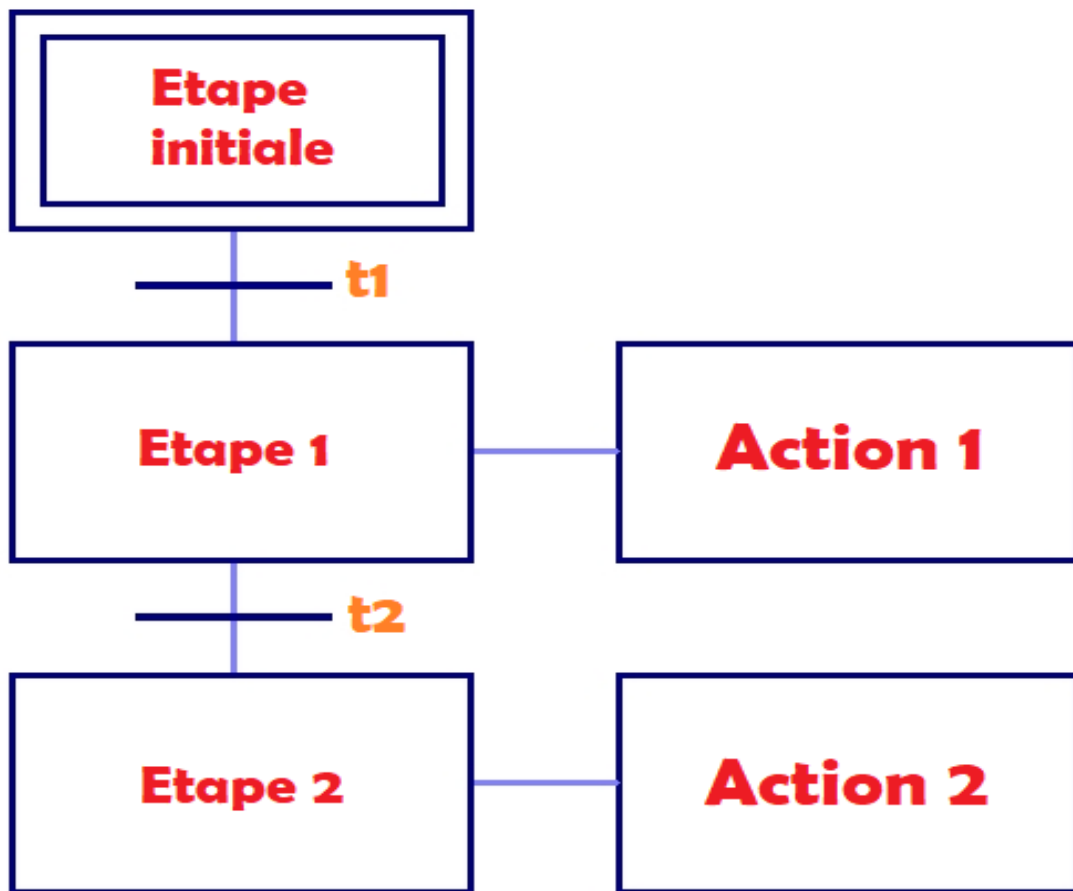


## SEMAINE 4

### LA PROGRAMMATION DES AUTOMATES

#### FICHE 14 : INTRODUCTION AU GRAFCET



[www.electronics-micros.com](http://www.electronics-micros.com)

# Automation & Sense



## Objectifs :

Après la consultation de cette fiche, vous serez en mesure:

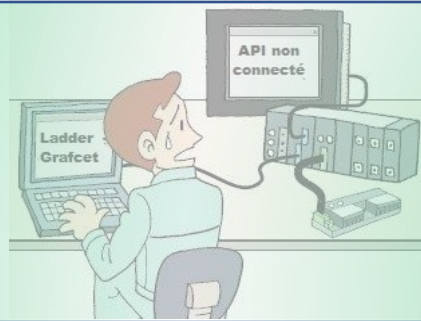
- De concevoir un grafcet depuis un cahier des charges
- De traduire un grafcet en équations logiques
- De vous familiariser avec les différentes méthodologies de conception d'un Grafcet





## SOMMAIRE

- I) Pourquoi le Grafcet ?
- II) Les règles d'évolution d'un Grafcet
- III) Structure de base d'un Grafcet
- IV) Les différents points de vue d'un Grafcet
- V) Mise en équations d'un Grafcet



## I) Pourquoi le Grafcet ?

### 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 créé le GRAFCET.

### 2) Définition

Le Grafcet (GRAPhe Fonctionnel de Commande des Etapes et Transitions) est l'outil de représentation graphique d'un cahier des charges. Il a été proposé par l'ADEPA (Agence pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie en 1977 et normalisé en mai 1982)

Il permet de décrire les comportements attendus de l'automatisme de commande.

### 3) Structure générale d'un grafcet

Le Grafcet se compose d'un ensemble :

- 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



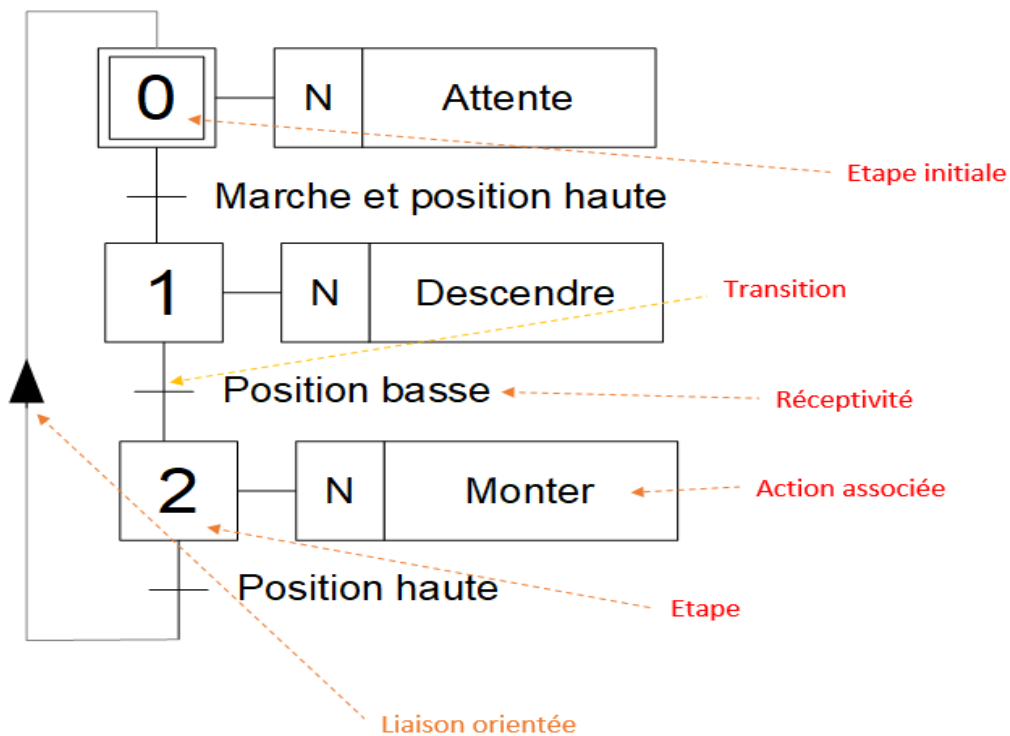
## Exemple : Poinçonneuse

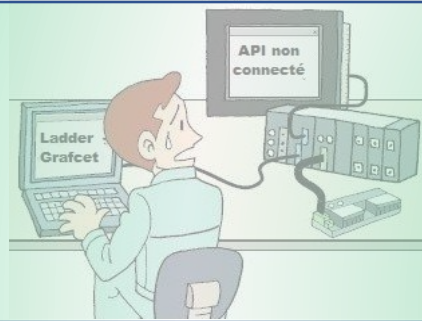


### Cahier des charges partiel :

A l'état initial le poinçon est en position haute, l'opérateur installe la pièce, une action sur marche fait descendre le poinçon jusqu'à la position basse puis il retourne en position initiale.

