

Les bascules bistables

Domaine d'application :
Les systèmes logiques

Type de document :
Cours

Classe :
Terminale

Date :

I - Introduction

Les bascules bistables sont des systèmes séquentiels [fonctions logiques séquentielles] qui possèdent plusieurs entrées, 1 sortie principale Q et éventuellement 1 sortie complémentaire \overline{Q} .

Selon que la sortie principale Q est à l'état logique 1 ou 0, on dit que la bascule est dans l'état logique 1 ou 0. La mise à 1 *d'une bascule* revient donc à **mettre à 1 sa sortie principale Q** , et la mise à 0 *de la bascule* consiste à **mettre à 0 la sortie principale Q** .

Ces deux états sont susceptibles de se maintenir indéfiniment :

* $Q = 0$ et $\overline{Q} = 1$: la bascule est à l'état 0

* $Q = 1$ et $\overline{Q} = 0$: la bascule est à l'état 1

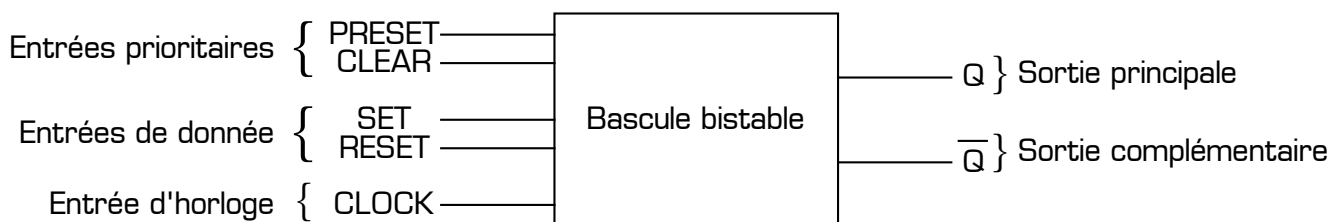
Le système passe de 0 à 1 ou de 1 à 0 sous l'effet des signaux appliqués aux entrées et qui doivent observer des diagrammes des temps précis.

$$Q_{t+1} = f [E1_{t+1} , E2_{t+1} , \dots , Ent_{t+1} , Q_t]$$

II - Propriétés

Les diverses bascules bistables se distinguent entre elles par :

- * le nombre d'entrées
- * le type des signaux qui sont nécessaires pour faire basculer la bascule bistable
- * une bascule bistable est un dispositif susceptible de changer d'état logique sur commande et de rester dans cet état jusqu'à apparition d'un autre signal de commande. Ce dispositif constitue donc **une fonction mémoire**.



Clear : une impulsion sur cette entrée met à ZERO la bascule quelque soit l'état des entrées de donnée et d'horloge : $Q = 0$

Preset : une impulsion sur cette entrée met à UN la bascule quelque soit l'état des entrées de donnée et d'horloge : $Q = 1$

Clock : signal de synchronisation. Lorsque l'entrée clock est activée, la bascule prend en compte l'état appliqué sur les entrées de donnée :

- * si SET est active, la bascule est mise à UN [$Q = 1$]
- * si RESET est active la bascule est mise à ZERO [$Q = 0$]

III - La bascule RS

La bascule RS est une bascule asynchrone [sans entrée d'horloge]. C'est la bascule élémentaire, qui constitue la base de tous les autres types de bascules. La bascule RS peut être réalisée avec des portes OU-NON ou avec des portes ET-NON.

