

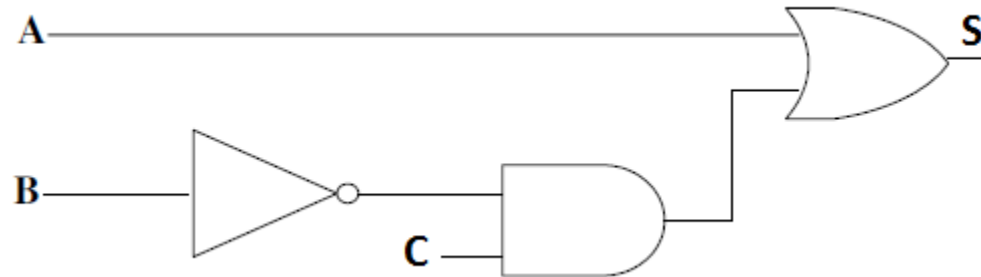
**ECOLE NATIONALE D'INGÉNIEURS DE
CARTHAGE
1 ING - INFORMATIQUE**

**Circuits Numériques et éléments d'architecture
2019-2020**

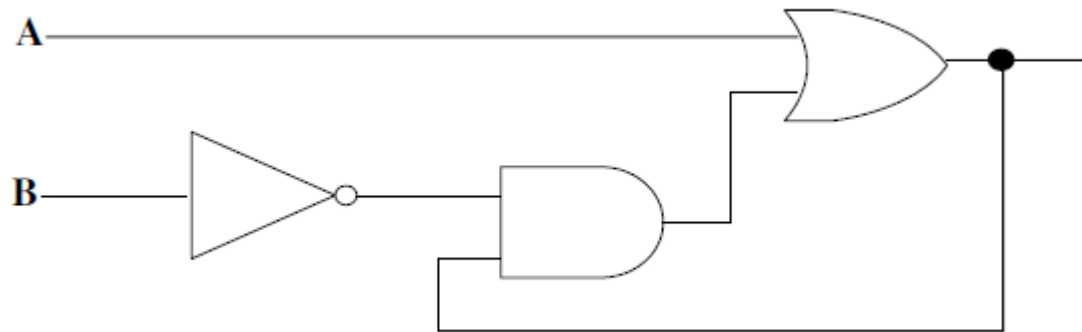
**Logique Séquentielle :
Les bascules**

EXEMPLE INTRODUCTIF

Déterminer la sortie en fonction des entrées:



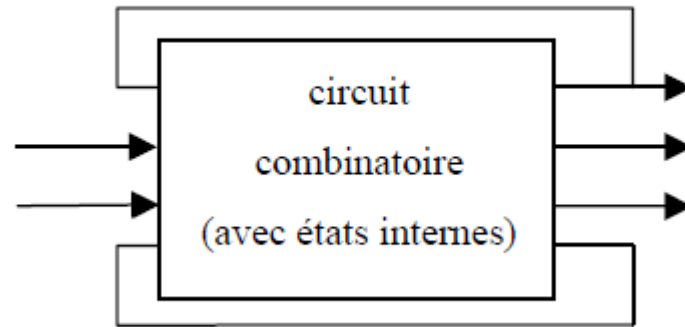
Quelle sera maintenant l'équation?



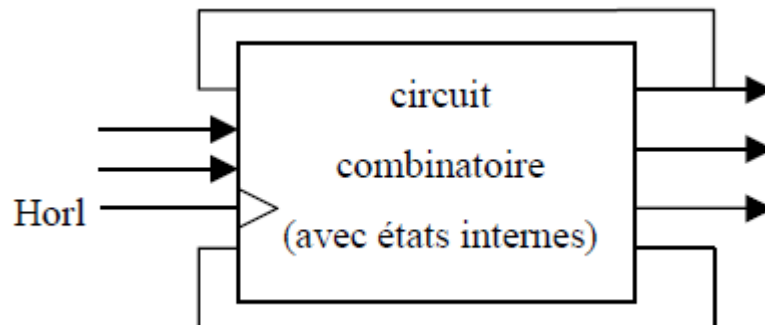
Nouveau facteur intervenant?

