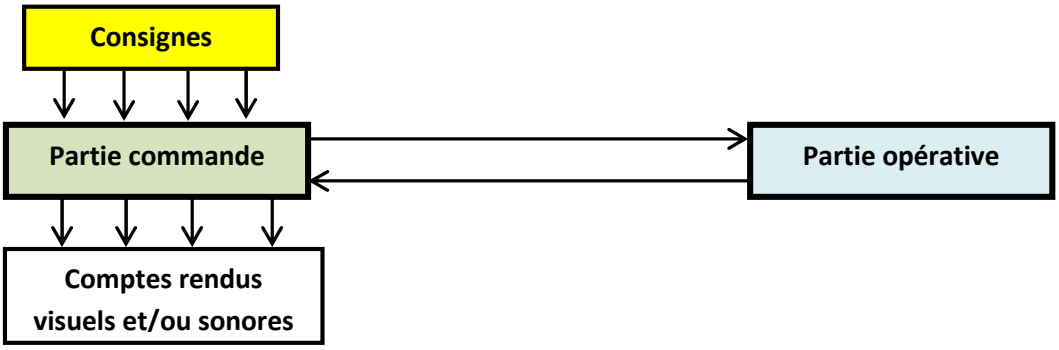
LE GRAFCET

Généralités :

De façon générale, un automatisme peut se décomposer entre deux parties qui coopèrent : l'une est dite **partie commande** et l'autre **partie opérative.**

La partie opérative effectue des opérations lorsque l'ordre lui en est donné par la partie commande. Grace aux comptes rendus fournis par la partie opérative, la partie commande est tenue informée de l'état d'avancement des opérations effectuées.

Outre ce dialogue par **ordres** et **comptes rendus** avec la partie opérative, la partie commande échange des informations avec l'extérieur du système dont elle reçoit les consignes et à qui elle fournit des comptes rendus **visuels** ou **sonores**.



Exemple : Dans un ascenseur, l'ensemble électromécanique (cabine-moteur-poste) constitue la **partie opérative**; les boutons d'appel, la logique et les armoires d'appareillage constituent la **partie commande.**

Remarque : La partie opérative est aussi appelée **partie puissance**et la partie commande **automate.**

1. **Le cahier des charges :**

La création d'une machine automatisée nécessite un **dialogue** entre le **client** qui **définit le cahier des charges** (qui contient les **besoins** et les **conditions** de fonctionnement de la machine) et le **constructeur** qui propose des solutions.

Ce dialogue n'est pas toujours facile : le client ne possède peut-être pas la technique lui permettant de définir correctement son problème.

D'autre part, le langage courant ne permet pas de lever toutes les ambiguïtés dues au fonctionnement de la machine (surtout si des actions doivent se dérouler simultanément). C'est pourquoi l'**ADEPA**(**A**gence pour le **D**éveloppement de la **P**roductique **A**ppliquée à l'industrie) a créé le **GRAFCET.**

