

LE GRAFCET

INTRODUCTION :

La représentation graphique permet de décrire le fonctionnement séquentiel d'un système automatisé sans ambiguïté et d'une façon compréhensible par toutes les catégories de personnel : de l'ingénieur au technico-commercial. En effet, l'œil humain est capable de saisir, d'un regard, une évolution séquentielle représentée graphiquement. Parmi les méthodes possibles, on trouve l'organigramme et le GRAFCET qui est l'objet d'étude de ce chapitre. Le GRAFCET provient de GRAPhe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions. Il est normalisé sur le plan international, depuis 1988 sous le nom de "Sequential Function Chart (SFC)" (norme CEI 848). Pour illustrer les notions traitées dans ce chapitre, on se basera sur le système de perçage automatisé, décrit ci-dessous :

Fig1. Perceuse automatisée

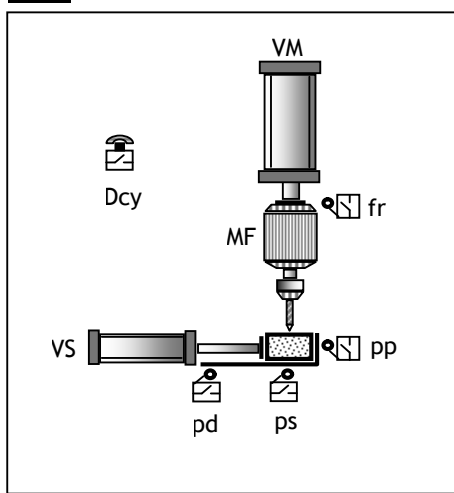


Fig2. Fonctionnement du système

- L'appui sur le bouton Départ cycle (Dcy) lance le cycle ;
- Le vérin de serrage (VS) déplace la pièce pour la serrer ; le capteur (ps) indique que la pièce est serrée ;
- Le moteur supportant le foret (MF) commence à tourner et le vérin (VM) pousse le moteur vers le bas ;
- Le perçage de la pièce commence et le capteur (pp) indique que la pièce est percée ;
- Alors le vérin VM remonte ; quand le capteur (fr) est actionné, cela indique que le foret est retourné ;
- Le moteur MF et le vérin VM sont arrêtés ;
- Le vérin VS retourne dans l'autre sens ; le capteur (pd) indique que la pièce est desserrée ;
- On revient alors à l'état initial.

Note : Pour la clarté, les noms des capteurs sont en minuscule et ceux des actionneurs sont en majuscule.

1. TYPES DE GRAFCET :

Suivant les différents points de vue (utilisateur, technico-commercial, concepteur-réalisateur, etc.), on peut distinguer plusieurs types de GRAFCET. Pour simplifier, on les résume dans 2 types :

- GRAFCET niveau 1 ;
- GRAFCET niveau 2.

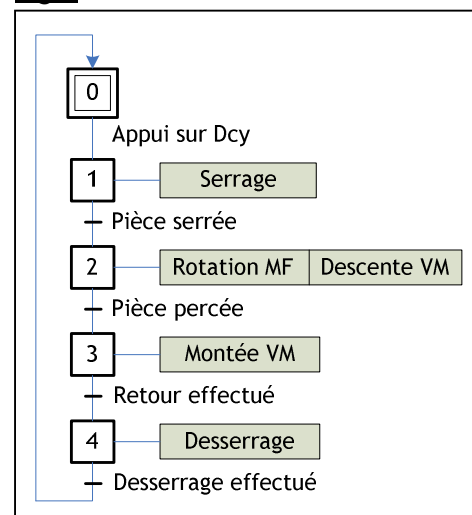
1.1- GRAFCET niveau 1 :

Dans ce type de GRAFCET, apparaissent les actions à réaliser et les informations nécessaires à leur exécution. Ce modèle est purement descriptif. Le choix des actionneurs et des capteurs n'est pas encore fait. On le désigne aussi par "GRAFCET point de vue système" ou "GRAFCET fonctionnel".

1.2- GRAFCET niveau 2 :

Une étude détaillée conduit au choix des solutions technologiques pour la partie opérative (PO) et la partie commande (PC). On le désigne aussi par "GRAFCET point de vue PO et PC".

