

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N° 22 LOGIQUE SQUENTIELLE

SECTEUR : ELECTROTECHNIQUE

SPECIALITE : EMI

NIVEAU : TECHNICIEN

ANNEE 2007

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

MODULES ISTA



The image shows a screenshot of the website www.marocetude.com. The navigation bar at the top includes the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. The logo 'Maroc Etude.Com' is displayed in a stylized font, with the tagline 'Connaissance - Métier - Technique' below it. A search bar is located in the top right corner. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a '-20%' discount and a coupon code. On the left side, there is a login section with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', and a 'Connexion' button. On the right side, there is a sidebar with a search bar and a list of links under the heading 'Annonces Google', including 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile', '(Outil de Diagnostic) WI-FI / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie'. A blue arrow points to the 'MODULES ISTA' menu item.

Document élaboré par :

Nom et prénom

EFP

DR

Mme ELKORNO NAIMA

CDC - GE

Révision linguistique

-
-
-

Validation

-
-
-

SOMMAIRE

RESUME THEORIQUE	7
I. Règles de construction de la représentation graphique d'une séquence ou d'un cycle.....	8
II. Les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence.....	14
III. Modes de marche et d'arrêt d'une séquence.....	16
III.1 Les modes de marche :	16
III.2 Les arrêts :	17
IV. Différentes représentations graphiques d'une séquence	18
IV.1 Algorithme:	18
IV.2 Chronogramme.....	19
IV.3 GRAFCET	19
V. La traduction des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas	23
V.1 Mise en équation d'une étape.....	23
V.2 Règles de conversion d'une étape en schéma	27
VI. Les éléments de mémoires :	32
VI.1 Concept de mémorisation :	32
VI.2 Synchronisation des circuits :	32
VI.3 Les bascules :	33
VI.3.1 Bascules R S :	34
VI.3.2 Bascule R S H (Bascule synchrone) :	35
VI.3.3 Bascule J K synchrone :	36
VI.3.4 Bascule D synchrone :	38
VI.3.5 Bascule maître-esclave:	38
VI.3.6 Bascule T :	39
VI.3.7 Initialisation des bascules :	40
VI.4 Monostable – astable.....	40
VII. Les compteurs :	41
VII.1 Identification de la fonction :	41
VII.2 Caractéristiques des compteurs :	42
VII.2.1 Compteur Modulo 2 :	42
VII.2.2 Compteur Modulo 2^N :	42
VII.2.3 Compteur dont le modulo est différent de 2^N :	42
VII.2.4 Compteur binaire asynchrone :	42
VII.2.5 Compteur binaire synchrone :	43
VII.3 Les compteurs asynchrones:	43
VII.3.1 Compteur modulo 8 asynchrone :	43
VII.3.2 Compteur modulo 10 asynchrone (compteur DCB) :	44
VII.3.3 Décompteur modulo 8 asynchrone :	45
VII.4 Les compteurs synchrones:	45
VII.4.1 Compteur modulo 8 synchrone:	45
VII.4.2 Compteur DCB (modulo 10) synchrone:	46
VII.4.3 Décompteur modulo 8 synchrone:	47
VII.5 Les compteurs intégrés:	48
VIII. Les registres:	52

VIII.1	Types de registres :.....	52
VIII.2	Registres à décalage :.....	53
VIII.3	Registres intégrés :.....	55
IX.	Le codeur et le décodeur :.....	59
X.	Les afficheurs :.....	61
X.1	Le décodeur pilote d'affichage :.....	61
X.1.1	Afficheur DCB à sept segments :.....	61
X.1.2	Afficheur à cristaux liquides LCD :.....	63
XI.	Multiplexeurs.....	63
XI.1	Principe d'un multiplexeur.....	63
XI.2	Affichage multiplexé :.....	65
	GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES.....	68
	TP.1 – Essai des bascules élémentaires :.....	72
	TP.2 – Essai des registres à décalage:.....	76
	TP.3 – Essai des compteurs asynchrones:.....	78
	TP.4 – Essai des compteurs synchrones:.....	81
	TP.5 – Essai des compteurs intégrés :.....	84
	TP.6 – Réalisation de décodeurs logiques.....	87
	Évaluation de fin de module :.....	89
	Liste bibliographique.....	91

MODULE 22 :

LOGIQUE SEQUENTIELLE

Code :

Durée : 45 h

OBJECTIF OPERATIONNEL

COMPORTEMENT ATTENDU

*Pour démontrer sa compétence le stagiaire doit
appliquer des notions de logique séquentielle
Selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.*

CONDITIONS D'EVALUATION

- A partir :
 - de directives ;
 - d'une représentation graphique d'une séquence;
 - d'un schéma.
- A l'aide :
 - de manuels techniques;
 - de fiches techniques ;
 - de composants logiques ;
 - d'instruments de mesure.

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE

- *Respect des règles de santé et de sécurité au travail.*
- *Pertinence de l'utilisation des outils et des instruments.*
- *Pertinence de la terminologie utilisée.*
- *Qualité des travaux.*

OBJECTIF OPERATIONNEL

**PRECISIONS SUR LE
COMPOTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE
PERFORMANCE**

A) Décrire les différentes représentations graphiques d'une séquence.

- Identification juste des symboles.
- Description juste des représentations d'une séquence.

B) Traduire des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas.

- Conformité du schéma avec la représentation graphique.
- Tracé adéquat du schéma.

C) Élaborer des schémas à base de circuits intégrés.

- Conformité du schéma de montage avec le cahier de charges;
- Tracé adéquat du schéma.

D) Monter des circuits de base.

- Sélection judicieuse des composants.
- Conformité du montage avec le schéma.
- Fonctionnement correct du circuit.

Présentation du Module :

Ce module de logique séquentielle constitue la suite du module sur la logique combinatoire. Son objectif est de faire acquérir aux stagiaires des connaissances relatives aux éléments de mémoire à savoir les bascules, aux compteurs asynchrones et synchrones. Dans un même temps le stagiaire aura l'occasion de faire l'étude de montages de circuits de base en logique séquentielle. Il vise donc à rendre le stagiaire apte à appliquer des notions de logique séquentielle.

La durée de ce module est de 45 h dont 25 h de théorie, 17 h de pratique et 3 h d'évaluation.

MODULE N° 22: LOGIQUE SEQUENTIELLE

RESUME THEORIQUE

I. Règles de construction de la représentation graphique d'une séquence ou d'un cycle

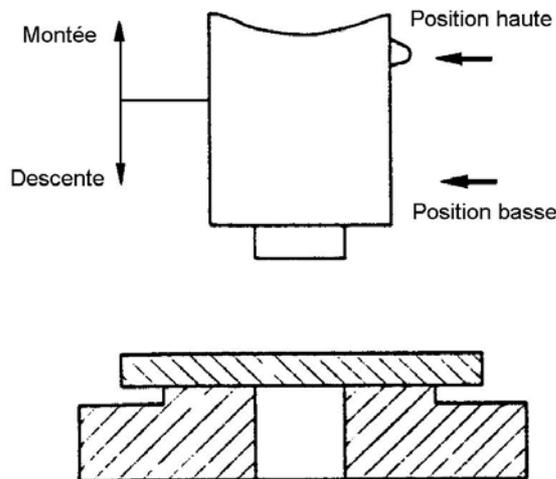
- Introduction :

Toute machine fonctionne selon un cycle, c'est à dire que partant d'un état donné, la machine effectuera différents mouvements, différentes actions et repassera à l'état de départ.

Tout ce qui se passe entre deux passages dans cet état de départ est appelé cycle.

Exemple : Poinçonneuse semi-automatique.

La poinçonneuse représentée schématiquement ci-dessous se compose d'une table fixe, la tôle à poinçonner et d'un poinçon mobile.



Considérons la poinçonneuse en sa position origine de repos, poinçon en haut.

L'opérateur en donnant l'information «Marche» provoque automatiquement la descente du poinçon suivie de sa remontée en position de repos.

Nous dirons alors que la poinçonneuse a décrit un cycle.

Constitution de la poinçonneuse

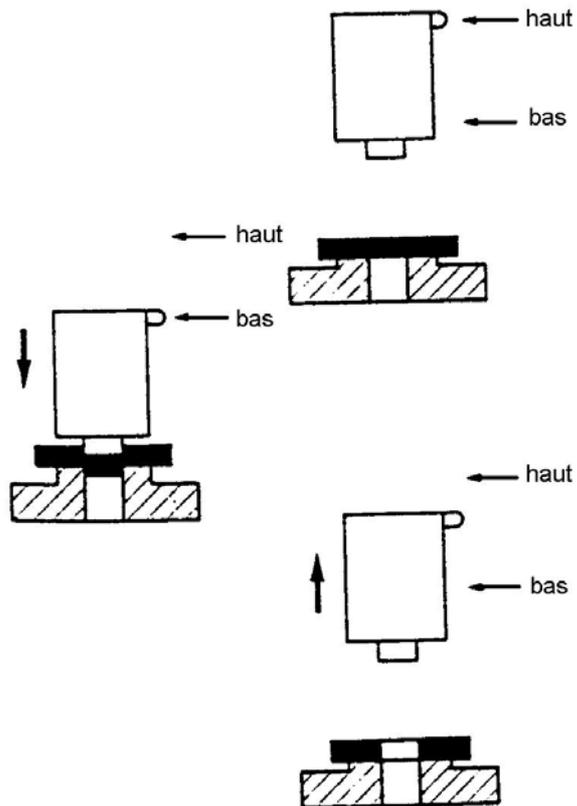
Une séquence est un ensemble de comportements liés les un aux autres par des conditions.

Pour pouvoir construire les diverses représentations graphiques d'une séquence ou d'un cycle, il faut déterminer :

a) Les grandes étapes :

Reprenons l'exemple de la poinçonneuse semi-automatique. Une telle machine présente successivement trois comportements différents.

Nous appellerons «Étape» chacun de ces comportements.



Ces trois étapes sont :

ETAPE 1 : Comportement :
La poinçonneuse est au repos.

ETAPE 2 : Comportement :
Descendre le poinçon.

ETAPE 3 : Comportement :
Remonter le poinçon

Description des étapes

Nous pouvons donc, dans un premier temps, définir une étape comme une situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme de commande demeure constant.

Sous une autre forme, tout changement de comportement provoque obligatoirement le passage à une autre étape.

Sur la machine le comportement de l'automatisme se manifeste par des actions ou plus exactement par des ordres envoyés vers les organes chargés d'exécuter ces actions.

Sur la poinçonneuse deux actions sont effectuées :

- La descente du poinçon associée à l'étape 2.
- La remontée du poinçon associée à l'étape 3.

b) Les points de prise de décision :

Il s'agit maintenant de déterminer ce qui provoque un changement de comportement de la machine c'est-à-dire les conditions logiques qui déterminent le passage d'un comportement à un autre.

Nous qualifierons chaque passage d'un comportement à un autre comme étant le franchissement d'un point de prise de décision pour bien montrer son irréversibilité.

Par exemple, le passage de la position de repos (étape 1) à la descente du poinçon (étape 2) ne peut s'effectuer que si l'opérateur fournit l'information «Marche» et que si le poinçon est en position haute («condition initiale»).

Reprenons l'exemple de la poinçonneuse semi-automatique

ETAPE 1 : Étape initiale

Position initiale du poinçon.

Point de décision 1 : Condition de passage de l'étape 1 à l'étape 2 :
Information «marche» et poinçon en position haute.

ETAPE 2 : Descendre le poinçon.

Point de décision 2 : Condition de passage de l'étape 2 à l'étape 3 :
Poinçon en position basse.

ETAPE 3 : Remonter le poinçon.

Point de décision 3 : Condition de passage de l'étape 3 à l'étape 1 :
Poinçon en position haute.

Nous pouvons donc définir des points de prise de décision comme des points où on exploite des conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs ou le passage d'une étape à une autre. C'est là où on effectue des tests ou alternance.

Ces points de décision sont appelés aussi transitions qui sont conditionnées par des réceptivités constituées de fonctions logiques des différentes variables nécessaires au passage à l'étape suivante.

c) S'il y a répétition ou arrêt de la séquence :

La reprise de séquence ou boucle, permet de reprendre une ou plusieurs fois la même séquence tant qu'une condition fixée n'est pas obtenue (c'est un type d'aiguillage).

Exemple :

Considérons un exemple : chauffage d'un local.

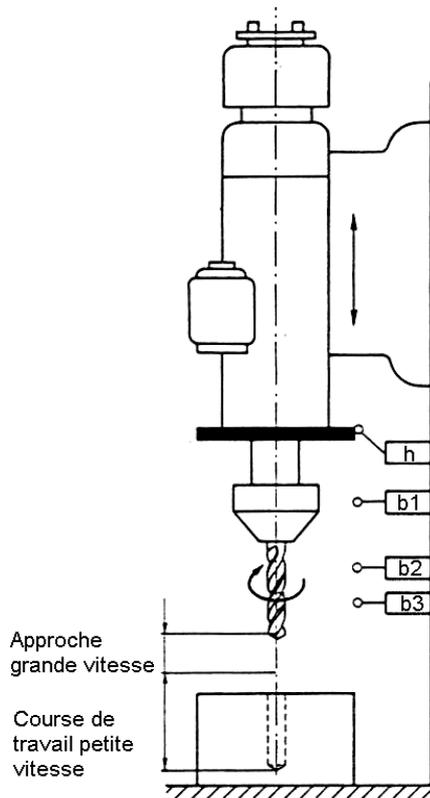
Dans un local, le chauffage ne doit fonctionner que pour des températures inférieures à 18°C.