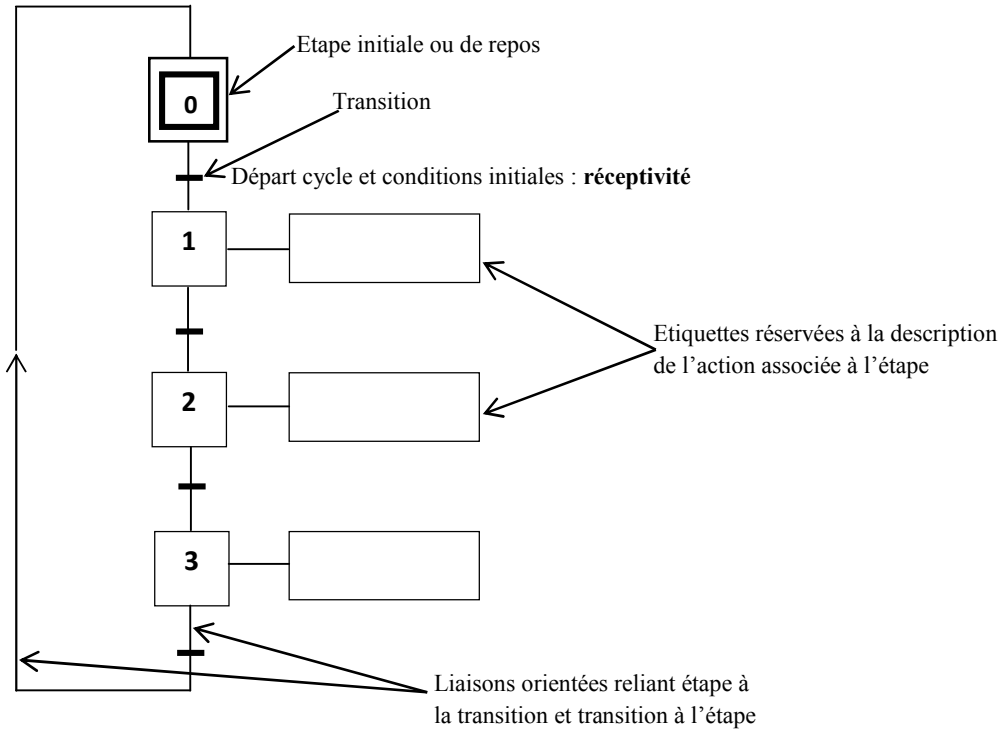
2. **Le grafcet :**

Proposé par l'**ADEPA** en **1977** et normalisé en **mai 1982** par la **NF C03-190**, le **GRAFCET** (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande des **E**tapes et **T**ransitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il permet de décrire et d'analyser toutes les **fonctions** que doivent remplir un **système automatisé** et **l'ordre** dans lequel il doit le remplir.

Cet outil standardisé est représenté graphiquement par une succession :

- **D'étapes :** auxquelles sont associées des **actions**
- **De transitions :** auxquelles sont associées des **réceptivités**
- **De liaisons orientées :**reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

3. Structure générale d'un grafcet et ses éléments:



Le grafcet correspond à une **succession alternée** d'**étapes** et de **transitions**. Nous associerons à chaque étape le **comportement** ou **l'action** à obtenir et à chaque **transition** les informations permettant son franchissement sous forme d'une **condition logique** appelée **réceptivité.**

3.1. Etape :

Elle peut être définie comme une situation pendant laquelle le comportement du système automatisé demeure constant.

3.2. Etape initiale :

Elle caractérise **l'état initial** du système au début du fonctionnement et est **initialement activée** à la mise sous tension de la partie commande.

3.3.Transition :

Les transitions indiquent les possibilités d'**évolution** du cycle, à chaque transition est associée une **réceptivité**.

3.4.Réceptivité :

La réceptivité est **la condition logique** qui permet l'évolution. Si la réceptivité est **vraie (=1)**, le cycle peut évoluer. Les réceptivités sont des comptes rendus en provenance de la **partie opérative** ou des **consignes** en provenance du **pupitre**.

3.5. Liaisons orientées :

Un **GRAFCET** se lit de haut en bas, dans un autre sens il est nécessaire d'indiquer le sens par une flèche.

3.6.Action:

Les actions sont réalisées lorsque l'étape associée à l'action est active. Il est possible de définir des actions **inconditionnelles**, ou **conditionnelles**, **temporisées**, à **niveaux**, **mémorisées**, **impulsionnelles**.

4. Règles de syntaxe :

Ces règles précisent les **conditions** d'association des différents symboles d'un GRAFCET. L'alternance **étape-transition** et **transition-étape** doit toujours être respectée quelle que soit la séquence parcourue. Il en résulte :

- **Que deux étapes ne doivent jamais être reliées directement mais être séparées par une transition ;**
- **Que deux transitions ne doivent jamais être reliées directement mais être séparées par une étape.**

5. Les cinq (5) règles d'évolution du GRAFCET :

5.1. Règle 1 : Initialisation

L'initialisation précise les étapes actives au début du fonctionnement. Elles sont activées inconditionnellement et repérées sur le GRAFCET en **doublant** les côtés des symboles correspondants.

