



3B/256/CD

COMMITTEE DRAFT(CD)
PROJET DE COMITÉ (CD)

Project number Numéro de projet		IEC 60848 Ed. 2					
IEC/TC or SC: CEI/CE ou SC: 3B	Date of circulation Date de diffusion 1999-02-28	Closing date for comments Date de clôture des observations 1999-05-31					
Titre: Documentation		Title: Documentation					
Secretary: Secrétaire: Mr. Per-Åke Svensson (Sweden)							
Also of interest to the following committees Intéresse également les comités suivants TC65		Supersedes document Remplace le document 3B/215/CD, 3B/241/CC					
Horizontal functions concerned Fonctions horizontales concernées <table border="0"><tr><td><input type="checkbox"/> Safety Sécurité</td><td><input type="checkbox"/> EMC CEM</td><td><input type="checkbox"/> Environment Environnement</td><td><input type="checkbox"/> Quality assurance Assurance qualité</td></tr></table>				<input type="checkbox"/> Safety Sécurité	<input type="checkbox"/> EMC CEM	<input type="checkbox"/> Environment Environnement	<input type="checkbox"/> Quality assurance Assurance qualité
<input type="checkbox"/> Safety Sécurité	<input type="checkbox"/> EMC CEM	<input type="checkbox"/> Environment Environnement	<input type="checkbox"/> Quality assurance Assurance qualité				

CE DOCUMENT EST TOUJOURS À L'ÉTUDE ET SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION. IL NE PEUT SERVIR DE RÉFÉRENCE.

LES RÉCIPIENDAIRES DU PRÉSENT DOCUMENT SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, LA NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

THIS DOCUMENT IS STILL UNDER STUDY AND SUBJECT TO CHANGE. IT SHOULD NOT BE USED FOR REFERENCE PURPOSES.

RECIPIENTS OF THIS DOCUMENT ARE INVITED TO SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING DOCUMENTATION.

Titre :

CEI 60848 Ed. 2
Langage de spécification GRAFCET
pour diagrammes fonctionnels en
séquence

Title :

IEC 60848 Ed. 2
Specification language GRAFCET for
sequential function charts

Note d'introduction

Ce document est préparé par le groupe de travail 3B/WG14. C'est le 2ème CD.

Les comités nationaux devraient particulièrement noter la distinction maintenant faite entre *le langage de spécification*, appelé GRAFCET (avec les majuscules), la *sorte de document* qui utilise ceci, appelée le diagramme grafcet (qui est seulement un type de diagramme fonctionnel) et *réalisations possibles du langage pour programmer*, par exemple, SFC (diagramme séquentiel de fonction) comme décrit dans le CEI 61131-3.

Introductory note

This document was prepared by working group 3B/WG14. It is the 2nd CD.

National Committees should especially take note of the now made distinction between *the specification language*, called GRAFCET (with capital letters), the *document kind* that makes use of this, called grafcet chart (which is only one type of function chart) and possible *implementations of the language for programming*, e.g. SFC (Sequential Function Chart) as described in IEC 61131-3.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60848 a été établie par le sous-comité 3B: documentation, du comité d'études 3 de la CEI:documentation et symboles graphiques.

Ce document a été préparé par le groupe de travail SC3B/WG14 à partir du document 3B/215/CD en tenant compte des remarques des comités nationaux (document 3B/241/CC).

Bien que le langage GRAFCET, décrit par cette norme, ait servi de base au langage SFC de la norme CEI 61131-3, la syntaxe et la sémantique définies par chacune des deux normes sont néanmoins distinctes en raison de leurs différents domaines d'application.

Cette édition annule et remplace l'édition parue en 1988, dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
XX/XX/FDIS	XX/XX/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A et B sont données à titre d'information

SOMMAIRE

Introduction	6
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Termes et définitions.....	8
3.1 système.....	8
3.2 diagramme	10
3.3 * diagramme grafcet	10
3.4 * situation	10
3.5 * étape	10
3.6 * transition.....	10
3.7 * liaison orientée.....	10
3.8 * réceptivité	10
3.9 * action.....	10
3.10 * événement d'entrée.....	10
3.11 * événement interne.....	12
3.12 * évolution fugace	12
4 Principes généraux.....	12
4.1 Contexte.....	12
4.2 Le GRAFCET , un langage de spécification comportementale	14
4.3 GRAFCET, présentation sommaire	14
4.4 Règle de syntaxe.....	18
4.5 Règles d'évolution	18
4.6 Événements d'entrée	20
4.7 Événements internes	20
4.8 Modes de valuation des sorties.....	22
4.9 Possibilité d'évolution fugace	24
4.10 Comparaison entre les deux modes de valuation des sorties	28
5 Représentation graphique des éléments	30
6 Représentation graphique des structures de séquences.....	58
6.1 Structures de base	58
6.2 Structures particulières	64
7 Structuration.....	68
7.1 Partition d'un grafcet.....	68
7.2 Structuration par forçage de situation d'un grafcet partiel	72
7.3 Structuration par encapsulation.....	74
7.4 Structuration par macro-étapes.....	80
Annexe A - Exemple de commande d'une presse.....	82
Annexe B - Exemple : Doseur malaxeur automatique	84

Introduction

La principale raison de la révision de la première édition de la norme est la volonté des utilisateurs d'enrichir l'outil de spécification normalisé par de nouveaux concepts, permettant une description structurée et hiérarchisée.

Par ailleurs, il apparaît maintenant nécessaire d'ajouter aux aspects descriptifs et fonctionnels de la première édition les aspects formels et comportementaux essentiels à la définition d'un véritable langage de spécification.

Tout ceci rend nécessaire une révision globale de la norme.

Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence

1 Domaine d'application et objet

Cette norme définit un langage de spécification graphique pour la description fonctionnelle du comportement de la partie séquentielle des systèmes de commande. Ce langage de spécification est appelé GRAFCET¹.

Cette norme inclut les symboles et les règles nécessaires à la représentation, ainsi que l'interprétation qui en est faite.

Cette norme a été établie pour les systèmes automatisés de production des applications industrielles, mais comme la façon de décrire les fonctions de commande est applicable à tout système, aucun champ d'application n'est catégoriquement exclu.

Cette norme est destinée principalement aux utilisateurs (concepteurs, réalisateurs, agents de maintenance,...) qui ont besoin de spécifier le comportement d'un système (commande d'une machine automatique, composant de sûreté, ...). Ce langage de spécification peut également servir de moyen de communication entre les concepteurs et les utilisateurs de systèmes automatisés.

La réalisation d'une spécification exprimée en GRAFCET ne fait pas partie du domaine d'application de cette norme, pour cela plusieurs voies sont possibles : par exemple, la norme CEI 61131-3 définit un ensemble de langages de programmation destinés aux automates programmables, parmi lesquels le « SFC » est spécialement destiné à cet usage.

1 : GRAFCET, GRaphe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente norme internationale. Au moment de sa publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales en vigueur.

CEI 60050-351 : 1998, Vocabulaire Electrotechnique International - Chapitre 351 : Commande et régulation automatique.

CEI 60617-7 : 1996, Symboles graphiques pour schémas - Partie 7 : Appareillage et dispositifs de commande et de protection.

CEI 60617-12 : 1997, Symboles graphiques pour schémas - Partie 12 : Opérateurs logiques binaires.

3 Termes et définitions

Les définitions des termes précédés d'un astérisque ne s'appliquent que dans le contexte du langage de spécification GRAFCET.

3.1 système

ensemble d'éléments reliés entre eux, considérés dans un contexte défini comme un tout et

séparés de leur environnement

NOTE 1 -Les éléments du système peuvent être à la fois des objets matériels ou des concepts aussi bien que les résultats de ceux-ci (par ex. formes d'organisation, méthodes mathématiques, langages de programmation).

NOTE 2 - Le système est considéré comme séparé de l'environnement et des autres systèmes extérieurs par une surface imaginaire qui coupe les liaisons entre eux et le système.

[VEI 60050-351-11-01]

3.2 diagramme

représentation graphique décrivant le comportement d'un système, par exemple les relations entre deux ou plus de deux grandeurs variables, actions ou états

3.3 * diagramme grafcet

diagramme fonctionnel utilisant le langage GRAFCET

NOTE - le terme « diagramme grafcet » est remplacé dans la pratique par le raccourci : « grafcet ».

3.4 * situation

désignation dans un grafcet de l'état, au sens des «automates d'états finis», du système spécifié par GRAFCET

3.5 * étape

élément du langage GRAFCET utilisé pour définir la situation de la partie séquentielle d'un système

NOTE 1 - Une étape est soit active soit inactive.

NOTE 2 - L'ensemble des étapes actives représente la situation du système.

3.6 * transition

élément du langage GRAFCET, une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre plusieurs étapes

NOTE - Cette évolution possible s'accomplit par le franchissement de la transition.

3.7 * liaison orientée

élément du langage GRAFCET, les liaisons orientées indiquent les voies d'évolution en reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes

3.8 * réceptivité

élément du langage GRAFCET associée à une transition, la réceptivité exprime le résultat d'une expression booléenne

NOTE - Une réceptivité est soit vraie soit fausse.

3.9 * action

élément du langage GRAFCET associée à une étape, l'action indique le comportement d'une variable de sortie

3.10 * événement d'entrée

événement caractérisé par le changement de valeur d'une ou plusieurs variables d'entrée de la partie séquentielle du système

3.11 * événement interne

événement caractérisé par un événement d'entrée associé à la situation de la partie séquentielle du système

3.12 * évolution fugace

évolution caractérisée par le franchissement de plusieurs transitions successives sur occurrence d'un unique événement d'entrée

4 Principes généraux

4.1 Contexte

La réalisation des systèmes automatisés requiert, notamment, une description liant les effets aux causes. Pour cela, on décrira l'aspect logique du comportement souhaité du système.

La partie séquentielle du système désigne l'aspect logique d'un système physique auquel on accède par des variables d'entrée et des variables de sortie booléennes. Le comportement indique la manière dont les variables de sortie dépendent des variables d'entrée (voir note figure 1). Le GRAFCET a pour objet de spécifier le comportement de la partie séquentielle des systèmes.