On a ici deux sortes de reprises de séquence :

- Après le test ($\theta_L < 18^\circ\text{C}$), sur la réponse OUI, c'est une boucle conditionnelle qui permet de faire marcher le chauffage et reprendre l'étape de la mesure de température.
- Après la dernière information de sortie (chauffage arrêté) c'est une boucle d'initialisation qui autorise le système à continuer sa régulation.

d) S'il y a saut de séquence :

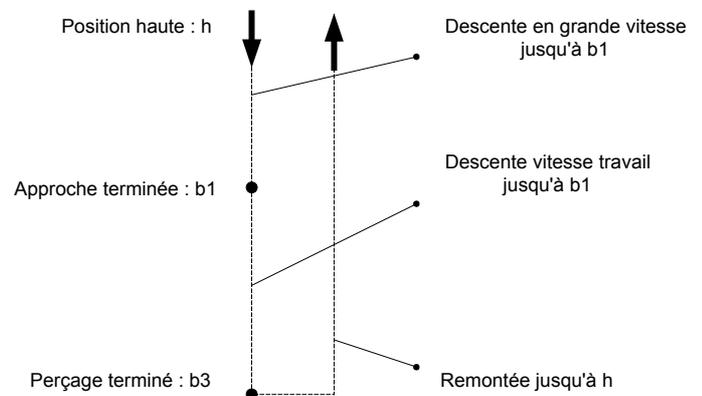
Exemple : Perceuse avec ou sans débouillage.



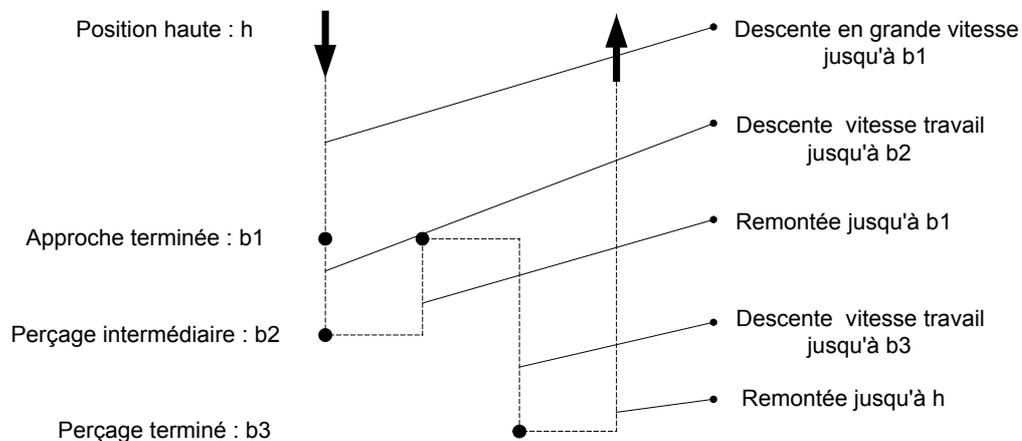
Soit une perceuse automatique fixée sur une console coulissant sur un bâti métallique.

Suivant l'épaisseur et la nature des pièces à percer l'opérateur peut choisir entre deux cycles possibles :

- Soit le cycle sans débouillage : comprenant les mouvements suivants :



- Soit le cycle avec débouillage effectuant une remontée de la broche à une position intermédiaire afin de dégager le foret avant de terminer le perçage déjà commencé. Ce cycle est le suivant :



Les étapes du cycle avec débouillage sont :

ETAPE 1 : Étape initiale (ATTENTE)

ETAPE 2 : Descente en grande vitesse (APPROCHE)

ETAPE 3 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 4 : Remontée en grande vitesse (DEGAGEMENT)

ETAPE 5 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 6 : Remontée en grande vitesse (RETOUR)

Les étapes du cycle sans débouillage sont :

ETAPE 1 : Étape initiale (ATTENTE)

ETAPE 2 : Descente en grande vitesse (APPROCHE)

ETAPE 3 : Descente en petite vitesse (PERCAGE)

ETAPE 6 : Remontée en grande vitesse (RETOUR)

Remarquons que le cycle sans débouillage correspond au saut des étapes 4 et 5 dont les comportements sont inutiles dans ce cycle.

Nous pouvons donc définir un saut conditionnel d'étapes comme une rupture de séquence (autre type d'aiguillage).

e) s'il y a un choix conditionnel entre plusieurs séquences :

Dans le fonctionnement d'un équipement automatisé, il est nécessaire d'effectuer une sélection exclusive d'une séquence parmi plusieurs séquences (aiguillage).

Exemple: station de pompage (voir figure suivante)

Un groupe moto-pompe alimente en eau, à partir des bassins de reprise, le réservoir d'un château d'eau.

Deux modes de fonctionnement sont possibles :

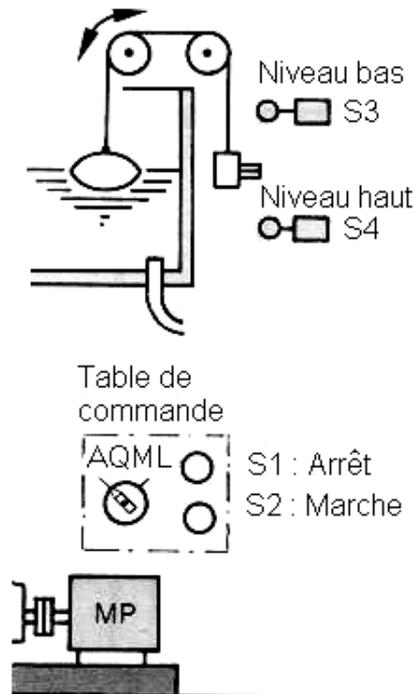
- Marche manuelle : le responsable de l'installation commande à volonté la marche ou l'arrêt du groupe moto-pompe.
- Marche automatique : (commande automatique) : en fonction de deux niveaux prédéterminés d'eau dans le réservoir, niveau bas et haut, le groupe se met automatiquement en marche ou s'arrête.

On a donc une étape initiale commune aux deux modes de fonctionnement :

ETAPE 1 : étape initiale (ATTENTE)

Équipement sous tension.

Suivant que le commutateur est sur position marche automatique ou sur position marche manuelle on a le choix entre deux séquences



Séquence 1 : marche manuelle

Point de décision : position du commutateur sur ML et information marche.

Étape 2 : Mettre le groupe en marche.

Point de décision : information d'arrêt.

Étape 3 : Arrêter le groupe

Séquence 2 : Marche automatique

Point de décision : position du commutateur sur AQ et information niveau bas atteint.

Étape 4 : Mettre le groupe en marche

Point de décision : information niveau haut atteint.

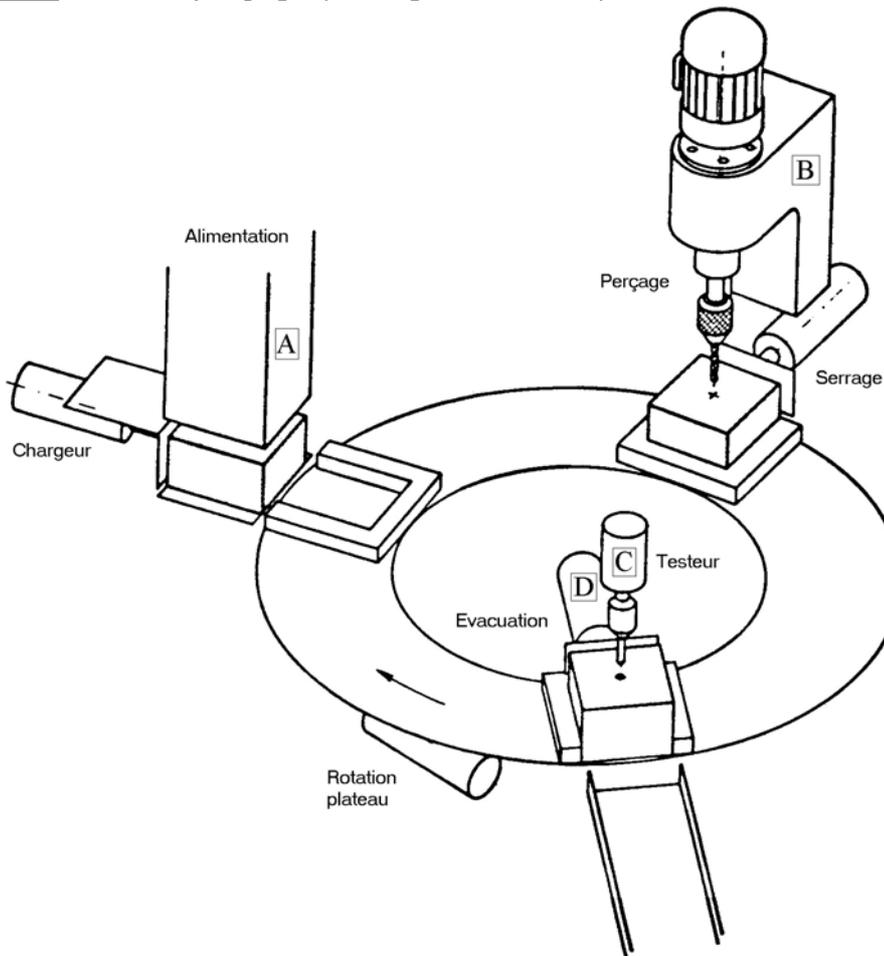
Étape 5 : Arrêter le groupe.

Après la fin de la séquence choisie 1 ou 2, on a un point de décision qui permet de vérifier si on a la position repos du contacteur du moteur de pompe et puis retour à l'étape initiale.

f) S'il y a des séquences simultanées :

Le cycle de fonctionnement d'un équipement automatisé peut comporter plusieurs séquences qui s'exécutent simultanément mais dont les évolutions des étapes actives dans chaque séquence restent indépendantes.

Exemple : Poste de perçage (voir figure suivante)



Un plateau tournant dessert 3 postes de travail : le premier de chargement, le deuxième de perçage, et le troisième de contrôle et d'évacuation des pièces percées. Donc on aura 3 séquences :

Séquence 1 : de chargement

Séquence 2 : de perçage

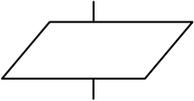
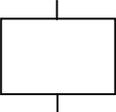
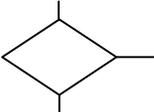
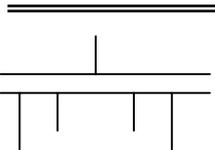
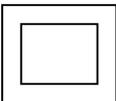
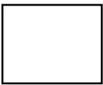
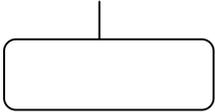
Séquence 3 : de contrôle et d'évacuation.

Chacune de ces séquences est composée d'un certain nombre d'étapes.

Lorsque l'ordre marche apparaît à condition que la partie opérative soit correctement positionnée, les trois séquences précitées sont simultanément activées. A partir de cette situation les 3 évoluent indépendamment les unes des autres mais elles devront être toutes achevées pour aboutir à une évolution commune à l'étape qui provoque la rotation du plateau.

II. Les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence.

Les principaux symboles associés à diverses représentations graphiques d'une séquence sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Symboles	Désignations
	<i>Début d'un organigramme</i>
	<i>Point d'entrée de données ou de sortie de résultats</i>
	<i>Action c'est-à-dire opération ou groupe d'opérations sur des données. C'est le symbole général «traitement»</i>
	<i>Indication d'un point de décision (test ou alternance) C'est-à-dire exploitation de conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs.</i>
	<i>Ce symbole est utilisé lorsqu'une ou plusieurs voies doivent l'avoir atteint avant qu'une ou plusieurs voies qui en sortent soient utilisées en parallèle ou suivant un ordre quelconque.</i>
	<i>Étape initiale</i>
	<i>Renvoi : donne la possibilité de raccorder des segments de grandes séquences.</i>
	<i>Étape simple</i>
	<i>Transition</i>
	<i>Fin d'un organigramme</i>

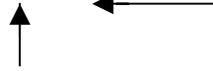
Sens conventionnel des liaisons

Le sens général des lignes de liaisons doit être :
De haut en bas ;



- De gauche à droite ; ———

Lorsque le sens ainsi défini n'est pas respecté, des pointes de flèches à cheval sur la ligne indiquent le sens utilisé :



III. Modes de marche et d'arrêt d'une séquence.

III.1 Les modes de marche :

Un mode de marche est un choix de fonctionnement, effectué par l'opérateur, conditionnant la façon dont doit se dérouler le cycle de l'automatisme de commande.

Malgré la grande variété des modes de marche rencontrés sur les automatismes industriels, il est possible de les regrouper en deux grandes catégories :

- Les marches automatiques ou de production.
- Les marches d'intervention.