5.2. Règle 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est **franchie** lorsque **l'étape associée** est **active** et la **réceptivité associée** à cette **transition** est **vraie**.

5.3. Règles 3 : Evolution des étapes actives

Le franchissement d'une transition entraîne simultanément :

- **la désactivation** de toutes les **étapes immédiatement précédentes** reliées à cette transition et,
- **l'activation** de toutes **les étapes immédiatement suivantes**.

5.4. Règles 4 : Transitions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

5.5. Règles 5 :Activation et désactivation simultanée

Si au cours du fonctionnement, une même étape doit être désactivée et activée simultanément, elle reste active.

6. Structure de base :

6.1. Séquence unique (structure linéaire)

Dans un grafcet à séquence unique les étapes et les transitions se succèdent de manière linéaire.

6.2. Sélection de séquence :

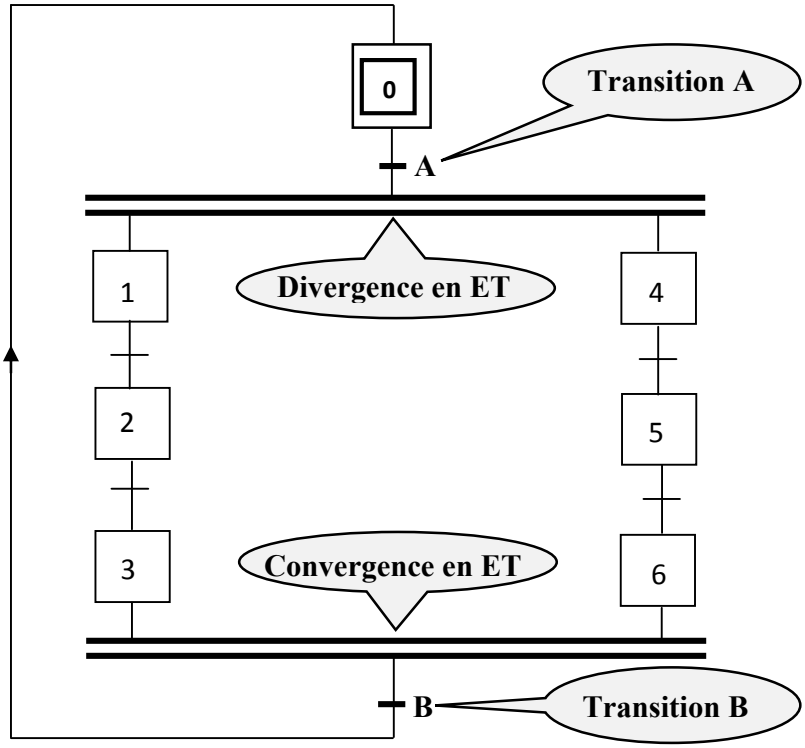
Un GRAFCET est dit à **sélection de séquence** lorsqu'à partir d'une étape plusieurs évolutions sont possibles. On distingue:

- La séquence exclusive ;
- Le saut d'étape ;
- La reprise d'étape.

Séquences exclusives	Saut d'étapes	Reprise d'étapes
Une sélection de séquence est dite exclusive lorsque les réceptivités associées aux transitions ne peuvent pas être vraies simultanément.	Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution.	La reprise d'étapes au contraire permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence.
En fonction des réceptivités l'étape 11 ou 21 va être activée. Les 2 réceptivités doivent être exclusives.	Si la réceptivité "r10.$\overline{c}$" est vraie alors les étapes 11 à 14 sont sautées.	Si la réceptivité "r14.$\overline{c}$" est vraie alors la séquence d'étapes 11 à 14 est de nouveau exécutée.

