

Introduction

Le GRAFCET est un outil de description des systèmes automatisés. C'est un langage de spécification pour la description fonctionnelle du comportement de la partie séquentielle d'un système automatisé. Il est utilisé dans les phases d'écriture de cahier des charges d'automatisation d'une machine et dans la recherche de solutions.

Le terme « GRAFCET » est un acronyme :

GRAphe Fonctionnel de Commande Etape Transition

Avant de définir les éléments et les règles d'écriture du GRAFCET, il est important de noter que le GRAFCET, tel qu'il est défini par la norme, ne constitue pas un langage de programmation spécifique (SFC : Sequential Function Chart) employé pour la programmation des automates industriels. Même si le langage de programmation SFC est inspiré du langage GRAFCET, ils sont de nature différente : le GRAFCET décrit le comportement logique des systèmes indépendamment de la réalisation technologique alors que le langage SFC est lié à la technologie employée car il décrit une structure interne du logiciel implémenté dans le système.

Le GRAFCET est normalisé en France depuis 1982 (NF C 03-190) et internationalement depuis 1988 (CEI 848). La révision la plus récente à ce jour date de Août 2002 (NF EN 60848).

La norme CEI 61131-3 définit un ensemble de langages de programmation des automates dont le langage SFC.

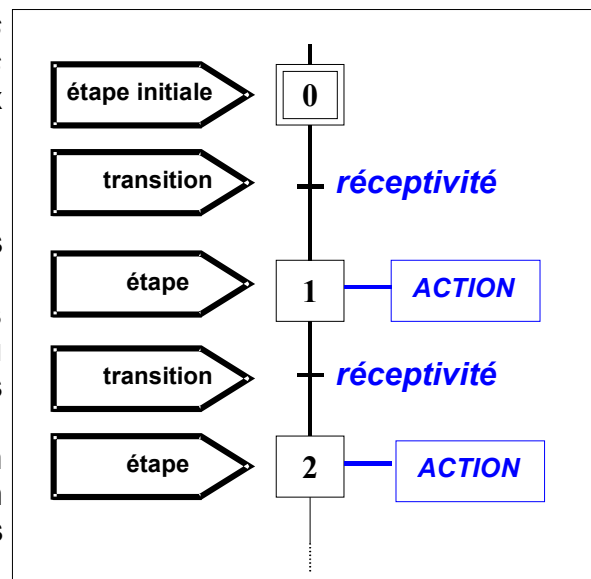
1- Les éléments de base du GRAFCET

Le GRAFCET permet la description comportementale des actions en fonction de la sollicitation des entrées d'un système automatisé.

Cette description est réalisée sous forme de représentation graphique où le comportement du système est traduit par un état unique à un instant donné. Ces états correspondent aux situations du GRAFCET. Les états sont reliés entre eux par des liens conditionnels ; ce qui permet de décrire l'évolution d'un état vers un autre.

Le GRAFCET est constitué **d'étapes** représentant les états et de **transitions** représentant les liens conditionnels. Ces deux éléments constituent la structure du GRAFCET.

À chaque étape il faut décrire la situation des sorties, des actionneurs du système automatisé. Le GRAFCET utilise des **actions** qui, reliées aux étapes, décrivent le comportement du système. De la même manière, des **réceptivités** sont associées aux transitions. Celles-ci contiennent, sous forme d'expression logique, la condition à satisfaire pour l'évolution de la situation du GRAFCET d'une étape vers une autre.



La représentation graphique du comportement d'un système distingue la structure et l'interprétation qui précise l'évolution du système :

- La *structure* du GRAFCET doit toujours respecter l'alternance étape – transition reliées par une liaison orientée.
- L'*interprétation* assure la relation entre les variables d'entrées, la structure et les variables de sortie. L'interprétation est décrite par les réceptivités et les actions.

Une **réceptivité** est une condition logique qui est soit vraie soit fausse. Si la réceptivité associée à une transition est vraie, la transition est franchie.