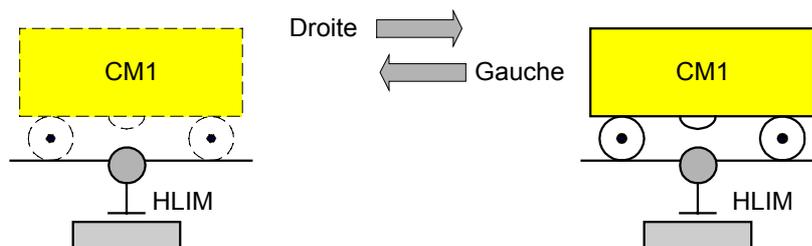
a) Les marches automatiques :

Les marches automatiques sont considérées comme le fonctionnement normal de l'automatisme.

- Fonctionnement semi-automatique – Marche cycle par cycle – Cycle unique :

Chaque cycle, commandé par l'information «départ cycle», se déroule automatiquement mais nécessite à chaque fois une nouvelle intervention de l'opérateur pour pouvoir exécuter le cycle suivant.

Exemple :



- Le chariot est initialement à gauche.
- En activant un bouton poussoir départ cycle (dcy), le chariot effectue le cycle suivant :
 - Déplacement vers la droite jusqu'à fin de course HLIM;
 - Déplacement vers la gauche jusqu'à fin de course HLIM;
 - Arrêt du chariot.

D'après le cahier de charge de cet exercice, il faut une nouvelle activation du bouton dcy pour exécuter le cycle suivant.

- Fonctionnement automatique – Marche cycle automatique – Cycles continus :

Après action sur un bouton poussoir «départ cycle», le cycle se répète indéfiniment jusqu'à ce que l'ordre d'arrêt soit donné, cet arrêt ne s'effectuant qu'une fois le cycle terminé.

Précisons bien que cette demande d'arrêt n'intervienne que pour éviter l'exécution d'un nouveau cycle mais ne provoque pas l'arrêt du cycle en cours.

Exemple :

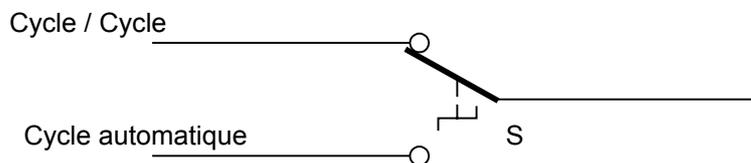
Reprenons l'exemple précédent avec un cahier de charge différent :

- Le chariot est initialement à gauche.
- Dès qu'on active un bouton poussoir «départ cycle», le chariot effectue les déplacements suivants :

- Déplacement à droite jusqu'à fin de course HLIM
- Déplacement à gauche jusqu'à fin de course HLIM

Le cycle recommence jusqu'à l'activation d'un bouton poussoir «arrêt cycle» à la fin du cycle.

Le choix de ces marches de production est laissé à l'opérateur. Elles peuvent être réalisées par un commutateur bidirectionnel à deux positions maintenues :



Remarque : L'arrêt des cycles continus s'effectue en plaçant le commutateur sur la position «Cycle par Cycle».

b) Les marches d'intervention :

Les marches dites d'intervention ou de maintenance, dont les plus connues sont les marches manuelles, nécessitent de la part de celui qui les utilise une connaissance très précise de la machine et de ses possibilités. Ces modes ne seront donc généralement exécutés que sous la responsabilité d'un régleur ou d'un agent de maintenance.

III.2 Les arrêts :

Les arrêts ne constituent pas à proprement parler un mode de marche mais peuvent imposer aussi au cycle des structures particulières.

a) L'arrêt momentané :

Un arrêt momentané interrompt immédiatement les ordres de commande de toute ou partie des actions en cours.

Il est donc possible, sous le contrôle de l'opérateur, de reprendre le fonctionnement du cycle à l'endroit où il a été interrompu.

b) Les arrêts d'urgence :

Un arrêt d'urgence provoque l'annulation de tous les ordres de commande, que ceux-ci soient manuels ou automatiques. Il peut quelques fois laisser certaines actions maintenues ou en enclencher d'autres suivant le sens de la sécurité.

L'arrêt d'urgence peut aussi effectuer la remise à zéro du ou des cycles, c'est à dire la désactivation de toutes les étapes actives ou réinitialiser le cycle si cette opération ne s'avère pas dangereuse pour la partie opérative.

La machine doit donc dans certains cas être ramenée à sa position initiale ou d'origine, manuellement ou, à partir d'une séquence particulière de dégagement.

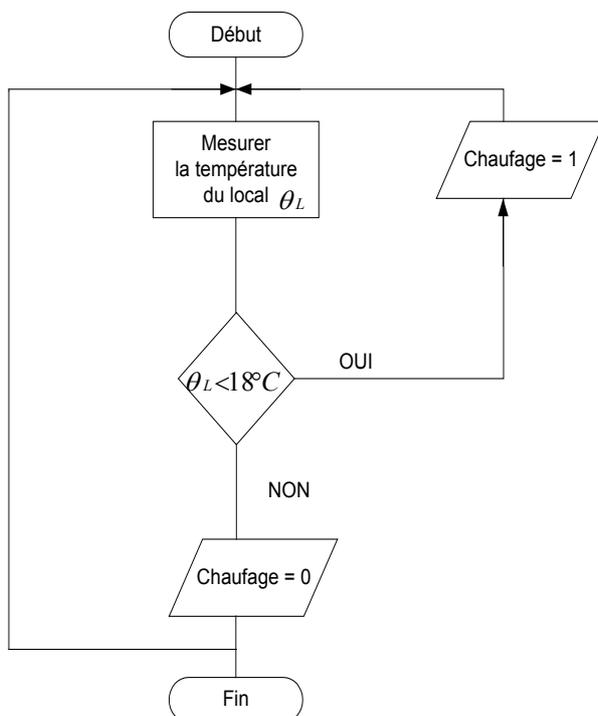
IV. Différentes représentations graphiques d'une séquence

IV.1 Algorithme:

Un algorithme est une règle. Il s'exprime par une suite ordonnée de directives composées d'actions et de décisions qu'il faut exécuter en séquence suivant un enchaînement strict pour accomplir une tâche quelconque. On peut considérer que toute succession de tâches logiques constitue l'algorithme de son résultat.

Exemples : Chauffage d'un local

Dans un local le chauffage ne doit fonctionner que pour des températures inférieures à 18°C .



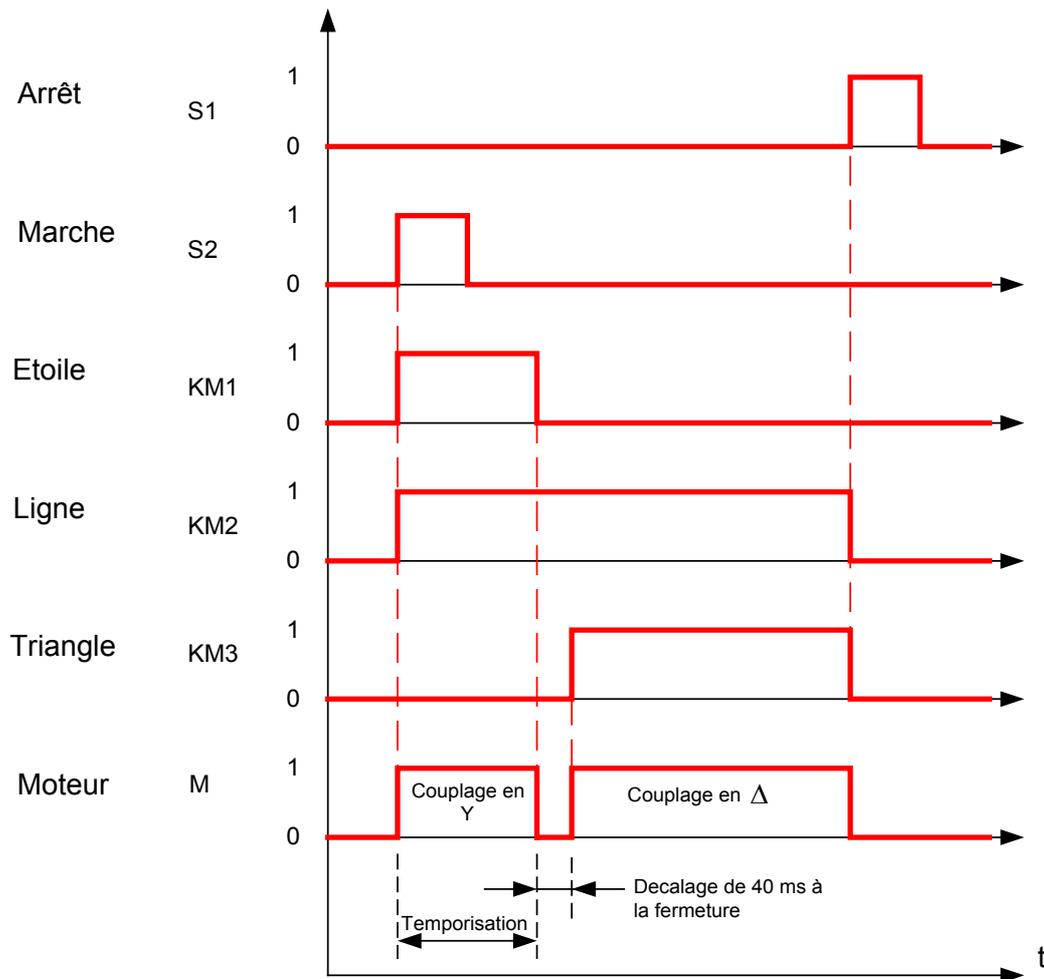
État 1 : Chauffage en marche.

État 0 : Chauffage arrêté.

IV.2 Chronogramme

Il permet de visualiser l'interaction des variables binaires d'un circuit. Il représente par un graphique les états 0 et 1 de celles-ci en fonction du temps.

Chronogramme d'un démarrage étoile-triangle d'un moteur asynchrone triphasé à cage : commande semi-automatique, un sens de marche.



IV.3 GRAFCET

Le GRAFCET est une représentation graphique du comportement d'un système automatisé.

Le tracé de ce graphique est défini par :

- Des éléments de base : Étape, Transition, liaisons orientées permettant de construire la structure séquentielle de l'automatisme ;
- Une interprétation : Actions associées aux étapes, Réceptivités associées aux transitions permettant de décrire le fonctionnement de la partie opérative et de la partie commande ;

- Des règles d'évolution, permettant d'obtenir des documents pouvant être interprétés sans ambiguïté par les différents intervenants dans l'automatisme.

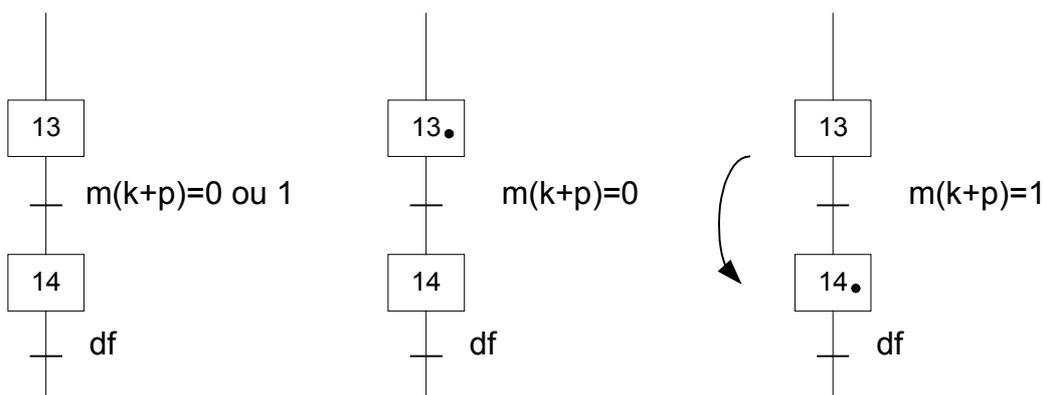
a) **Éléments de base :**

- **Étape :** Caractérise un comportement invariant d'une partie ou de la totalité de la partie commande du système.
- **Actions associées à l'étape :** Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est active.
- **Transition :** Elle indique la possibilité d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
- **Réceptivité :** associée à la transition : C'est une condition logique vraie ou fausse des différentes variables nécessaires au franchissement de la transition.
- **Liaisons orientées :** Ce sont des lignes verticales ou horizontales qui relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

b) **Règles d'évolution du GRAFCET**

- **Règle 1 :** L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement.
- **Règle 2 :** Une transition est soit validée, soit non validée. Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut être franchie que lorsqu'elle est validée et que la réceptivité associée à la transition est vraie.