III - 1 - La bascule RS à portes OU-NON

Logigramme :

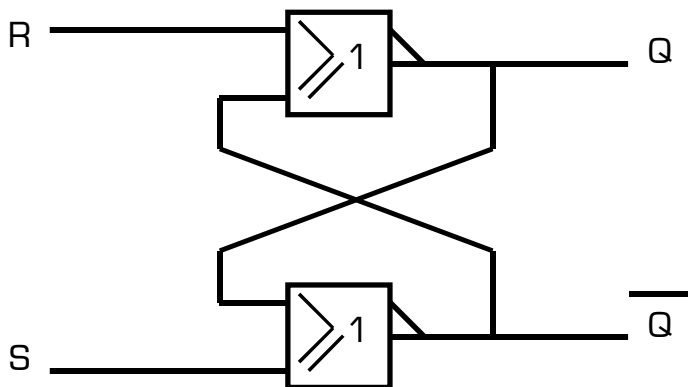


Table de fonctionnement :

Entrées		Sorties		Fonction réalisée
R	S	Q	\bar{Q}	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

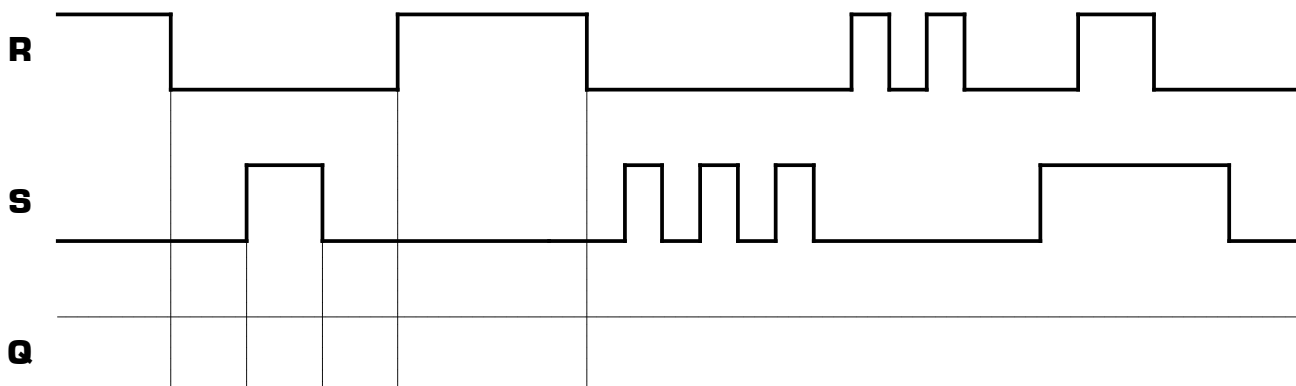
Remarques :

- * Dans le cas où R=S=0, les sorties ne sont pas fixées à une valeur, mais conservent leur valeur précédente : il s'agit de **la fonction mémorisation**.
- * Dans le cas où R=S=1, les sorties sont forcées toutes les deux à 0, elle ne sont donc plus complémentaires : il s'agit de **la combinaison interdite**.
- * Si R=1 et S=0, c'est la **mise à 0 de la bascule** [Q est forcé à 0].
- * Si R=0 et S=1, c'est la **mise à 1 de la bascule** [Q est forcé à 1].
- * Les entrées de la bascule RS à portes OU-NON sont actives au **niveau haut** [1 logique].

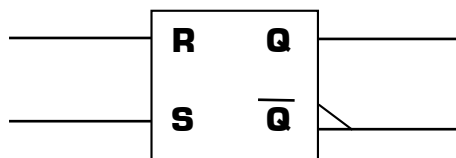
Equation de Q_n :

$Q_n = \dots\dots\dots$

Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte OU-NON :



Symbole d'une bascule RS :



III - 2 - La bascule RS à portes ET-NON

Logigramme :

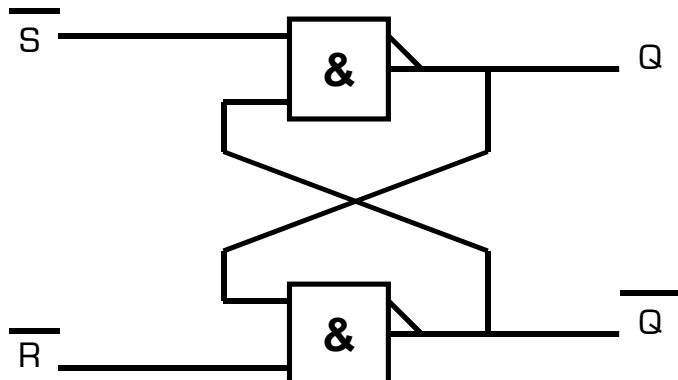


Table de fonctionnement :