DU COMBINATOIRE VERS LE SÉQUENTIEL

- Dans un circuit combinatoire, une sortie est uniquement fonction des entrées.
- Dans un circuit séquentiel, une sortie est une fonction des entrées mais aussi des sorties du circuit. Il y a rebouclage (rétroaction) des sorties sur les entrées. Cela signifie qu'un circuit séquentiel garde la mémoire des états passés (facteur temps)
- Catégories des circuits séquentiels:
 - **Circuits séquentiels asynchrones:** Les sorties peuvent changer à tout moment dès qu'une ou plusieurs entrées changent après un temps de propagation qui peut être différent pour chaque sortie.

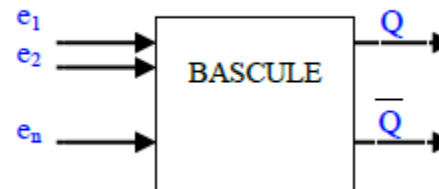


- **Circuits séquentiels synchrones:** Le changement sur les sorties se produit après le changement d'état (fronts montant ou descendant/niveaux haut et bas) d'un signal d'horloge. Les entrées servent à préparer le l'état, mais ne provoquent pas de changement des sorties.

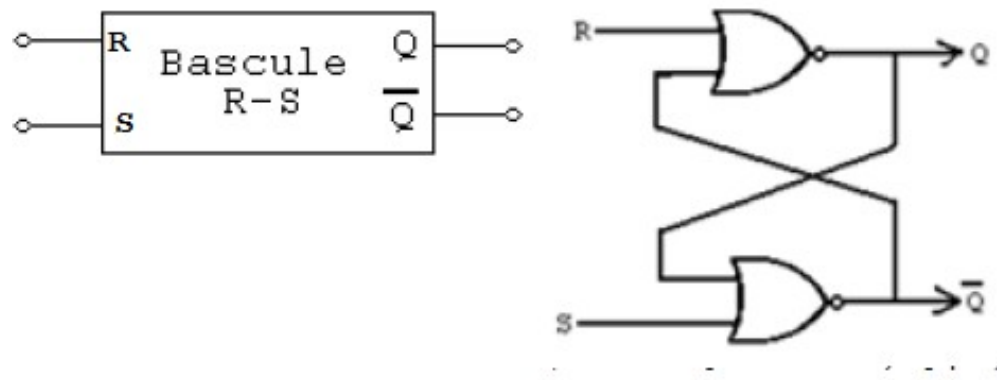


LES BASCULES

- Une bascule est un opérateur susceptible de changer d'état sur commande et de conserver le nouvel état jusqu'à l'apparition d'une nouvelle commande. Ces opérateurs ayant la propriété de conserver une information, «0» ou «1», réalisent la «FONCTION MEMOIRE».
- La sortie Q de la bascule à un instant donné dépend de la valeur des variables d'entrée et de l'état antérieur de Q, ce que nous traduisons par l'équation générale suivante: $Q_{t+T} = \text{Fonction}(Q_t; E_i)$ avec $T > 0$
- ✓ Q_{t+T} = l'état futur de la sortie de la bascule (on met généralement $t+1$)
- ✓ Q_t = l'état présent de la sortie de la bascule
- ✓ E_i = entrées de la bascule



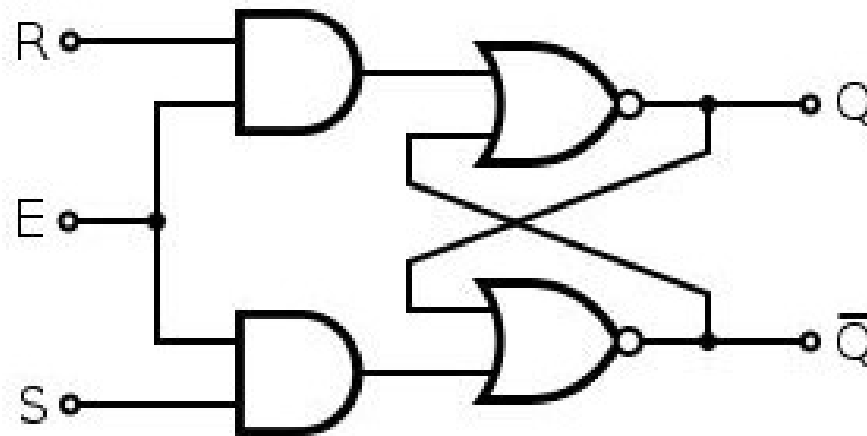
BASCULE RS- ASYNCHRONE (AVEC NOR)