Exemple :



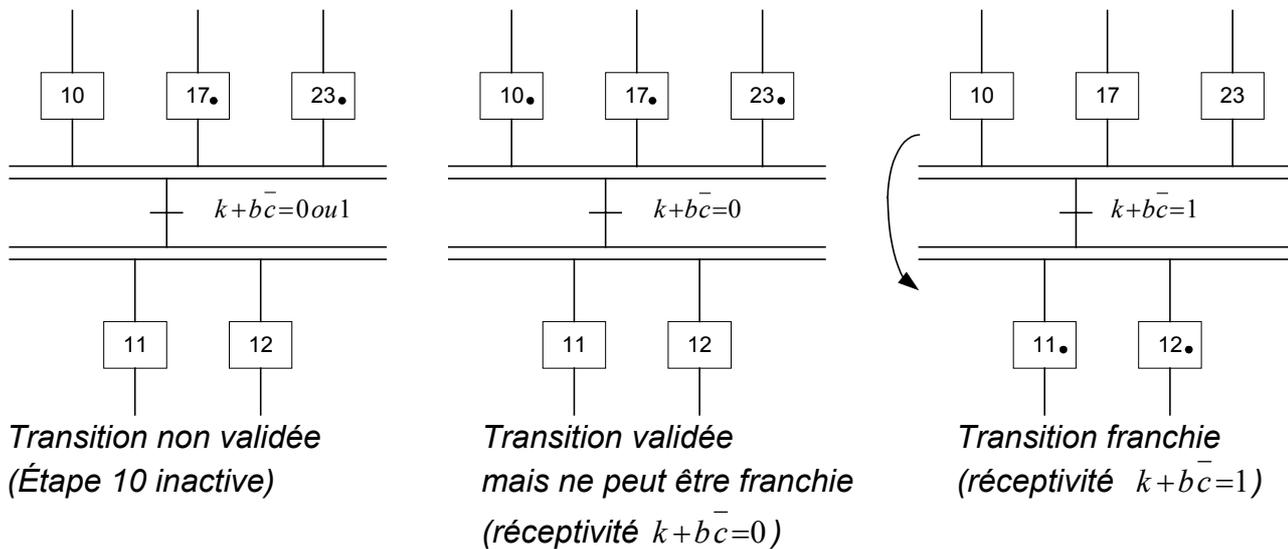
Transition non validée
(étape 13 étant inactive)

Transition validée
mais ne peut être franchie
(étape 13 active mais
réceptivité $m(k+p) = 0$)

Transition franchie
(réceptivité $m(k+p) = 1$)

- **Règle 3 :** Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Exemple :



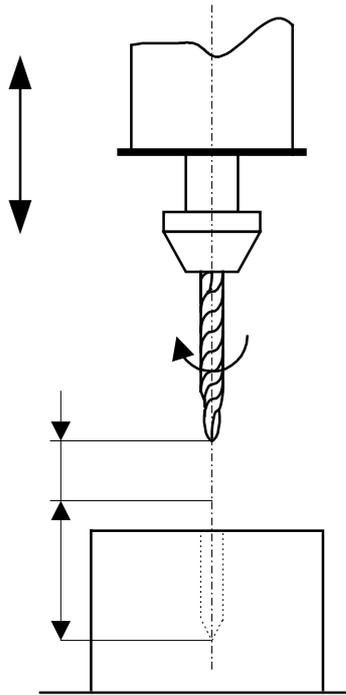
- **Règle 4 :** Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.
- **Règle 5 :** Si au cours d'un fonctionnement une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste activée.

c) **Emploi du diagramme fonctionnel GRAFCET**

A fin de définir correctement le cahier des charges d'un équipement, le diagramme fonctionnel est utilisé à 2 niveaux :

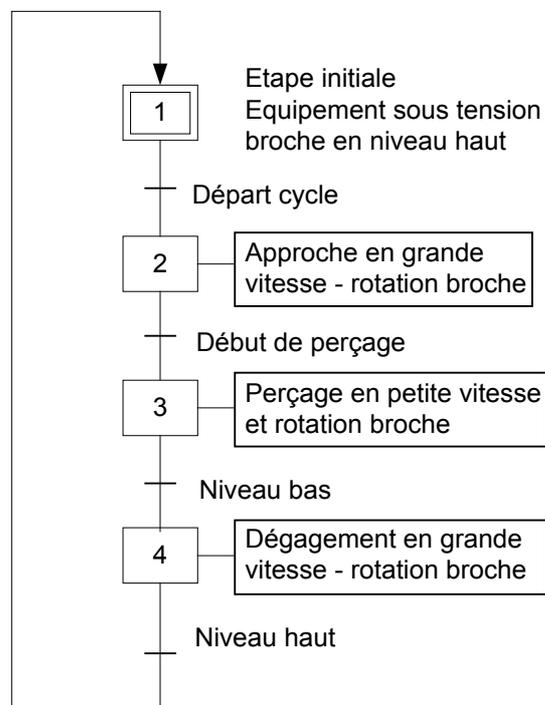
- **Niveau 1 :** Permet de comprendre ce que l'automatisme doit faire face aux différentes situations pouvant se présenter à lui.
- **Niveau 2 :** Le choix technologique étant fait, la description donne les précisions nécessaires à la réalisation pratique de l'équipement.

Exemple : Tête d'usinage.



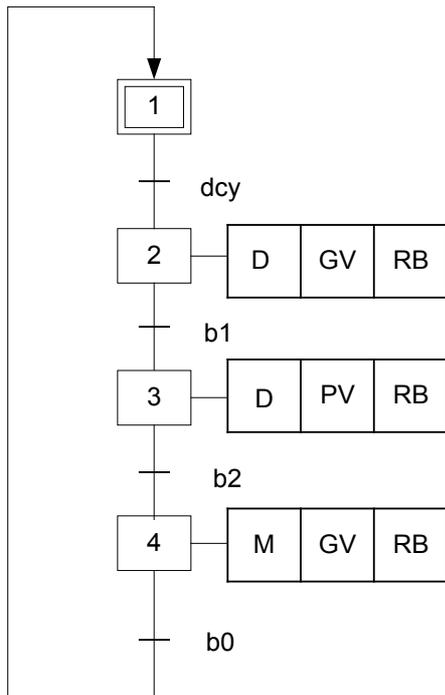
GRAF CET niveau 1 :

On désire percer des pièces à l'aide d'une broche animée d'un mouvement de rotation et d'un mouvement vertical.



GRAF CET niveau 2

Après le choix technique (actionneurs, capteurs) le GRAF CET niveau 2 apporte les précisions nécessaires à la réalisation de l'équipement.

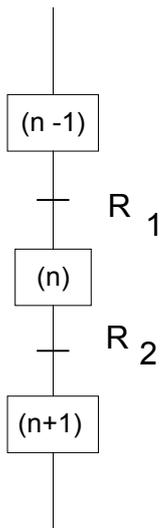


D : descente;
M : montée;
GV : grande vitesse;
PV : petite vitesse;
RB : rotation broche;
Dcy : départ cycle;
b2 : fin de course niveau bas;
b0 : fin de course niveau haut;
b1 : début de perçage.

V. La traduction des représentations graphiques d'une séquence sous forme de schémas

V.1 Mise en équation d'une étape

Une étape de rang (n) a deux états : actif et inactif qui peuvent respectivement s'écrire $A(n)$ et $\bar{A}(n)$.



Les conditions d'activation d'une étape sont les suivantes :

- L'étape de rang ($n-1$) doit être active, soit $A(n-1) = 1$.
- La réceptivité de la transition entre l'étape de rang ($n-1$) et l'étape de rang (n) doit être vraie, soit $t(n-1) \rightarrow (n) = 1$.
- La condition de désactivation est que l'étape de rang ($n+1$) soit active, soit $A(n+1)=1$.

De plus, après activation, l'étape mémorise son état.
 Si $m(n)$ est sa mémoire : $m(n) = 1$.

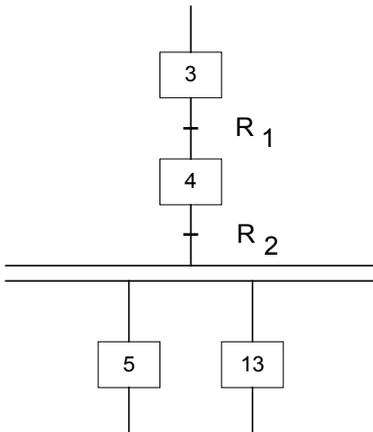
Sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation, l'équation générale de l'état actif d'une étape peut s'écrire :

$$A(n) = (\text{activation OU mémorisation}) \text{ ET PAS désactivation}$$

$$A(n) = \{A(n-1) t(n-1) \rightarrow (n) + m(n)\} \cdot \bar{A}(n+1)$$

Exemples d'application :

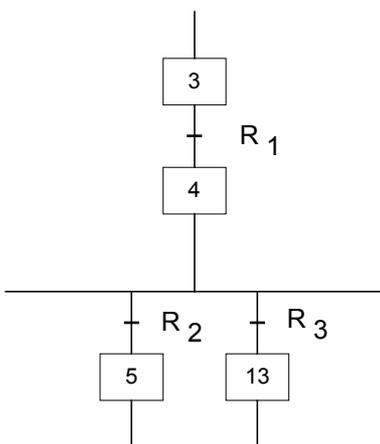
a) Étape précédant le début de deux séquences simultanées



Étape 4 : $A4 = (A3.R1+m4) \cdot \overline{A5 \cdot A13}$
 $A4 = (A3.R1+m4) \cdot (\bar{A}5 + \bar{A}13)$

$\bar{A}5 + \bar{A}13$: condition de non désactivation de l'étape 4 qui prend en compte la divergence en ET.

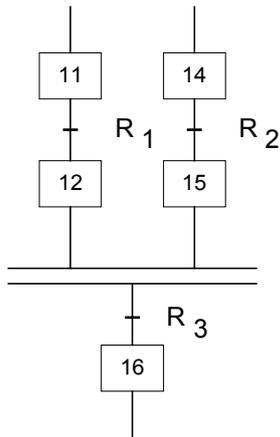
b) Étape précédant un choix conditionnel entre plusieurs séquences



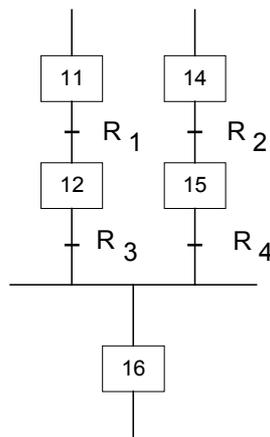
Étape 4 : $A4 = (A3.R1+m4) \cdot (A5+A13)$
 $A4 = (A3.R1+m4) \cdot \bar{A}5 \bar{A}13$

$\bar{A}5 \cdot \bar{A}13$: condition de non désactivation de l'étape 4 qui prend en compte la divergence en OU.

c) Étape terminant deux séquences simultanées ou choisies après un aiguillage



Convergence en ET



Convergence en OU

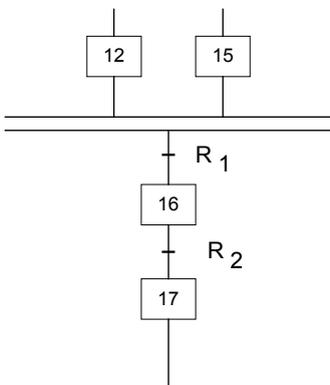
Pour les deux cas de figure :

Étape 12 : $A_{12} = (A_{11}.R_1+m_{12}).\bar{A}_{16}$

Étape 15 : $A_{15} = (A_{14}.R_2+m_{15}).\bar{A}_{16}$

\bar{A}_{16} : condition de non désactivation commune aux deux étapes 12 et 15.

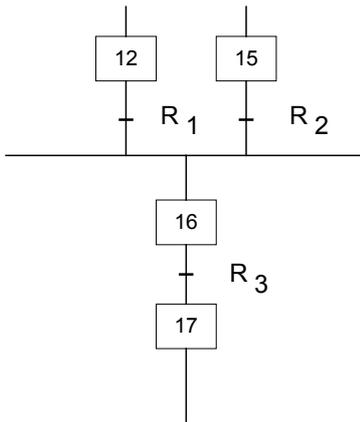
d) Étape de début d'une séquence après convergence en ET



Étape 16 : $A_{16} = (A_{12}.A_{15}.R_1+.m_{16}).\bar{A}_{17}$

$A_{12}.A_{15}.R_1$: condition d'activation de l'étape 16 qui prend en compte la convergence en ET

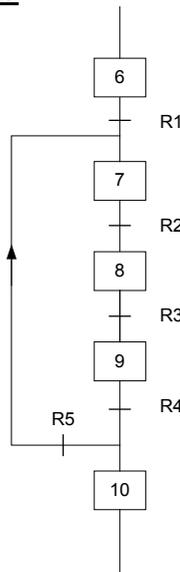
e) Étape de début d'une séquence après une convergence en OU



Étape 16 : $A_{16} = (A_{12}.R_1 + A_{15}.R_2 + m_{16}). \bar{A}_{17}$

$A_{12}.R_1 + A_{15}.R_2$: condition d'activation de l'étape 16 qui prend en compte la convergence en OU

f) Reprise de séquence ou boucle



Soit la boucle 7-8-9 :

* Première étape de la boucle : étape 7

$$A_7 = (A_6.R_1 + A_9.R_5 + m_7). \bar{A}_8$$

$A_6.R_1$: condition d'activation de l'étape 7 en venant de l'étape 6.

$A_9.R_5$: condition d'activation de l'étape 7 en venant de l'étape 9.