Une **action** indique l'état d'une variable de sortie. Une action continue associée à une étape est réalisée si l'étape est active. Lorsque la situation du GRAFCET évolue, l'étape devient inactive et l'action n'est pas réalisée. Ce comportement est différent dans le cas d'actions mémorisées.

2- Règles du GRAFCET

2.1- Règle de syntaxe

L'alternance étape-transition et transition-étape doit toujours être respectée, quelle que soit la séquence parcourue.

2.2- Règles d'évolution

Une situation est caractérisée par l'ensemble des étapes actives à un moment donné. Les règles d'évolution s'appliquent sur les étapes et décrivent l'évolution du GRAFCET entre deux situations.

Situation initiale

C'est la situation, imposée par le concepteur, à l'instant initial. Elle comprend toutes les étapes actives à cet instant.

Franchissement d'une transition

Une transition est **validée** lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives. La transition est franchie lorsqu'elle est validée ET lorsque la réceptivité associée est vraie.

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.

Évolutions simultanées

Si plusieurs transitions sont simultanément franchissables, elles sont simultanément franchies.

Dans ce cas, seules deux situations actives sont à considérer. Il n'y a pas de situation intermédiaire.

Activation désactivation simultanées d'une étape

Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée, alors elle restera active.

2.3- Événement d'entrée

Les événements des variables d'entrée sont susceptibles d'entraîner une évolution du GRAFCET. Les moments de changement d'état des variables d'entrée sont des fronts montants ou fronts descendants d'une variable ou, plus souvent, d'un ensemble de variables d'entrée. Ces instants sont appelés « événements d'entrée ».

exemples :

$\uparrow S0$: représente le front montant de l'entrée $S0$

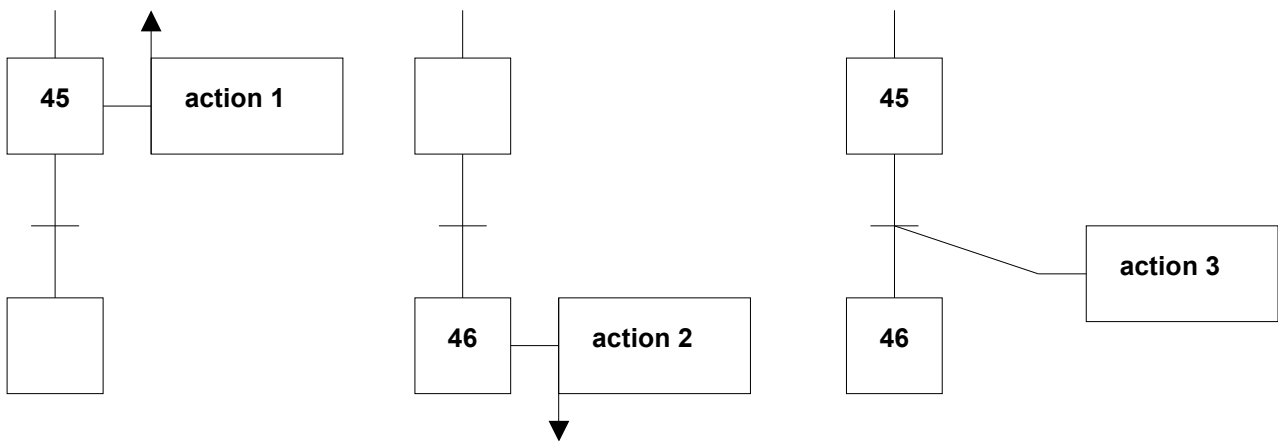
$S0.\downarrow S2$: l'événement d'entrée correspondant a lieu pour le front descendant de l'entrée $S2$ lorsque $S0$ est au niveau logique 1.

2.4- Événement internes

Les événements internes sont les événements liés à une situation particulière. L'existence d'une situation active peut entraîner une évolution de situation. L'événement interne, apparition d'une situation active, est assimilé à un événement d'entrée.