### Grafcet de la poinçonneuse





#### 4) Les éléments du grafcet

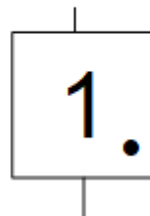
##### a) Les étapes

Une étape caractérise un état stable du système. Elle est représentée par un carré et un numéro (i). Elle est associée à la variable binaire  $X_i$  et peut être soit active soit inactive.

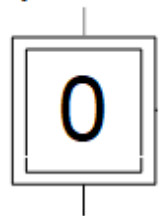
**$X_1 = 0$  ( étape inactive )**



**$X_1 = 1$  ( étape active )**



**Etape initiale**



Dans un Grafcet, l'étape initiale est toujours représentée par un double rectangle.

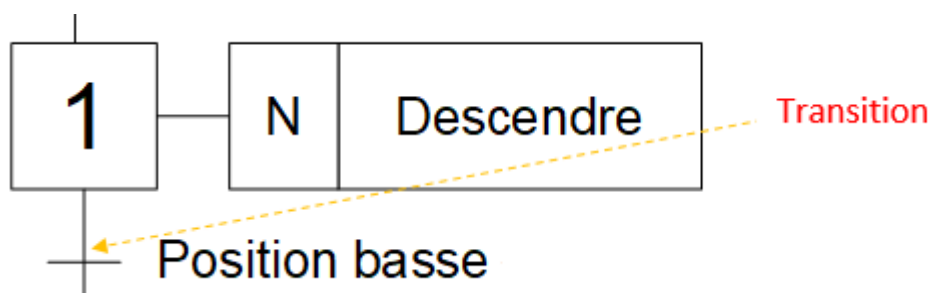
##### b) Les transitions

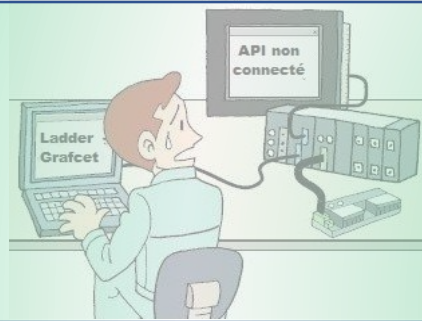
Une transition indique une et une seule possibilité d'évolution entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition. A chaque transition est associée une réceptivité.

Une transition est :

- Soit validée
- Soit non validée

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives.



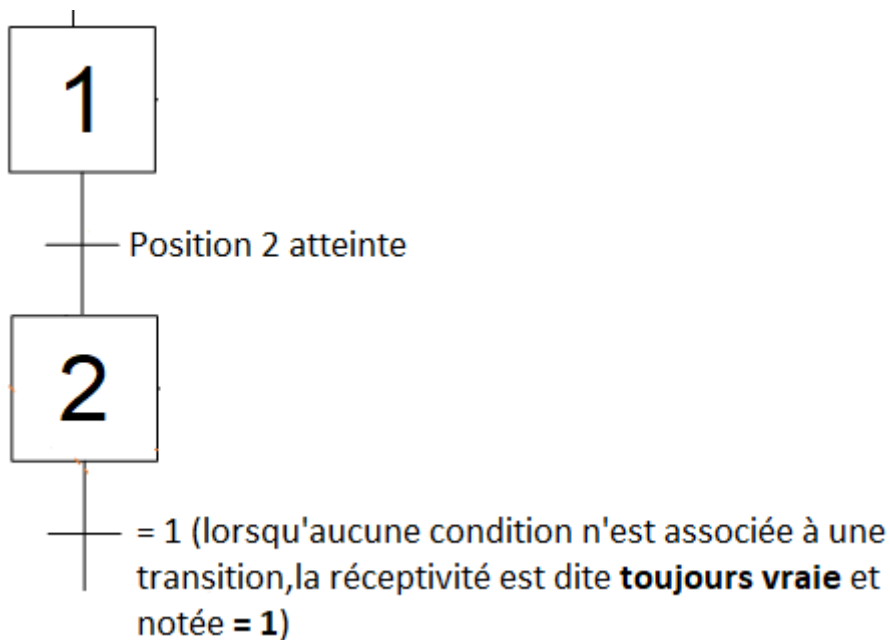


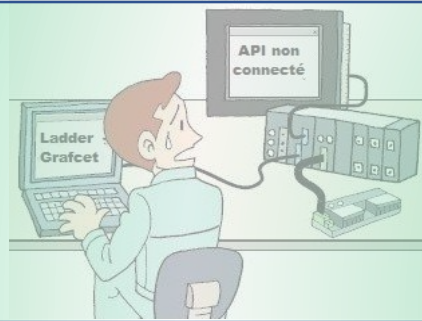
### c) Les réceptivités

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 de l'opérateur.

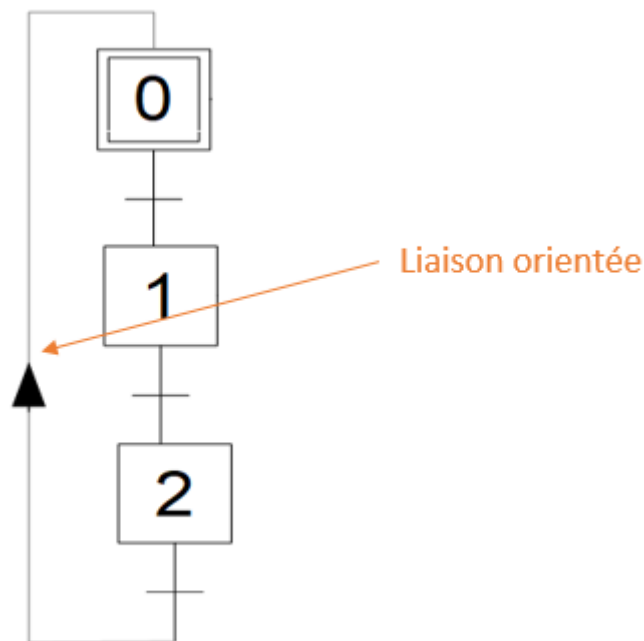
Dans certains cas, on peut avoir comme réceptivité un temps, il sera noté **t/Xi/d** où Xi correspond à l'étape de lancement de la temporisation et d la durée de la temporisation.





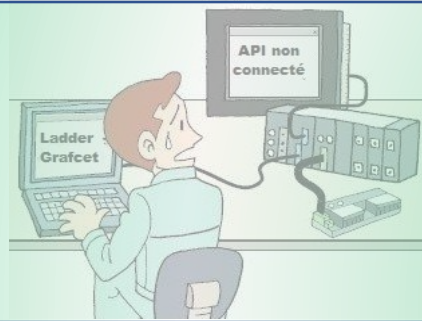
#### d) Les liaisons orientées

Par convention, les évolutions se font du haut vers le bas. Dans le cas contraire, il est nécessaire d'indiquer le sens de l'évolution par une flèche.



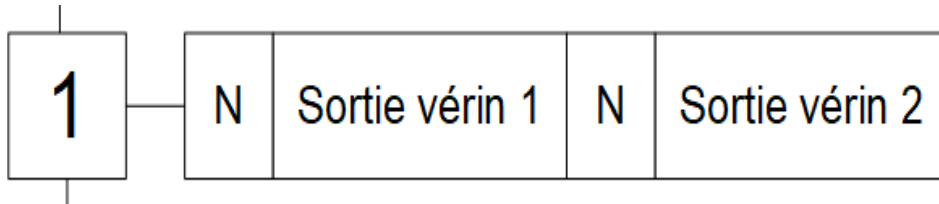
- Les lignes obliques peuvent exceptionnellement être utilisées
- Si une ligne horizontale croise une ligne verticale, il n'y a aucune relation entre elles
- Lorsqu'un grafcet est de taille trop importante pour être inscrit sur une seule feuille, on utilise des renvois





### e) Les actions

Les actions associées à des étapes sont exécutées lorsque ces étapes sont actives. Plusieurs actions peuvent être associées à une même étape.