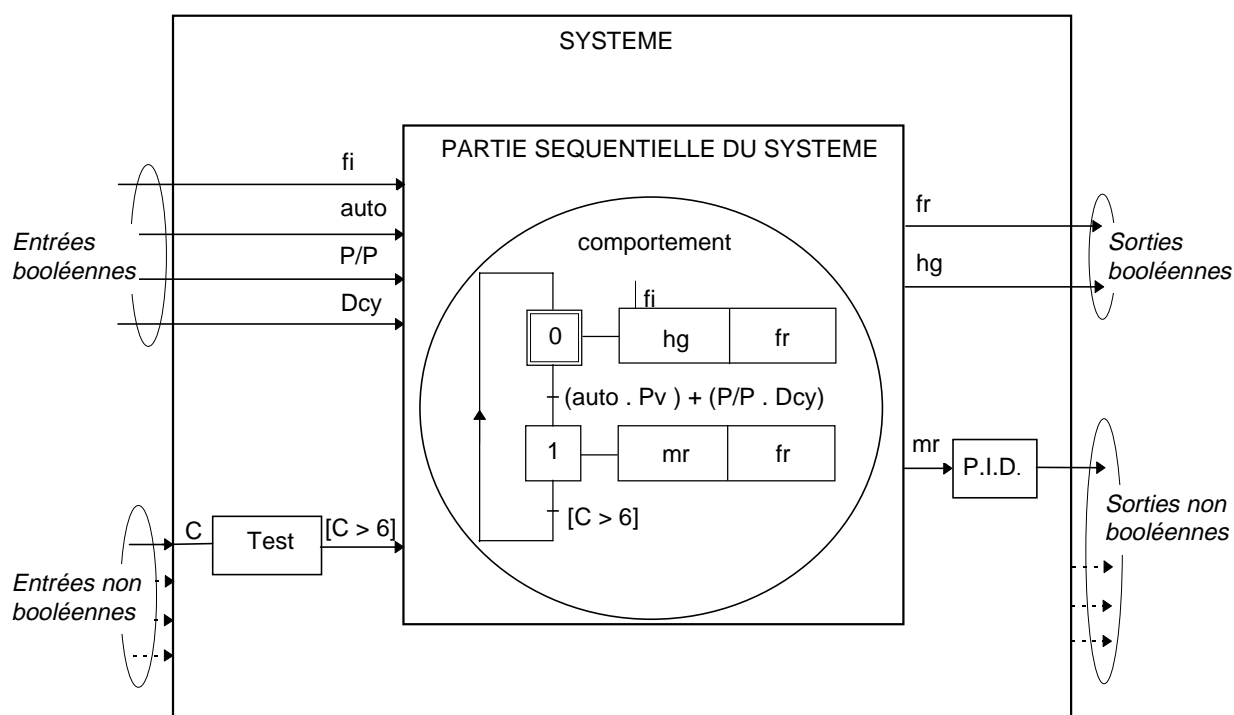


Figure 1- Représentation graphique de la partie séquentielle d'un système

NOTE : La partie séquentielle du système est caractérisée par ses variables d'entrée, ses variables de sortie, et son comportement. Cette partie séquentielle ne comporte que des variables d'entrées et de sorties booléennes, toutefois le langage de spécification GRAFCET permet par extension (exemple : évaluation d'un prédicat ou affectation d'une valeur numérique à une variable) de décrire le comportement de variables non booléennes.

4.2 Le GRAFCET , un langage de spécification comportementale

Le langage de spécification GRAFCET permet d'établir un grafcet exprimant le comportement attendu de la partie séquentielle d'un système déterminé. Cet outil se caractérise principalement par ses éléments graphiques qui, associés à une expression alphanumérique des variables, offre une représentation synthétique du comportement reposant sur une description indirecte de la situation du système.

La description du comportement sous forme d'états est la suivante : Les états, « monomarqués », correspondent aux *situations* du GRAFCET, ce qui implique qu'une seule situation puisse être active à un instant donné. Les états sont reliés les uns aux autres par des arcs assortis d'une condition d'évolution, ce qui permet de décrire le passage d'une situation à une autre.

Pour des raisons de commodité la description du comportement sous forme d'états est avantageusement remplacée par une description sous forme d'*étapes* appelée GRAFCET. Dans le GRAFCET plusieurs étapes peuvent être actives simultanément, la situation active étant alors caractérisée par l'ensemble des étapes actives à l'instant considéré. Les conditions d'évolution d'un ensemble d'étapes vers un autre sont alors portées par une ou plusieurs transitions, caractérisées chacune par :

- ses étapes amont,
- ses étapes aval,
- sa réceptivité associée.

NOTE - La règle de syntaxe imposant l'alternance étape-transition résulte de ce qui précède.

4.3 GRAFCET, présentation sommaire

Le GRAFCET est utile pour concevoir des grafkets donnant une représentation graphique et synthétique du comportement des systèmes. La représentation (figure 2 page 16) distingue :

- la *structure*, qui permet de décrire les évolutions possibles entre les situations,
- l'*interprétation*, qui fait la relation entre les variables d'entrées, la structure, et les variables de sorties (des règles d'évolution, d'assignation, et d'affectation sont nécessaires pour réaliser cette interprétation).

4.3.1 La structure est constituée des éléments de base suivants :

- *Étape* (Définition : 3.5, Symbole 1). Une étape est soit active, soit inactive, l'ensemble des étapes actives d'un grafcet à un instant donné représente la **situation** de ce grafcet à l'instant considéré.
- *Transition* (Définition : 3.6, Symbole 16). Une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
- *Liaison orientée* (Définition : 3.7, Symbole 13). Une liaison orientée relie soit une ou plusieurs étapes à une transition, soit une transition à une ou plusieurs étapes.

4.3.2 L'interprétation se fait grâce aux éléments suivants :

- *Réceptivité* (Définition : 3.8, Symbole 19). Associée à chaque transition, la réceptivité est une condition logique qui est soit vraie, soit fausse, et qui est composée de *variables d'entrées* et/ou de variables internes.
- *Action* (Définition : 3.9). L'action indique, dans un rectangle, comment agir sur la *variable de sortie*, soit par assignation (action continue, Symbole 7) soit par affectation (action mémorisée, Symbole 26).

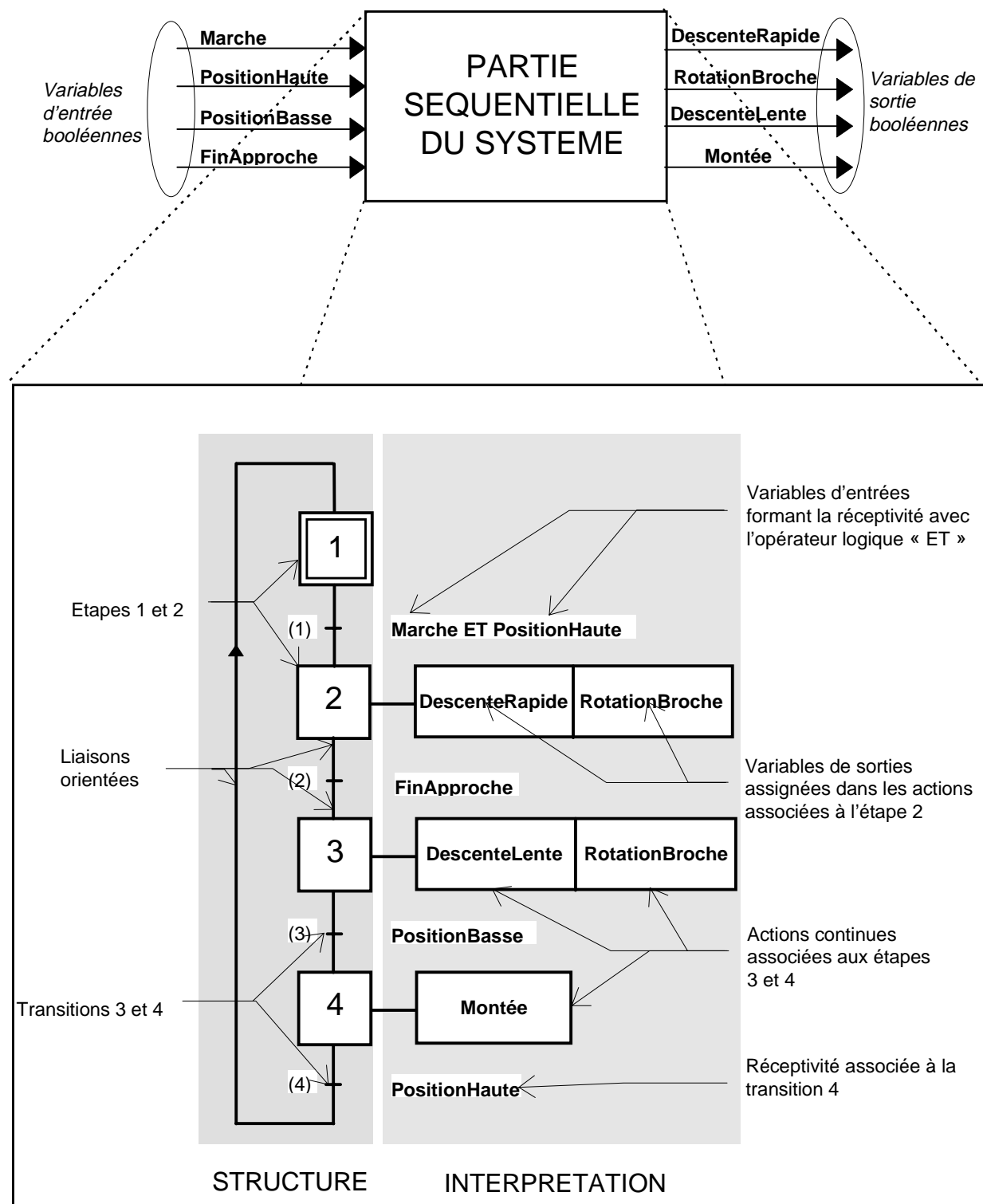


Figure 2 - Éléments de structure et d'interprétation utilisés dans un grafcet pour décrire le comportement de la partie séquentielle d'un système défini par ses variables d'entrées et de sorties.

4.4 Règle de syntaxe

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

Conséquences :

- Deux étapes ou deux transitions ne doivent jamais être reliées par une liaison orientée.
- La liaison orientée relie obligatoirement une étape à une transition ou une transition à une étape.

4.5 Règles d'évolution

Sachant que toute situation active est caractérisée par l'ensemble des étapes actives à l'instant considéré, les règles d'évolution du GRAFCET ne sont que l'application, sur les étapes, du principe d'évolution entre les situations de la partie séquentielle du système.

4.5.1 Situation initiale

La situation initiale est une situation active à l'instant initial, elle est donc décrite par l'ensemble des étapes actives à cet instant. Le choix de la situation à l'instant initial repose sur des considérations méthodologiques et relatives à la nature de la partie séquentielle du système visé.

Règle 1 : La situation initiale, choisie par le concepteur, est la situation active à l'instant initial.

4.5.2 Franchissement d'une transition

Règle 2 : Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition sont actives. Le franchissement d'une transition se produit :

- lorsque la transition est VALIDÉE,
- ET QUE la réceptivité associée à cette transition est VRAIE.

4.5.3 Évolution des étapes actives

Règle 3 : Le franchissement d'une transition entraîne simultanément l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

4.5.4 Évolutions simultanées

L'évolution entre deux situations actives implique qu'aucune situation intermédiaire ne soit possible, on passe donc instantanément d'une représentation de la situation par un ensemble d'étapes à une autre représentation.

Règle 4 : Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

4.5.5 Activation et désactivation simultanées d'une étape

Si une même étape participe à la description de la situation précédente et à celle de la situation suivante, elle ne peut, en conséquence, que rester active.

Règle 5 : Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée, alors elle reste active.

4.6 Événements d'entrée

Les règles d'évolution montrent que seul un changement des valeurs des variables d'entrée est susceptible de provoquer l'évolution d'un grafcet. Ce changement, appelé "événement d'entrée" doit être défini par la valeur antérieure et la valeur postérieure de toutes les variables d'entrées pour caractériser cet événement *unique*. Dans la pratique, on ne spécifie que des *ensembles* d'événements d'entrée caractérisés par le changement d'état (front montant ou front descendant) d'une ou plusieurs variables booléennes d'entrée.