6.3.Parallélisme structurale:

6.3.1. Divergence et convergence en ET (séquences simultanées):



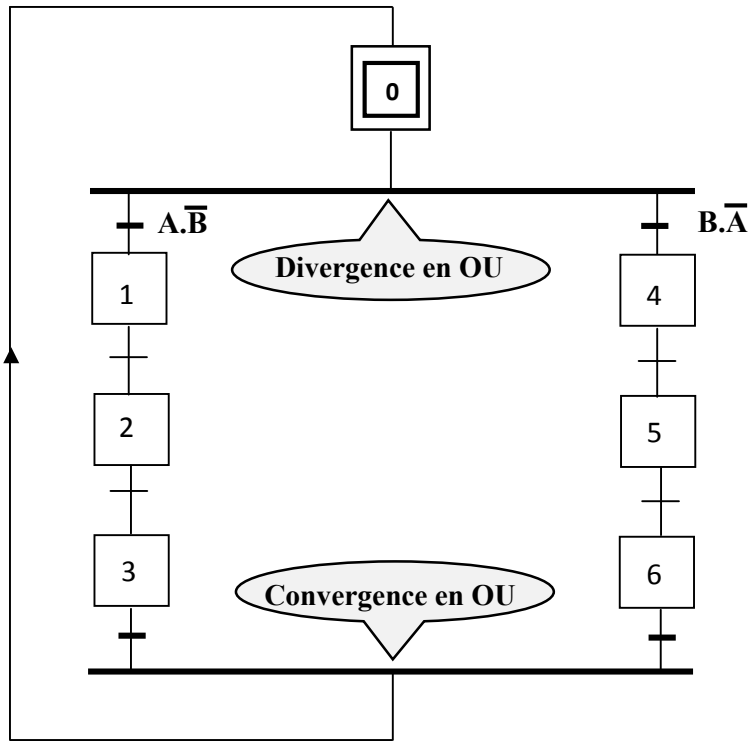
Divergence en ET : lorsque la **transition A** est **franchie**, les étapes **1** et **4** sont actives.

Convergence en ET : la **transition B sera validée** lorsque les étapes **3** et **6** seront actives. Si la réceptivité associée à cette transition est vraie, alors celle-ci est franchie.

Remarques :

Après une divergence en ET, on retrouve une convergence en ET.
Le nombre de branches parallèles peut être supérieur à 2.
La réceptivité associée à la convergence peut être de la forme **=1**. Dans ce cas la transition est franchie dès qu'elle est active.

6.3.2. Divergence et convergence en OU (aiguillage) :



Divergence en OU : l'évolution du système vers une branche dépend des réceptivités **A** et **B** associées aux transitions.

Convergence en OU : après l'évolution dans une branche, il y a convergence vers une étape commune.

Remarque :

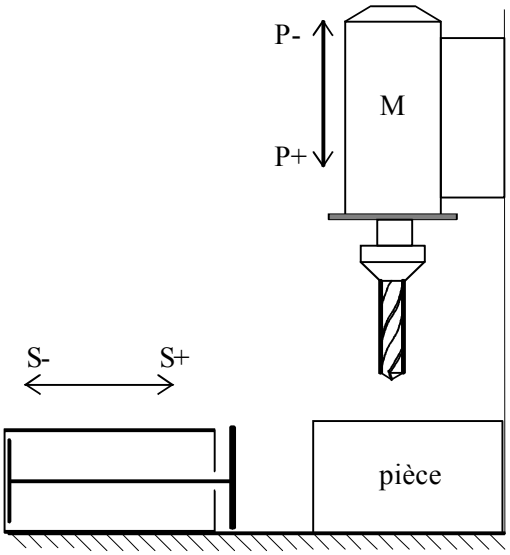
A et **B** ne peuvent être vrais simultanément (**conflit**), un verrouillage (**A.$\overline{B}$ / B.$\overline{A}$**) est obligatoire car on ne peut pas avoir **A** et **B** au même moment.
Après une divergence en **OU**, on retrouve une convergence en **OU**.
Le nombre de branches peut être supérieur à 2.
La convergence de toutes les branches ne fait pas obligatoirement au même endroit.