Entrées		Sorties		Fonction réalisée
\bar{R}	\bar{S}	Q	\bar{Q}	
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

Remarques :

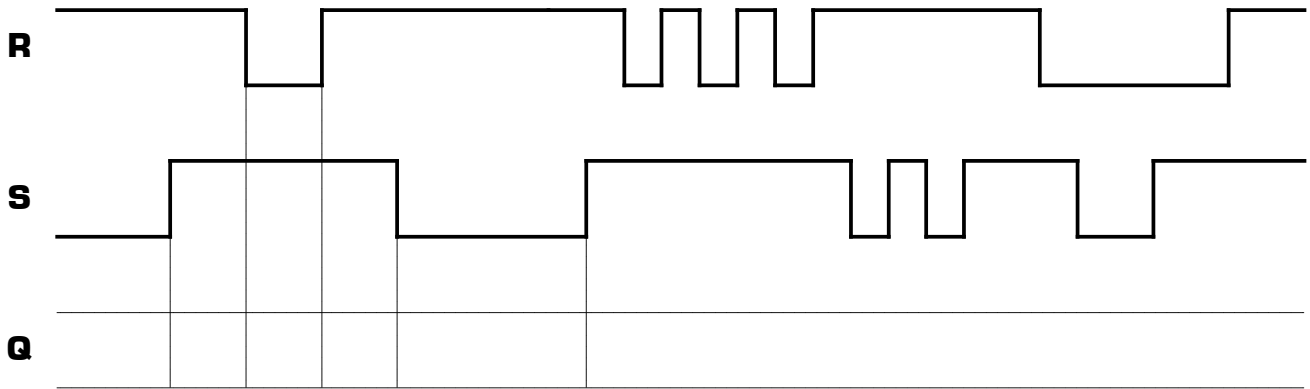
- * Dans le cas où $\bar{R} = \bar{S} = 1$, les sorties ne sont pas fixées à une valeur précise, mais conservent leur valeur précédente : il s'agit de **la fonction mémorisation**.
- * Dans le cas où $\bar{R} = \bar{S} = 0$, les sorties sont forcées toutes les deux à 1, elle ne sont donc plus complémentaires : il s'agit de **la combinaison interdite**.
- * Si $\bar{R} = 0$ et $\bar{S} = 1$, c'est la **mise à 0 de la bascule** (Q est forcé à 0).
- * Si $\bar{R} = 1$ et $\bar{S} = 0$, c'est la **mise à 1 de la bascule** (Q est forcé à 1).
- * Les entrées de la bascule RS à portes ET-NON sont actives au **niveau bas** [0 logique], d'où leur nom \bar{R} et \bar{S} .

Equation de Q_n :

$Q_n = \dots\dots\dots$

On retrouve bien l'équation de la fonction mémoire.

Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte ET-NON [page 4] :



IV - La bascule D

La bascule D est une bascule synchrone [avec une entrée d'horloge] à une seule entrée de donnée : l'entrée **D** [$D = Data = Donnée$]. Elle supprime la combinaison interdite de la bascule RS, en ne gardant que les 3 fonctions utiles :

- * la mise à 0
- * la mise à 1
- * la mémorisation

Il existe 2 types de bascules D :

- * la bascule D active sur **niveau**
- * la bascule D active sur **front**

IV - 1 - La bascule D active sur niveau

Symbole :

