

# LE GRAFCET

## 1. Présentation

Le Grafcet est un système de représentation des automatismes. C'est un outil de communication entre le client et le fabriquant mais aussi un outil de développement car il permet la réalisation de l'automatisme lui-même.

Il a pris un essor considérable grâce à l'informatique. Le langage de programmation des automates programmables est compatible avec le Grafcet. L'écriture du programme est directe, elle se fait par l'intermédiaire d'un éditeur graphique. Il suffit de dessiner le Grafcet à l'écran pour que l'ordinateur produise le programme adapté à l'automate et le transfère sur ce dernier.

Grafcet = **G**raphe **F**onctionnel de **C**ommande **É**tape **T**ransition

## 2. Le Grafcet, un outil de communication

Lors de la définition de son produit, le client dispose d'un langage simple qui évite bon nombre d'ambiguïtés. La communication entre le client et le fournisseur est facilitée, le produit est mieux défini.

Le Grafcet est une représentation graphique, son vocabulaire et sa grammaire sont simples. Il n'est pas nécessaire d'être un spécialiste des automatismes pour définir un fonctionnement avec le Grafcet.

En même temps qu'un outil de communication, le Grafcet est un outil de spécification.

## 3. Le Grafcet, un outil de conception

La représentation produite par cette première étape est universelle c'est-à-dire qu'elle n'est pas conditionnée à un automate particulier. On peut dire que le matériel s'est adapté au Grafcet, c'est la grande force de l'informatique.

## 4. Les deux principales formes du Grafcet

Les paragraphes précédents nous suggèrent que le Grafcet se présente sous deux formes :

- Celle produite par la spécification c'est-à-dire la définition du produit.
- Celle nécessaire à la programmation sur un automate particulier.

Les deux représentations ont même forme générale mais pour la deuxième, les entrées et les sorties de l'automate sont affectées aux entrées et aux sorties de la partie opérative.

## 5. Les précurseurs du Grafcet

Les électroniciens utilisent depuis longtemps le **graphe des états** et la **machine de Moore**. Il existe d'autres ancêtres plus discrets.

### 5.1. Les préoccupations des concepteurs du Grafcet

Les machines automatisées devenaient de plus en plus complexes, le nombre de capteurs ne cessait de croître, il fallait simplifier les méthodes de développement.

Un autre souci était de sécuriser le fonctionnement, c'est-à-dire d'éviter les conséquences des erreurs.

Le graphe d'états et la machine de Moore répondent à ces exigences, mais ils sont plus adaptés au domaine de l'électronique. Il fallait concevoir une représentation propre aux automatismes industriels.

### 5.2. Le traitement de la complexité par le Grafcet

Le principe de la réduction de la complexité tient dans le fait que le fonctionnement complexe est subdivisé en des sous-ensembles fonctionnels simples. Le chef d'orchestre de l'ensemble est un compteur qui indique l'état de la machine. Les numéros des étapes correspondent aux sorties de ce compteur. Comme nous le verrons, à chaque étape est associée une ou plusieurs actions. Les étapes produisent un ordonnancement du fonctionnement alors que les actions traduisent le comportement de la machine.

Le passage d'un état à un autre dépend de l'état actuel et de certaines entrées seulement. Toute action sur d'autres entrées est sans effet. C'est ce qui donne son intérêt au Grafcet, le fonctionnement est plus sûr, la conception est facilitée.

## 6. Le vocabulaire du Grafcet

Le fonctionnement de la machine est divisé en **étapes**. L'étape dans laquelle se trouve la machine à un instant donné est dite **étape active**.

Le passage d'une étape à une autre ne peut se faire que si une "porte" s'ouvre, la **transition**.

La clé qui ouvre cette porte est une combinaison de certaines entrées, de certains capteurs, qui constituent la **réceptivité**.

On dit qu'une transition est **validée** lorsque toutes les étapes qui la précèdent immédiatement sont actives.

Une étape ne peut devenir active que si :

La transition précédente est validée ET la réceptivité associée est vraie. (Règle 2)

### 6.1. La représentation graphique

Une étape est représentée par un carré, l'action associée est décrite à sa droite dans un rectangle.

La liaison entre les étapes se fait par un trait (un arc)

La transition est figurée par un trait perpendiculaire à l'arc. La réceptivité associée est notée à côté.

## 7. La grammaire du Grafcet : les règles d'évolution

Le principe fondamental de la grammaire du Grafcet est l'alternance étape/transition. Ce principe ne peut jamais être transgressé.

Dans le cas d'un fonctionnement simple, le Grafcet est linéaire, c'est à dire qu'il forme un circuit unique et fermé sur lui-même. Pour représenter des cas un peu plus complexes, on introduit des structures particulières.