7. Les points de vue du GRAFCET :

Il existe 3 représentations du fonctionnement d'un système par le GRAFCET :

- le GRAFCET **point de vue système** qui représente le fonctionnement d'un système tel que le voit quelqu'un d'extérieur à celui-ci.
- le GRAFCET **point de vue Partie Opérative** qui représente le fonctionnement du système tel que le voit quelqu'un connaissant la **PO** de celui-ci.
- le GRAFCET **point de vue Partie Commande** qui représente le fonctionnement du système tel que le voit quelqu'un connaissant tout le système.

Illustration : Présentation d'une unité de perçage :



capteurs :
- p0 et s0 pour P et S rentrés.
- p 1 et s1 pour P et S sortis.

commandes :
- M pour le fonctionnement monostable du moteur.
- M+ et M- pour la commande bistable du moteur.

Cycle de perçage :

- Quand le moteur est arrêté, que les vérins P et S sont rentrés et que l'on appuie sur le bouton poussoir m, le système serre la pièce.
- Quand la pièce est serrée, on effectue le perçage.
- Quand le perçage est terminé, on desserre la pièce.

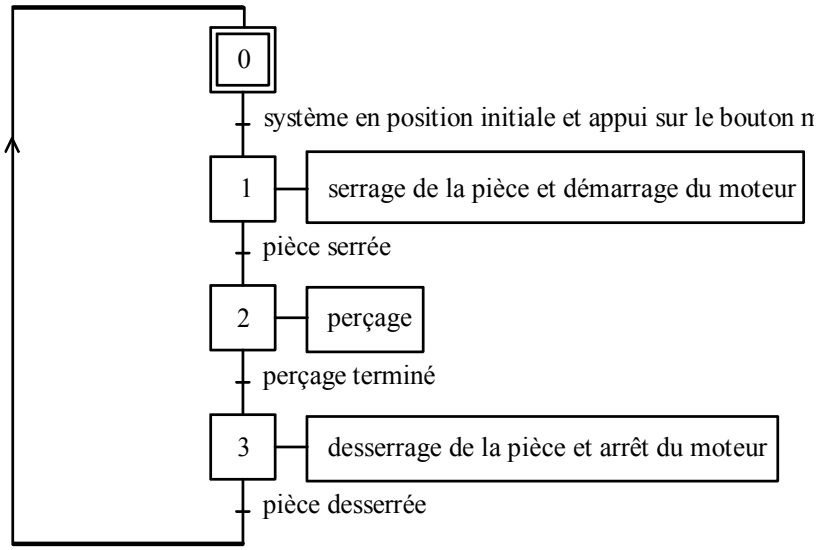
Remarque :

- Les vérins sont bistables.
- Le moteur doit tourner tout au long du perçage.
- Le moteur est monostable et sa commande sera bistable.
- On ne contrôlera pas le fonctionnement du moteur.

7.1.Le GRAFCET point de vue système :

C'est la description du fonctionnement du système tel que le voit un observateur extérieur à celui-ci. Cette description reste très générale et se limite au procédé.