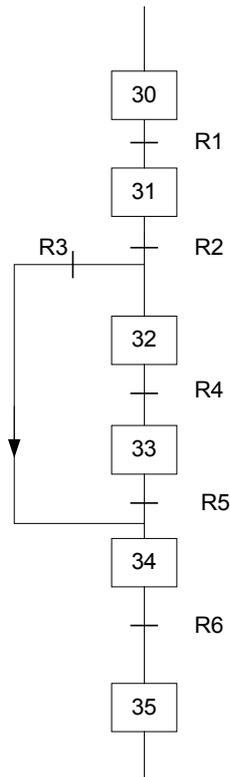
* Dernière étape de la boucle : étape 9

$$A_9 = (A_8.R_3 + m_9). \overline{(A_{10} + A_7)}$$

$$A_9 = (A_8.R_3 + m_9). \bar{A}_{10}. \bar{A}_7$$

$\bar{A}_{10}. \bar{A}_7$: condition de non désactivation de l'étape 9 qui prend en compte la condition de reprise de séquence.

g) Saut d'étapes



Soit le saut des étapes 31-34

* étape qui précède le saut : étape 31

$$A_{31} = (A_{30} \cdot R_1 + m_{31}) \cdot (A_{32} + A_{34})$$

$$A_{31} = (A_{30} \cdot R_1 + m_{31}) \cdot \overline{A_{32}} \cdot \overline{A_{34}}$$

$\overline{A_{32}} \cdot \overline{A_{34}}$: condition de non désactivation de l'étape 31 qui prend en compte la condition de saut.

* étape qui suit le saut : étape 34

$$A_{34} = (A_{33} \cdot R_5 + A_{31} \cdot R_3 + m_{34}) \cdot \overline{A_{35}}$$

$A_{33} \cdot R_5$: condition d'activation de l'étape 34 dans le cas où il n'y a pas de saut de séquence.

$A_{31} \cdot R_3$: condition d'activation de l'état 34 dans le cas où il y a saut de séquence.

V.2 Règles de conversion d'une étape en schéma

a) Schéma électronique

- Représenter chaque étape par une mémoire (bascule bistable type RS). L'équation générale d'une bascule bistable à déclenchement prioritaire est :

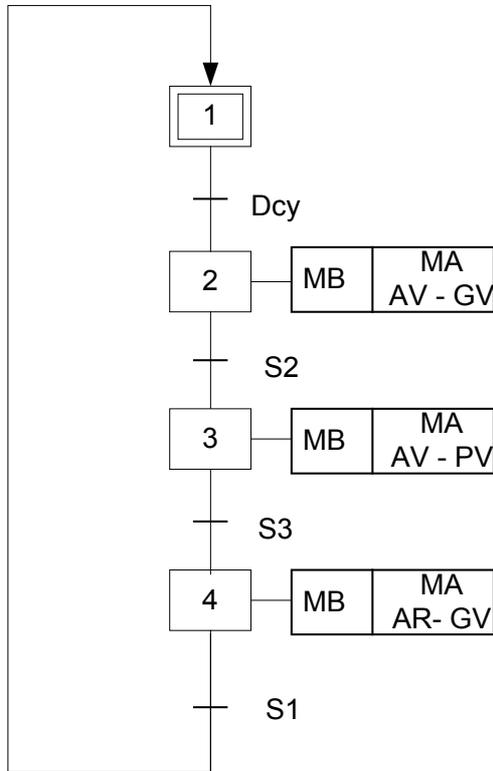
État de la sortie Q = (enclenchement ou mémoire) ET PAS déclenchement

$$Q = (E + m) \times \overline{D}$$

- Écrire les équations d'enclenchement et de déclenchement de chaque étape (bascule).
- Traduire ces équations en schémas logiques (logigramme).

Exemple : Tête d'usinage

GRAFSET :



Équations des bascules bistables
(enclenchement E, déclenchement D)

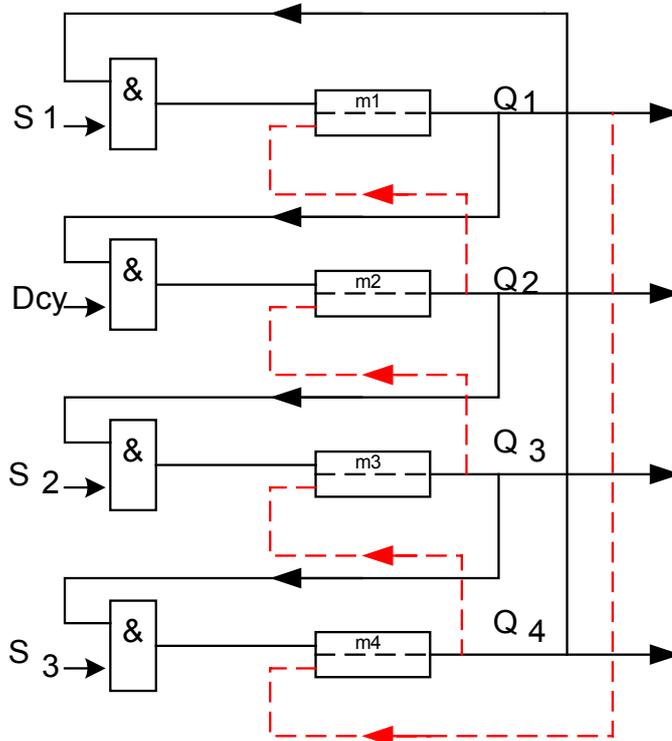
$$\begin{cases} E_1 = Q_4 \times S_1 \\ D_1 = Q_2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_2 = Q_1 \times D_{cy} \\ D_2 = Q_3 \end{cases}$$

$$\begin{cases} E_3 = Q_2 \times S_2 \\ D_3 = Q_4 \end{cases}$$

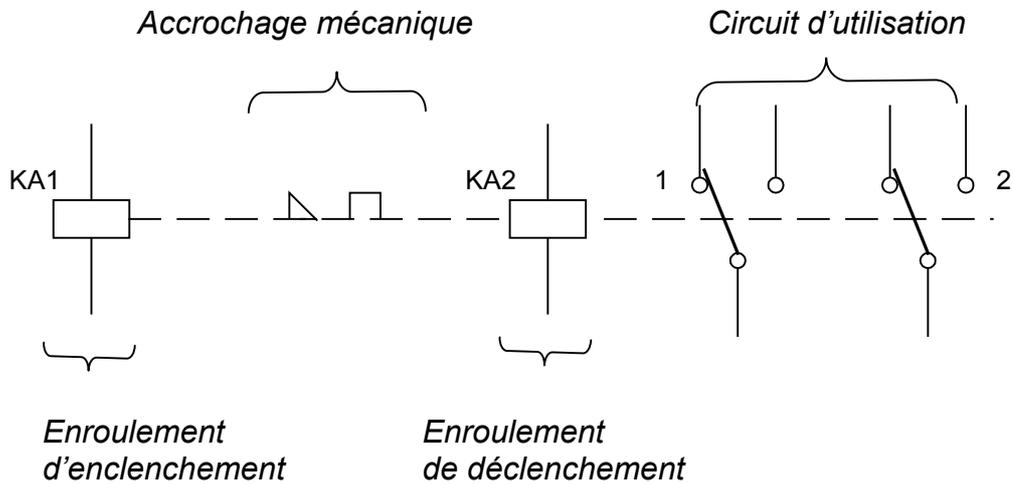
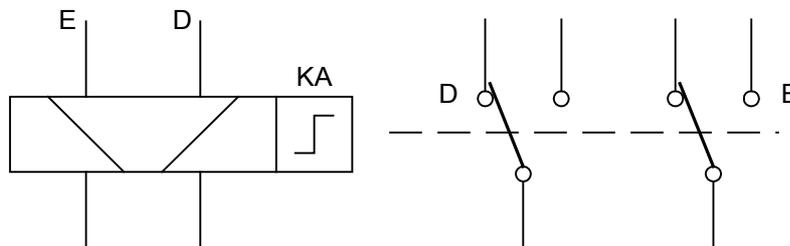
$$\begin{cases} E_4 = Q_3 \times S_3 \\ D_4 = Q_1 \end{cases}$$

Schéma logique :



b) Schémas électriques

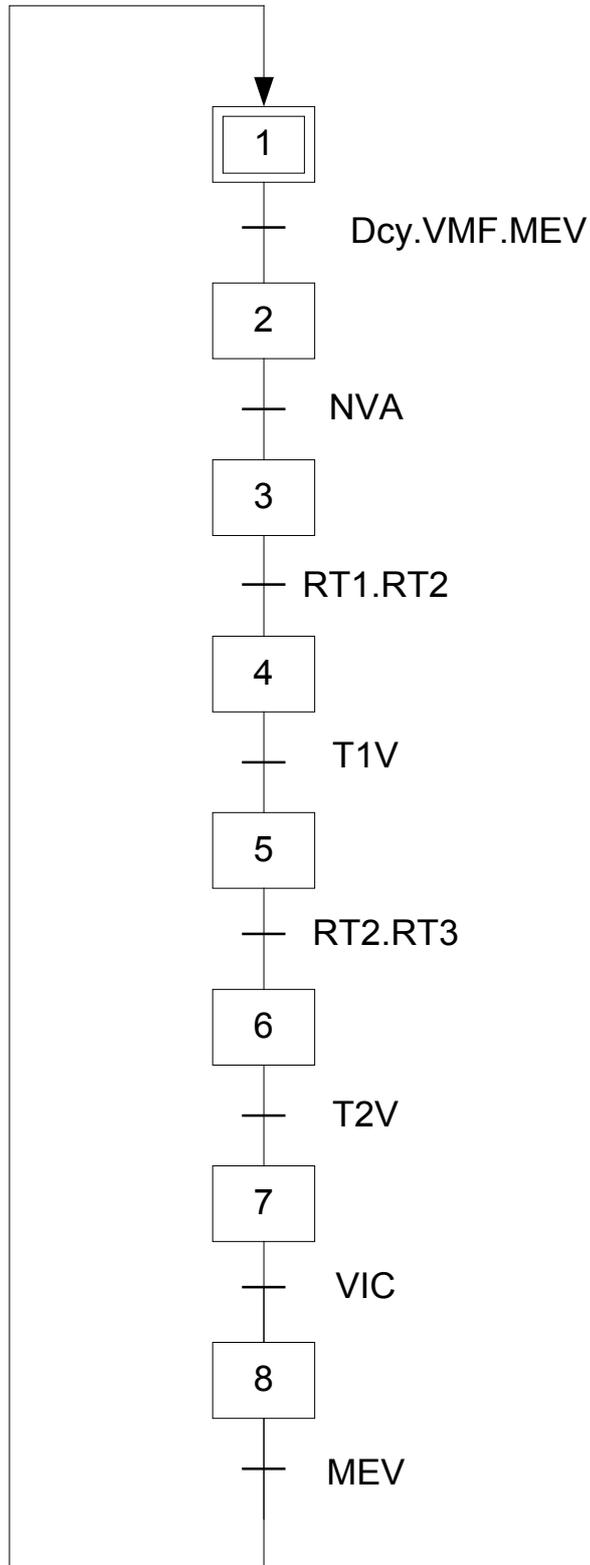
Le principe reste le même que celui utilisé pour les schémas électroniques. L'élément mémoire utilisé est le relais bistable à accrochage mécanique ou magnétique.

Symboles :• Relais bistable à accrochage mécanique• Relais bistable à accrochage mécanique

La solution actuellement la plus répandue est l'utilisation des relais à accrochage mécanique.

Exemple : (Station de mélange)

Le schéma à contacts ou logique se fait très rapidement et d'une façon méthodique, sans qu'il soit besoin de se poser des questions sur le fonctionnement de la partie opérative, au seul vu du GRAFCET.