Note - Le front montant d'une variable logique, qui se note par le signe « \uparrow » devant une variable booléenne, indique que ce front montant n'est vrai qu'au passage de la valeur 0 à la valeur 1 de la variable concernée. Le front descendant d'une variable logique, qui se note par le signe « \downarrow » devant une variable booléenne, indique que ce front descendant n'est vrai qu'au passage de la valeur 1 à la valeur 0 de la variable concernée.

On dit que « l'événement se produit » à la date du changement d'état des variables d'entrée qui le caractérisent.

4.6.1 Spécification des événements d'entrée

La spécification des événements d'entrée se fait par une expression logique d'une ou plusieurs variables caractéristiques, souvent dans une réceptivité et plus rarement en vue de spécifier directement un événement interne (voir 4.7).

EXEMPLE 1 :

$\uparrow a$ L'expression « $\uparrow a$ » décrit l'ensemble de tous les événements d'entrée pour lesquels la valeur antérieure de la variable d'entrée a est 0 et sa valeur postérieure est 1, quelles que soient les valeurs des autres variables d'entrée du système.

EXEMPLE 2 :

$a.\uparrow b$ L'expression « $a.\uparrow b$ » décrit l'ensemble de tous les événements d'entrée pour lesquels la valeur postérieure de la variable d'entrée a est 1, la valeur antérieure de la variable d'entrée b est 0 et sa valeur postérieure est 1, quelles que soient les valeurs des autres variables d'entrée du système.

EXEMPLE 3 :

a L'expression « a » décrit l'ensemble de tous les événements d'entrée pour lesquels la valeur postérieure de la variable d'entrée a est 1, quelles que soient les valeurs des autres variables d'entrée du système.

NOTE - Utilisée dans une réceptivité cette expression peut conduire à une évolution fugace (voir 4.9)

4.7 Événements internes

Seuls certains événements d'entrée peuvent se produire à partir d'une situation donnée. La conjonction d'une situation et d'un événement d'entrée pouvant se produire à partir de celle-ci s'appelle un événement interne (voir 3.11). Cette notion est principalement utilisée par le spécificateur pour conditionner une affectation de sortie à un ensemble d'événements internes (voir 4.8.2). La description d'un ensemble d'événements internes se fait par l'un des moyens suivants.

4.7.1 Événements internes décrits par l'activation d'une étape

L'activation d'une étape, notée de manière graphique (symbole 29) ou littérale (symbole 33), décrit l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de cette étape.

4.7.2 Événements internes décrits par la désactivation d'une étape

La désactivation d'une étape, notée de manière graphique (symbole 30) ou littérale (symbole 34), décrit l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de cette étape.

4.7.3 Événements internes décrits par le franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition, notée de manière graphique (symbole 31) ou littérale (symbole 35), décrit l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement de cette transition.

4.8 Modes de valuation des sorties

Les actions permettent d'établir le lien entre l'évolution du grafcet et les sorties. Deux modes de valuation, mode continu ou mode mémorisé, décrivent comment les sorties dépendent de l'évolution et des entrées du système.

4.8.1 Mode continu (assignation sur état)

En mode continu c'est l'*association d'une action à une étape* qui permet d'indiquer qu'une variable de sortie a la valeur vraie si l'étape est active et si la condition d'assignation est vérifiée. La condition d'assignation est une expression logique de variables d'entrée et/ou de variables d'étape (voir symbole 9). Si l'une des conditions n'est pas remplie et sous réserve qu'aucune autre action relative à la même sortie ne satisfasse les conditions, la variable de sortie considérée prend la valeur fausse.

On appelle assignation le fait d'imposer la valeur (vraie ou fausse) des variables de sortie. L'ensemble des assignations locales (relatives aux étapes actives à un instant donné) définit l'assignation de *toutes* les variables de sortie pour cette situation.

Règle d'assignation : Pour une *situation* donnée, les valeurs des sorties relatives aux actions *continues* sont assignées :

- à la valeur vraie, pour chacune des sorties relatives aux actions associées aux étapes actives et pour lesquelles les conditions d'assignation sont vérifiées,
- à la valeur fausse, pour les autres sorties (qui ne sont pas assignées à la valeur vraie).

4.8.2 Mode mémorisé (affectation sur événement)

En mode mémorisé c'est l'*association d'une action à des événements internes* qui permet d'indiquer qu'une variable de sortie prend et garde la valeur imposée si l'un de ces événements se produit. Des représentations explicites sont nécessaires (activation d'étape, désactivation d'étape, franchissement d'une transition, ...) pour décrire l'association des actions aux événements.

La valeur d'une variable de sortie relative à une action mémorisée reste inchangée tant qu'un nouvel événement spécifié ne la modifie pas.

On appelle affectation le fait de mémoriser, à un instant donné, la mise à une valeur déterminée d'une variable de sortie.

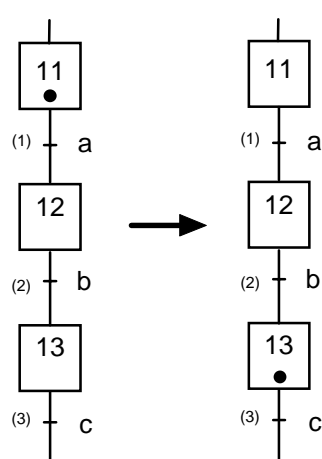
Règle d'affectation : La valeur d'une sortie, relative à une action mémorisée et associée à un événement, est affectée à la valeur indiquée si l'événement interne spécifié se produit ; à l'initialisation la valeur de cette sortie est nulle.

4.9 Possibilité d'évolution fugace

L'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement plusieurs transitions si les réceptivités associées aux transitions postérieures sont déjà vraies lors du franchissement de la ou des premières transitions considérées. L'évolution correspondante, dite fugace, utilise le chemin parcouru pour indiquer comment on passe d'une situation antérieure à une situation postérieure. (voir 3.12)

4.9.1 Interprétation naïve de l'évolution

L'interprétation naïve de l'évolution désigne la démarche progressive qui permet, sur occurrence d'un événement d'entrée et à partir de la situation antérieure, de déterminer, par application successive des règles d'évolution sur chaque transition, la situation postérieure à l'événement considéré. Cette facilité d'interprétation est un artifice autorisant une spécification indirecte de l'évolution, mais le spécificateur doit prendre garde au fait que le franchissement des transitions situées sur ce chemin n'implique pas l'activation effective des situations intermédiaires. Les étapes intermédiaires correspondantes, dites étapes *instables*, ne sont pas activées, mais on considère qu'elles ont été "virtuellement" activées et désactivées le long du chemin d'évolution naïve, et de même que les transitions correspondantes ont été "virtuellement" franchies.



EXEMPLE 1 : « Evolution fugace »

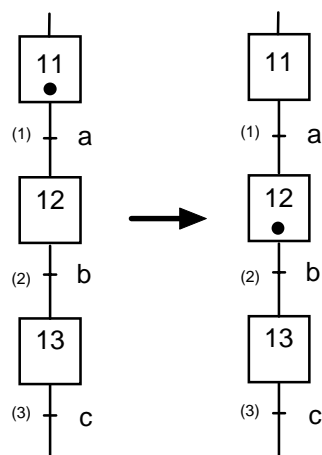
Situation antérieure : étape 11 active, $a=0$, $b=1$ et $c=0$.

Interprétation naïve de l'évolution :

Le changement de valeur de a provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation virtuelle de l'étape 12, la transition (2) est ensuite virtuellement franchie, car $b=1$, pour aboutir à la situation postérieure : étape 13 active.

Interprétation vraie de l'évolution :

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de a passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.



EXEMPLE 2 : « Evolution non fugace »

Situation antérieure : étape 11 active, $a=0$, $b=0$ et $c=0$.

Interprétation naïve de l'évolution :

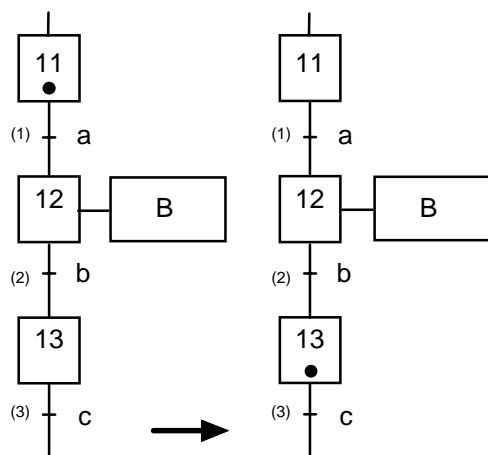
Le changement de valeur de a provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation de l'étape 12, la transition (2) n'est pas franchissable car $b=0$, donc la situation postérieure est : étape 12 active.

Interprétation vraie de l'évolution :

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de a passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 12 active.

4.9.2 Conséquence d'une évolution fugace sur les assignations

L'assignation d'une valeur de sortie par une action continue associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, n'est pas effective puisque l'étape n'est pas réellement activée (voir 4.8.1).



EXEMPLE : « Action continue associée à une étape instable »

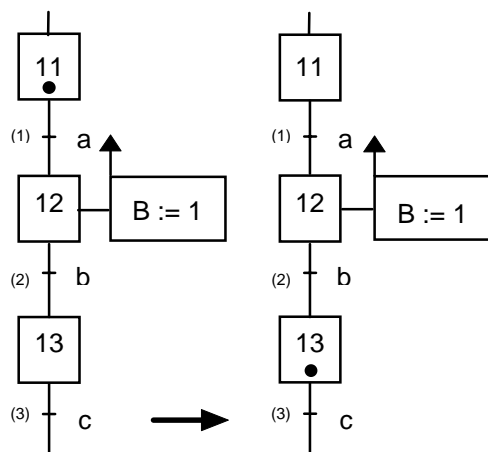
Situation antérieure : étape 11 active, $a=0$, $b=1$ et $c=0$.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de a passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

La situation antérieure (étape 11 active) et la situation postérieure (étape 13 active) assignent à la valeur 0 la variable de sortie B . L'étape instable 12 n'étant pas réellement activée l'assignation à la valeur 1 de B n'est pas effective au cours de cette évolution fugace.

4.9.3 Conséquence d'une évolution fugace sur les affectations

L'affectation à une valeur déterminée d'une sortie par une action mémorisée (symbole 26) associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, est effective puisque cette affectation est associée aux événements déclenchant cette évolution (voir 4.8.2).

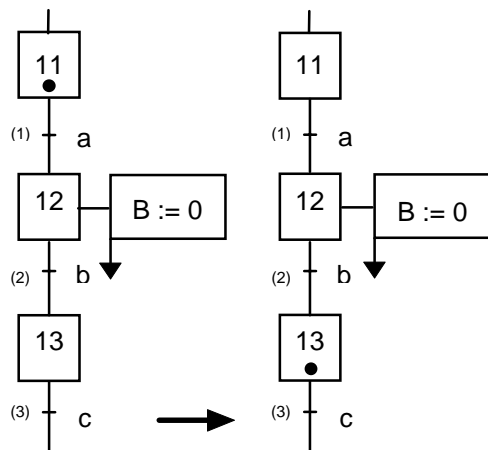


EXEMPLE 1 : "Action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable"

Situation antérieure : étape 11 active, $a=0$, $b=1$ et $c=0$.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de a passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

L'affectation de la valeur 1 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence l'activation réelle ou virtuelle de l'étape 12.