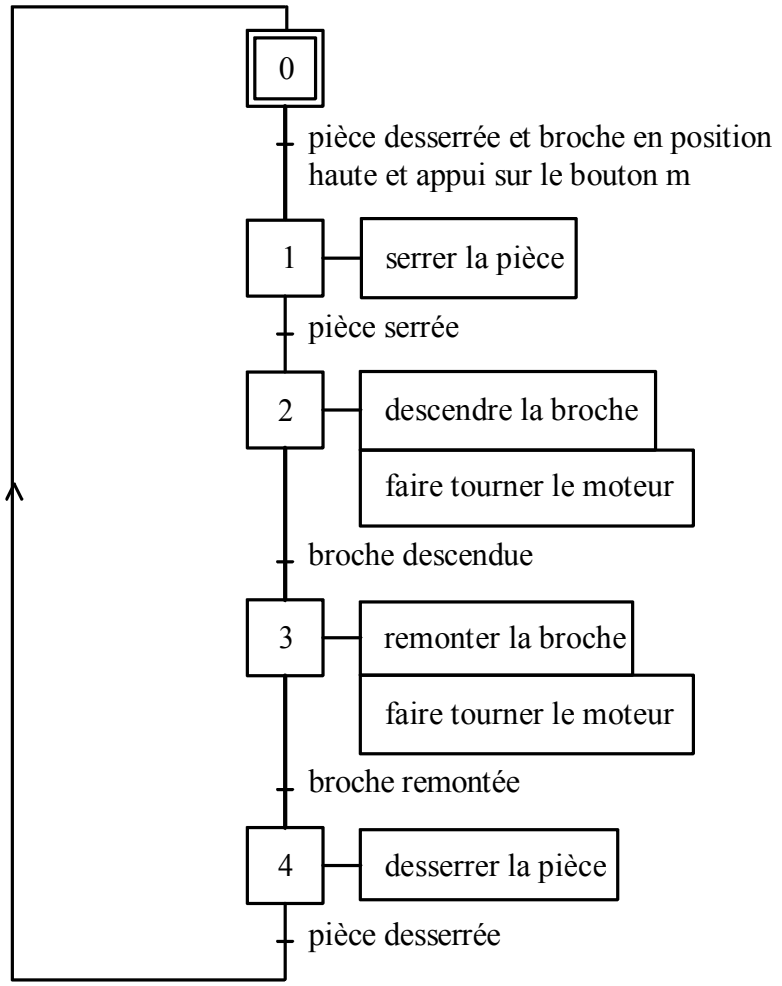
Avec l'exemple de l'unité de perçage on a :



7.2.Le GRAFCET point de vue Partie Opérative :

Cette fois l'observateur connaît la Partie Opérative (**PO**) du système. Il fait donc une description du fonctionnement en tenant compte des caractéristiques de celle-ci.

Avec l'illustration de l'unité de perçage on a :



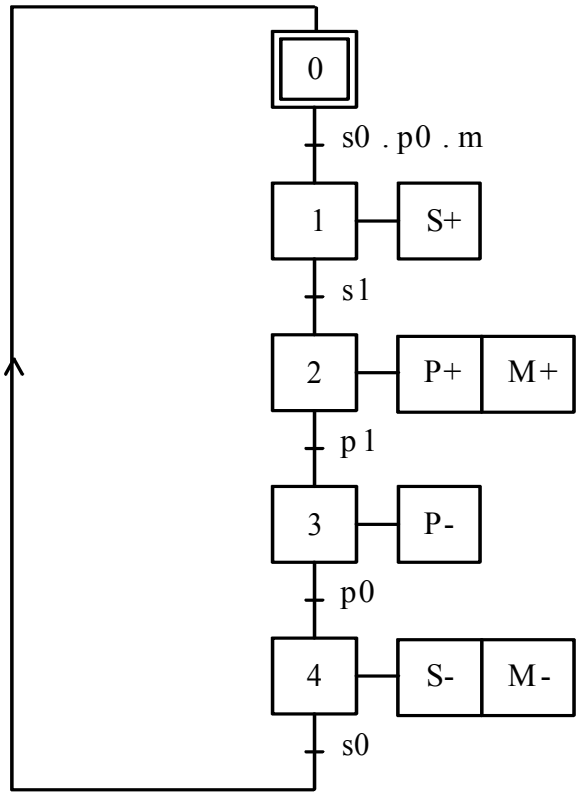
Remarques :

- Généralement dans les GRAFCET point de vue PO, les actions sont représentées par des verbes à l'infinitif.
- Comme le moteur est monostable on le retrouve dans les étapes 2 et 3.

7.3.Le GRAFCET point de vue Partie Commande :

Cette fois l'observateur connaît tout le système. Il fait une description du fonctionnement de celui-ci où il définit les ordres que devra donner la partie commande **PC** à la **PO**.