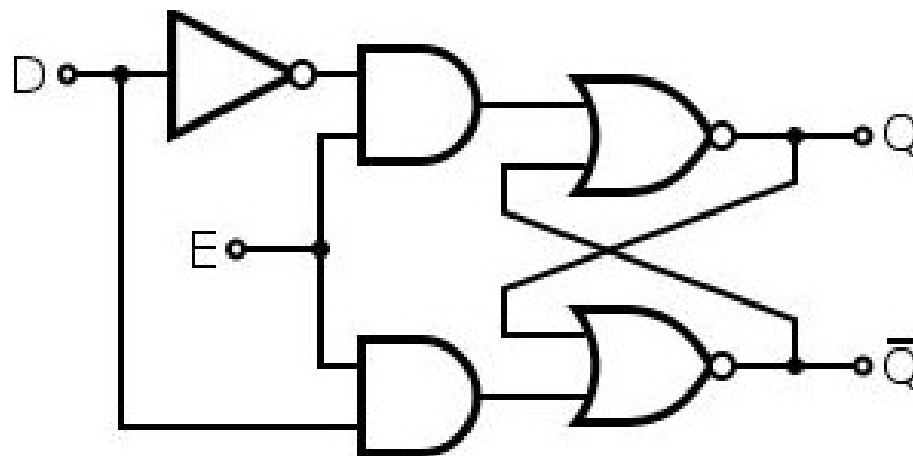
R	S	Sortie Q : Q_{t+1}	
0	0	Q_t	mémorisation
0	1	1	Mise à 1
1	0	0	Mise à 0
1	1	indéfini	À éviter

- ✓ Un état instable = fluctuations des sorties entre 0 et 1
- ✓ Un état indéfini est un état où on peut basculer le système suite à un changement de valeurs de R et S dans un état instable

Voir cas d'insertion d'une entrée Enable activé à l'état haut



Etudier maintenant ce cas (D-Latch)



BASCULE RS- ASYNCHRONE (AVEC NAND)

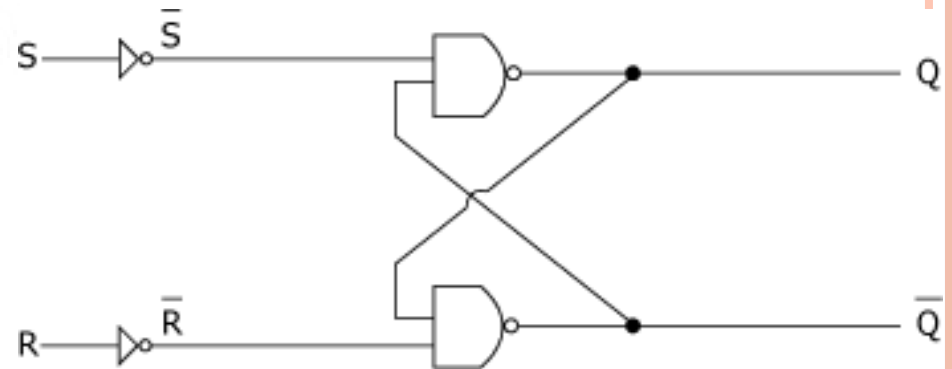
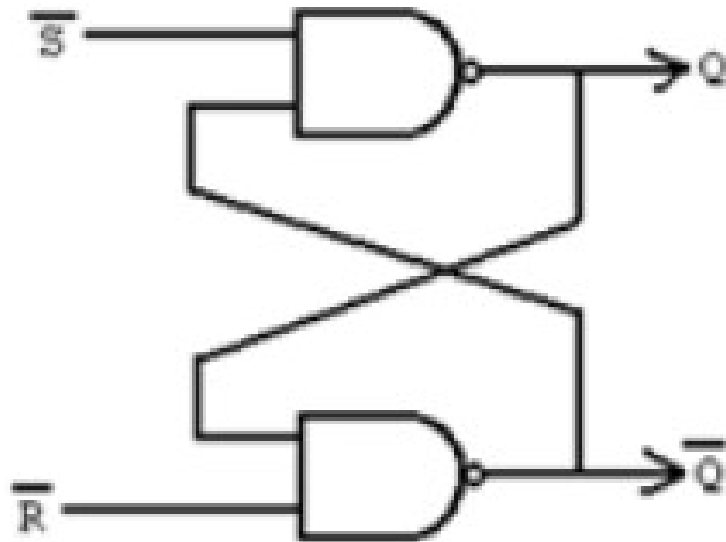
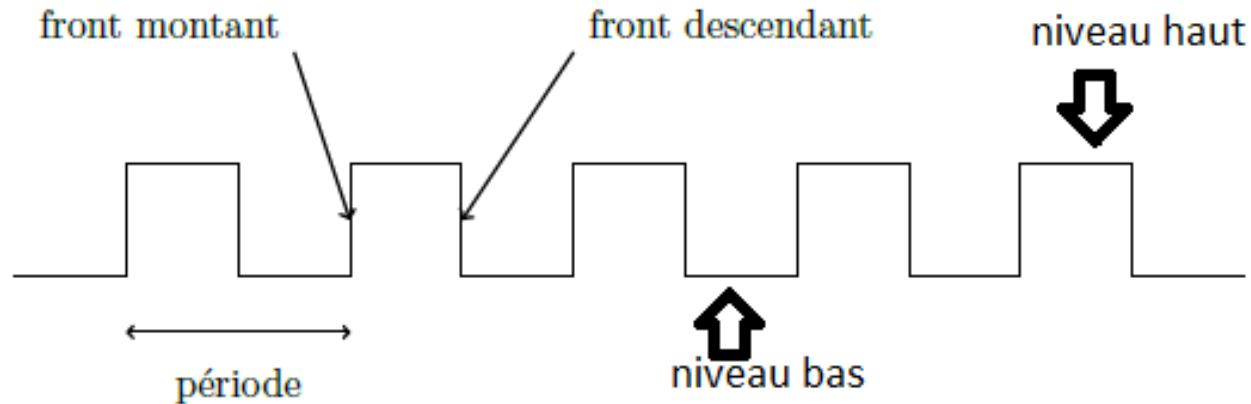