EXEMPLE 2 : "Action mémorisée associée à la désactivation d'une étape instable"

Situation antérieure : étape 11 active, $a=0$, $b=1$ et $c=0$.

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de " a " passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : étape 13 active.

L'affectation de la valeur 0 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence la désactivation réelle ou virtuelle de l'étape 12.

4.10 Comparaison entre les deux modes de valuation des sorties

Le choix du mode de valuation des sorties dépend des habitudes et des méthodologies, toutefois l'attention des spécificateurs est attirée sur les importantes différences entre les deux modes.

4.10.1 Détermination de la valeur des sorties

- En mode continu, *toutes* les sorties sont assignées selon la *situation*, à la *valeur vraie* pour les sorties désignées explicitement dans les actions associées aux étapes actives, à la *valeur fausse* pour les autres qui sont désignées implicitement par omission (voir règle d'assignation, 4.8.1).
- En mode mémorisé, *seules* les sorties affectées sont modifiées à la *valeur indiquée*, les valeurs des autres sorties mémorisées restent inchangées (voir règle d'affectation, 4.8.2).

4.10.2 Analyse de la valeur des sorties d'un grafcet à un instant déterminé

- En mode continu, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées *suffit* pour déterminer la valeur des sorties (voir 4.8.1).
- En mode mémorisé, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées *ne suffit pas*, il faut connaître également les évolutions antérieures pour déterminer la valeur des sorties (voir 4.8.2).

4.10.3 Actions relatives à une évolution fugace

- En mode continu, les actions associées à une étape instable *ne sont pas* prises en compte car cette étape n'est pas activée (voir 4.8.1).
- En mode mémorisé, les actions associées à des événements correspondants à une évolution fugace *sont* prises en compte car les événements déclenchant cette évolution se produisent (voir 4.8.2).

4.10.4 Conflit éventuel sur la valeur des sorties

- En mode continu, les principes de l'assignation *permettent d'éviter* tout conflit d'assignation sur une même sortie.
- En mode mémorisé, les principes de l'affectation, *ne permettent pas d'éviter* les éventuels conflits d'affectation sur une même sortie. Le spécificateur doit alors s'assurer lui-même que deux affectations contradictoires ne peuvent pas se produire simultanément.

NOTE 1 : Il est possible d'utiliser les deux modes de valuation de sorties dans une même spécification en GRAFCET, mais une variable est évaluée soit par assignation soit par affectation. La spécification d'une affectation sur une variable de sortie (mode mémorisé) exclut cette variable de toute assignation (mode continu).

NOTE 2 : Le chapitre 5 donne les symboles graphiques qui permettent de distinguer les actions continues (représentation par défaut) des actions mémorisées (représentation explicite selon l'ensemble des événements spécifiés).

NOTE 3 : Dans le cas fréquent d'une spécification du comportement de la Partie Commande, l'usage industriel courant impose d'employer le mode continu pour toutes les sorties à destination des actionneurs, et le mode mémorisé pour décrire des tâches internes de commande. Ces tâches, telles qu'incrémenter d'un compteur, ou modification de la valeur d'un registre numérique, portent sur des variables internes non nécessairement booléennes. Associées aux actions mémorisées les tâches internes, ainsi que le calcul de prédicat associé aux réceptivités, ne sont pas décrites dans la présente norme, mais sont associées par l'usage à la description logique des évolutions du grafcet. Il appartient aux spécificateurs de s'assurer de la cohérence et de la clarté de leurs descriptions.

5 Représentation graphique des éléments

Les éléments du GRAFCET possèdent une représentation symbolique qui permet, en les associant correctement, de réaliser des diagrammes fonctionnels clairs et synthétiques.

NOTE 1 - Seule la représentation globale des symboles est imposée, les dimensions et les éléments de détail (épaisseur des traits, police de caractère, etc...) sont laissés libre aux utilisateurs.

NOTE 2 - Les représentations en trait pointillé indiquent le contexte du symbole.

Tableau 1 - Etapes









N°	Symbole	Description
[1]		<p>Étape : A un instant donné une étape est soit active, soit inactive. L'ensemble des étapes actives définit la situation du système à l'instant considéré.</p> <p>NOTE 1 - Le rapport longueur/largeur est arbitraire bien qu'un carré soit recommandé</p> <p>NOTE 2 - Les étapes sont identifiées par un repère, par exemple alphanumérique. L'astérisque au centre de la moitié supérieure du symbole général doit être remplacé par le repère attribué à l'étape</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>EXEMPLE 1 : « Etape 2 »</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>EXEMPLE 2 : « Etape 3 représentée dans son état actif »</p> <p>NOTE 3 - Il peut être utile d'indiquer quelles sont les étapes actives à un instant donné en marquant ces étapes par un point. Ce point n'appartient pas au symbole d'étape et est seulement employé à des fins d'explication.</p>
[2]	X*	<p>Variable d'étape : L'état actif ou inactif d'une étape peut être représenté respectivement par les valeurs logiques "1" ou "0" d'une variable booléenne X* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le repère de l'étape considérée.</p> <p>EXEMPLE : « variable d'étape de l'étape 8 » X8</p>
[3]		<p>Étape initiale : Cette notation indique que cette étape participe à la situation initiale.</p> <p>NOTE 1 - Les notes 1 et 2 du symbole (1) sont applicables.</p> <p>NOTE 2 - Une étape initiale peut-être « instable », voir 4.9.1.</p> <p style="text-align: center;"></p> <p>EXEMPLE : « Etape initiale 12 »</p>
[4]		<p>Étape encapsulante : Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées.</p> <p>NOTE 1 - Les notes 1 et 2 du symbole (1) sont applicables.</p> <p>NOTE 2 - Les propriétés et les exemples d'utilisation de l'étape encapsulante sont présentés au paragraphe 7.3.</p>
[5]		<p>Étape encapsulante initiale : Cette notation indique que cette étape encapsulante participe à la situation initiale.</p> <p>NOTE - Une étape encapsulante initiale contient au moins une étape encapsulée initiale.</p>
[6]		<p>Macro étape : Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelé <i>expansion</i> de la macro-étape.</p> <p>NOTE - Les propriétés et les exemples d'utilisation de la macro-étape sont présentés au paragraphe 7.4.</p>

Tableau 2 - Actions continues

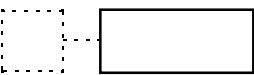
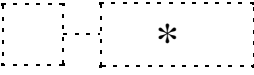
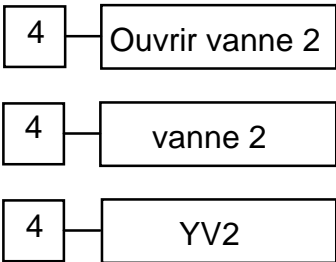
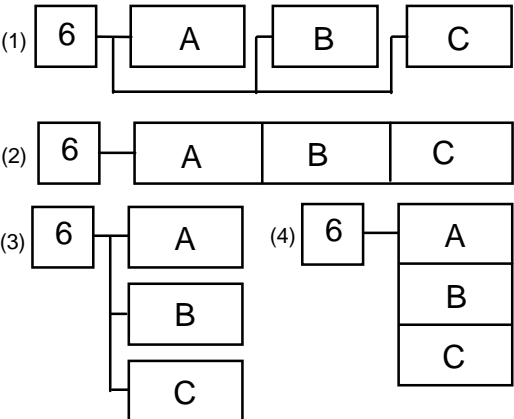
N°	Symbole	Description
[7]		<p>Action continue : Une action continue est nécessairement associée à une étape. Plusieurs actions peuvent être associées à une même étape.</p> <p>NOTE 1 - Le rapport longueur/largeur est arbitraire bien qu'un rectangle de hauteur égale à l'étape soit recommandé.</p> <p>NOTE 2 - Par défaut d'une symbolisation explicite d'action mémorisée (symboles 27 à 30) , le symbole général rectangulaire associé à une étape désigne toujours une <i>action continue</i>.</p>
[8]		<p>Libellé d'assignation d'une sortie : Toute action doit posséder un libellé sis dans le rectangle représentant cette action. Le libellé d'une action continue est la désignation de la variable de sortie assignée à la valeur vraie selon la règle d'assignation (voir 4.8.1).</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le libellé désignant la variable de sortie.</p> <p>EXEMPLE 1 : Différentes formes, littérales et symboliques, de libellé d'action faisant référence à la sortie dont la valeur vraie doit provoquer l'ouverture de la vanne 2.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>NOTE - L'expression littérale du libellé peut prendre une forme impérative ou une forme déclarative, seule compte la référence à la sortie.</p> <p>EXEMPLE 2 : Différentes représentations (1, 2, 3, 4) de l'association de plusieurs actions à une même étape..</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>NOTE 1 - Les quatre représentations sont strictement équivalentes. Les représentations (2) et (4) peuvent être considérées respectivement comme des simplifications des représentations (1) et (3).</p> <p>NOTE 2 - L'ordre dans lequel les actions sont représentées n'implique aucune séquence entre les actions.</p>

Tableau 2 - Actions continues (suite)

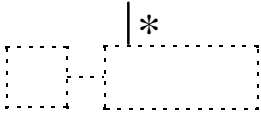
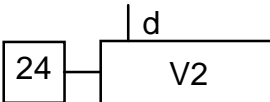

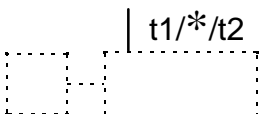
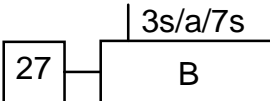
N°	Symbole	Description
[9]		<p>Condition d'assignation : Une proposition logique, appelée condition d'assignation, qui peut être vraie ou fausse, conditionne toute action continue. L'absence de notation signifie que la condition d'assignation est toujours vraie.</p> <p>NOTE 1 - L'astérisque doit être remplacé par la description de la condition d'assignation sous forme d'un texte, ou d'une expression booléenne entre des variables d'entrées et/ou des variables internes.</p> <p>NOTE 2 - La condition d'assignation ne doit <u>jamais</u> comporter de front de variable, car l'action continue n'est évidemment pas mémorisée, l'assignation sur événement n'ayant aucun sens (voir 4.8.2).</p> <p>EXEMPLE 1 : La sortie V2 est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape 24 est active <u>et</u> lorsque la condition d'assignation d est vraie. Dans le cas contraire la sortie V2 est assignée à la valeur fausse.</p> <p>Autrement dit (sous forme d'une équation booléenne) : $V2 = X24.d$</p>  <p>NOTE - X24 est la variable d'étape reflétant l'activité de l'étape 24.</p> <p>EXEMPLE 2 : La sortie V2 est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape 24 est active (la condition d'assignation étant toujours vraie). Dans le cas contraire la sortie V2 est assignée à la valeur fausse.</p> <p>Autrement dit (sous forme d'une équation booléenne) : $V2 = X24$</p> 
[10]		<p>Condition d'assignation dépendante du temps : La notation "t1 / * / t2" indique que la condition d'assignation n'est vraie qu'après un temps t1 depuis l'occurrence du front montant (\uparrow*) de la variable temporisée * et redevient fausse après un temps t2 depuis l'occurrence du front descendant (\downarrow*).</p> <p>NOTE 1 - L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée.</p> <p>NOTE 2 - t1 et t2 doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie.</p> <p>NOTE 3 - La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à t1 pour que la condition d'assignation puisse être vraie.</p> <p>NOTE 4 - Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la norme CEI 60617-12 (symbole N° 12-40-01).</p> <p>EXEMPLE : La condition d'assignation est vraie trois secondes après que "a" passe de l'état "0" à l'état "1", elle ne redevient fausse que sept secondes après que "a" passe de l'état "1" à l'état "0".</p>  <p>NOTE - La valeur de la sortie B dépend de l'activité de l'étape 27 <u>et</u> de la valeur de la condition d'assignation (cf.règles d'assignation 4.8.1)</p>