Fig3. GRAFCET niveau 1



2. ELEMENTS DE BASE :

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.

2.1- Etape :

2.1.1- Définition :

Une étape caractérise un état qui est un comportement invariant d'une partie ou de la totalité de la partie commande. C'est une situation dans laquelle les variables d'entrée et de sortie de la partie commande conservent leur état. Une variable d'étape est associée à chaque étape (en général repéré par X_i , où i est l'identificateur de l'étape). Cette variable booléenne a pour valeur logique :

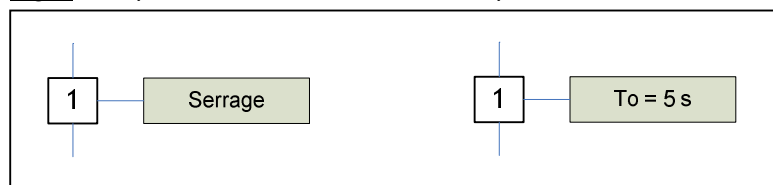
- "1" lorsque l'étape associée est active. Par exemple pour l'étape 0, $X_0 = 1$;
- "0" logique lorsque celle-ci est inactive. Par exemple pour l'étape 0, $X_0 = 0$.

2.1.2- Actions associées à une étape :

Une ou plusieurs actions peuvent être associées à une étape. Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que l'étape à laquelle elles sont associées est active. On symbolise les actions par un rectangle relié au symbole de l'étape. Elles peuvent être :

- Externes correspondant aux ordres vers la PO ;
Exemple : Serrer la pièce.
- Internes correspondant à des fonctions qui n'agissent pas sur la PO, telles qu'une temporisation, un comptage, etc.
Exemple : Lancer une temporisation de 5 s.

Fig7. Exemples d'actions associées à une étape



2.2- Les transitions :

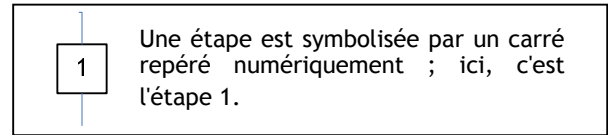
2.2.1- Définition :

Un système lors de son fonctionnement séquentiel change d'état. Une transition indique la possibilité d'évolution entre étapes :

- Elle est symbolisée par une barre perpendiculaire aux liaisons orientées ;
- Elle définit la condition d'évolution entre étapes, appelée réceptivité.

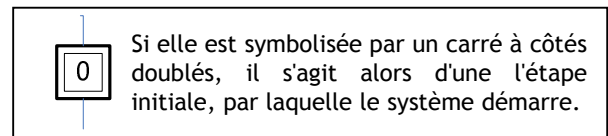
Une transition est validée si l'étape ou les étapes précédentes sont actives.

Fig4. Symbole d'une étape



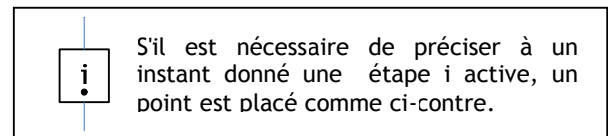
Une étape est symbolisée par un carré repéré numériquement ; ici, c'est l'étape 1.

Fig5. Etape initiale



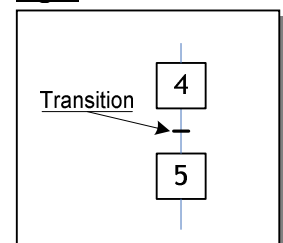
Si elle est symbolisée par un carré à côtés doublés, il s'agit alors d'une l'étape initiale, par laquelle le système démarre.

Fig6. Etape active



S'il est nécessaire de préciser à un instant donné une étape i active, un point est placé comme ci-contre.

Fig8. Transition



2.2.2- Réceptivité associée à une transition :

a. Définition :

A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité ou condition de franchissement d'étape. La réceptivité est une fonction combinatoire d'informations booléennes telles que l'état :

- d'un capteur ;
- d'un bouton de l'Interface Homme/Machine ;
- d'une temporisation ;
- d'une étape, etc.