Les événements internes sont de trois types :

- décrit par l'activation d'une étape
- événement interne décrit par la désactivation d'une étape
- événement interne décrit par le franchissement d'une transition



2.5- Modes de sortie

Les actions constituent le lien entre les situations du GRAFCET et les sorties. Il existe deux modes de sortie : mode continu ou mode mémorisé.

Le **mode continu** est employé lorsqu'une action est associée à une étape. La variable de sortie sera vraie lorsque l'étape sera active. Les autres variables de sortie qui ne sont pas contenues dans l'action sont, de fait, portées à la valeur fausse.

Il faut noter que le mode continu peut également être employé avec une condition d'assignation de la variable de sortie. Cette condition d'assignation est une combinaison de variables d'entrée ou de variables internes. La variable de sortie sera vraie si l'étape associée à l'action est active ET si la condition d'assignation est vraie.

Le **mode mémorisé** est employé lorsqu'une variable de sortie est affectée par association d'une action avec un événement interne. La valeur de la variable de sortie est alors mémorisée. Elle gardera cette valeur tant qu'une nouvelle affectation ne sera pas rencontrée au cours de l'évolution du GRAFCET.

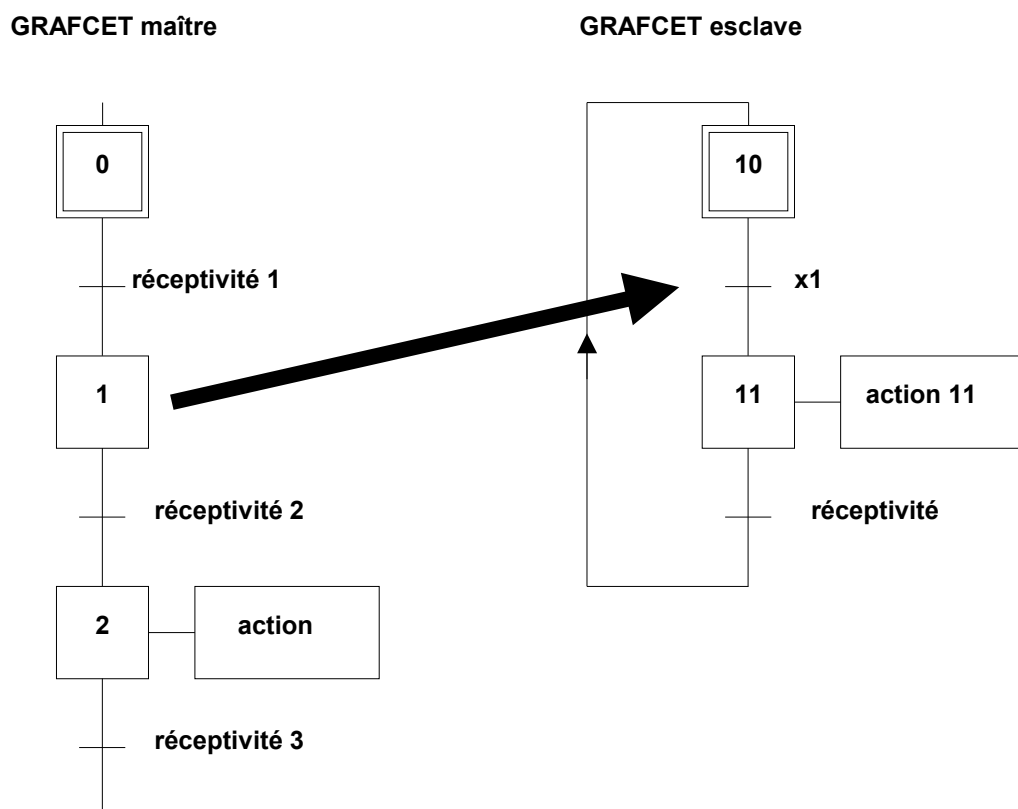
3- Les GRAFCET synchronisés

On peut être amené à utiliser plusieurs GRAFCET pour décrire le fonctionnement d'un système automatisé. Cela présente l'avantage de décrire une seule fois un enchaînement d'actions que l'on retrouve à l'identique plusieurs fois dans la description complète du fonctionnement. Cet enchaînement d'actions sera décrit par un GRAFCET partiel et on utilisera un événement interne d'un autre GRAFCET pour « appeler » cet enchaînement d'actions.