Tableau 2 - Actions continues (suite)

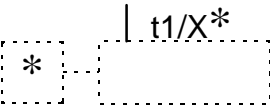
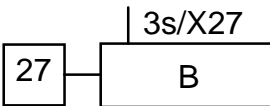
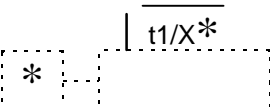
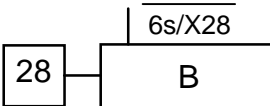
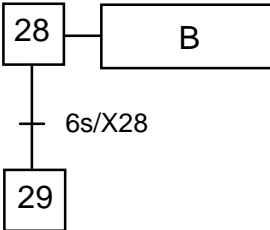
N°	Symbole	Description
[11]		<p>Action retardée : L'action retardée est une action continue dont la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée t1 spécifiée depuis l'activation de l'étape associée *, dans le but de retarder l'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante.</p> <p>EXEMPLE : La sortie B est assignée à la valeur vraie lorsque 3 secondes se sont écoulées depuis l'activation de l'étape 27.</p>  <p>NOTE - Si la durée d'activité de l'étape 27 est inférieure à 3 secondes la variable de sortie B n'est pas assignée à la valeur vraie.</p>
[12]		<p>Action limitée dans le temps : L'action limitée dans le temps est une action continue dont la condition d'assignation n'est vraie que pendant une durée t1 spécifiée depuis l'activation de l'étape * à laquelle elle est associée, dans le but de limiter la durée d'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante.</p> <p>EXEMPLE 1 : La sortie B n'est assignée à la valeur vraie que pendant 6 secondes depuis l'activation de l'étape 28.</p>  <p>NOTE - Si la durée d'activité de l'étape 28 est inférieure à 6 secondes la variable de sortie B est assignée à la valeur vraie uniquement pendant la durée d'activité de l'étape 28.</p> <p>Représentation équivalente : On peut, pour obtenir une limitation de la durée d'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante, utiliser l'opérateur retard simplifié dans la réceptivité associée à la transition de l'étape aval (voir symbole 24).</p> <p>EXEMPLE 2 : Représentation équivalente de l'exemple 1 à l'aide du symbole 24. La sortie B n'est assignée à la valeur vraie que pendant 6 secondes depuis l'activation de l'étape 28.</p> 

Tableau 3 - Liaisons orientées

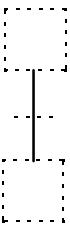
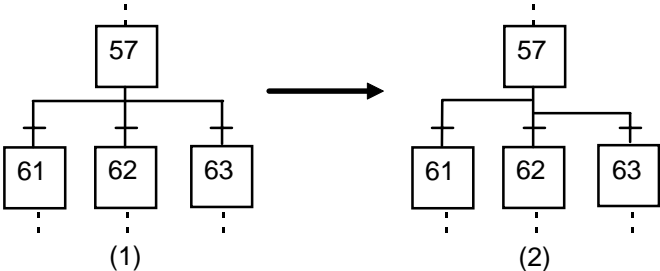
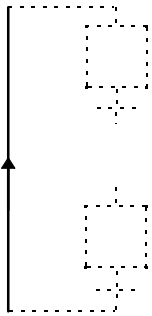
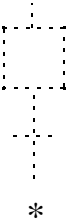
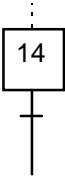
N°	Symbole	Description
[13]		<p>Liaison orientée : Les voies d'évolution entre les étapes sont indiquées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.</p> <p>NOTE - Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises dans les cas exceptionnels où elles apportent plus de clarté au diagramme.</p> <p>Les croisements de liaisons verticales et horizontales sont admis s'il n'existe aucune relation entre ces liaisons. En conséquence, de tels croisements doivent être évités lorsque les liaisons correspondent à la même évolution.</p> <p>EXEMPLE : Les représentations 1 et 2 sont admissibles mais la représentation 2 est recommandée pour éviter la confusion entre croisement sans et avec liaison.</p> <div style="text-align: center;">  <p>(1) (2)</p> </div>
[14]		<p>Liaison orientée de bas en haut : Par convention le sens d'évolution est toujours du haut vers le bas. Des flèches doivent être utilisées si cette convention n'est pas respectée ou si leur présence peut apporter une meilleure compréhension.</p>
[15]		<p>Repère de liaison : Lorsqu'une liaison orientée doit être interrompue (par exemple dans des dessins complexes ou dans le cas de représentation sur plusieurs pages) le repère de l'étape de destination ainsi que le repère de la page à laquelle elle apparaît doivent être indiqués.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère de liaison.</p> <p>EXEMPLE : Evolution vers l'étape 83 de la page 13.</p> <div style="text-align: center;">  <p>Etape 83 Page 13</p> </div>

Tableau 4 - Transitions


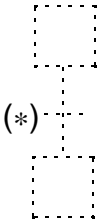
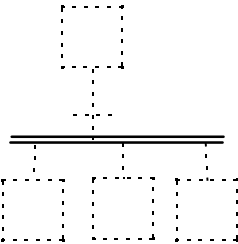
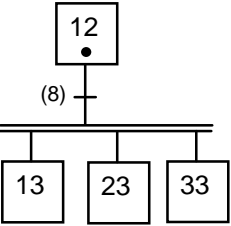
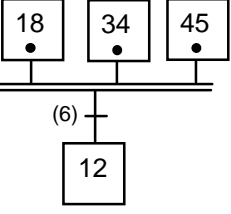
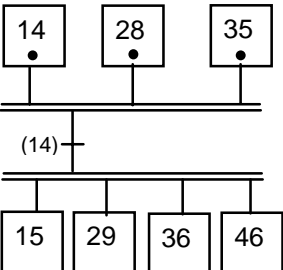
N°	Symbole	Description
[16]		<p>Transition entre deux étapes : Une transition est représentée par un trait perpendiculaire aux liaisons joignant deux étapes.</p> <p>NOTE 1 - La transition est validée lorsque l'étape amont est active (voir règle d'évolution N° 2, § 4.5.2).</p> <p>NOTE 2 - Il n'y a toujours qu'une seule transition entre deux étapes (voir 4.4).</p> <p>NOTE 3 - Il est possible, pour des raisons de représentation graphique, de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux (voir annexe B : figure B5, Grafcet partiel G1).</p>
[17]		<p>Repère de transition : La transition peut comporter un repère, placé généralement à sa gauche, qu'il ne faut pas confondre avec la réceptivité associée à la transition.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère alphanumérique de la transition.</p>
[18]		<p>Synchronisation en amont et/ou aval d'une transition :</p> <p>Lorsque plusieurs étapes sont reliées à la même transition, les liaisons orientées d'entrée et/ou de sortie de ces étapes sont regroupées en amont ou en aval par le symbole de synchronisation représenté par deux traits parallèles horizontaux.</p> <p>NOTE - La référence du symbole de synchronisation est le N° 9.2.2.5 de l'ISO 5807 .</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>(8)</p> </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : Transition d'une étape (12) vers plusieurs (13,23,33).</p> <p>La transition (8) est validée lorsque l'étape (12) est active.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>(6)</p> </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : Transition de plusieurs étapes (18,34,45) vers une (12).</p> <p>La transition (6) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>(14)</p> </div> <div> <p>EXEMPLE 3 : Transition de plusieurs étapes (14,28,35) vers plusieurs (15,29,36,46).</p> <p>La transition (14) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.</p> </div> </div>

Tableau 5 - Réceptivités associées aux transitions

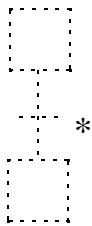
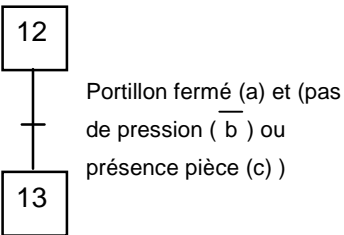
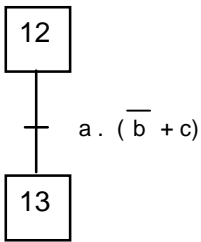
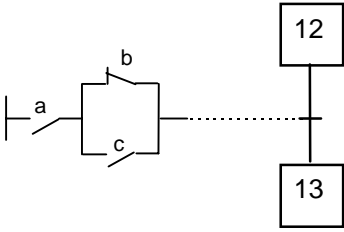
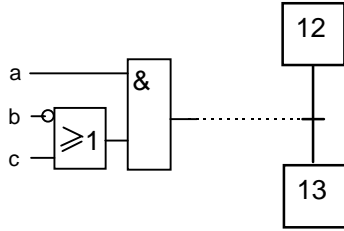
N°	Symbole	Description
[19]		<p>Réceptivité associée à une transition :</p> <p>Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être vraie ou fausse, est associée à chaque transition. S'il existe une variable logique correspondante, elle est égale à 1 quand la réceptivité est vraie et égale à 0 quand la réceptivité est fausse. La proposition logique formant la réceptivité est constituée d'une ou plusieurs variables booléennes (variable d'entrée, variable d'étape, valeur d'un prédicat, ...).</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par la description de la réceptivité associée à la transition sous forme d'un texte, d'une expression booléenne, ou à l'aide de symboles graphiques.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  <p>EXEMPLE 1 : Description de la réceptivité par un texte.</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>EXEMPLE 2 : Réceptivité décrite par une expression booléenne.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;">  <p>EXEMPLE 3 : Réceptivité décrite par un schéma à contact normalisé (CEI N° 617-7).</p> </div> <div style="width: 45%;">  <p>EXEMPLE 4 : Réceptivité décrite par un logigramme normalisé (CEI N° 617-12).</p> </div> </div>

Tableau 5 - Réceptivités associées aux transitions (suite)