GRAFCETniveau 2

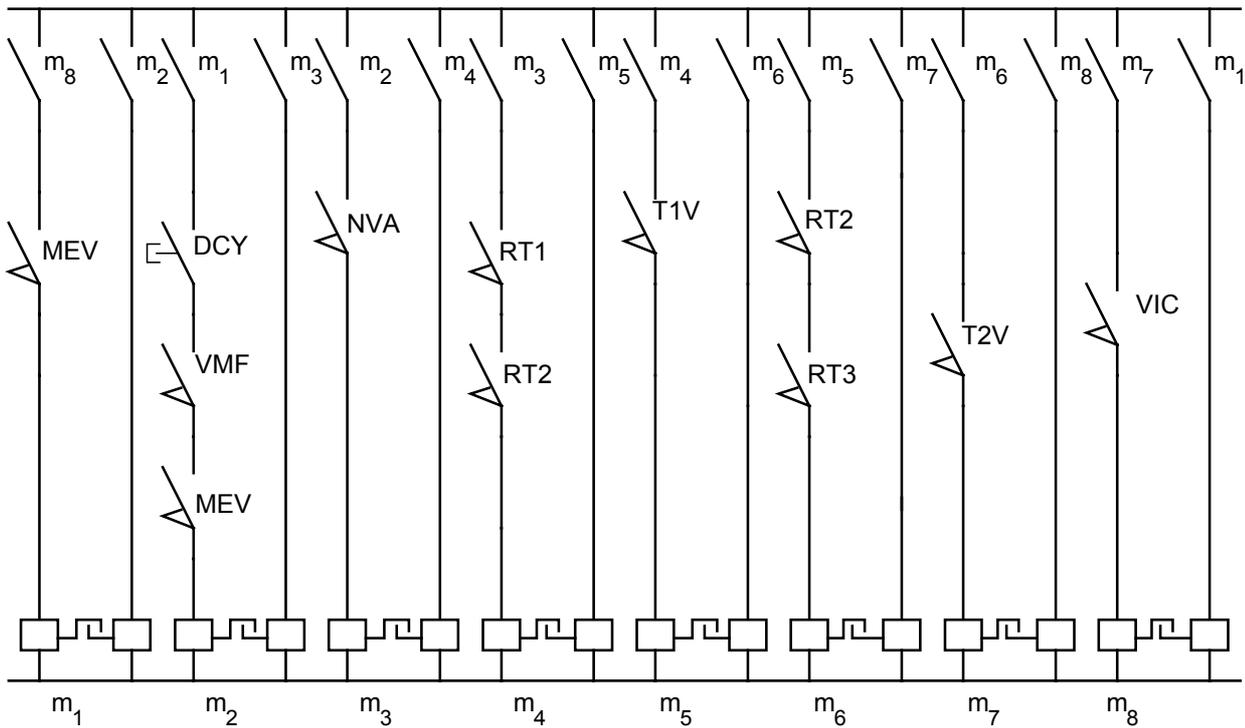


Schéma à contacts correspondant

Information	Capteur
Départ cycle	DCY
Niveau d'eau atteint	NVA
Trémie 1 vide	T1V
Trémie 2 vide	T2V
Rotation tapis 1	RT1
Rotation tapis 2	RT2
Rotation tapis 3	RT3
Mélangeur vide	MEV
Vidange mélange fermée	VMF
Viscosité correcte	VIC

VI. Les éléments de mémoires :

VI.1 Concept de mémorisation :

(figure 6.1)

Pour certains opérateurs, l'état de la sortie dépend non seulement de la combinaison appliquée à l'entrée (logique combinatoire) mais aussi de l'état précédent des sorties du circuit : ils sont dits séquentiels et ont un effet « mémoire ». La logique séquentielle est donc une logique combinatoire avec une mémorisation des sorties. Cette mémorisation est réalisée par ce qu'on appelle une bascule ; c'est un organe de mémorisation unitaire (mémorisation d'une seule donnée).

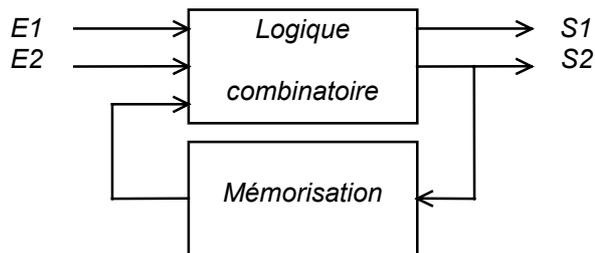


Figure 6.1 – Schéma général d'un circuit séquentiel

Exemple :

On prend l'exemple d'un poste marche-arrêt qui commande le fonctionnement d'un moteur. Une action momentanée sur le bouton «>>marche>> met le moteur en fonction aussi longtemps que le bouton-poussoir «>>arrêt>> n'est pas actionné. Dans le tableau de la figure 6.2, on remarque que les variables d'entrée des étapes 1 et 3 ont la même valeur, mais que l'état de la sortie est différent ; un dispositif de mémoire a maintenu le moteur en marche. Il devient donc impossible de construire une table de karnaugh comme en logique combinatoire et de réaliser le circuit à l'aide de simples portes logiques.

étape	Bouton-poussoir «>>marche>>	Bouton-poussoir «>>arrêt>>	Moteur
1	0	0	0
2	1	0	1
3	0	0	1
4	0	1	0
5	0	0	0

Figure 6.2 – Poste marche-arrêt

On peut dire que le concept de mémorisation est l'élément fondamental de la logique séquentielle.

VI.2 Synchronisation des circuits :

Il existe des circuits synchrones et asynchrones. La différence entre ces deux catégories se situe au regard du synchronisme des actions. Un circuit asynchrone peut changer d'état à

tout moment selon les variables d'entrée. Par contre, un circuit synchrone incorpore un signal d'horloge qui sert à enclencher les actions

a) **Circuit séquentiel asynchrone :**

Dans un circuit séquentiel asynchrone, le changement de l'état logique de la sortie peut s'effectuer à n'importe quel moment selon le changement des variables d'entrée. La détermination de l'état logique du système s'effectue instantanément, d'où la difficulté de concevoir, et surtout de déboguer des circuits asynchrones.

b) **Circuit séquentiel synchrone :**

Dans un circuit séquentiel synchrone, un signal d'horloge commande le changement de l'état logique de la sortie. Le système est alors susceptible de changer d'état uniquement à des moments précis déterminés par l'horloge. Cela facilite la conception et le débogage du circuit par une analyse pas à pas dictée par chaque coup de l'horloge. Il faut noter que les variables doivent être constantes et non fugitives au moment précis du coup de l'horloge, sinon elles ne seront pas prises en considération. (L'expression «variables constantes» signifie que les variables sont dans un état stable).

c) **Signal d'horloge :**

L'horloge génère habituellement un train d'ondes carrées d'une durée fixe, comme le présente la figure 6.3. Cette durée s'appelle période et se mesure en secondes.

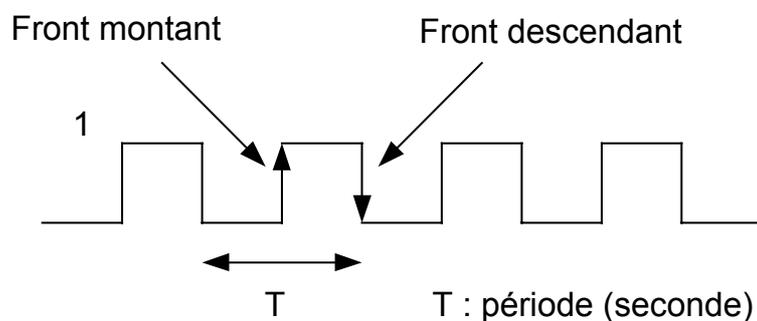


Figure 6.3 – Signal d'horloge

Il importe de distinguer les niveaux et les transitions d'une onde carrée. On connaît déjà le niveau BAS (état logique 0) et le niveau HAUT (état logique 1) associés aux états stables d'une onde. Les transitions correspondent aux changements d'un état stable vers un autre. On désigne le signal ascendant par l'expression front montant (transition positive de 0 à 1) et le signal descendant, par front descendant (transition négative de 1 à 0).

VI.3 **Les bascules :**

La bascule est un circuit bistable pouvant prendre deux états logiques "0" ou "1". L'état de la bascule peut être modifié en agissant sur une ou plusieurs entrées. Le nouvel état de la bascule dépend de l'état précédent, c'est l'élément de base des circuits séquentiels. La

bascule peut conserver son état pendant une durée quelconque, elle peut donc être utilisée comme mémoire.

VI.3.1 Bascules R S :

Une bascule RS peut être réalisée par l'association d'opérateurs NON-OU (NOR) ou NON-ET (NAND).

La bascule RS présente : (voir figure 6.4)

- S : entrée de mise à 1 (SET) de Q ;
- R : entrée de mise à 0 (RESET° de Q ;
- Q et \bar{Q} : sorties complémentaires ;

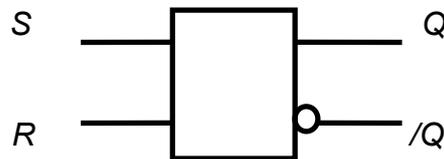


Figure 6.4 - Symbole d'une bascule RS

a) *Bascule RS à opérateurs NON-OU : Voir Figure 6.5*

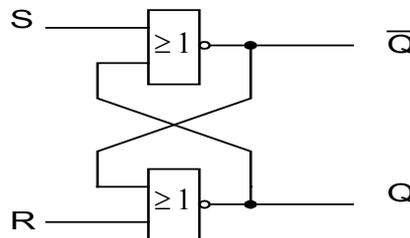


Figure 6.5 – Bascule RS à opérateurs NON-OU

Table de fonctionnement : Voir figure 6.6

Entrées		Sorties	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	Inchangé	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Ambiguïté	

Figure 6.6 - Table de vérité de la bascule RS à opérateurs NON-OU

b) Bascule RS à opérateurs NON-ET : Voir figure 6.7

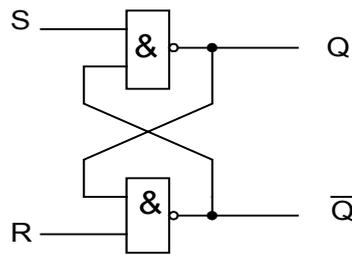


Figure 6.7 - Bascule RS à opérateurs NON-ET

Table de fonctionnement : Voir figure 6.8

Entrées		Sorties	
R	S	Q	\bar{Q}
0	0	Ambiguïté	
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	Inchangé	

Figure 6.8 - Table de vérité de la bascule RS à opérateurs NON-ET

VI.3.2 Bascule R S H (Bascule synchrone) :

Dans la bascule RS, la sortie change d'état, au temps de propagation près, au moment où la combinaison des états des entrées est changée, son mode de fonctionnement est asynchrone.

Dans une bascule synchrone RSH le changement d'état de la sortie qui correspond à une nouvelle combinaison d'états d'entrées ne peut s'effectuer que sur le front actif, montant ou descendant, d'un signal d'horloge (voir figure 6.9).

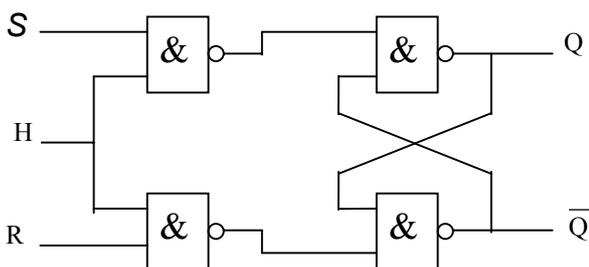
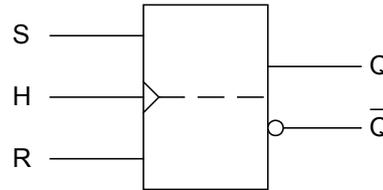


figure 6.9 - Réalisation de la bascule RSH avec des opérateurs NON-ET

La bascule RSH comprend : (voir figure 6.10).

- Trois entrées :
 - S : mise à 1 ;
 - R : mise à 0 ;
 - H : entrée d'horloge, active sur le front montant ou descendant du signal ;
- Deux sorties : Q et \bar{Q} dont les états sont complémentaires ;

Bascule synchrone active sur
le front montant du signal
d'horologe



Bascule synchrone active sur
le front descendant du signal
d'horologe

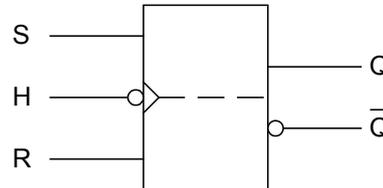


Figure 6.10 – Symboles d'une bascule RSH

Table de fonctionnement : Voir figure 6.11

Entrées			Sorties		Mode de fonctionnement de la bascule
H	S	R	Q _{n+1}	Q̄ _{n+1}	
	0	0	Q _n	Q̄ _n	Mémorisation de l'état précédent (inchangé)
	1	0	1	0	Mise à 1
	0	1	0	1	Mise à 0
	1	1	Ambiguïté		Les états de sorties sont indéterminés ne pas utiliser.

Figure 6.11 - Table de vérité de la bascule RSH

Exemple de bascule RSH déclenchée par front montant ↑ : voir figure 6.12

R	S	Q	Q̄
0	0	x	x̄
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Interdit	

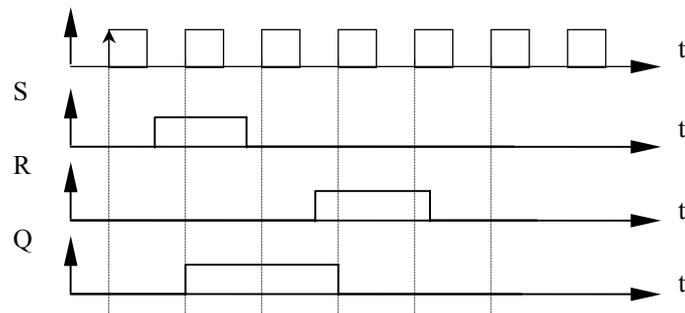


figure 6.12 - Table de vérité et chronogramme de bascule RSH déclenchée par front montant ↑

VI.3.3 Bascule J K synchrone :

La bascule J K synchrone (simple étage) est obtenue à partir d'une bascule R S H dont les sorties sont rebouclées sur les entrées. Ceci permet d'éliminer l'état indéterminé (voir figure 6.13).

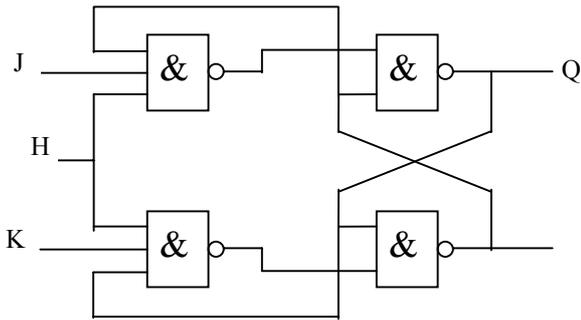


figure 6.13 – bascule JK réalisée avec les portes Nand

La bascule JK présente : (voir figure 6.14).