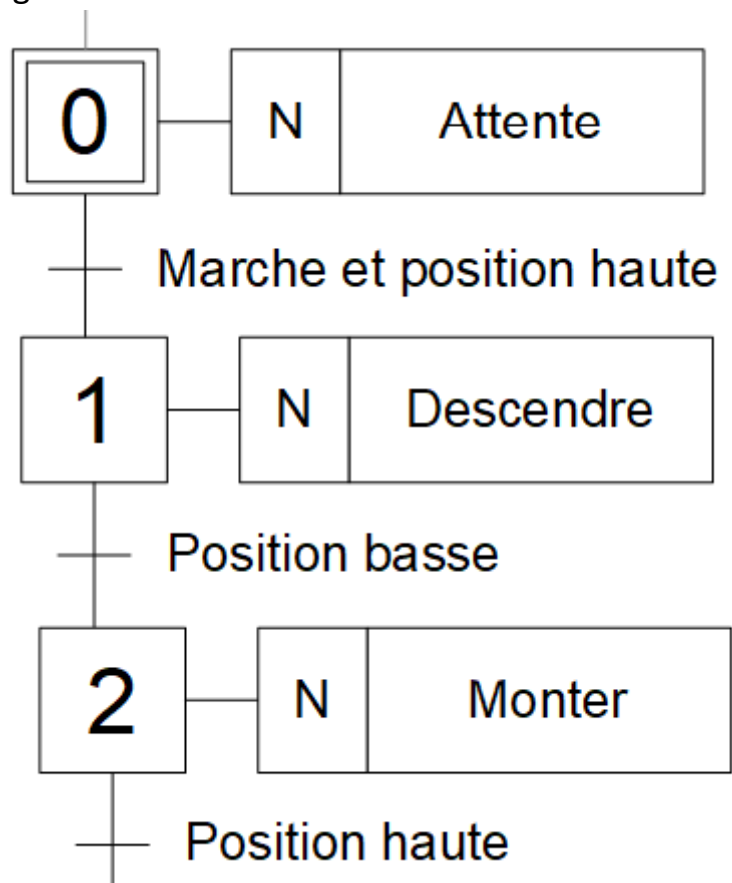


Ici les actions sortie vérin 1 et sortie vérin 2 sont associées à l'étape 1

On distingue plusieurs types d'action :

- **Les actions continues**

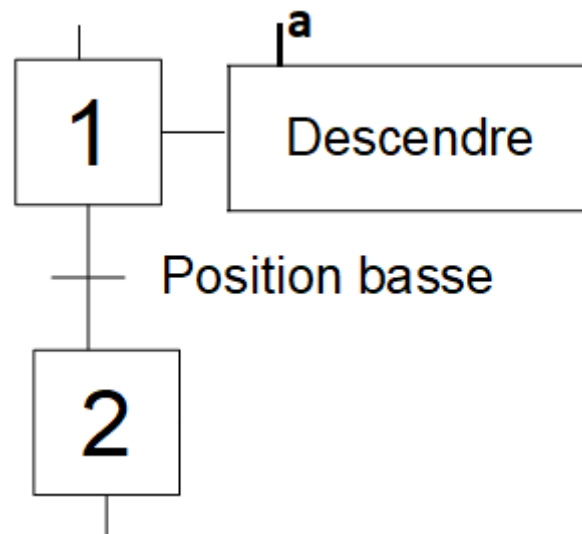
L'action dure tant que l'étape est active si aucune condition d'assignation ne l'interdit.





### ▪ Les actions conditionnelles

L'action est exécutée si et seulement si l'étape associée est activée et que la condition est vraie.



### f) Les règles de syntaxe

Ces règles précisent les conditions d'association des différents symboles d'un Grafset. 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.



## II) Les règles d'évolution du grafcet

### Règle 1 : Initialisation

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

### Règle 2 : Franchissement d'une transition

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
- Elle est alors obligatoirement franchie.

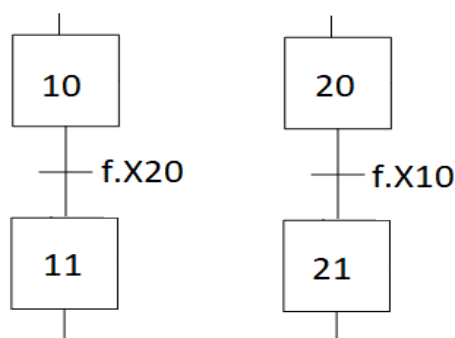
### Règle 3 : Evolution des étapes actives

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

### Règle 4 : Evolution simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

Cette règle permet la décomposition du Grafcet en plusieurs diagrammes tout en assurant de façon rigoureuse leur interconnexion.





### Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une même étape

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

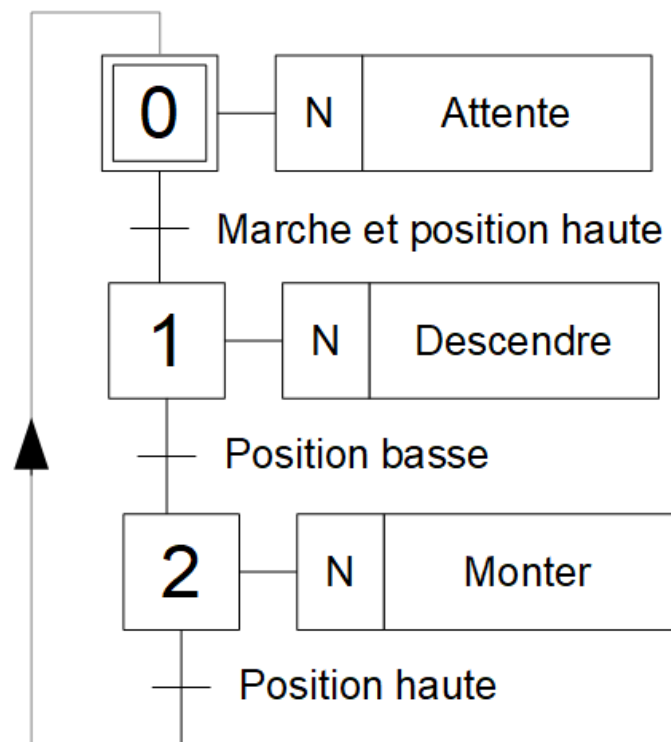
#### Nota

La durée de franchissement d'une transition ne peut jamais être rigoureusement nulle, même si elle peut être rendue aussi petite que l'on veut. Il en est de même pour la durée d'activation d'une étape.

### III) Structure de base d'un grafcet

#### 1) Séquence unique

Les étapes et les transitions se succèdent de manière linéaire





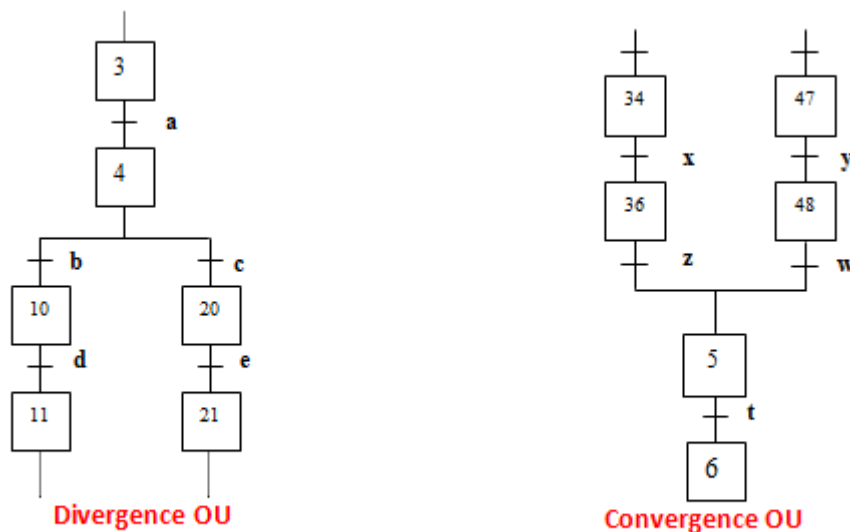
## 2) Sélection de séquence

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

- Les séquences exclusives
- Les sauts d'étapes
- Les reprises d'étapes

### a) Séquence exclusives

Une sélection de séquence est dite exclusive lorsque les réceptivités associées aux transitions ne peuvent pas être vraies simultanément.