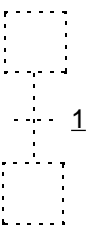
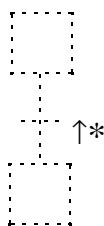
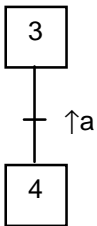
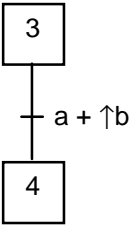
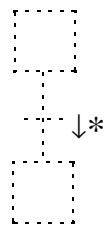
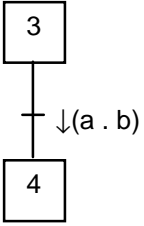
N°	Symbole	Description
[20]		<p>Réceptivité toujours vraie :</p> <p>La notation « <u>1</u> » indique que la réceptivité est toujours vraie.</p> <p>NOTE - Dans ce cas, l'évolution est dite toujours fugace (voir 3.12), le franchissement de la transition n'est conditionné que par l'activité de l'étape amont.</p>
[21]		<p>Front montant d'une variable logique :</p> <p>La notation « \uparrow » indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front montant : passage de la valeur 0 à la valeur 1, voir 4.6 : note 1).</p> <p>NOTE - Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque a passe de l'état 0 à l'état 1.</p> <p>NOTE - En application de la règle d'évolution N°2, la transition n'est franchie que sur un front montant de a postérieur à la validation de la transition par l'activité de l'étape 3.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque a est vraie ou que b passe de l'état 0 à l'état 1.</p> </div> </div>
[22]		<p>Front descendant d'une variable logique :</p> <p>La notation « \downarrow » indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front descendant : passage de la valeur 1 à la valeur 0, voir 4.6 : note 1).</p> <p>NOTE - Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque le produit logique « a . b » passe de l'état 1 à l'état 0.</p> </div> </div>

Tableau 5 - Réceptivités associées aux transitions (suite)

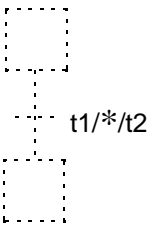
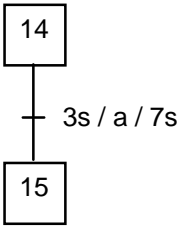
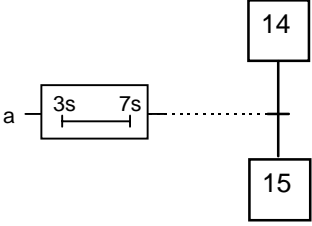
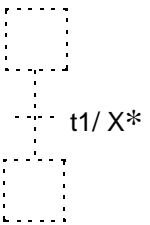
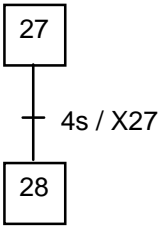
N°	Symbole	Description
[23]		<p>Réceptivité dépendante du temps :</p> <p>La notation « $t1 / * / t2$ » indique que la réceptivité n'est vraie qu'après un temps $t1$ depuis l'occurrence du front montant ($\uparrow*$) de la variable temporisée et redevient fausse après un temps $t2$ depuis l'occurrence du front descendant ($\downarrow*$).</p> <p>NOTE 1 - L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée.</p> <p>NOTE 2 - $t1$ et $t2$ doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie.</p> <p>NOTE 3 - La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à $t1$ pour que la réceptivité puisse être vraie.</p> <p>NOTE 4 - Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la norme CEI/IEC 617-12 (symbole N° 12-40-01).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : La réceptivité associée à la transition n'est vraie que trois secondes après que a passe de l'état 0 à l'état 1, elle ne redevient fausse que sept secondes après que a passe de l'état 1 à l'état 0.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : Autre représentation possible de l'exemple précédent.</p> </div> </div>
[24]		<p>Simplification usuelle du symbole 23 :</p> <p>L'utilisation la plus courante est la temporisation de variable d'étape avec un temps $t2$ égal à zéro, ainsi la réceptivité devient fausse dès la désactivation de l'étape temporisée *.</p> <p>NOTE 1 - L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape que l'on désire temporiser.</p> <p>NOTE 2 - L'étape temporisée doit rester active pendant un temps supérieur ou égal à $t1$ pour que la réceptivité puisse être vraie.</p> <p>NOTE 3 - Il est possible d'utiliser cette notation lorsque l'étape temporisée n'est pas l'étape amont de la transition.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE : La réceptivité associée à la transition sera vraie quatre secondes après l'activation de l'étape 27, et sera fausse du fait du franchissement de la transition qui désactive l'étape amont.</p> <p>Dans ce cas, la durée d'activité de l'étape 27 est de quatre secondes.</p> </div> </div>

Tableau 5 - Réceptivités associées aux transitions (suite)

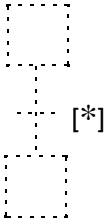
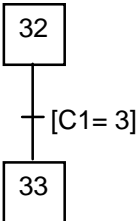
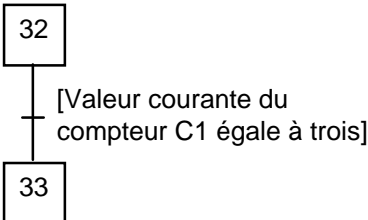
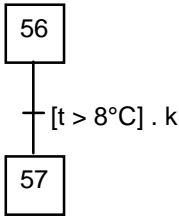
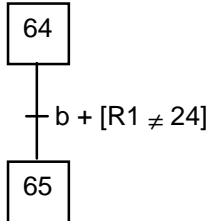
N°	Symbole	Description
[25]		<p>Valeur booléenne d'un prédicat :</p> <p>La notation « [*] » signifie que la valeur booléenne du prédicat constitue la variable de réceptivité. Ainsi lorsque l'assertion * est vérifiée le prédicat vaut 1, dans le cas contraire il vaut 0.</p> <p>NOTE 1- L'astérisque doit être remplacé par l'assertion que l'on veut tester.</p> <p>NOTE 2 - La variable booléenne de prédicat peut être associée à d'autres variables logiques pour constituer une proposition logique de réceptivité.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>EXEMPLE 1 : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « C1 = 3 » est vérifiée.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>EXEMPLE 1Bis : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la valeur courante du compteur C1 est égale à la valeur 3.</p> <p>Note - La forme de l'assertion n'est pas imposée, par exemple un langage littéral peut être utilisé.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>EXEMPLE 2 : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « t>8°C » est vérifiée <u>et</u> que la variable booléenne k vaut 1, c'est à dire lorsque la température t est supérieure à la valeur 8°C et que le niveau haut k est atteint.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <p>EXEMPLE 3 : La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la variable booléenne b vaut 1 <u>ou</u> que l'assertion « R1 ≠ 24 » est vérifiée , c'est à dire lorsque la billette est en place b, ou que le registre R1 n'a pas encore atteint la valeur 24.</p> </div> </div>

Tableau 6 - Actions mémorisées

Une action mémorisée possède un libellé (symbole 26) qui décrit comment la variable de sortie est affectée à une valeur déterminée selon la règle d'affectation (voir 4.8.2).

La spécification des événements associés aux actions mémorisées est nécessaire pour indiquer quand l'affectation des sorties correspondantes se produit (voir règle d'affectation 4.8.2). Quatre moyens de description (symboles 27 à 30) permettent de spécifier commodément différents ensembles d'événements internes associés à des actions mémorisées.

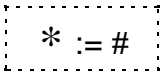
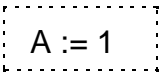
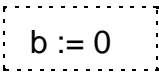
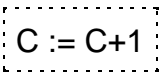
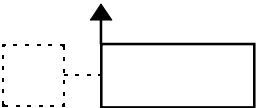

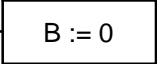
N°	Symbole	Description
[26]		<p>Affectation de la valeur # à une variable * :</p> <p>Le libellé indique, dans une action mémorisée, la mise à la valeur # d'une variable *, lorsque un des événements associés à l'action se produit (voir règle d'affectation 4.8.2).</p> <p>NOTE 1- L'action mémorisée supportant cette affectation doit <u>obligatoirement</u> être associée à la description d' événements internes (symboles 27 à 30).</p> <p>NOTE 2 - L'affectation peut être décrite de manière littérale à l'intérieur du rectangle d'action.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : Mise à la valeur vraie d'une variable booléenne A.</p> <p>Le libellé « A := 1 » permet de décrire l'affectation de la valeur 1 à une variable booléenne A lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : Mise à la valeur fausse d'une variable booléenne b.</p> <p>Le libellé « b := 0 » permet de décrire l'affectation de la valeur 0 à une variable booléenne b lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 3 : Incrémentation d'un compteur</p> <p>Le libellé « C := C+1 » permet de décrire l'affectation de la valeur C+1 à une variable numérique C lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.</p> </div> </div>
[27]		<p>Action à l'activation :</p> <p>Une action à l'activation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape liée à cette action.</p> <p>NOTE - La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant l'activation de l'étape.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p>EXEMPLE : La variable booléenne B est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, conduisant à l'activation de l'étape 37, se produit.</p>

Tableau 6 - Actions mémorisées (suite)

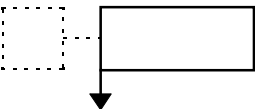
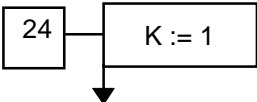
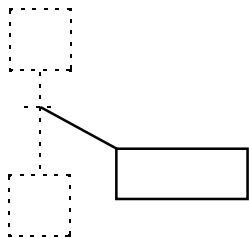
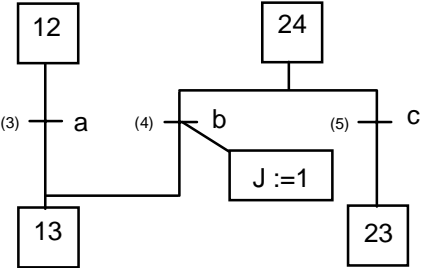
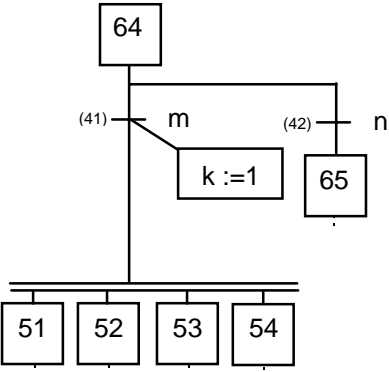
N°	Symbole	Description
[28]		<p>Action à la désactivation :</p> <p>Une action à la désactivation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape liée à cette action.</p> <p>NOTE - La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant la désactivation de l'étape.</p>  <p>EXEMPLE : La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements, conduisant à la désactivation de l'étape 24, se produit.</p>
[29]		<p>Action au franchissement :</p> <p>Une action au franchissement est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement de la transition à laquelle l'action est reliée.</p> <p>NOTE - La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée par un trait oblique reliant l'action à la transition.</p>  <p>EXEMPLE 1 : La variable booléenne J est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition 4, se produit.</p> <p>Note - On ne peut obtenir aucun effet équivalent en associant une action à l'activation de l'étape 13 ou une action à la désactivation de l'étape 24.</p>  <p>EXEMPLE 2 : La variable booléenne K est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition 41, se produit.</p> <p>Note - On peut obtenir un effet équivalent en associant une action identique à l'activation des étapes 51, 52, 53 ou 54.</p>

Tableau 6 - Actions mémorisées (suite)

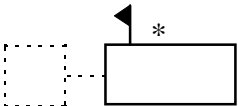
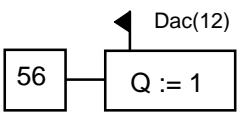
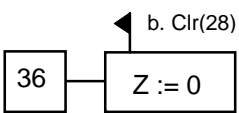
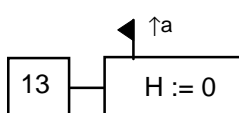
N°	Symbole	Description
[30]		<p>Action sur événement : Une action sur événement est une action mémorisée associée à chacun des événements internes décrits par l'expression *, à condition que l'étape, à laquelle l'action est reliée, soit active.</p> <p>NOTE 1 - La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, sur le côté haut, d'un symbole indiquant que l'action est conditionnée à l'occurrence d'un des événements internes spécifiés par l'expression *.</p> <p>NOTE 2 - Il est recommandé que l'expression logique *, qui doit décrire un ensemble d'événements internes, comporte soit un ou plusieurs fronts de variables d'entrée soit un des symboles N° 31 à 33 .</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : la variable booléenne Q est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements, représentés par la désactivation de l'étape 12 (symbole 32), se produit <u>et que simultanément</u> l'étape 56 est active.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : la variable booléenne Z est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, représentés par le franchissement de la transition 28 (symbole 33), se produit <u>et que simultanément</u> l'étape 36 est active <u>et</u> la valeur de l'entrée b est 1.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 3 : La variable booléenne H est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, représentés par « ↑a » se produit <u>et que simultanément</u> l'étape 13 est active.</p> <p>NOTE - L'ensemble d'événements d'entrée représentés par l'expression « ↑a » combiné avec l'activité de l'étape 13, représente effectivement un ensemble d'événements internes (voir définition 3.11).</p> </div> </div>

Tableau 7 - Description littérale d'événements internes

La description littérale d'événements internes est nécessaire pour prendre en compte aisément dans une réceptivité l'ensemble des événements internes relatifs soit à l'activation ou la désactivation d'une étape, soit au franchissement d'une transition. Les symboles 31 à 33 sont également utiles pour décrire les événements associés au symbole 30.