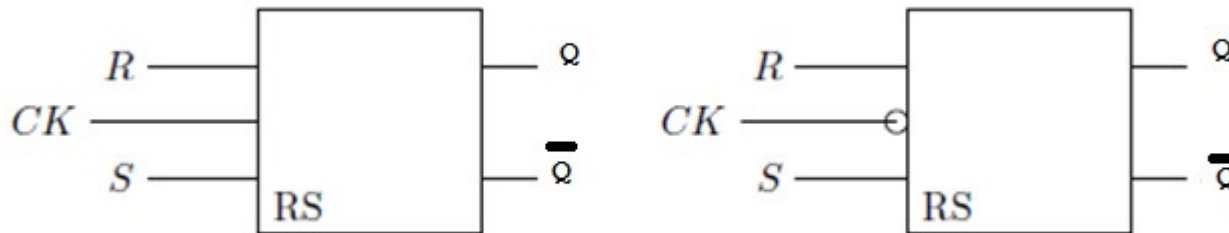
Table de vérité

\overline{R}	\overline{S}	Sortie Q: Q_{t+1}	
0	0	indéfini	À éviter
0	1	0	Mise à 0
1	0	1	Mise à 1
1	1	Q_t	mémorisation

VERS LA SYNCHRONISATION. HORLOGE

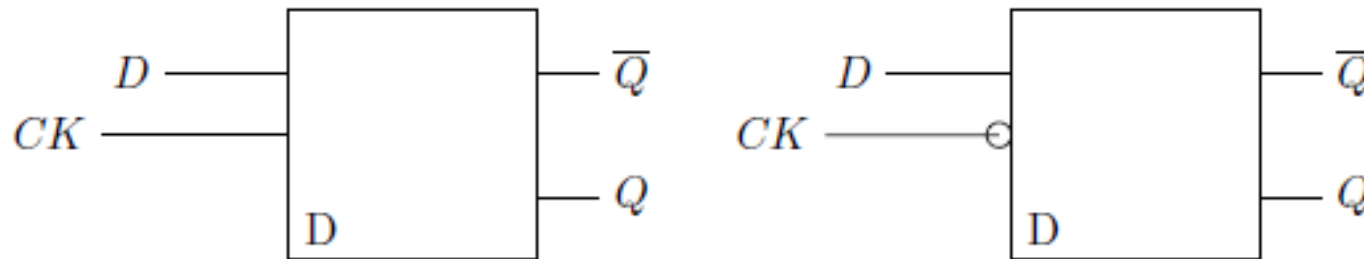


Schématisation de certaines bascules activées par une horloge H (ou CLK)