- Deux entrées J et K ;
- Une entrée d'horloge H ;
- Deux sorties Q et \bar{Q} dont les états sont complémentaires ;

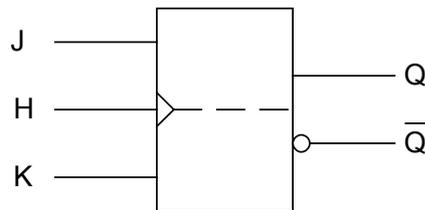


Figure 6.14 – Symbole d'une bascule JK

Fonctionnement d'une bascule JK :

Les entrées J et K de ce type de bascule ont le même rôle que les entrées S et R de la bascule RSH à la différence que la condition $J = K = 1$ n'est pas une condition ambiguë sur l'état de Q et /Q.

L'état $J = K = 1$ provoque le changement d'état de la sortie Q ou un basculement successif à chaque top d'horloge. Il est utilisé dans de nombreux systèmes numériques.

Exemple de bascule JK déclenchée par front montant \uparrow : voir figure 6.15

K	J	Q	\bar{Q}
0	0	x	\bar{x}
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	\bar{x}	x

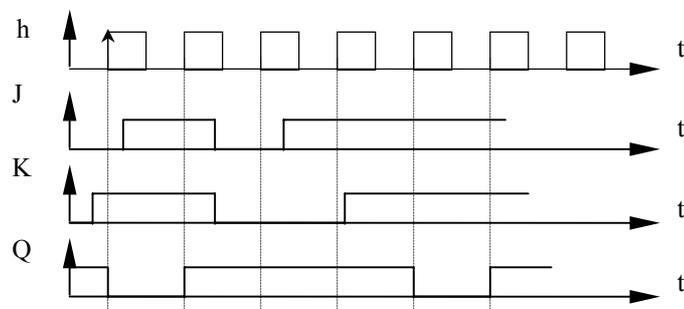


figure 6.15 - Table de vérité et chronogramme de bascule JK déclenchée par front montant \uparrow

VI.3.4 Bascule D synchrone :

Une bascule D est réalisée à partir d'une bascule R S ou J K dont les entrées sont reliées par un inverseur. Ceci impose donc que les entrées prennent des états complémentaires.

Réalisation: voir figure 6.16.

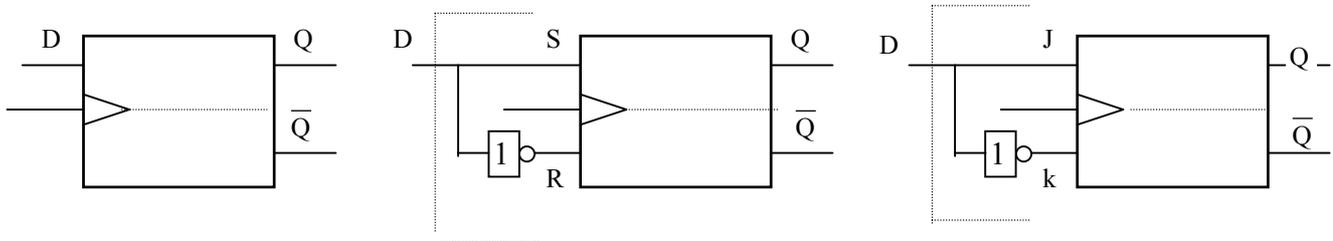


figure 6.16 – Réalisation de la bascule D

Exemple de bascule D déclenchée par front montant \uparrow : voir figure 6.17

D	Q
0	0
1	1

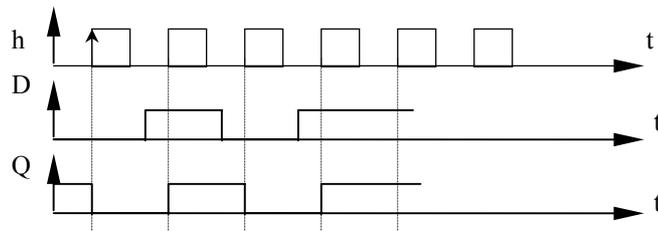


figure 6.17 - Table de vérité et chronogramme de bascule D déclenchée par front montant \uparrow

La table de vérité met bien en évidence que la sortie Q recopie l'état de l'entrée D sur le front actif du signal d'horloge, ici le front montant. Ce type de bascule, à déclenchement sur front actif du signal d'horloge, est très utilisé : Compteurs, mémoire tampon,...

VI.3.5 Bascule maître-esclave:

Problème: Les bascules synchrones nécessitent des états stables sur leurs entrées au moment de la transition du signal d'horloge, cela n'est pas toujours possible lorsque plusieurs bascules sont câblées entre elles (exemple: en comptage) et l'on a des aléas de fonctionnement (voir figure 6.18).

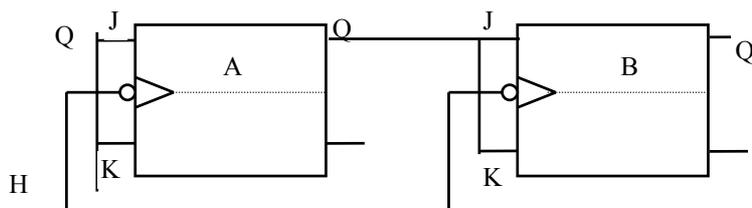
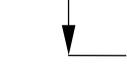


Figure 6.18 – Association de bascules synchrones

Solution: Il existe des bascules à 2 étages qui évoluent en 2 temps.

1er temps:  Verrouillage du 2ème étage
Prise en compte des entrées par le 1er étage

2ème temps  Verrouillage du 1er étage
Prise en compte des données par le 2ème étage

Exemple : bascule J K Maître-Esclave : (voir figure 6.19)

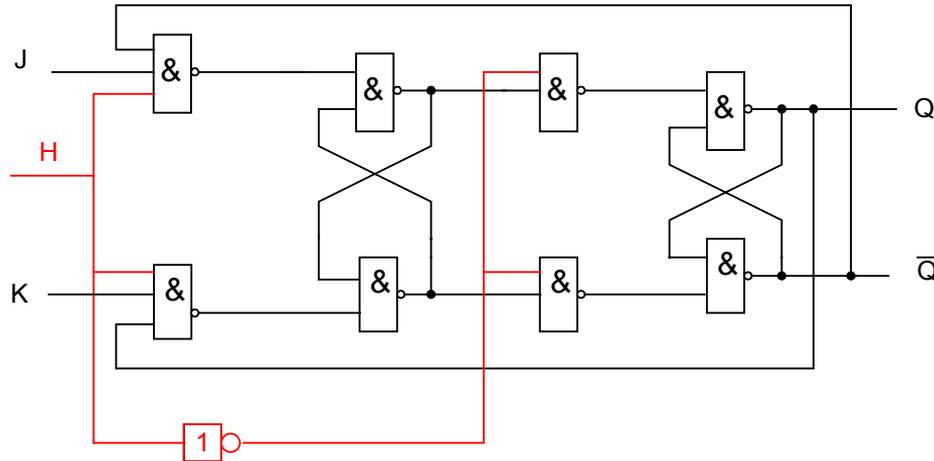


Figure 6.19 - bascule J K Maître-Esclave :

VI.3.6 Bascule T :

La bascule T présente :

- Une entrée d'horloge H ;
- Deux sorties Q et \bar{Q} dont les états sont complémentaires.

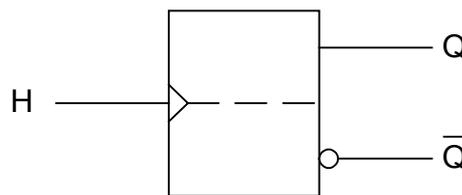


Figure 6.20 – Symbole d'une bascule T

Table de fonctionnement :

Entrée	Sortie		Modes de fonctionnement de la bascule
	Q_{n+1}	Q_{n+1}	
	Q_n	Q_n	Changement d'état

Quand l'entrée H passe à l'état dynamique 1, les sorties changent d'état.
Quand l'entrée H passe à l'état 0, les sorties restent dans leur état.

VI.3.7 Initialisation des bascules :

Les bascules RSH, JK et D ont un fonctionnement synchrone par rapport à un signal d'horloge. Leurs entrées de commande R, S, J, K et D sont des entrées synchrones. Pour le fonctionnement d'un système, il est souvent nécessaire que les bascules soient initialisées, c'est à dire que leur sortie Q soit à 1 ou à 0 et ce indépendamment du signal d'horloge. D'où, deux entrées supplémentaires asynchrones, présentes sur pratiquement tous les circuits intégrés :

- Preset : mise à 1 de la sortie Q
- Clear : mise à 0 de la sortie Q.

Ces deux entrées asynchrones sont désignées entrées d'initialisation ou de forçage. Exemple pour la bascule JK : Voir figure 6.21

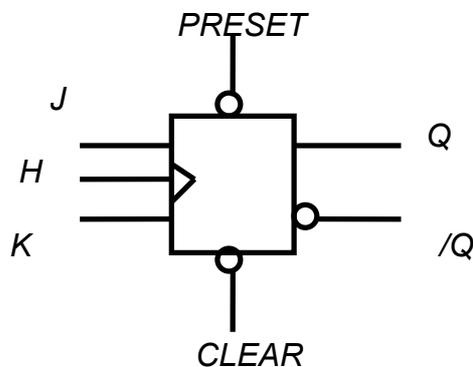


Figure 6.21 - la bascule JK avec les entrées de forçage

Remarque : La négation logique sur les deux entrées asynchrones PRESET et CLEAR indique qu'elles sont actives sur le niveau bas du signal qui leur est appliqué.

Table de vérité (voir figure 6.22).

Preset	Clear	H	Q
0	0	X	A ne pas utiliser
0	1	X	1
1	0	X	0
1	1	↑	Fonctionnement synchrone de la bascule

Figure 6.22 – Table de vérité de la bascule JK avec les entrées de forçage

VI.4 Monostable – astable

a) Monostable :

C'est une microstructure séquentielle, qui en sortie possède deux états complémentaires l'un de l'autre.

- L'un des deux états étant stable.
- L'autre ne pouvant être occupé que momentanément [état pseudo-stable].

Une impulsion à l'entrée (c-à-d changement d'état de 0 à 1) amène la sortie à l'état 1, la sortie reste dans cet état pendant une durée définie par les caractéristiques particulières de l'opérateur, indépendamment du temps pendant lequel l'entrée reste à l'état 1 puis revient à l'état 0.

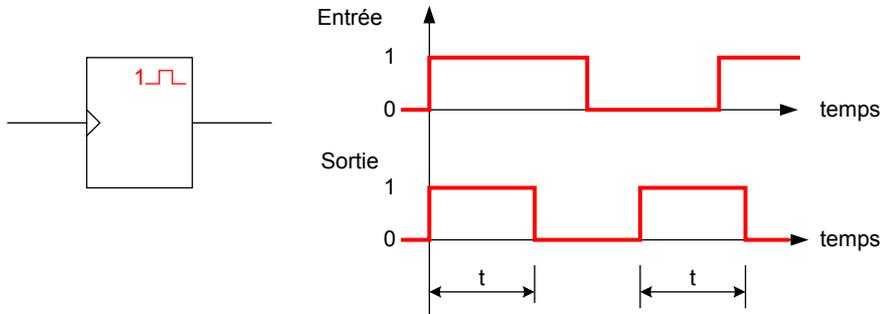


Figure 6.23 - Symbole d'un monostable

b) stable ou oscillateur :

Microstructure séquentielle qui, en sortie, possède deux états pseudo-stables (complémentaire l'un de l'autre) ; le passage d'un état à l'autre s'effectuant périodiquement avec un facteur de forme quelconque.

Dans certaines utilisations, les bascules astables peuvent prendre le nom de multivibrateurs.

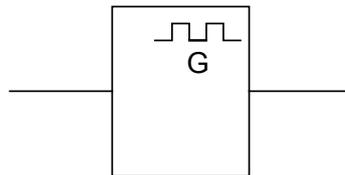


Figure 6.24 - Symbole d'un astable

VII. Les compteurs :

VII.1 Identification de la fonction :

La fonction comptage existe dans de nombreux systèmes dans lesquels le résultat d'un calcul effectué :

- sur une série d'objets,
- ou sur la répétition d'un événement

déclenche :

- une décision prise par l'utilisateur,
- Ou une action gérée automatiquement par le système.

Exemples :

- Un poste de sciage s'arrête après avoir débité 20 pièces d'un même lot.
- Dans un système à programmation chronologique, le comptage du temps écoulé permet de déclencher automatiquement certaines opérations : arrosage d'un jardin, mise en marche d'un appareil électroménager, allumage d'un feu de signalisation...

Un système de comptage comprend toujours un compteur.
Un compteur est un système logique dont le mot binaire en sortie se modifie chaque fois qu'une information est appliquée à son entrée.
Suivant qu'une nouvelle impulsion incrémente ($n+1$) ou décrémente ($n-1$) la valeur binaire du mot de sortie, le circuit fonctionne en compteur ou en décompteur.

