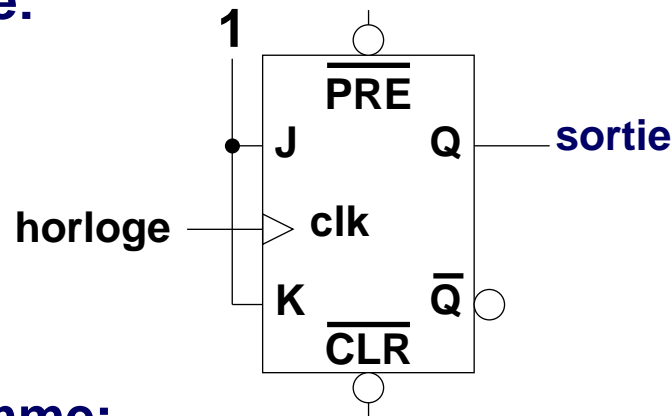


Bascules synchrones

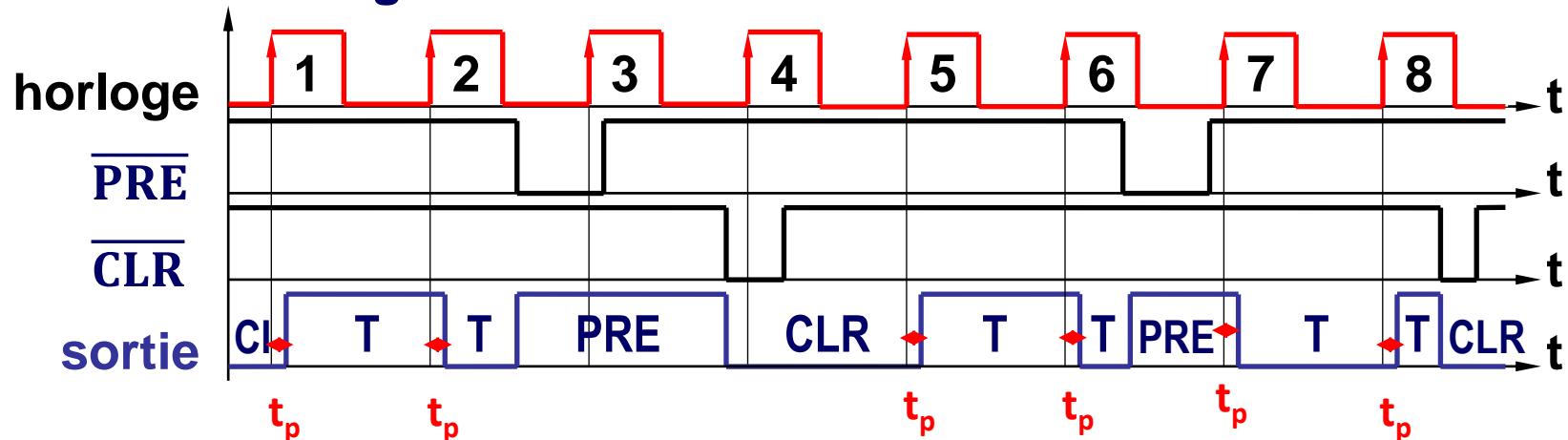
Bascule JK sur fronts, «JK flip flop» ou «JK edge triggered» (5)

• Exemple de fonctionnement (2)

- Bascule JK sur fronts montants: $\text{clk} = \uparrow$,
- $J = K = 1 \Rightarrow$ mode Toggle,
- Conditions initiales (CI): $Q = 0$,
- Logigramme:



- Chronogramme:



Les bascules

- **Applications**

- Les registres,
- Les compteurs synchrones et asynchrones,
- Les Machines à États,
- Étudiés dans les prochains chapitres.