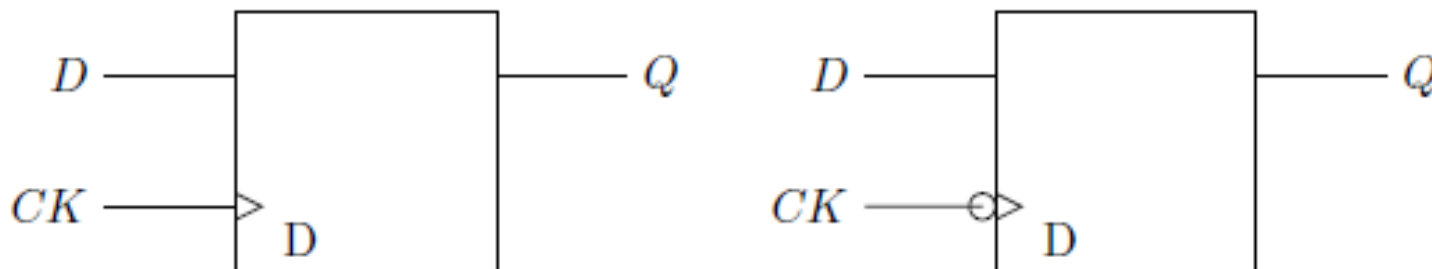


La bascule gauche se déclenche sur le niveau haut de l'horloge tandis que celle droite se déclenche sur le niveau bas

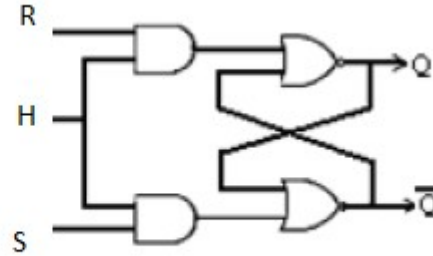
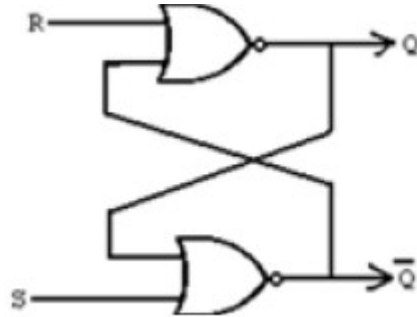
représentation symbolique de la bascule D à déclenchement sur niveau haut et niveau bas :



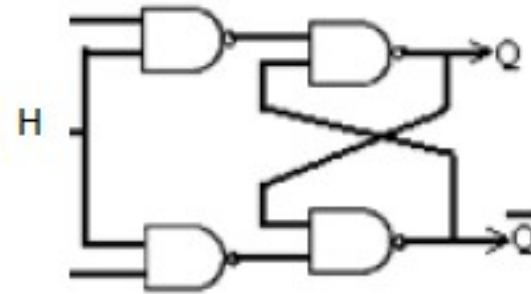
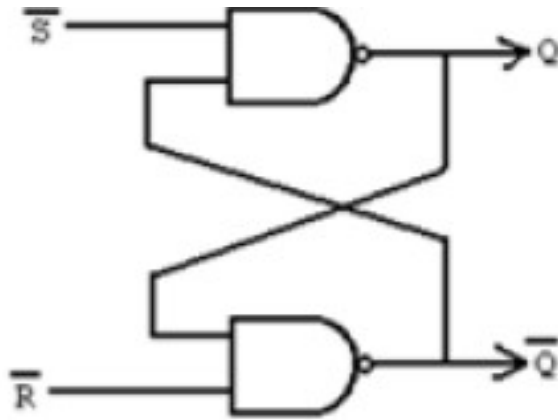
représentation des Bascules D à déclenchement sur front d'horloge. La bascule de gauche se déclenche sur front montant (FM) et celle de droite sur front descendant(FD)



BASCULE RST OU RSH (RS SYNCHRONE)



H	R	S	Sortie Q: Q_{t+1}	
0	×	×	Q_t	mémorisation
1	0	0	Q_t	mémorisation
1	0	1	1	Mise à 1
1	1	0	0	Mise à 0
1	1	1	indéfini	À éviter