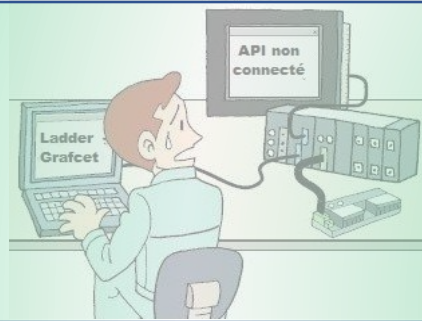


### Remarques :

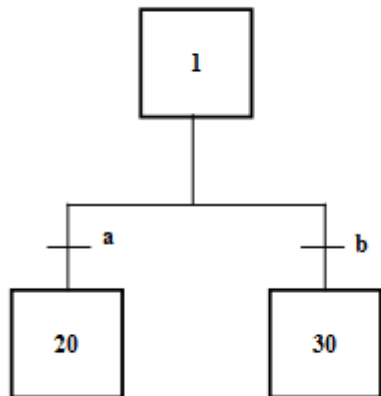
Il est toujours nécessaire pour obtenir un aiguillage entre plusieurs séquences que les réceptivités soient exclusives au niveau de la divergence OU.

En pratique cette exclusion peut se présenter de plusieurs façons :

- Soit une exclusion physique ( impossibilité de simultanéité mécanique ou temporelle).



- Soit une exclusion logique (sélection prioritaire ou verrouillage réciproque)

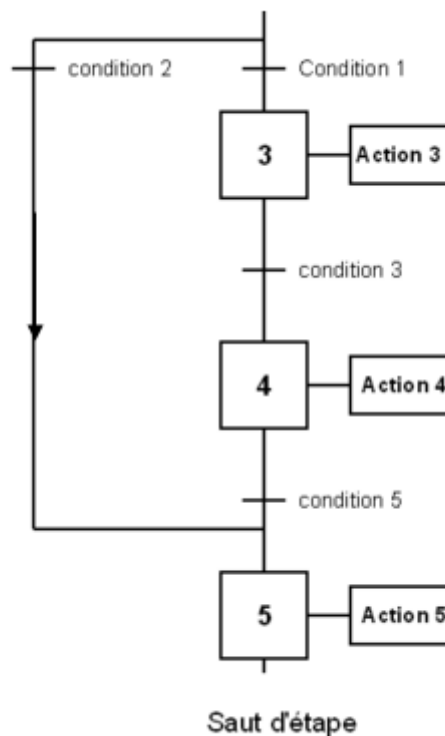


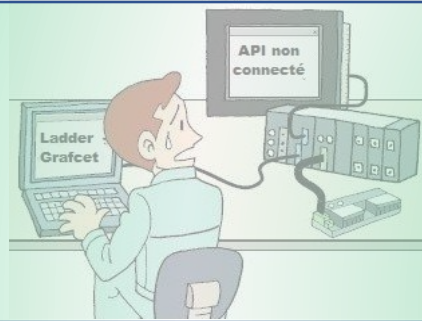
### Exclusivité du choix de séquence

Les réceptivités ne sont jamais vraies simultanément : c'est soit l'une soit l'autre

### b) Les sauts d'étapes

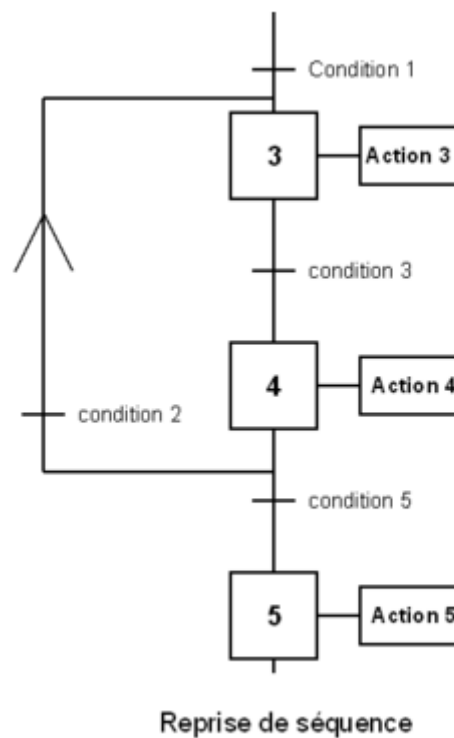
Le saut d'étapes est une sélection de séquence permettant de sauter plusieurs étapes en fonction des conditions d'évolution.





### c) La reprise de séquence

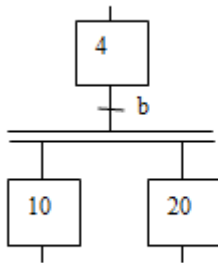
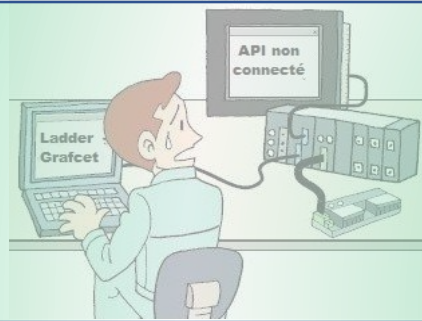
La reprise de séquence permet de recommencer plusieurs fois si nécessaire une même séquence.



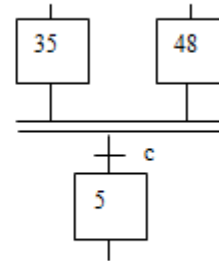
### 3) Séquences simultanées ou parallélisme structural

Ce type de cycle est surtout utilisé sur des machines du type transfert ou des machines comportant plusieurs sous machines travaillant de manière indépendante.

Dans un cycle à séquences simultanées, les séquences débutent en même temps, finissent en même temps, mais les étapes de chaque branche évoluent de façon indépendante.



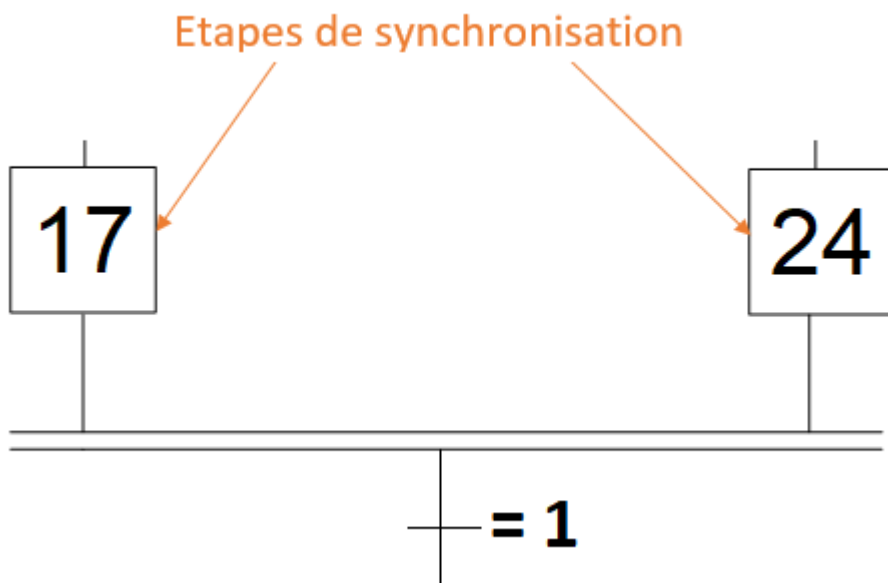
**Début de parallélisme en ET**



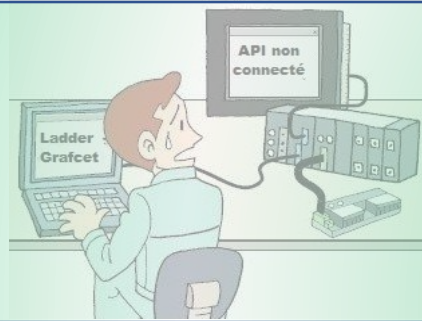
**Fin de parallélisme en ET**

### Remarque

En pratique, les étapes de fin de parallélisme ne comportent pas d'actions. De plus la transition de fin de parallélisme est souvent imposée à « = 1 ». Les étapes sans actions permettent de synchroniser la fin des différents cycles en amont et lorsqu'elles sont actives, le franchissement de la transition est automatique.