### 7.1. Règle 1 : situation initiale

La situation initiale du Grafcet caractérise le comportement initial de la partie commande vis à vis de la partie opérative et correspond aux étapes actives au début du fonctionnement.

À la mise sous tension, il faut qu'une étape au moins soit active pour que le Grafcet puisse évoluer (Règle 2). Si une seule étape est active à la mise sous tension, elle se nomme étape initiale. Si plusieurs étapes sont actives à la mise sous tension, l'ensemble des ces étapes porte le nom de situation initiale.

### 7.2. Règle 2 : franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition ne peut se produire :

- que lorsque cette transition est validée
- ET que la réceptivité associée à cette transition est vraie.

### 7.3. Règle 3 : évolution des étapes actives

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

### 7.4. Règle 4 : évolutions simultanées

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

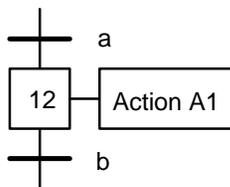
### 7.5. Règle 5 : activation et désactivation d'une même étape

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

## 8. Les structures du Grafcet

Le Grafcet dispose d'un ensemble de structures graphiques qui permettent la conception et la lecture faciles.

### 8.1. Actions associées aux étapes

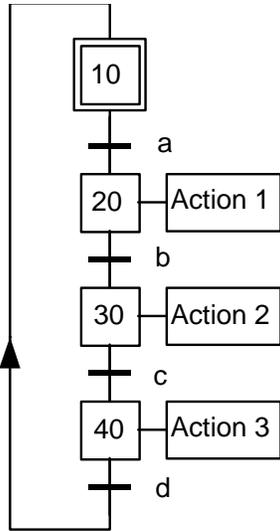


Lorsque le fonctionnement de la machine se trouve dans la situation 12, on souhaite déclencher l'action A1. L'action A1 dure autant que dure l'étape 12, c'est à dire que A1 est lancée par la vérification de la réceptivité **a** et arrêtée par **b**.

Une étape peut déclencher plusieurs actions.

Une action peut s'étendre sur plusieurs étapes.

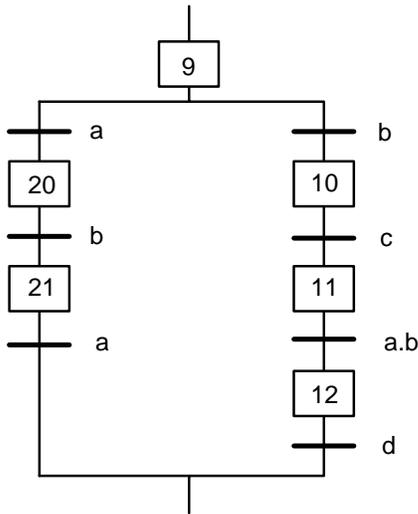
## 8.2. La séquence unique



C'est la situation la plus simple dans laquelle les étapes forment une boucle, à un instant donné, une seule étape est active. On retrouve :

- l'étape initiale (l'étape 10)
- les étapes et les transitions associées à des réceptivités (a ou b ou c ou d)
- le fonctionnement est divisé en plusieurs étapes
- une action est associée à une étape
- la succession étape transition
- à la mise sous tension seule l'étape initiale est active

## 8.3. L'aiguillage (ou choix de séquence)



L'aiguillage permet un choix sous la direction de deux capteurs<sup>1</sup>. Le fonctionnement de la machine se dirige vers une seule des voies possibles.

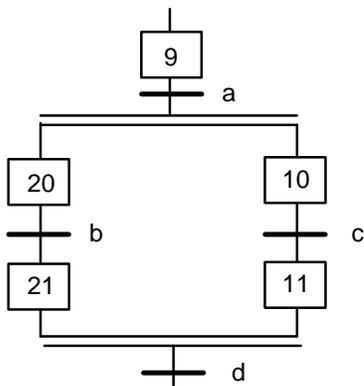
On constate le strict respect du principe fondamental.

Il faut que les réceptivités symbolisées par **a** et **b** soient exclusives c'est-à-dire qu'elles ne puissent pas être vraies simultanément sinon il y a un risque de mauvais fonctionnement.

Certains auteurs emploient les termes de divergence en OU et de convergence en OU pour parler, respectivement, de la partie haute et de la partie basse de l'aiguillage, cette terminologie est dénoncée par les concepteurs du Grafcet.

Remarque : je n'ai représenté qu'une partie du Grafcet.

## 8.4. Les séquences simultanées



Cette structure permet de représenter le fonctionnement simultané de plusieurs parties d'une machine. C'est le cas typique d'une machine transfert où plusieurs pièces sont usinées en même temps.

Vous remarquez le double trait. Les concepteurs ont souhaité une distinction graphique nette entre les deux structures.