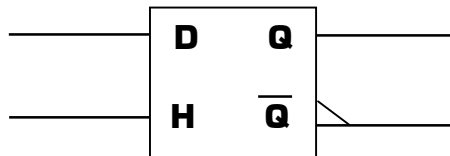
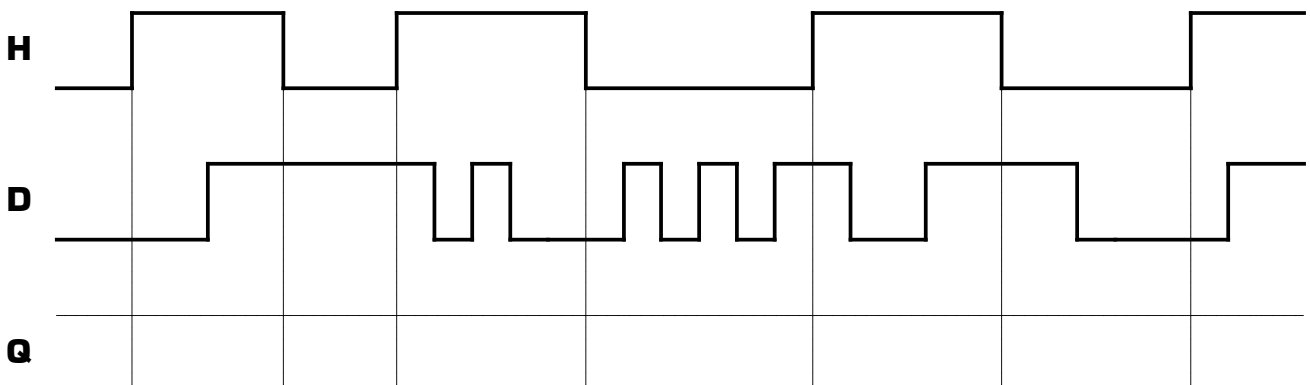


Table de fonctionnement de la bascule D :

Entrées		Sorties		Fonction réalisée
D	H	Q	\bar{Q}	

Le fonctionnement de cette bascule peut se résumer à « $Q = D$ quand $H = 1$ ».

Exemple de chronogrammes d'une bascule D active sur *niveau haut* :



IV - 2 - La bascule D active sur front

Symbole :

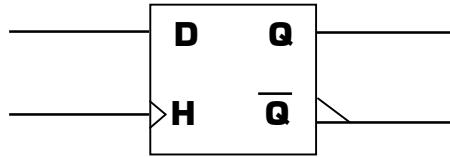
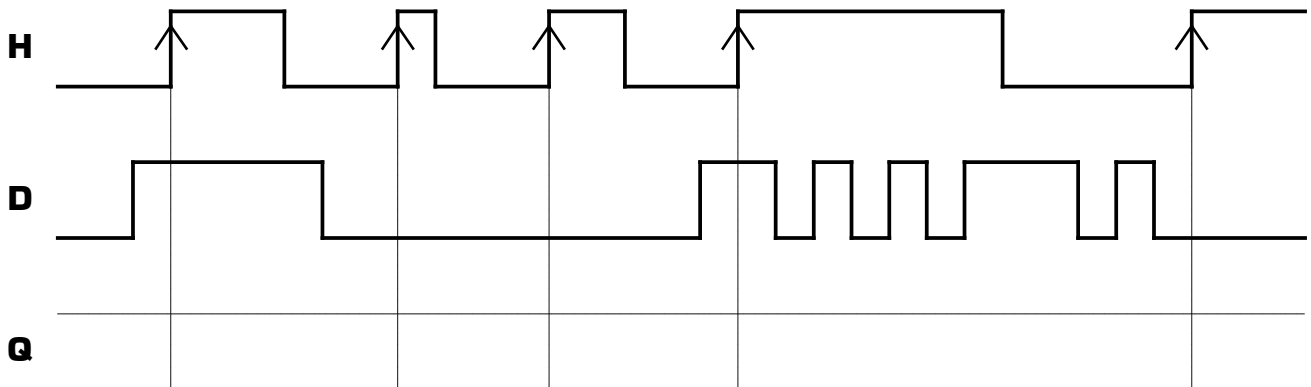


Table de fonctionnement :