Deux modes d'appel sont employés : l'appel simple et l'appel dit en demi-poignée de main.

L'appel simple

Le GRAFCET « maître » appelle le GRAFCET « esclave » à l'aide d'un événement interne (ici x1).



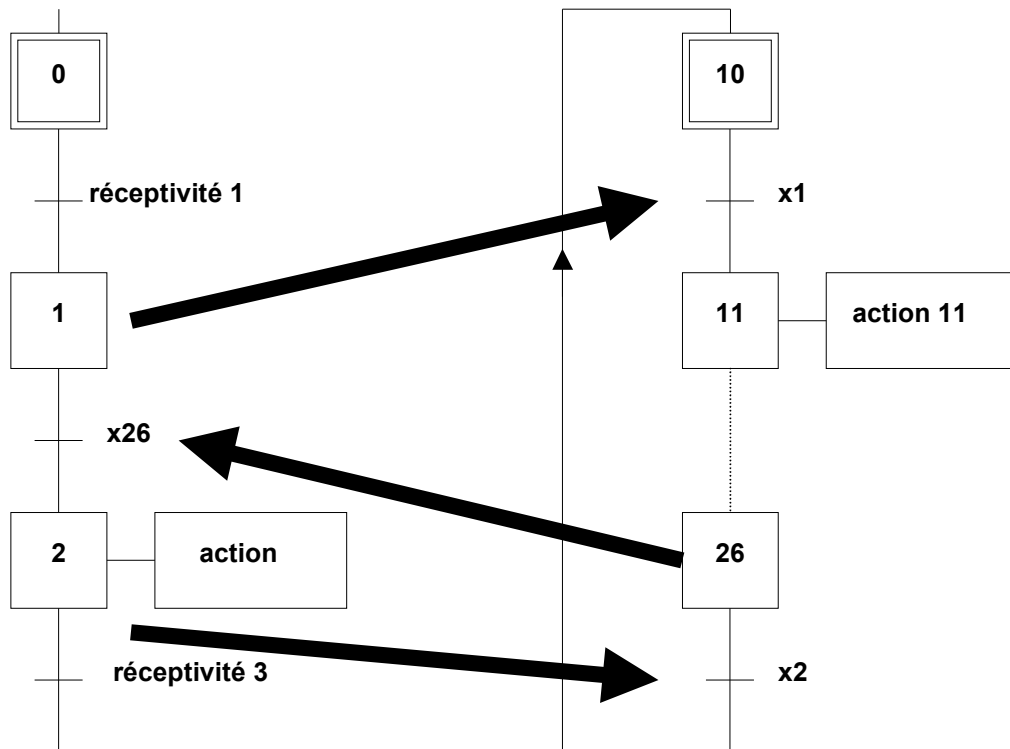
Une fois le GRAFCET « esclave » sollicité, l'action 11 est effectuée et la situation propre du GRAFCET évolue sans que le GRAFCET « maître » ou appelant en soit informé. L'emploi de l'appel simple doit être entouré de beaucoup de précautions car le GRAFCET appelant pilote le GRAFCET appelé mais n'en contrôle pas la séquence.

L'appel en demi-poignée de main

Cette structure apporte un échange d'information entre les deux GRAFCET. L'appelant est informé de la fin d'exécution de l'appelé.

GRAFCET maître

GRAFCET esclave



Le pilotage du début de la séquence est identique à celui de l'appel simple. Par contre ce type d'appel pilote :

- la fin de la séquence par x26 dans la transition entre x1 et x2
- le rebouclage du GRAFCET esclave par x2 dans la transition entre x26 et X10.

4- Les GRAFCET hiérarchisés

Cette structure permet de donner des niveaux hiérarchiques différents à plusieurs GRAFCET d'une description de fonctionnement d'un système automatisé. L'exemple le plus fréquent est la gestion de l'arrêt d'urgence sur un système.