Une structure de séquences simultanées doit toujours se terminer par des étapes de synchronisation, ici les étapes 11 et 21, afin de laisser à chaque sous-ensemble le temps de terminer sa tâche avant de poursuivre le fonctionnement commun.

Lci on parle, à tort, de convergence ou de divergence en ET

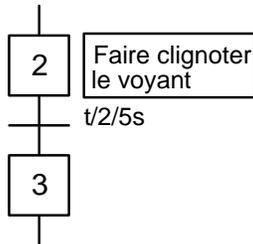
<sup>1</sup> Ou deux groupes de capteurs

## 9. Les autres possibilités du Grafcet

Le Grafcet est devenu un langage universel en automatisme. En association avec l'informatique et les automates programmables il permet de résoudre pratiquement tous les problèmes. On a introduit les temporisations, les compteurs, la possibilité d'utiliser des grandeurs analogiques.

Chaque fonction fait l'objet d'un symbolisme précis.

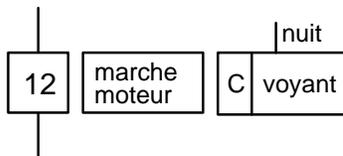
### 9.1. La temporisation



La temporisation fait intervenir le temps dans le fonctionnement du système. Le cas le plus simple demande l'exécution d'une tâche pendant un certain temps. On considère qu'une réceptivité passe à 1 lorsque qu'une certaine durée (réglable) est écoulée, le point de départ de la temporisation est l'activation d'une étape. Le formalisme est le suivant

Ici le voyant clignote pendant 5s à partir de l'activation de l'étape 2. La lettre t indique qu'une temporisation est mise en œuvre 2 est l'étape de départ

### 9.2. L'exécution conditionnelle

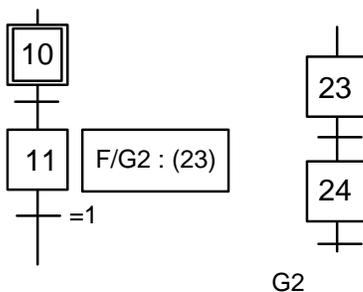


Dans certains cas une étape peut être active sans que l'action associée ne soit exécutée. Le formalisme est le suivant

Ici le moteur se met en marche à chaque activation de 12 mais le voyant ne s'allume que la nuit. Le trait vertical au-dessus du rectangle introduit une action conditionnelle, confirmée par la présence de la lettre C dans le cadre des particularités d'action.

### 9.3. Forçage

Un Grafcet peut en commander un autre, le forçage consiste à activer une étape particulière du Grafcet secondaire. En général le forçage consiste à activer une étape mais on peut également désactiver tout le Grafcet secondaire.



La figure ci-contre représente partiellement deux Grafcets. L'activation de l'étape 11 provoque le forçage de l'étape 23 du Grafcet G2.

les propriétés du forçage sont les suivantes

- les étapes désignées entre parenthèses sont activées
- toutes les autres étapes sont désactivées inconditionnellement
- l'évolution de G2 est bloquée tant que le forçage persiste c'est à dire pendant toute l'activation de l'étape 11

Remarque la réceptivité (=1) est la réceptivité toujours vraie c'est à dire que l'activation de 11 est fugitive. Ici les deux Grafcets poursuivent leurs évolutions simultanément.

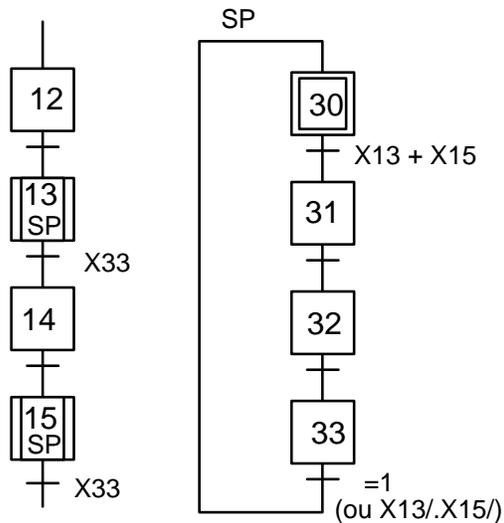
## 10. Les macro-représentations

Dans le souci d'alléger la représentation graphique, on a introduit deux types de macro-représentations :

La macro-étape qui peut se comprendre comme la contraction d'une partie d'un Grafcet

La tâche : c'est l'équivalent du sous programme en informatique, c'est à dire une partie de programme qui est écrite une seule fois mais dont on peut demander l'exécution à divers endroits du programme

Voyons l'utilisation d'une tâche sur un exemple



Lorsque l'étape 13 est active, elle lance la tâche SP.

Le symbole  $X_n$  est une réceptivité interne liée à l'activation de l'étape  $n$ .