H	R (barre)	S (barre)	Sortie Q: Q_{t+1}	
0	×	×	Q_t	mémorisation
1	0	0	indéfini	À éviter
1	0	1	0	Mise à 0
1	1	0	1	Mise à 1
1	1	1	Q_t	mémorisation

BASCULES D

- une bascule D à verrouillage (D Latch) ayant une entrée D plus une entrée enable: si $E = 0$ (mémorisation) et si $E = 1$ (recopie de l'entrée)

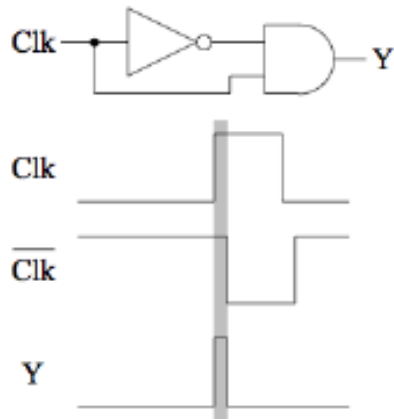
E	D	Sortie Q: Q_{t+1}
0	×	Q_t
1	0	0
1	1	1

- Une bascule D normale est vue comme activée sur le front montant:

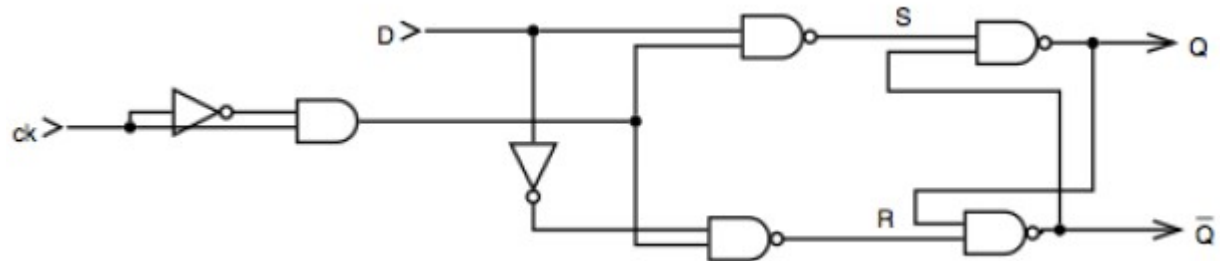
H	D	Sortie Q: Q_{t+1}
0	×	Q_t
1	×	Q_t
	0	0
	1	1

CIRCUIT DÉTECTEUR DE FRONT

- Il permet donc d'isoler le front montant de l'horloge. Il suffit alors d'insérer un tel détecteur de front entre une horloge d'une bascule sur niveau haut pour obtenir une bascule déclenchée par le front montant ou le front descendant du signal d'horloge.

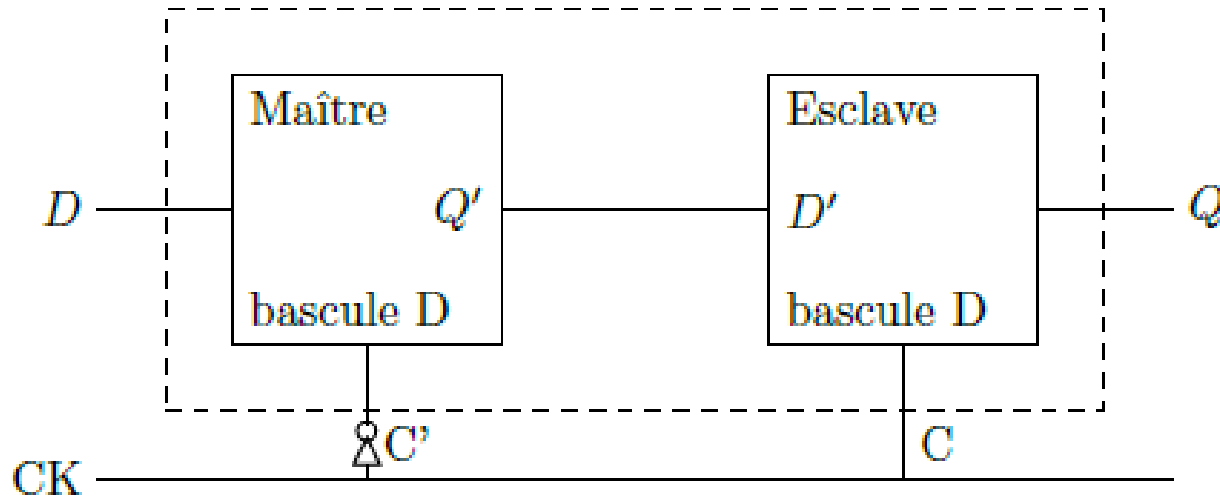


Exemple:



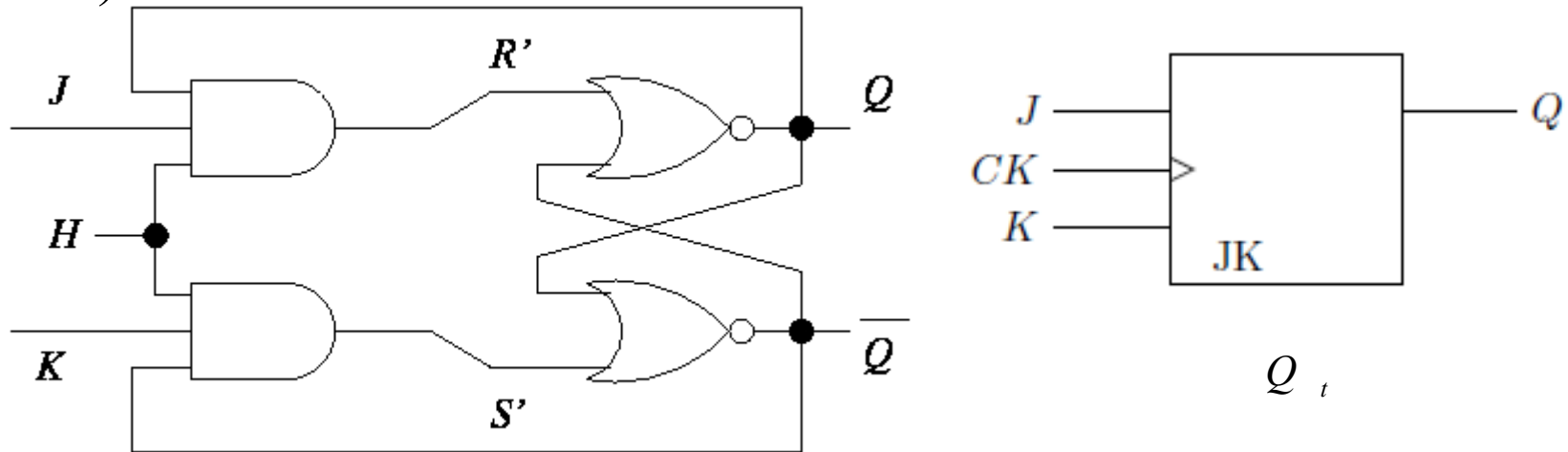
BASCULE MAITRE-ESCLAVE

- Pour ces montages, on trouve plus qu'une bascule. En effet, Toute modification sur la sortie de la bascule Maître se répercute sur la bascule Esclave : le Maître asservie l'Esclave.
- **Exemple:**



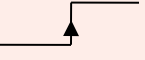
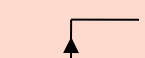


BASCULE JK

- La bascule JK est semblable à la bascule RST en autorisant la combinaison $J=K=1$ (J: entrée de mise à 1, K: entrée de mise à 0):



- bascule est synchrone et active sur un front montant:

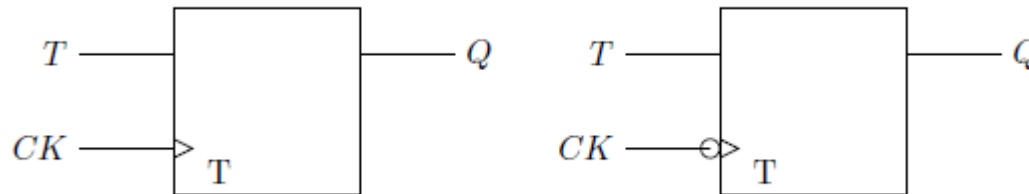
H	J	K	Sortie Q: Q_{t+1}	
×	×	×	Q_t	mémorisation
	0	0	Q_t	mémorisation
	0	1	0	Mise à 0
	1	0	1	Mise à 1
	1	1	$\overline{Q_t}$	basculement