Toujours sur l'exemple de l'unité de perçage on a :



Remarque :

Comme on a une commande bistable pour le moteur, on le met en route dans l'étape 2 et on l'arrête en 4.

8. Mise en équation :

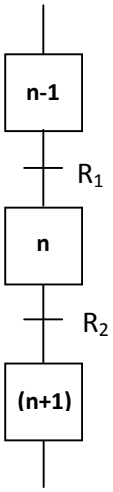
8.1. Equation générale de l'état actif d'une étape :

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

8.2. Conditions d'activation et de désactivation d'une étape :

Une étape de rang n est active si :

- l'étape de rang (**n-1**) est active : soit $\mathbf{A_{(n-1)}=1}$
- la réceptivité de la transition entre l'étape de rang (**n-1**) et l'étape de rang (**n**) est **vraie**.
- de plus, après activation l'étape **mémorise** son état. Si $\mathbf{m_n}$ est sa mémoire, $\mathbf{m_n=1}$.

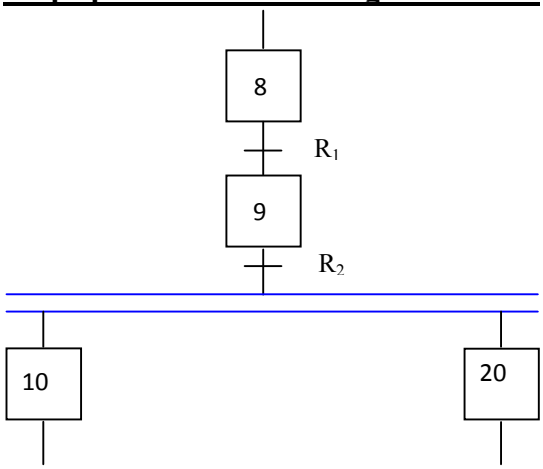


Sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation, l'équation générale de l'état actif d'une étape peut d'écrire :

$$\mathbf{A_n = (A_{n-1}.R_1 + m_n).\overline{A_{n+1}}}$$

8.3. Exemples d'équations

8.3.1. Etape précédant une divergence en Et :

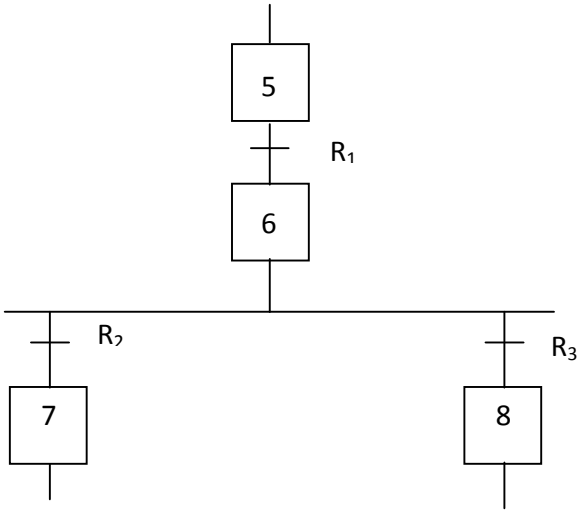


C'est le cas de **l'étape 9**

$$\mathbf{A_9 = (A_8.R_1 + m_9).\overline{(A_{10} + A_{20})}}$$

$$\mathbf{A_9 = (A_8.R_1 + m_9).(\overline{A_{10}}.\overline{A_{20}})}$$

8.3.2. Etape précédant une divergence en OU



C'est le cas de **l'étape 6**

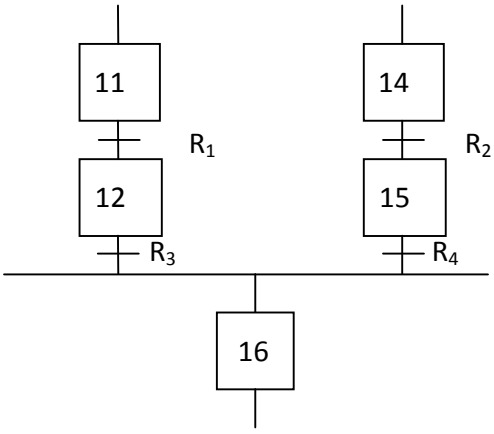
$$A_6 = (A_5.R_1 + m_6).\overline{(A_7+A_8)}$$