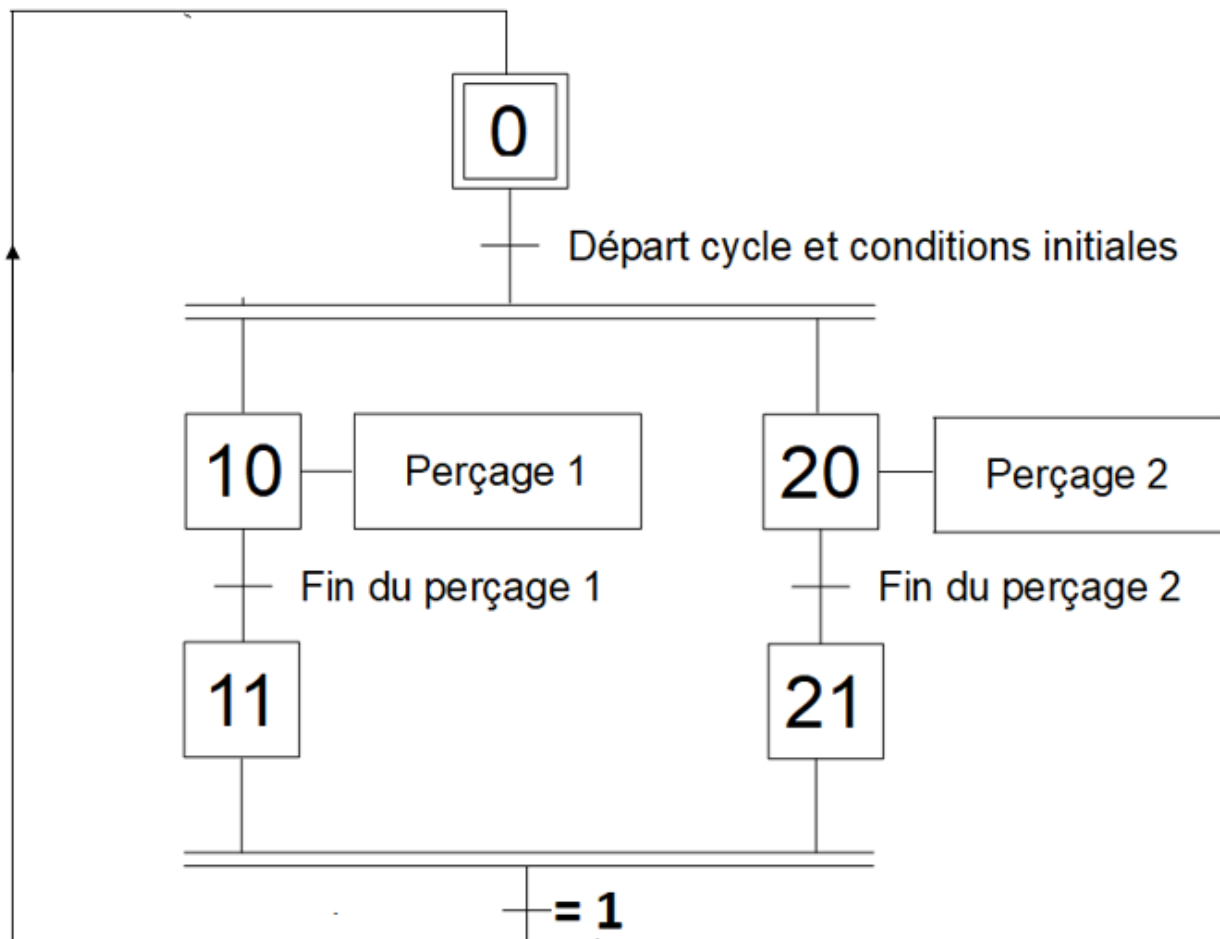




#### IV) Les différents points de vue d'un grafcet

##### 1) Point de vue système

Cette représentation donne une interprétation de la solution retenue pour un problème posé en précisant la coordination des tâches opératives. Elle est destinée à permettre une compréhension globale du système (fonctions principales assurées par le système).





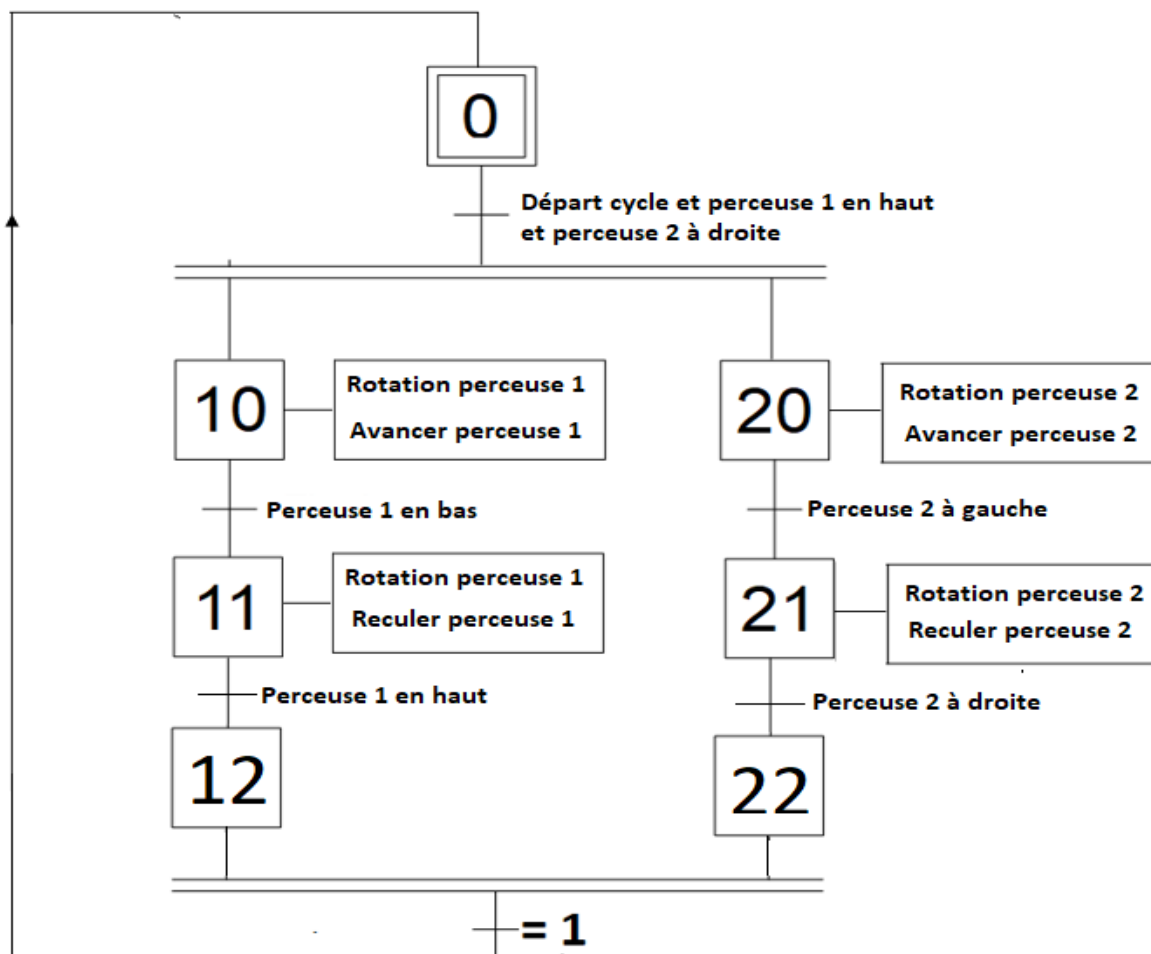
## 2) Point de vue partie opérative

Dans ce type de représentation, on s'intéresse essentiellement à la technologie des constituants de la partie opérative, ce qui permet de définir la nature des informations nécessaires pour identifier l'état de la P.O. Le cahier des charges s'affiche grâce aux choix technologiques.