Pour franchir une étape, il faut que :

- la transition soit validée ;
- ET la réceptivité soit vraie.

b. Cas particuliers :

Il y a des cas particuliers de réceptivité, on en cite 2 :

- **Temporisation :** Pour faire intervenir le temps dans une réceptivité, il suffit d'indiquer après le repère "t" son origine et sa durée. L'origine sera l'instant de début de l'activation de l'étape déclenchant la temporisation. La notation $t/14/5$ signifie que la réceptivité sera vraie 5 secondes après l'activation de l'étape repérée 14. La notation normalisée s'écrit $5s/X14$.
- **Réceptivité toujours vraie :** une telle réceptivité s'écrit " $= 1$ ". Le franchissement de cette transition se fera dès que la ou les étapes immédiatement antérieures seront actives sans autre condition.

Fig10. Réceptivité toujours vraie

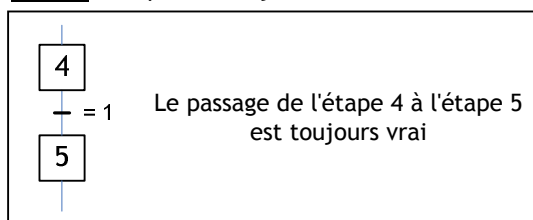


Fig9. Exemples de réceptivités

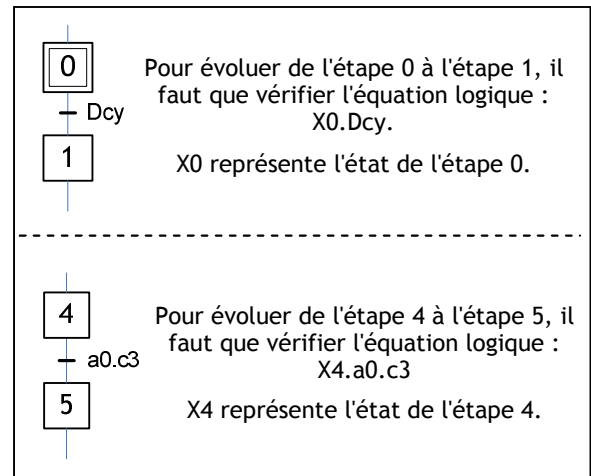
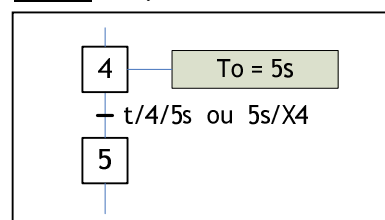


Fig11. Temporisation



3. LES REGLES D'EVOLUTION D'UN GRAFCET :

Règles N° 1 : Situation initiale

L'initialisation précise l'étape ou les étapes actives au début du fonctionnement. Elle caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative. Les étapes initiales sont activées inconditionnellement en début de cycle.

Règles N° 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. Elle ne peut alors être franchie que :

- Lorsqu'elle est validée ;
- ET que la réceptivité associée à la transition est vraie.

Règles N° 3 : Evolution des étapes actives

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

4. STRUCTURES DE BASE D'UN GRAFCET :

4.1- La séquence linéaire :

Une séquence linéaire est composée d'un ensemble d'étapes successives où chaque étape est suivie d'une seule transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

4.2- Les séquences simultanées :

Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer simultanément plusieurs séquences d'étapes, on obtient des séquences simultanées qui s'exécuteront parallèlement mais indépendamment. C'est-à-dire, l'évolution de chacune des séquences d'étapes dépendra des conditions d'évolution du système automatisé.

Pour représenter la structure des séquences simultanées, on utilise deux traits parallèles pour indiquer le début et la fin des séquences.

Considérons l'exemple de la figure 13 :

- La transition 'h', qui possède 2 étapes de sortie, représente l'exécution en parallèle de plusieurs séquences. On appelle cette structure **divergent ET** :
Si l'étape 1 est active et la réceptivité $h = 1$, les étapes 2 et 12 sont activées
- La transition 'm.d', qui possède plusieurs étapes d'entrée, représente la synchronisation de plusieurs séquences. On appelle cette structure **convergent ET** :
Si les 2 étapes 3 et 13 sont actives et la réceptivité $m.d = 1$, l'étape 14 est activée.