Le Grafcet principal continue son évolution lorsque l'étape 33 est active c'est à dire quand la tâche est terminée.

La tâche SP est exécutée deux fois bien qu'elle ne soit écrite qu'une fois.

Questions :

Étudiez le transfert d'informations entre les deux Grafcets.

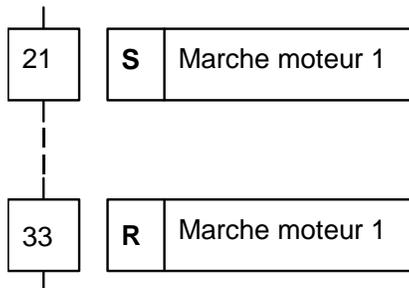
## 11. Particularités d'action

Elles apportent des possibilités supplémentaires aux actions.

L'exemple de l'activation conditionnelle a déjà été donné plus haut.

Il est à remarquer que les particularités d'action agissent sur l'action et non sur l'étape qui leur est associée.

### 11.1. L'action maintenue



La présence du S dans le cadre indique que l'action est maintenue. C'est à dire qu'il n'est pas nécessaire de répéter l'action entre les étapes 21 et 33. Le R indique la fin de l'action maintenue. Ici le moteur s'arrête.

Ce fonctionnement est assimilable à celui de la bascule RS.

### 11.2. Les actions limitées dans le temps

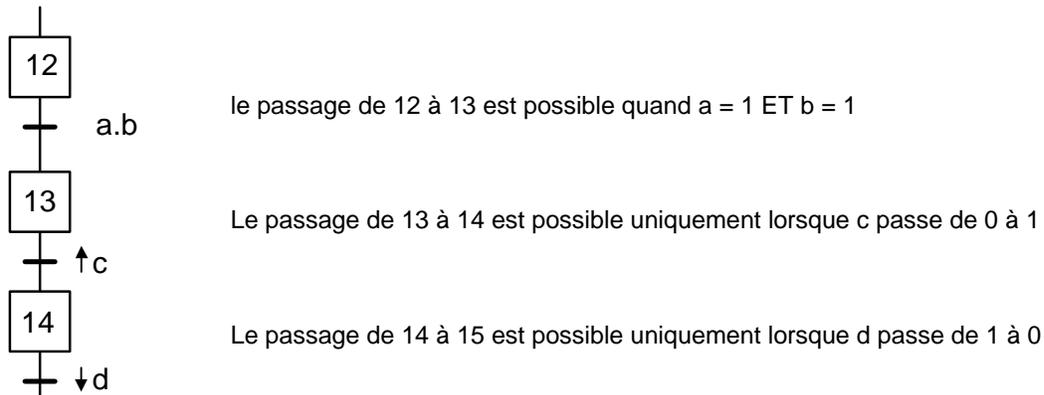
Un graphisme particulier indique que l'action dure moins longtemps que l'activation de l'étape qui lui est associée

### 11.3. Les actions retardées

Un graphisme particulier indique que le début de l'action est décalé par rapport au début de l'étape qui lui est associée

## 12. Particularités des réceptivités

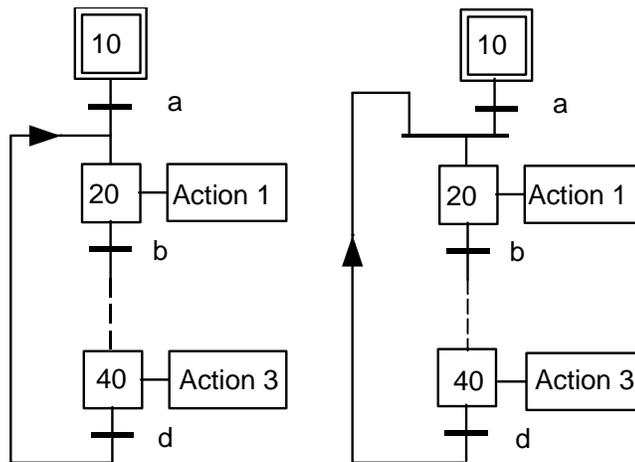
Une réceptivité est une expression logique associée à une transition. Lorsque la réceptivité est vraie, la transition peut être franchie.



La possibilité de ne prendre en compte que les fronts, simplifie beaucoup certains Grafquets.

## 13. Représentation fautive

On trouve souvent la représentation de gauche alors que les concepteurs et les auteurs reconnus du Grafcet préconisent la représentation de droite. En effet, dans cette dernière représentation on montre nettement la structure de traitement.



Avertissement : cette figure est simplifiée, elle veut représenter un ensemble de représentations fautive. Il est simple de ne pas tomber dans le piège, il faut que la structure de traitement (aiguillage ou séquences simultanées) apparaisse clairement.