### Exemple :

La rotation des perceuses est assurée par deux moteurs électriques

La translation des perceuses est assurée par deux vérins pneumatiques double effet.





### 3) Point de vue partie commande

Cette représentation correspond à la réalisation de la partie commande. Les choix technologiques de cette partie commande permettent de préciser le comportement de celle-ci.

Départ cycle : **S1**

Capteur de fin de course haut : **S2**

Capteur de fin de course bas : **S3**

Capteur de fin de course gauche : **S4**

Capteur de fin de course droite : **S5**

Rotation perceuse 1 : **KM1**

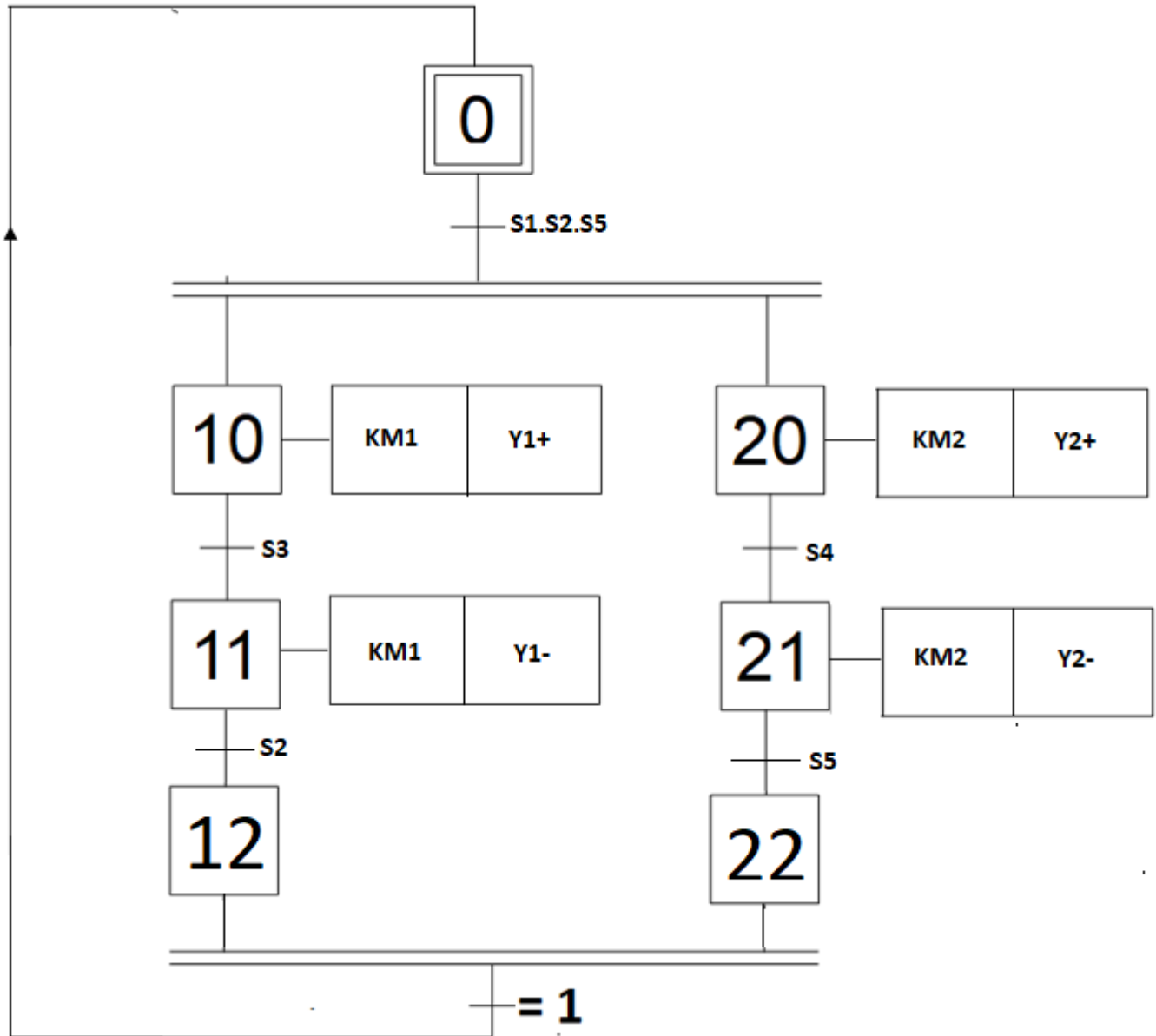
Rotation perceuse 2 : **KM2**

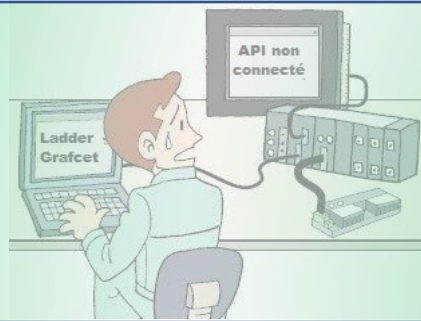
Avancer perceuse 1 : **Y1+**

Reculer perceuse 1 : **Y1-**

Avancer perceuse 2 : **Y2+**

Reculer perceuse 2 : **Y2-**





## V) Mise en équations d'un grafcet

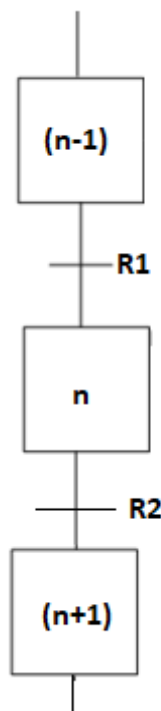
### 1) Equation générale de l'état actif d'une étape

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

#### Conditions d'activation et de désactivation d'une étape :

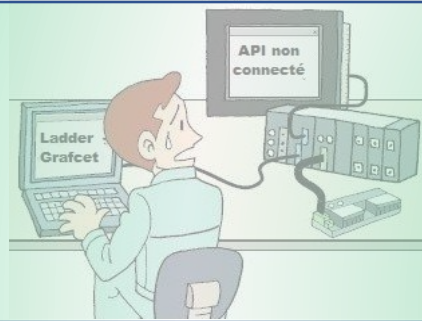
Une étape de rang  $n$  est active si :

- L'étape de rang  $(n-1)$  est active : soit  $A_{(n-1)} = 1$
- 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  $m_n$  est sa mémoire  $m_n = 1$