La spécification du concepteur pour la gestion de l'arrêt d'urgence peut prendre la forme suivante : un appui sur le bouton d'arrêt d'urgence entraîne l'arrêt immédiat de toutes les actions en cours. Son déverrouillage, une fois le défaut éliminé, autorise une reprise de fonctionnement à partir de la situation initiale de la machine. On note que ce cahier des charges ne serait pas satisfaisant dans le cas où le système automatisé présenterait des actionneurs monostables (verrin simple effet, par exemple).

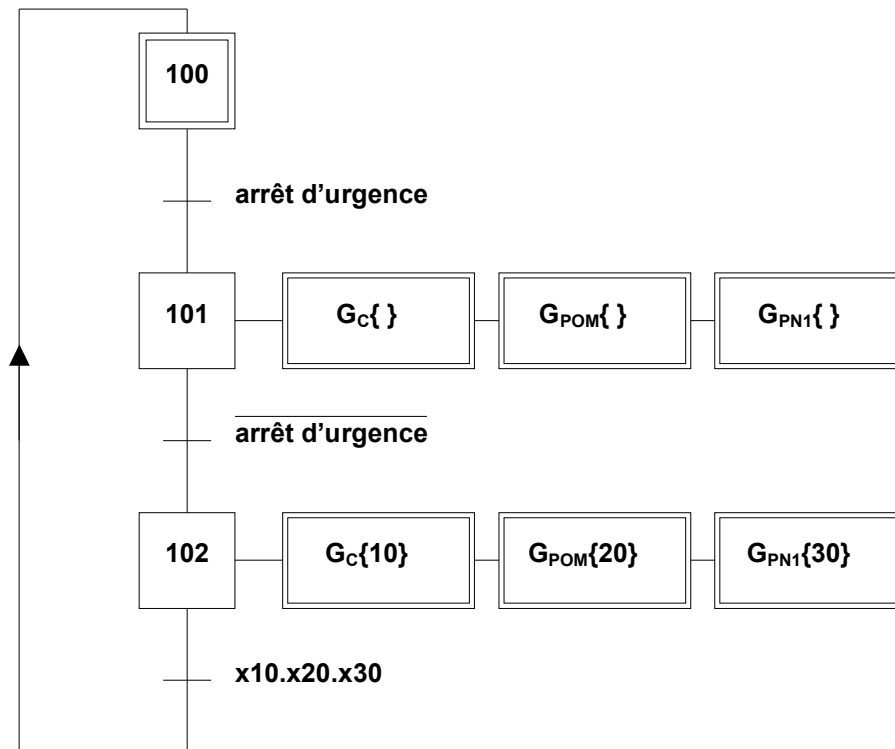
On suppose que le fonctionnement du système automatisé est décrit par un ensemble de GRAFCET :

- GRAFCET de conduite, noté GC, dont l'étape initiale porte le numéro 10.
- GRAFCET de mise en situation initiale, noté GPOM, dont l'étape initiale porte le numéro 20.
- GRAFCET de production normale, noté GPN1, dont l'étape initiale porte le numéro 30.
- GRAFCET de sûreté, noté GS.

Pour répondre aux exigences du cahier des charges énoncé ci-dessus, le GRAFCET de sûreté présentera un niveau hiérarchique supérieur aux autres.

Le GRAFCET de sûreté, ci-dessous, montre les actions de forçage de GRAFCET partiels. Les forçages sont représentés par des doubles carrés d'action. Ce sont toujours des forçages à un. Les numéros des étapes forcées sont contenus entre les accolades.

Le GRAFCET



Lorsque l'étape 101 est active, les GRAFCET de conduite (GC), de mise en situation initiale (GPOM) et de production normale (GPN1) sont forcés en situation vide. Aucune étape n'est active.

Lorsque l'étape 102 est rendue active par le déverrouillage de l'arrêt d'urgence, les étapes 10, 20 et 30 respectivement des GRAFCET de conduite de mise en situation initiale et de production normale sont forcées à un.