N°	Symbole	Description
[31]	Act (*)	<p>Activation d'une étape : Cette notation littérale est une variable booléenne qui représente l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape.</p>
[32]	Dac (*)	<p>Désactivation d'une étape : Cette notation littérale est une variable booléenne qui représente l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape.</p>
[33]	Clr (*)	<p>Franchissement d'une transition : Cette notation littérale est une variable booléenne qui représente l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement de la transition.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère de la transition.</p>

Tableau 8 - Commentaires associés aux éléments d'un grafcet

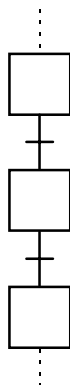
N°	Symbole	Description
[34]	“*”	<p>Commentaire :</p> <p>Un commentaire relatif aux éléments graphiques d'un grafcet doit être placé entre guillemets.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le commentaire.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">45</div> <p>“étape d'attente”</p> </div> <div style="text-align: left;"> <p>EXEMPLE 1 : commentaire « étape d'attente » relatif à l'étape 45.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">28</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin-left: 10px;">E.P.</div> <p>“estampage pièce”</p> </div> <div style="text-align: left;"> <p>EXEMPLE 2 : commentaire « estampage pièce » relatif à l'action associée à l'étape 28.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">43</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">33</div> </div> <div style="border-top: 3px double black; width: 100px; margin: 0 auto;"></div> <div style="text-align: center;"> <p>“synchronisation”</p> <p style="margin: 0;">+ g</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px; margin: 0 auto;">44</div> </div> </div> <div style="text-align: left;"> <p>EXEMPLE 3 : commentaire « synchronisation » relatif à une transition.</p> </div> </div>

6 Représentation graphique des structures de séquences

Le spécificateur peut, sous réserve de l'application stricte de la règle de syntaxe imposant l'alternance étape/transition, réaliser des grafjets utilisant différentes structures caractéristiques.

6.1 Structures de base

6.1.1 Séquence



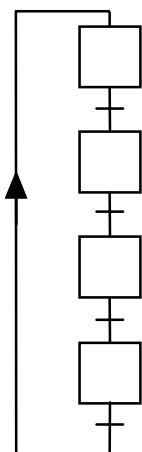
On appelle séquence une succession d'étapes telles que :

- chaque étape, exceptée la dernière, ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape, exceptée la première, ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

NOTE 1 - La séquence est dite "active" si au moins une de ses étapes est active, elle est dite "inactive" lorsqu'aucune de ses étapes n'est active.

NOTE 2 - Le nombre d'étapes formant une séquence est aussi grand que l'on veut.

6.1.2 Cycle d'une seule séquence



Cas particulier de séquence rebouclée sur elle même telle que:

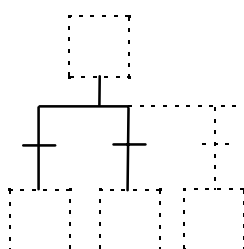
- chaque étape ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

NOTE 1 - Un cycle d'une seule séquence peut constituer un grafjet partiel (voir 7.1.2) .

NOTE 2 - Pour permettre l'activation de ses étapes un cycle d'une seule séquence doit satisfaire au moins l'une des conditions suivantes :

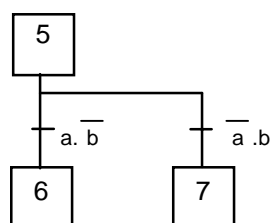
- posséder au moins une étape initiale,
- faire l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafjet partiel de niveau supérieur (voir 7.2),
- appartenir à une des encapsulations d'une étape encapsulante (voir 7.3).

6.1.3 Sélection de séquences

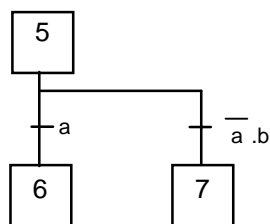


La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes. Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

NOTE - L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle, pour l'obtenir le spécificateur doit s'assurer soit de l'incompatibilité mécanique ou temporelle des réceptivités, soit de leur exclusion logique.

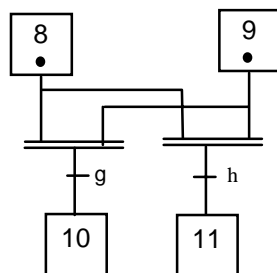


EXEMPLE 1 : L'exclusion entre les séquences est obtenue par l'exclusion logique des deux réceptivités, si a et b sont simultanément vraies lorsque l'étape 5 est active, aucune des transitions n'est franchissable.



EXEMPLE 2 : Séquence prioritaire.

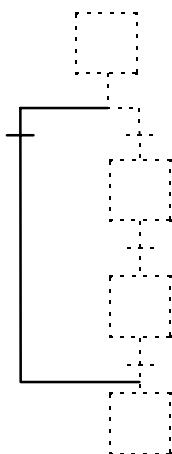
Dans cet exemple, une priorité est donnée à la transition 5/6, qui est franchie lorsque a est vraie et lorsque a et b sont vraies simultanément.



EXEMPLE 3 : Sélection de séquences à partir d'une synchronisation de deux séquences amonts.

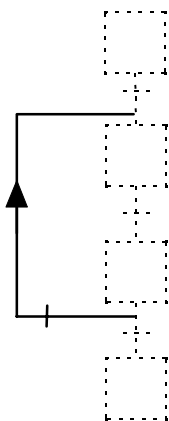
La sélection des séquences aval, par g et h, n'est possible que lorsque les deux transitions sont validées par l'activité simultanée des étapes 8 et 9 (symbole N°18).

6.1.4 Saut d'étapes



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet soit de parcourir la séquence complète soit de sauter une ou plusieurs étapes de la séquence lorsque, par exemple, les actions associées à ces étapes deviennent inutiles..

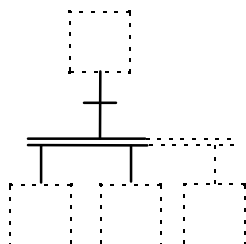
6.1.5 Reprise de séquence



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que, par exemple, une condition fixée soit obtenue.

NOTE - Il est possible, pour des raisons de représentation graphique, de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux (Voir note 3 symbol N°16).

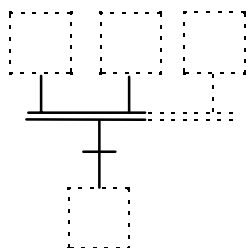
6.1.6 Activation de séquences parallèles



Le symbole N° 18 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'activation simultanée de plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes.

NOTE - Après leur activation simultanée, l'évolution des étapes actives dans chacune des séquences parallèles devient alors indépendante.

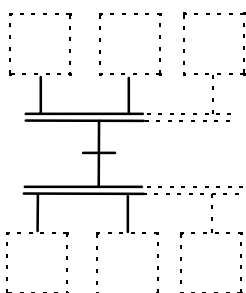
6.1.7 Synchronisation de séquences



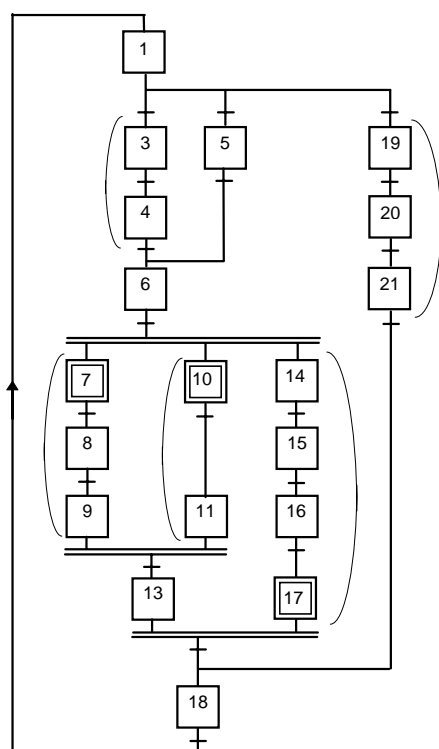
Le symbole N° 18 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant d'activer la séquence aval.

NOTE - La transition n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

6.1.8 Synchronisation et activation de séquences parallèles



Le symbole N° 18 de synchronisation est utilisé deux fois dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant l'activation simultanée des séquences aval.



EXEMPLE : Grafcet dans lequel on peut distinguer les structures de base suivantes :

- des séquences (certaines sont repérées par des accolades),
- une sélection de séquence (de l'étape 1 vers les étapes 3,5,19),
- une activation de séquences parallèles (en aval de l'étape 6),
- deux synchronisations de séquences (des étapes 9 et 11 vers l'étape 13, et des étapes 13 et 17 vers l'étape 18).

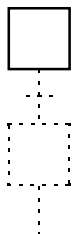
Note 1 - Cet exemple ne représente que la structure du grafcet, son interprétation n'est pas décrite.

Note 2 - Ce grafcet n'est pas un exemple type car un grafcet n'est pas nécessairement rebouclé.

6.2 Structures particulières

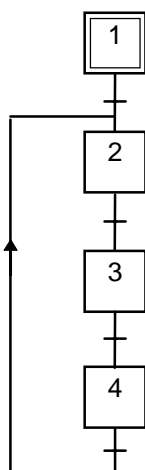
6.2.1 Début de séquence par une étape source

Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont.



NOTE 1 - Pour permettre l'activation de l'étape source il faut satisfaire au moins l'une des conditions suivantes :

- que l'étape source soit initiale,
- que l'étape source fasse l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (voir 7.2),
- que l'étape source soit l'une des étapes activées d'une encapsulation (voir 7.3).



EXEMPLE 1 : Etape source initiale :

L'étape source initiale 1 n'est active qu'à l'initialisation, les étapes 2,3 et 4 forment un cycle d'une seule séquence.