Entrées		Sorties		Fonction réalisée
D	H	Q	\bar{Q}	

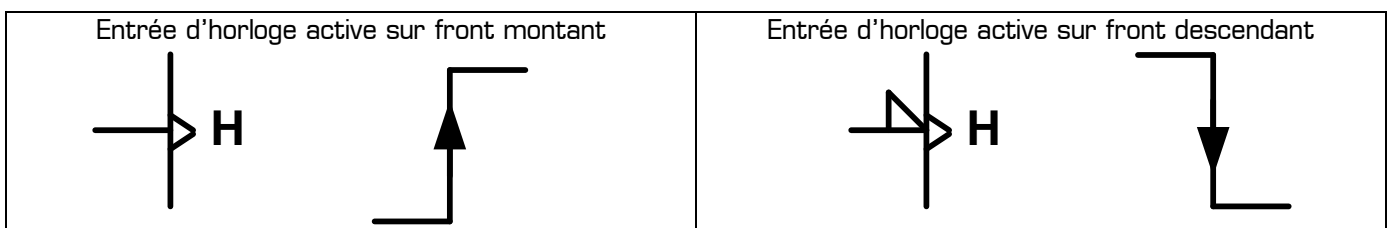
Dans ce type de bascule, Q prend la valeur de D à chaque **front montant** de H. Si H n'est pas sur un front montant, la sortie Q ne change pas, et ce quelque soit la valeur de l'entrée D ; il s'agit de la **mémorisation**.

Exemple de chronogrammes d'une bascule D active sur *front montant* :



Remarque : dans certains cas, le front actif peut être le front descendant.

Symbole d'une entrée d'horloge :



V - La bascule JK

C'est une bascule synchrone, offrant les fonctions *mémorisation*, *mise à 0*, *mise à 1* [les 3 fonctions de la bascule D], et assurant en plus la fonction **basculement**.

Symbole :

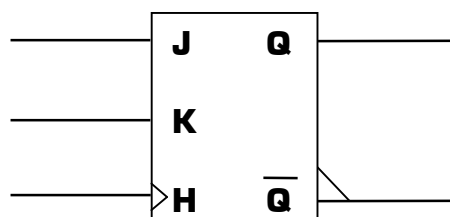


Table de fonctionnement d'une bascule JK :

Entrées			Sorties		Fonction réalisée
J	K	H	Q	\bar{Q}	

En fonction de la valeur appliquée sur les entrées J et K [4 combinaisons possibles], on choisit le mode de fonctionnement de la bascule parmi les 4 modes suivants :

- * **Mémorisation**
- * **Mise à 0**
- * **Mise à 1**
- * **Basculement**

Remarques :