$$A_6 = (A_5.R_1 + m_6).\overline{A_7}.\overline{A_8}$$

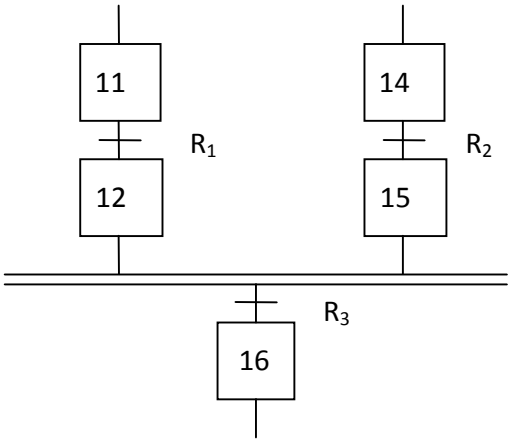
$\overline{A_7}.\overline{A_8}$:condition de non désactivation de **l'étape 6**, prend en compte la divergence en **Ou**

8.3.3.Etape terminant deux séquences simultanées

Les équations sont communes aux deux types de convergence.



Convergence en **OU**



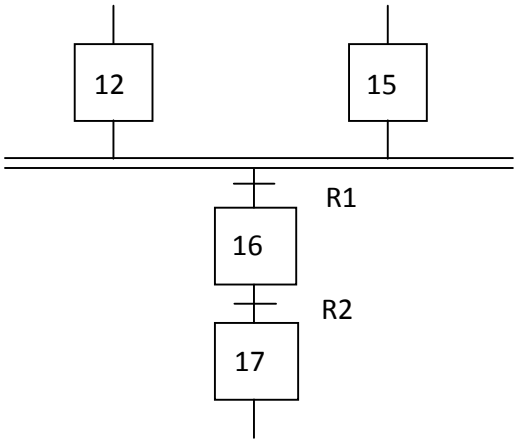
Convergence en **ET**

C'est le cas des étapes 12 et 15

$$A_{12} = (A_{11}.R_1 + m_{12}).\overline{A_{16}} \qquad A_{15} = (A_{14}.R_2 + m_{15}).A_{16}$$

$\overline{A_{16}}$ est la condition de non désactivation commune aux deux étapes.

8.3.4.Etape de début d'une séquence après une convergence en ET



C'est le cas l'étape 16.

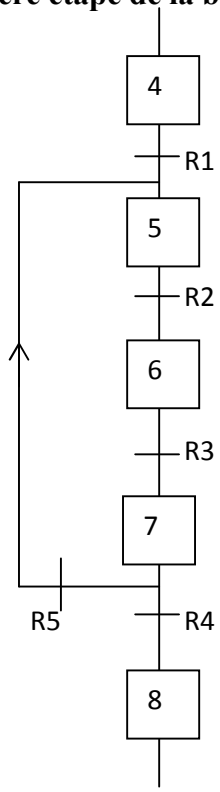
$$A_{16} = (A_{12}.A_{15}R_1+m_{16}) .\overline{A_{17}}$$

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

8.3.5.Reprise de séquence

Soit la boucle **5-6-7**

Première étape de la boucle : étape 5



$$A_5 = (A_4.R_1 + A_7.R_5 + m_5).\overline{A_6}$$

$A_4.R_1$: Condition d'activation de l'étape en venant de **l'étape 4**.

$A_7.R_5$: Condition d'activation de l'étape 5 en venant de **l'étape 7**.

Dernière étape de la boucle : étape 7

$$A_7 = (A_6.R_3 +m_7). \overline{(A_8 + A_5)}$$