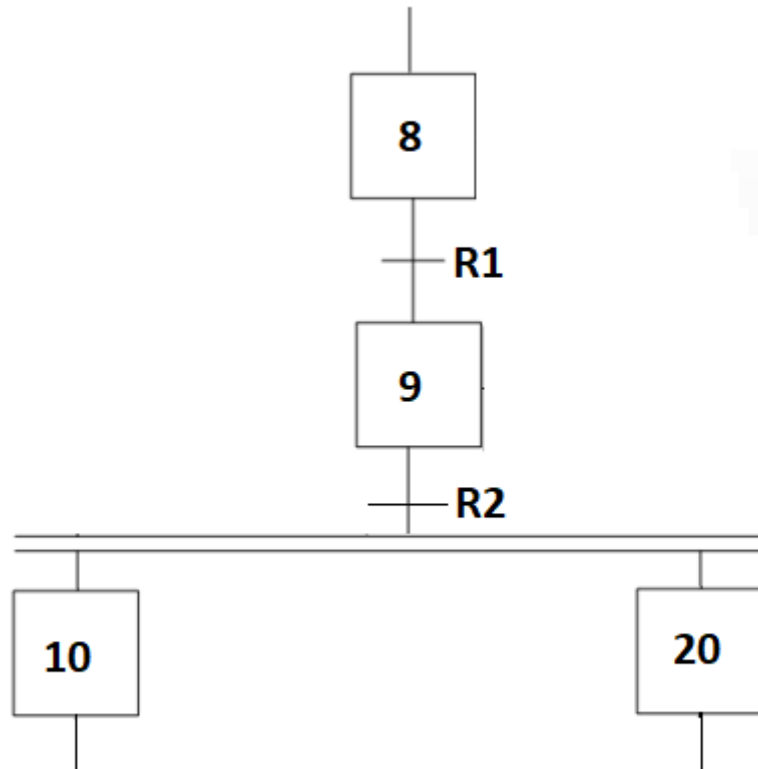
Sachant que la désactivation est prioritaire sur l'activation, l'équation générale de l'état actif d'une étape peut décrire :

$$A_n = (A_{n-1} \cdot R_1 + A_n) \cdot \overline{A_{n+1}}$$



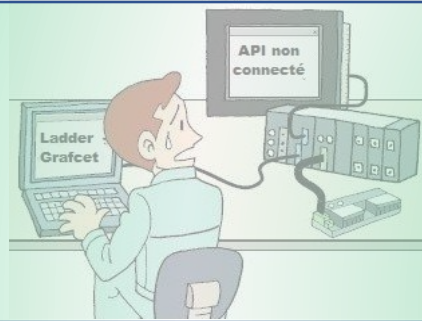
## 2) Exemples d'équations de grafcet

### a) Etape précédant une divergence en ET

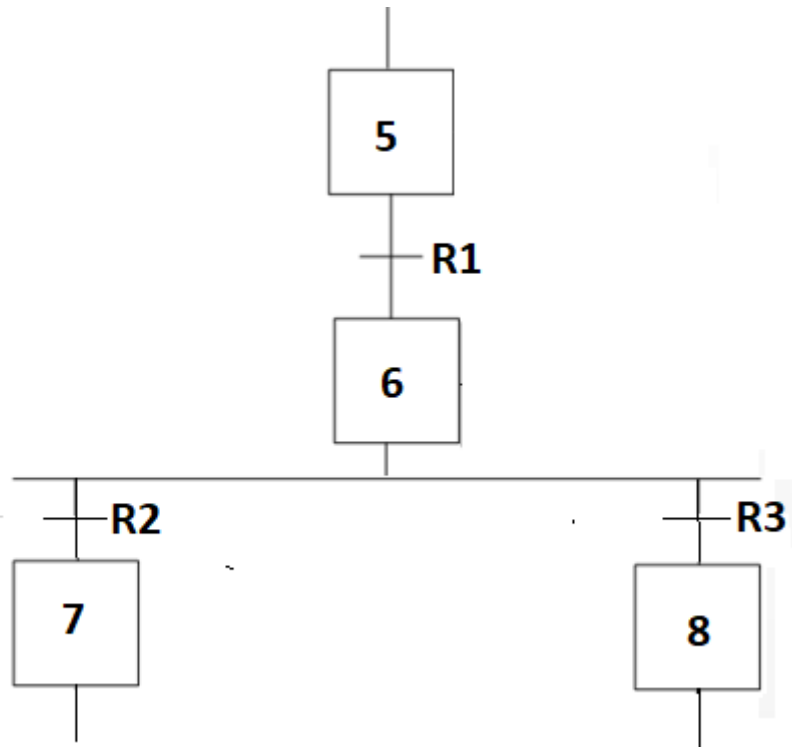


C'est le cas de l'étape 9

$$A_9 = (A_8 \cdot R1 + A_9) \cdot \overline{A_{10} \cdot A_{20}}$$



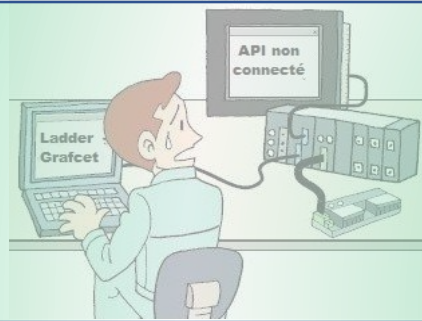
**b) Etape précédent une divergence en OU**



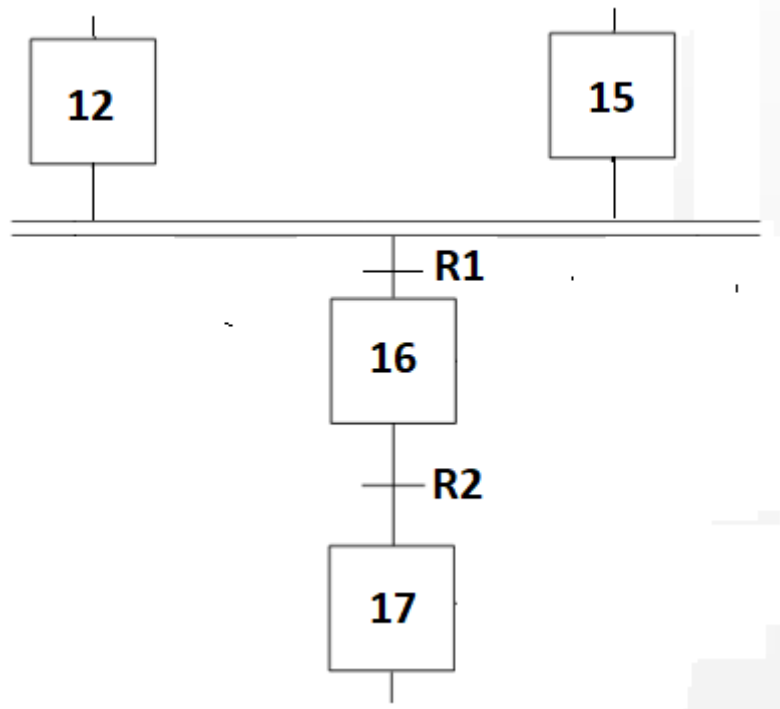
C'est le cas de l'étape 6

$$A_6 = (A_5.R1 + A_6).(\overline{A_7 + A_8})$$

$$A_6 = (A_5.R1 + A_6).\overline{A_7}.A_8$$



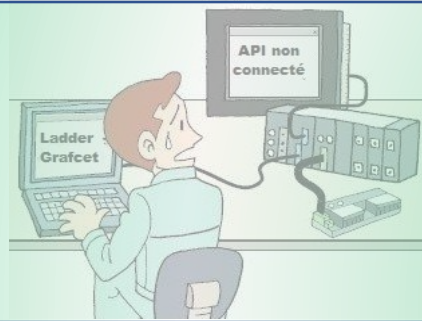
c) Etape de début d'une séquence après une convergence en ET