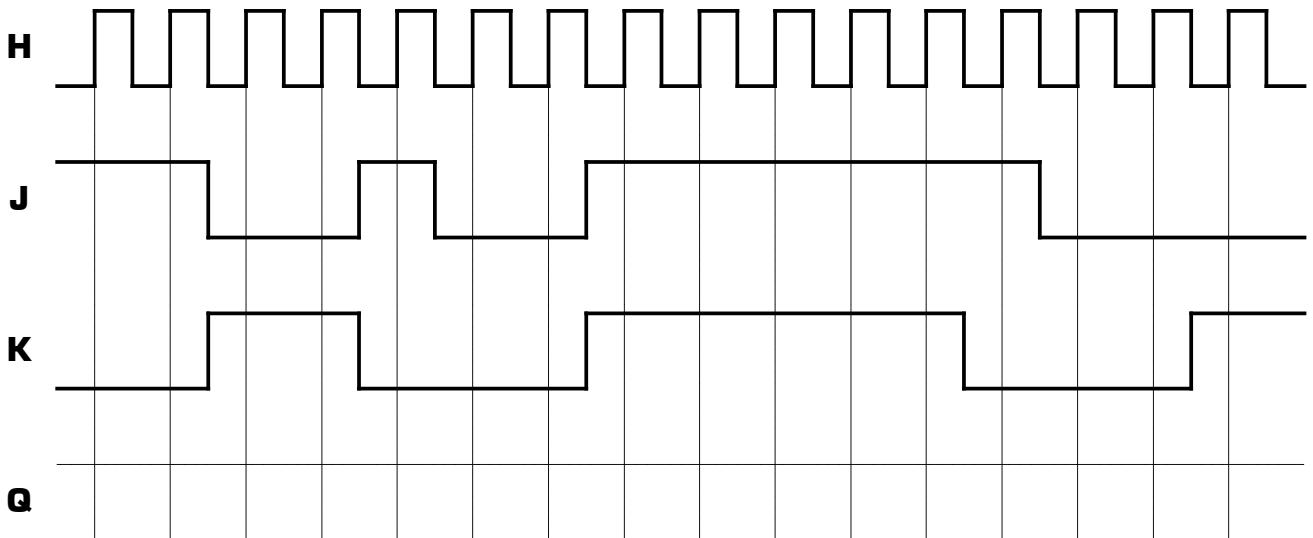
- * Si H n'est pas sur un front actif, les sorties ne changent pas d'état
- * Si on applique un front montant sur H alors que $J \neq K$, la sortie Q prend la valeur de l'entrée J :
 - ❖ Si $J = 0 \rightarrow$ mise à 0
 - ❖ Si $J = 1 \rightarrow$ mise à 1
- * Si on applique un front montant sur H alors que $J = K = 0$, les sorties de la bascule ne changent pas d'état, c'est la **mémorisation**
- * Si on applique un front montant sur H alors que $J = K = 1$, les sorties changent systématiquement d'état, c'est le **basculement**

La bascule JK est la bascule la plus complète, offrant tous les modes de fonctionnement que l'on peut attendre d'une bascule.

Equation de Q_{n+1} :

$Q_{n+1} = \dots\dots\dots$

Exemple de chronogrammes d'une bascule JK active sur *front montant* :



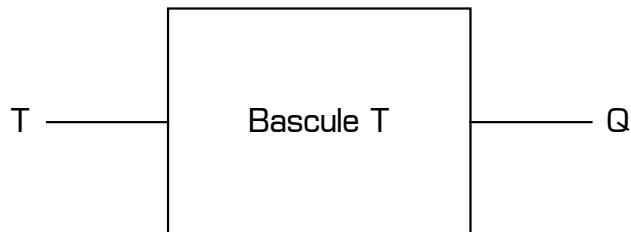
Remarque :

Certains modèles de bascules D et JK ont des entrées R et S pour la mise à 0 ou à 1 de la bascule. Ces entrées sont dites **asynchrones** et sont **prioritaires** devant les ordres envoyés sur les entrées **synchrones** D, J, K, et H.

VI - La bascule T

A chaque application d'un signal de commande sur son entrée T, cette bascule change systématiquement l'état de sa sortie Q, quelque soit l'état précédent de la bascule.

Symbole :

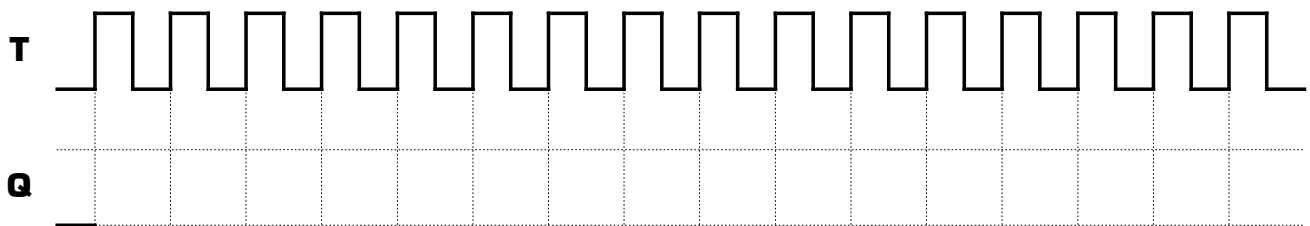


T = « Toggle » = basculement

Table de fonctionnement de la bascule T :