VII.2 Caractéristiques des compteurs :

La caractéristique principale d'un compteur est sa capacité de comptage. Cette capacité de comptage détermine le nombre de bits du mot binaire de sortie.

VII.2.1 Compteur Modulo 2 :

Le mot binaire de sortie du compteur le plus simple n'a qu'un bit qui ne peut donc prendre que l'état logique 0 ou 1 lorsque les impulsions à compter se succèdent sur l'entrée du compteur. Le mot de sortie est à l'état logique 1 toutes les deux impulsions, le compteur divise par 2 le nombre des impulsions d'entrée. Cette caractéristique de division est désignée par le modulo du compteur qui dans ce cas est 2. La structure d'un compteur modulo 2 est une bascule :

- du type D,
- ou du type JK,

VII.2.2 Compteur Modulo 2^N :

Un compteur modulo 2 étant constitué d'une bascule, il est possible :

- d'associer 2 bascules pour réaliser un compteur modulo 4 soit 2^2 ,
- d'associer 3 bascules pour réaliser un compteur modulo 8 soit 2^3 ,

VII.2.3 Compteur dont le modulo est différent de 2^N :

Il est toujours possible de réaliser un compteur dont le modulo est différent de 2^N . Il suffit de forcer sa réinitialisation à zéro avec le mot de sortie qui suit immédiatement la dernière impulsion comptée.

De plus, les compteurs binaires sont classés en 2 catégories :

- Les compteurs asynchrones,
- Les compteurs synchrones.

VII.2.4 Compteur binaire asynchrone :

Dans ce type de structure, l'impulsion de progression du compteur est appliquée sur l'entrée d'horloge du premier étage, les entrées d'horloge des autres bascules reçoivent le signal de sortie de l'étage précédent.

VII.2.5 Compteur binaire synchrone :

Dans la structure synchrone, l'horloge est la même pour tous les étages : le basculement de toutes les bascules se fait en même temps.

VII.3 Les compteurs asynchrones:

Le terme « asynchrone » se définit comme l'absence de synchronisme des signaux qui déclenchent la commande d'un circuit. Comme les entrées d'horloge remplissent habituellement cette fonction, les compteurs asynchrones ne possèdent pas de ligne commune qui relie toutes les entrées d'horloge des bascules. Par conséquent, on branche le signal d'horloge uniquement à la première bascule. Le signal de sortie de cette première bascule sert d'horloge à la seconde bascule et ainsi de suite.

Les compteurs asynchrones sont les plus simples à concevoir. Toute fois, le délai de propagation qu'ils engendrent provoque des imprécisions importantes. On évite donc leur utilisation pour la mesure précise du temps.

VII.3.1 Compteur modulo 8 asynchrone :

On réalise ce compteur en branchant en cascade trois bascules JK. La sortie de la première bascule devient l'entrée d'horloge de la deuxième bascule, la sortie de la deuxième bascule devient l'horloge de la troisième bascule (voir figure 7.1).

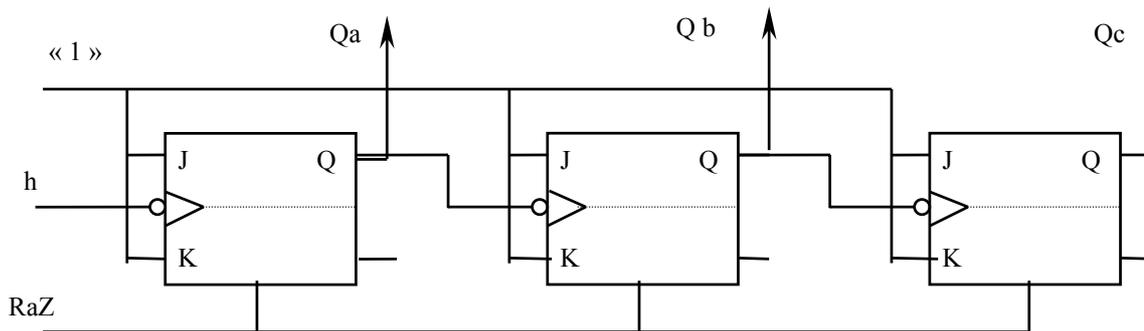


Figure 7.1 - Compteur modulo 8 asynchrone

Table de vérité et chronogramme du Compteur modulo 8 asynchrone voir figure 7.2.

N	Qc	Qb	Qa
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

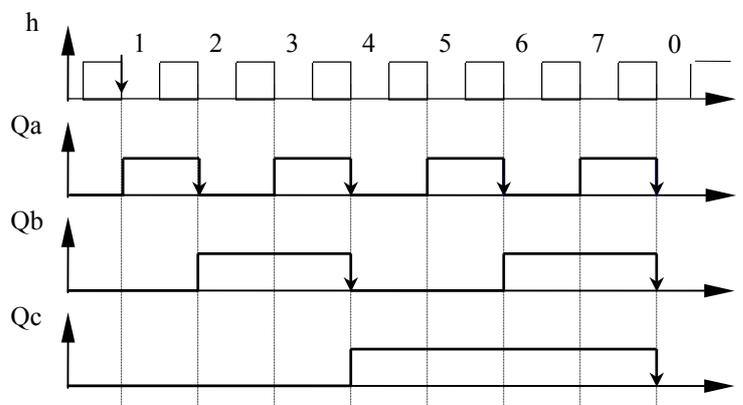


Figure 7.2 - Table de vérité et chronogramme du compteur modulo 8 asynchrone

VII.3.2 Compteur modulo 10 asynchrone (compteur DCB) :

Un compteur modulo 10 possède dix états, qui correspondent aux équivalents binaires des nombres de 0 à 9. Sa réalisation nécessite l'utilisation de quatre bascules. De même il peut diviser la fréquence d'entrée par dix. Un compteur DCB dénombre les états de $(0000)_2$ à $(1001)_2$. Il est très répandu, car il établit le lien avec les dispositifs d'affichage numériques qui permettent de représenter les nombres décimaux de 0 à 9 par l'intermédiaire du code DCB. Il suffit de raccorder la sortie des bascules à un décodeur DCB qui pilote un afficheur à sept segments. (voir figure 7.3 et 7.4)

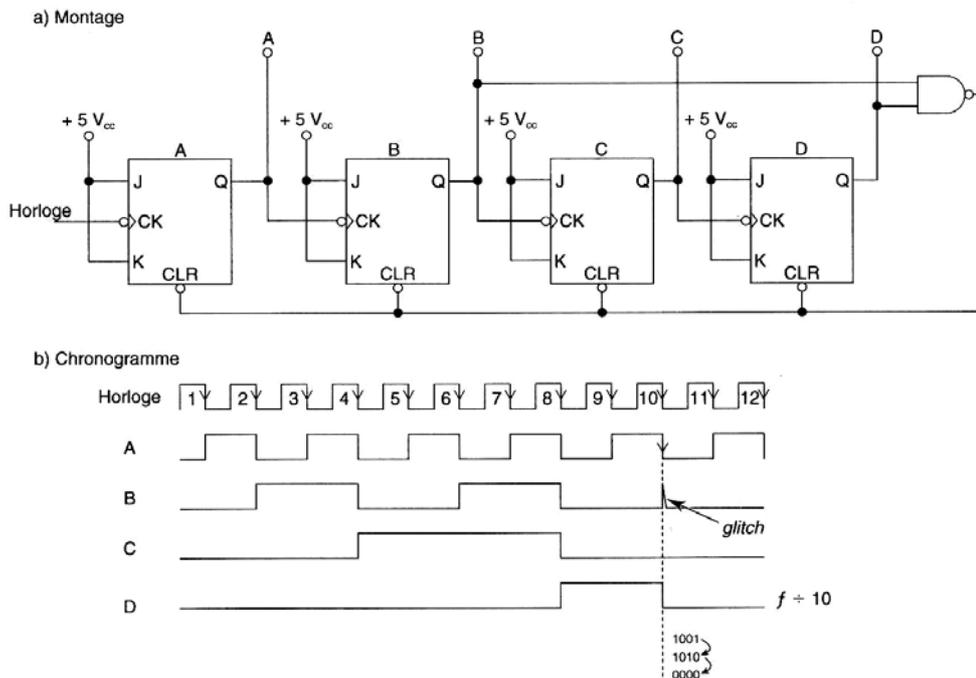


Figure 7.3 - Compteur modulo-10 asynchrone

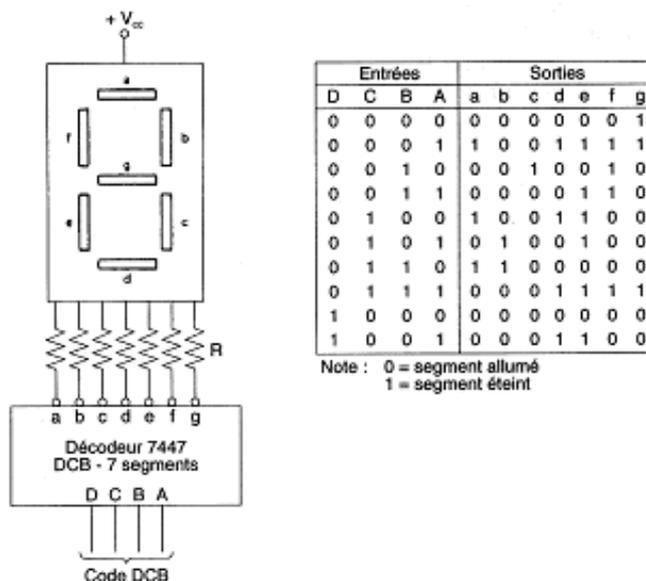


Figure 7.4 – Décodeur 7447 et afficheur à anode commune

VII.3.3 Décompteur modulo 8 asynchrone :

Pour obtenir un décompteur, il faut regarder les sorties $\overline{Q_i}$ ou brancher les sorties $\overline{Q_i}$ de chaque bascule sur l'horloge de la bascule suivante et regarder l'évolution des sorties Q_i , voir figure 7.5

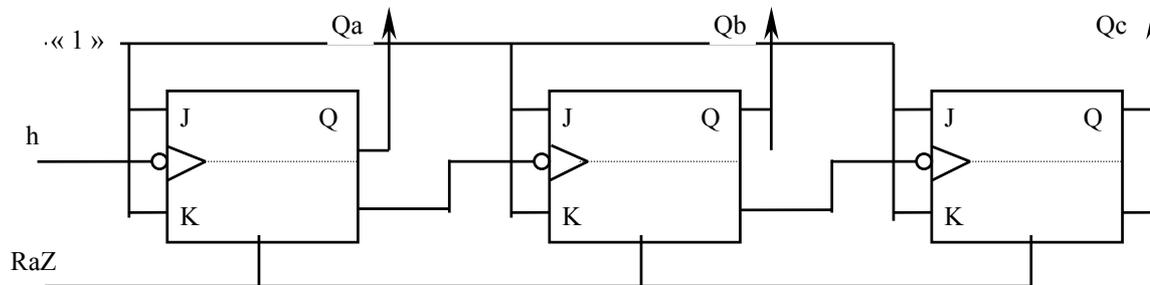


Figure 7.5 - décompteur modulo 8 asynchrone

Table de vérité et chronogramme du décompteur modulo 8 asynchrone voir figure 7.6.

N	Qc	Qb	Qa
7	1	1	1
6	1	1	0
5	1	0	1
4	1	0	0
3	0	1	1
2	0	1	0
1	0	0	1
0	0	0	0

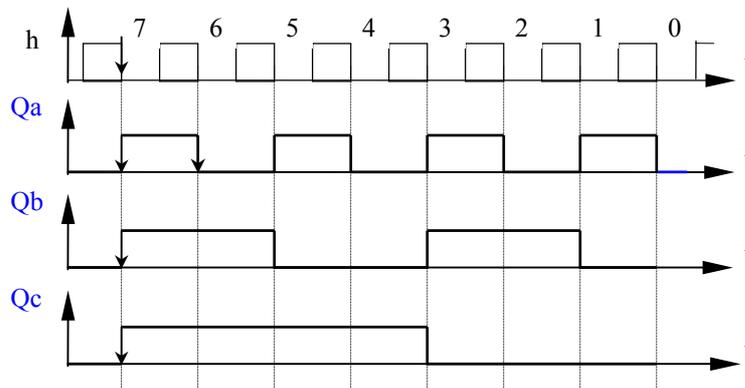


Figure 7.6 - Table de vérité et chronogramme du décompteur modulo 8 asynchrone

VII.4 Les compteurs synchrones:

VII.4.1 Compteur modulo 8 synchrone:

L'impulsion d'horloge est appliquée simultanément à chaque bascule. Celles-ci évoluent en fonction des informations présentes sur leurs entrées J, K au moment où apparaît l'impulsion. Il faut donc prépositionner J et K à l'instant t pour obtenir le basculement désiré à l'instant t+1 voir figure 7.7

J	K	Q
0	0	Q
0	1	0
1	0	1
1	1	\overline{Q}

Qn	Q n+1
0	1
1	0
1	1
0	0

J	K
1	x
x	1
x	0
0	x

Figure 7.7 – la table de vérité de la bascule JK entre l'état n et n+1