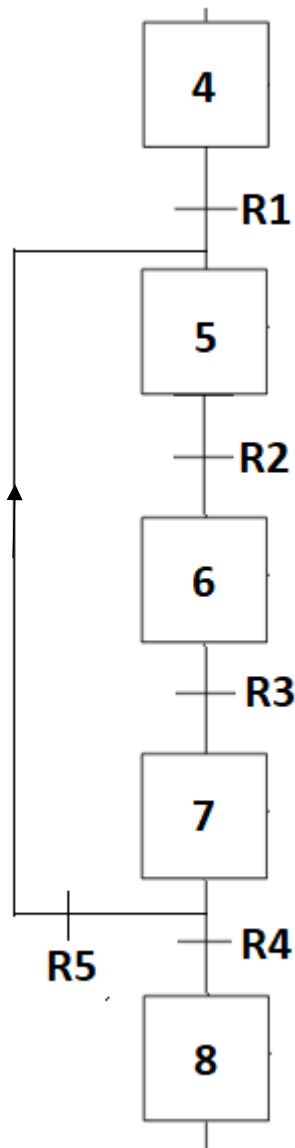
C'est le cas de l'étape 16

$$A_{16} = (A_{12} \cdot A_{15} \cdot R1 + A_{16}) \cdot \overline{A_{17}}$$





#### d) Reprise de séquence



Soit la boucle 5-6-7

**Première étape de la boucle : étape 5**

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

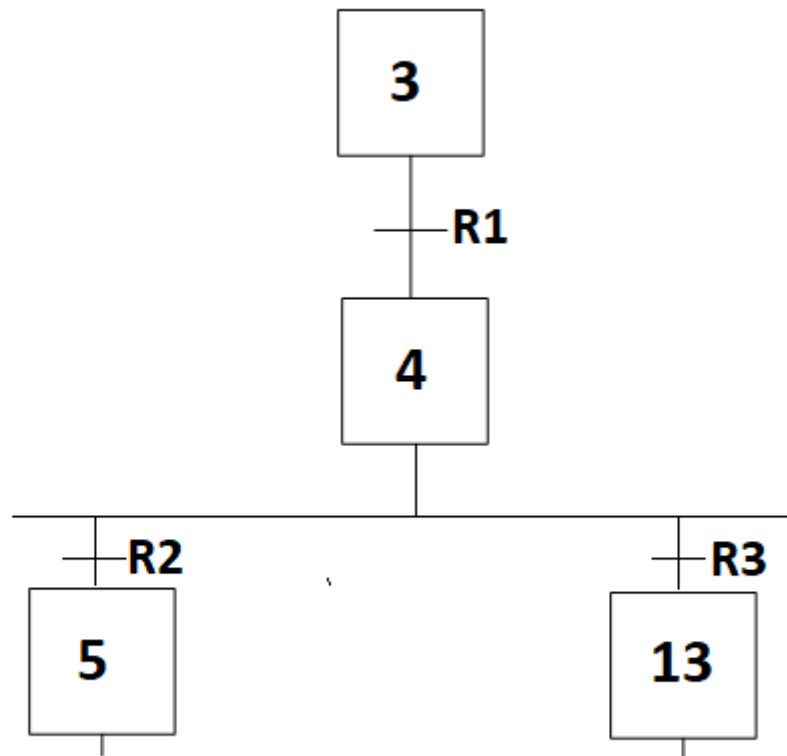
**Dernière étape de la boucle : étape 7**

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

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



e) Etape précédent un choix conditionnel entre plusieurs séquences

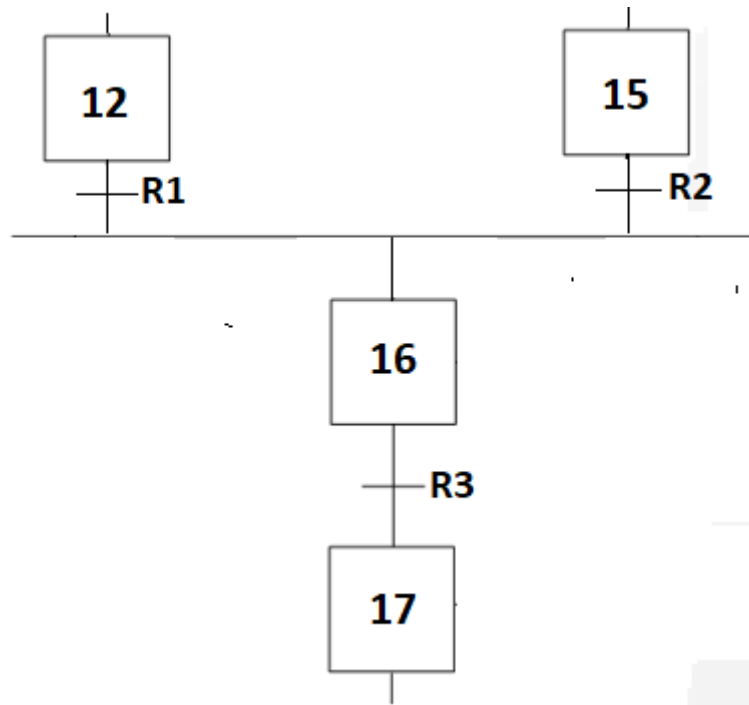


C'est le cas de l'étape 4

$$\begin{aligned}
 A_4 &= (A_3.R1+A_4).(\overline{A_5+A_{13}}) \\
 &= (A_3.R1+A_4).\overline{A_5}.\overline{A_{13}}
 \end{aligned}$$

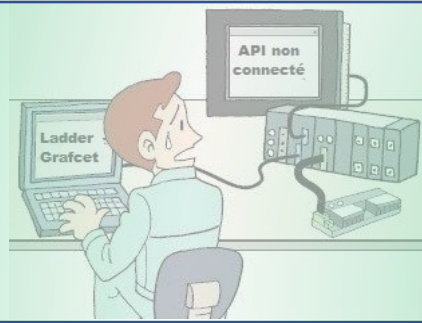


f) Etape de début d'une séquence après une convergence en OU

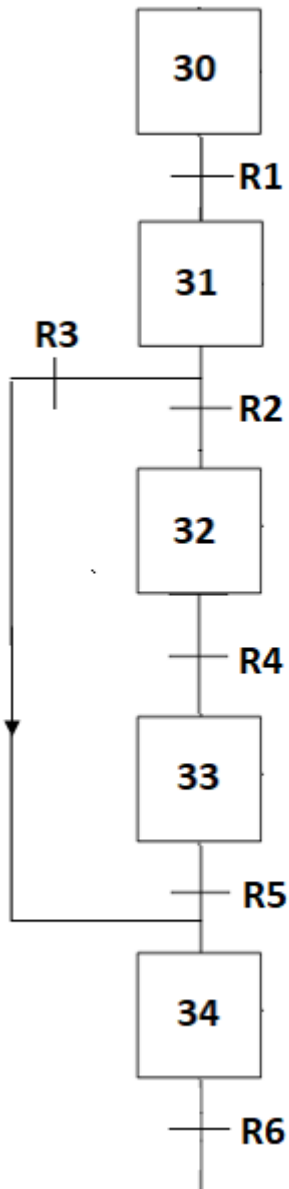


C'est le cas de l'étape 16

$$A_{16} = (A_{12}.R1 + A_{15}.R2 + A_{16}).\overline{A_{17}}$$



g) Saut d'étapes



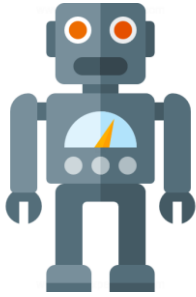
**Etape qui précède le saut : étape 31**

$$A_{31} = (A_{30}.R1 + A_{31}).(\overline{A_{32}} + \overline{A_{34}})$$

$$A_{31} = (A_{30}.R1 + A_{31}).\overline{A_{32}}.\overline{A_{34}}$$

**Etape qui suit le saut : étape 34**

$$A_{34} = (A_{33}.R5 + A_{31}.R3 + A_{34}).\overline{A_{35}}$$



**Dans cette fiche, vous avez pu découvrir le Grafcet et sa méthode de conception.**

**Dans la prochaine fiche, nous verrons les notions de structuration et d'hierarchisation d'un grafcet**