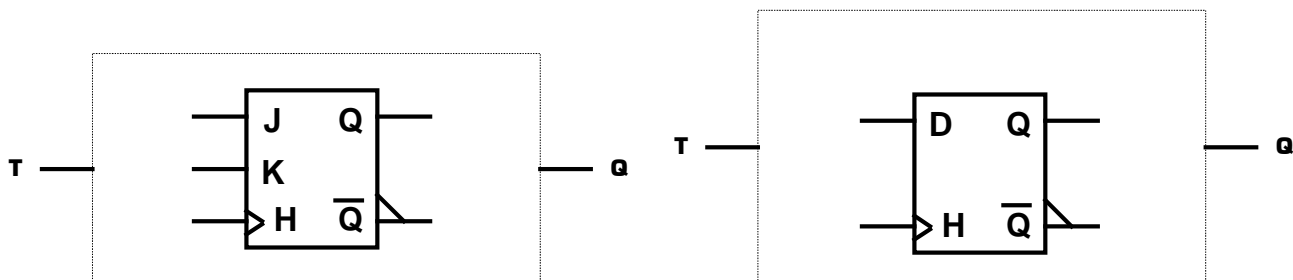
Q_t	T	Q_{t+1}	Fonction

Chronogrammes :



On remarque que la fréquence du signal Q est exactement la moitié de celle du signal T. Application : Réalisation d'un compteur binaire en mettant en cascade plusieurs bascules T.

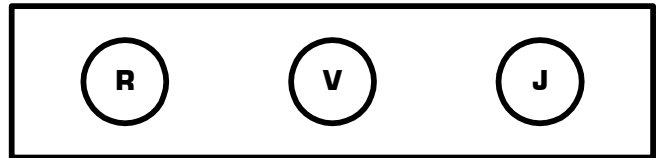
Réalisation d'une bascule T avec une bascule JK et avec une bascule D :



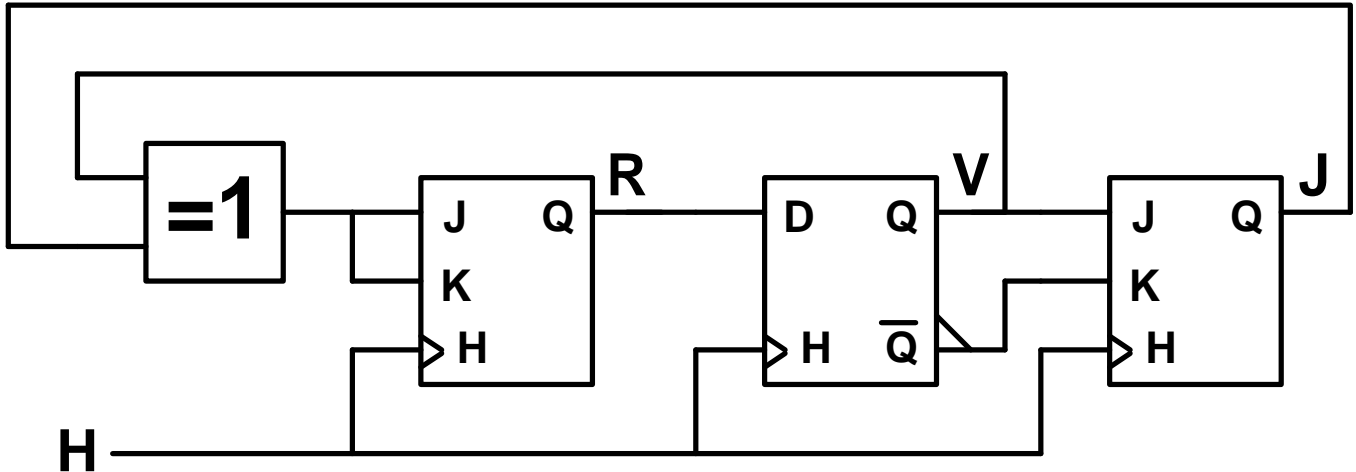
Pour réaliser une bascule T avec une bascule JK, on utilise le monde de fonctionnement « basculement » [J=K=1], et pour réaliser une bascule T avec une bascule D on relie D à la sortie complémentaire.