BASCULE T (TRIGGER OU TOGGLE)

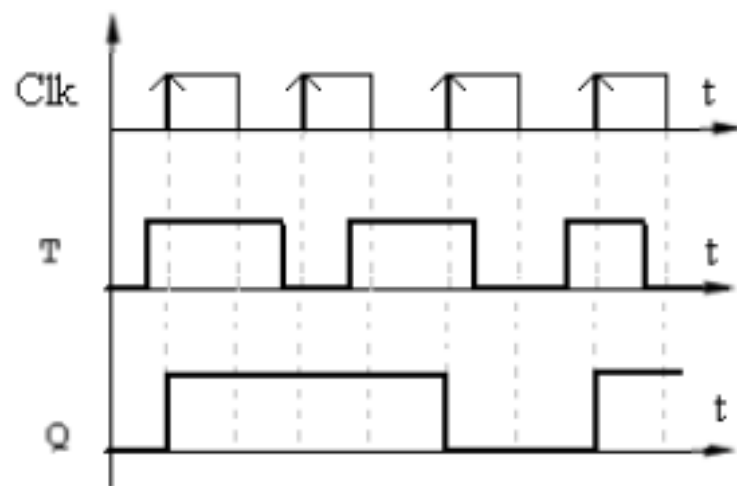
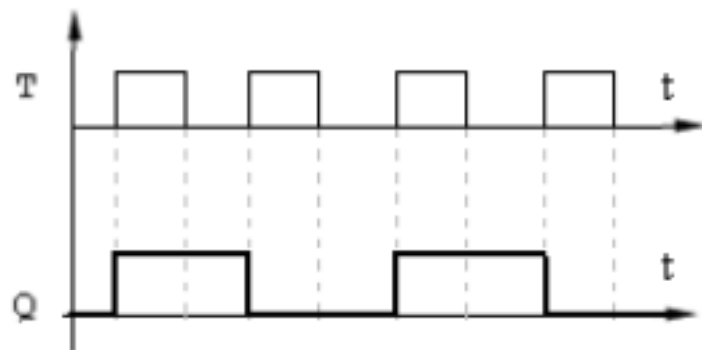
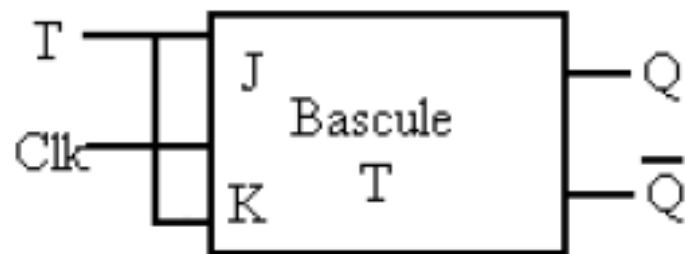
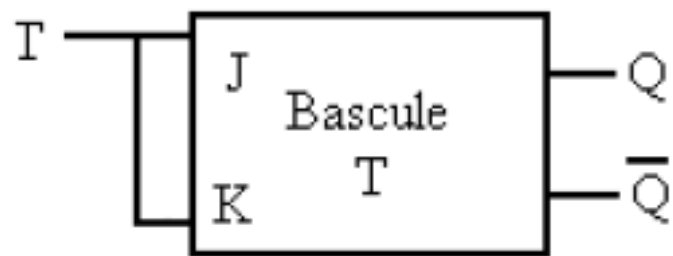
- La bascule T change d'état à chaque front montant (ou descendant selon sa conception). Ainsi, lorsque l'entrée T est à 1, cela a pour effet de d'inverser la valeur de Q (Q_{t+1} est donc l'inverse de Q_t).

T	Sortie Q: Q_{t+1}
0	Q_t
1	$\overline{Q_t}$

- Les bascules T synchrones déclenchent sur des fronts:



- La sortie T change d'état à chaque cycle d'horloge. La fonction réalisée est un diviseur de fréquence.



FORÇAGE DES BASCULES

- Sur les bascules (synchrones), il existe généralement une ou deux entrées supplémentaires asynchrones PRESET, CLEAR qui fonctionnent indépendamment de l'horloge
- PRESET : force la sortie à 1
- CLEAR : force la sortie à 0.
- Ceci est utilisé notamment pour l'initialisation de la bascule lors de sa mise sous tension (garantie d'un état initialement stable).
- **Exemple:**