4.3- Sélection de séquences :

Une structure alternative permet d'effectuer un choix unique d'évolution entre plusieurs étapes en aval à partir d'une seule étape en amont. Pour représenter la structure alternative, on utilise un simple trait horizontal pour indiquer le début et la fin des séquences. Considérons l'exemple de la figure 14 :

- De l'étape 1 :
 - On active l'étape 2 si la réceptivité $b = 1$ et $a = 1$;
 - Ou on active l'étape 12 si la réceptivité $b = 1$ mais $a = 0$.

On appelle cette structure "**divergence en OU**". Il est à noter que les branches d'une divergence en OU doivent avoir des réceptivités exclusives, c'est-à-dire ne peuvent pas être vraies simultanément.

- L'activation de l'étape 14 peut provenir :
 - de l'étape 3 si elle est active et $e = 1$;
 - OU de l'étape 13 si elle est active et $m = 1$.

On appelle cette structure "**convergence en OU**".

Fig12. Séquence linéaire

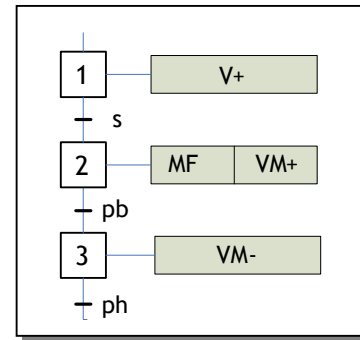


Fig13. Séquences simultanées

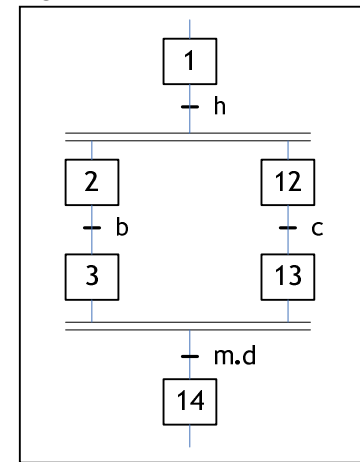
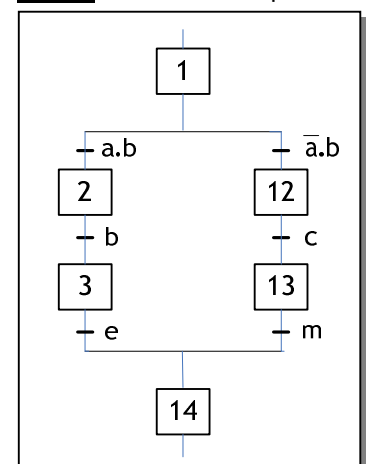


Fig14. Sélection de séquences

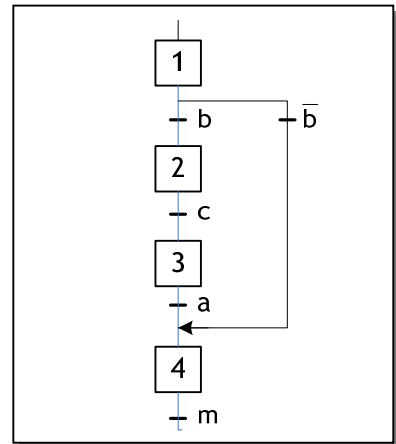


4.4- Le saut d'étapes :

Le saut d'étape représente un saut conditionnel permettant de sauter plusieurs étapes pour activer une étape en aval dans la séquence.

Dans l'exemple de la figure 15, il y a un saut de l'étape 1 à l'étape 4 mais conditionné par la réceptivité b .

Fig15. Saut d'étapes



4.5- Structure répétitive :

Une structure répétitive appelée aussi une reprise de séquence, est un saut conditionnel permettant la reprise d'une séquence plusieurs fois (boucle) tant qu'une condition logique fixée n'est pas obtenue.

Il y a reprise des étapes 1, 2 et 3 tant que la réceptivité a n'est pas obtenue. On dit aussi que c'est un saut d'étape 3 à 1 par la réceptivité $a.b$.

Fig16. Reprise de séquence