VII - Exemples d'application des bascules

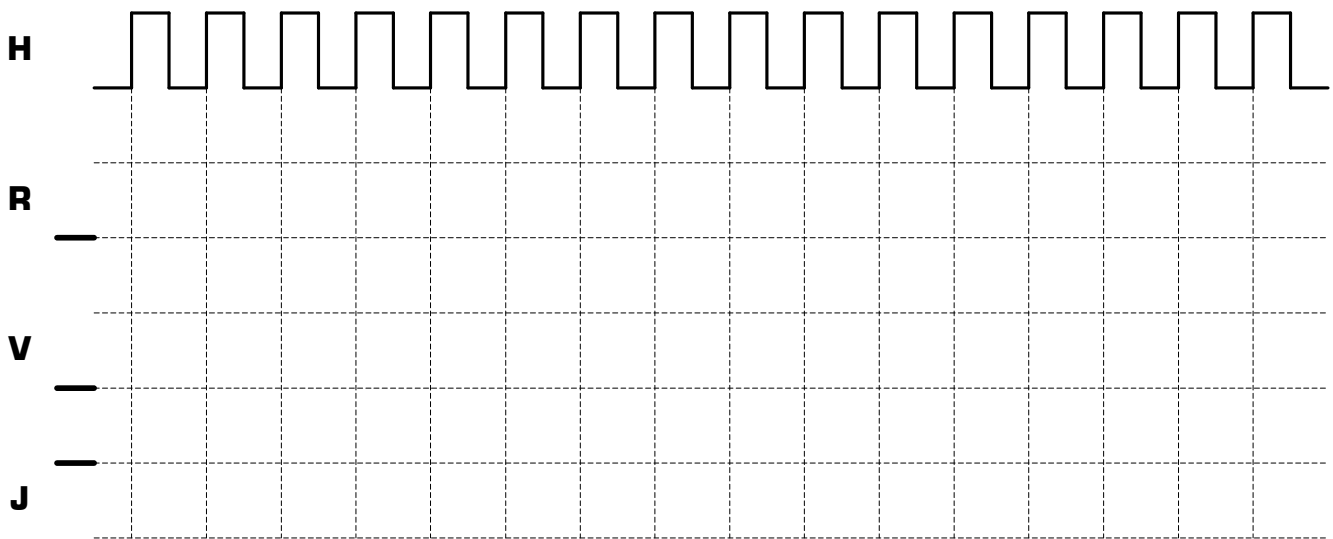
On dispose d'une rampe de 3 spots de couleur différente : un Rouge [noté **R**], un Vert [noté **V**], et un Jaune [noté **J**] :



On veut allumer chacune des lampes dans un ordre pseudo aléatoire [c'est-à-dire non régulier, mais cyclique]. Pour cela on réalise le montage suivant [appelé un **séquenceur**] utilisant 1 bascule D et 2 bascules JK, et sur lequel le spot **Rouge** est branché à la sortie de la première bascule, le spot **Vert** est branché à la sortie de la deuxième bascule, et le spot **Jaune** est branché à la sortie de la troisième bascule :



1 - Tracez les chronogrammes des signaux de sortie R, V et J sachant qu'à l'origine seul le spot Jaune est allumé (les spots Rouge et Vert étant éteints à l'origine) :



2 - Combien d'étapes différentes le cycle de fonctionnement de ce montage contient-il ?

3 - Indiquez dans le tableau ci-contre quels sont les spots allumés, et quels sont les spots éteints, pour chacune des étapes du cycle.

4 - Durant le cycle de fonctionnement, les spots passent-ils par tous les états possibles ? Quel état des spots n'est jamais utilisé par ce séquenceur ?

Etape	Spots allumés	Spots éteints
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		