Note - Seule la structure du grafcet est représentée, son interprétation n'est pas décrite.

6.2.2 Fin de séquence par une étape puits

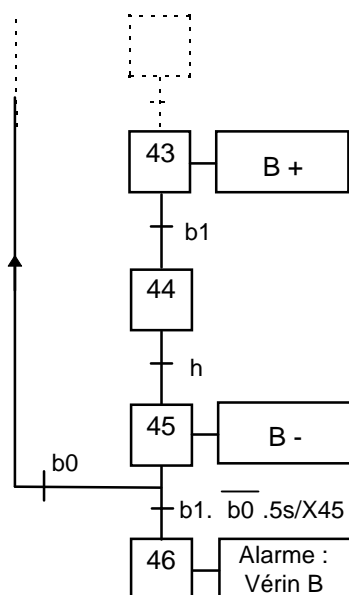
Une étape puits est une étape qui ne possède aucune transition aval.



NOTE 1 - La désactivation de l'étape puits n'est possible que par l'un des deux moyens suivants :

- un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (voir 7.2),
- la désactivation de l'étape encapsulante si l'étape puits y est encapsulée (voir 7.3).

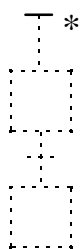
NOTE 2 - Il est possible qu'une étape soit à la fois source et puits, elle forme alors une séquence d'une seule étape utilisable pour exprimer un comportement combinatoire.



EXEMPLE : Etape puits :

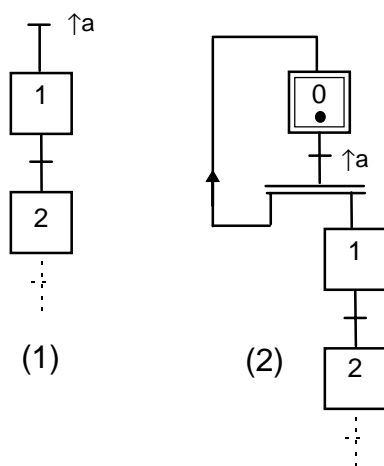
L'étape puits 46 n'est activée que si la condition logique « $b1 \cdot \overline{b0}$ » est vérifiée 5 secondes après l'activation de l'étape 45 (voir symbole 24). La sortie « Alarme : vérin B » est alors assignée à la valeur vraie.

6.2.3 Début de séquence par une transition source



Une transition source est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la transition source est toujours validée et est franchie dès que sa réceptivité * est vraie.

NOTE - L'activation de l'étape aval d'une transition source est effective aussi longtemps que sa réceptivité associée reste vraie, indépendamment de l'état des réceptivités des transitions validées par cette étape (voir règle d'évolution N° 5). Pour éviter une activation continue de l'étape aval de la transition source, il est souhaitable que la réceptivité associée ne soit vraie que lorsqu'un événement d'entrée ou un événement interne se produit. Pour cela l'expression logique formant la réceptivité doit toujours comporter un front de variables d'entrée ou l'expression littérale d'un événement interne (symboles 31 à 33).

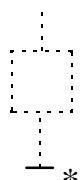


EXEMPLE : Transition source et structure équivalente :

Les représentations (1) et (2) décrivent un comportement équivalent : l'étape 1 est activée chaque fois que la variable booléenne a passe de la valeur 0 à la valeur 1. La représentation (1) utilise la transition source, la représentation (2) utilise le symbole de synchronisation et un rebouclage pour maintenir l'étape initiale 0 active.

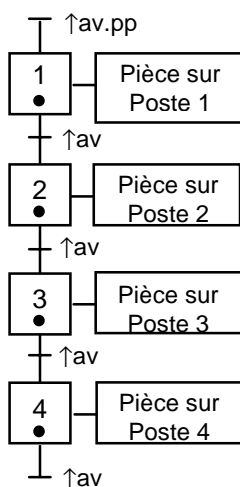
Note - Le point dans l'étape 0 indique que cette étape reste active.

6.2.4 Fin de séquence par une transition puits



Une transition puits est une transition qui ne possède aucune étape aval.

NOTE - Lorsque la transition puits est validée et que sa réceptivité associée * est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver les étapes amont.



EXEMPLE : structure de registre à décalage :

La structure d'un registre à décalage est une utilisation pertinente d'une transition source et d'une transition puits. Dans l'exemple, chaque étape active représente la présence d'une pièce sur le poste correspondant. La présence d'une pièce (pp) à l'entrée et l'avance du transfert entre postes ($\uparrow av$) active l'étape 1 par le franchissement de la transition source. A chaque occurrence de l'avance du transfert ($\uparrow av$) les transitions validées sont simultanément franchies, y compris la transition puits en aval de l'étape 4.

Note - La représentation correspond au cas fréquent où toutes les étapes sont actives simultanément.

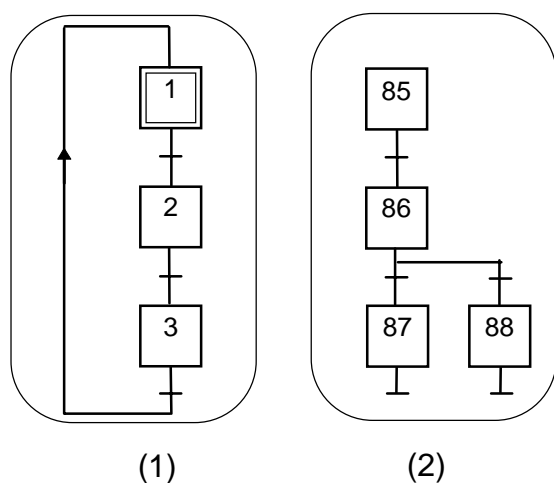
7 Structuration

La complexité des systèmes automatisés rend nécessaire de disposer de moyens pour structurer la spécification. Cette structuration, assistée ou non par des méthodologies adaptées, peut se limiter à un simple découpage de la spécification ou intégrer des notions de hiérarchie par forçage ou par encapsulation.

7.1 Partition d'un grafcet

7.1.1 Grafcet connexe

Un grafcet connexe est une structure de grafcet telle qu'il existe toujours une suite de liens (alternance d'étapes et de transitions) entre deux éléments quelconques, étape ou transition, de ce grafcet.

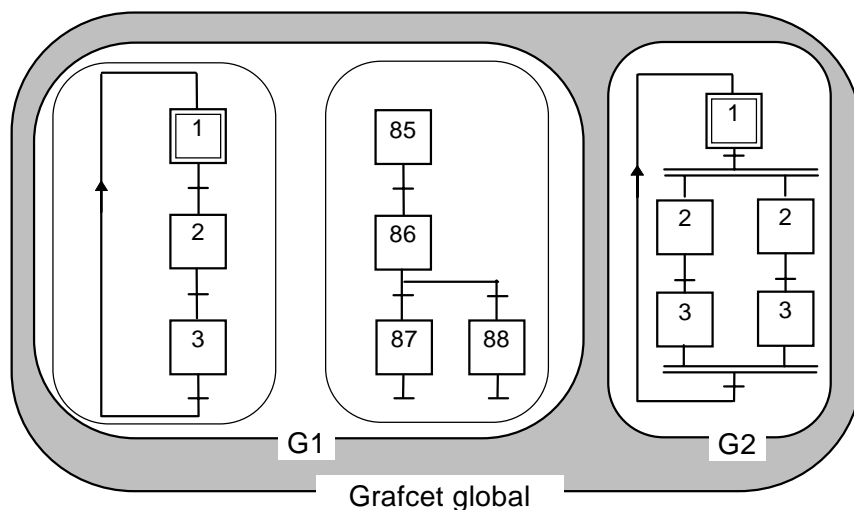


EXEMPLE :

Tous les éléments du cadre (1) constituent un grafcet connexe, puisque ses étapes et ses transitions sont réunies par une liaison orientée. Les éléments du cadre (2) constituent également un grafcet connexe.

7.1.2 Grafcet partiel

Constitué d'un ou plusieurs grafcets connexes, un grafcet partiel résulte d'une partition, selon des critères méthodologiques, du grafcet global décrivant le comportement de la partie séquentielle d'un système.



EXEMPLE : partition d'un grafcet global :

Le grafcet global est constitué des grafcets partiels G1 et G2. Le grafcet partiel G1 est constitué de deux grafcets connexes.


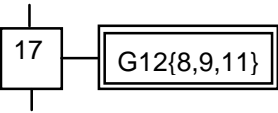
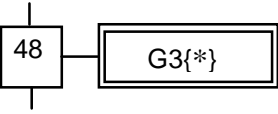
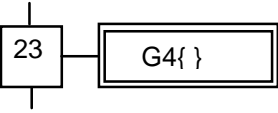
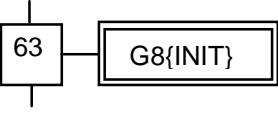
Tableau 9 - Grafcet partiel

N°	Symbole	Description
[35]	G*	<p>Désignation d'un grafcet partiel :</p> <p>La lettre G désigne par convention un grafcet partiel.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le nom du grafcet partiel</p>
[36]	XG*	<p>Variable de grafcet partiel :</p> <p>Un grafcet partiel est dit actif lorsque l'une au moins de ses étapes est active, il est conséquemment dit inactif lorsqu' aucune de ses étapes n'est active.</p> <p>L'état actif ou inactif d'un grafcet partiel peut être représenté respectivement par les valeurs logiques "1" ou "0" d'une variable XG* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom du grafcet partiel considéré.</p> <p>EXEMPLE : XG1 désigne la variable du grafcet partiel 1.</p>
[37]	G#{...,...}	<p>Situation d'un grafcet partiel :</p> <p>La situation d'un grafcet partiel est représentée par l'ensemble de ses étapes actives à l'instant considéré. La situation d'un grafcet partiel # se note G#{...,...} avec entre accolades la liste des étapes actives caractérisant la situation du grafcet partiel à l'instant considéré.</p> <p>EXEMPLE : G12{8,9,11} désigne la situation du grafcet partiel 12 à l'instant considéré, situation dans laquelle seules les étapes 8,9 et 11 sont actives.</p>
[38]	G#{*}	<p>Situation courante d'un grafcet partiel :</p> <p>L'astérisque représente, par défaut, la situation dans laquelle se trouve le grafcet partiel # à l'instant considéré.</p>
[39]	G#{ }	<p>Situation vide d'un grafcet partiel :</p> <p>Désigne la situation du grafcet partiel # lorsqu'aucune de ses étapes n'est active.</p>
[40]	G#{INIT}	<p>Situation initiale d'un grafcet partiel :</p> <p>Désigne la situation du grafcet partiel # à l'instant initial.</p>

7.2 Structuration par forçage de situation d'un grafcet partiel

Ce moyen de structuration de la spécification de la partie séquentielle d'un système utilise les ordres de forçage. Ces ordres permettent d'imposer une situation spécifique à un grafcet partiel donné, à partir de la situation d'un autre grafcet partiel (voir exemple annexe B).

Tableau 10 - Forçage d'un grafcet partiel

N°	Symbole	Description
[41]		<p>Ordre de forçage d'un grafcet partiel :</p> <p>Symbole dans lequel l'astérisque doit être remplacé par une situation d'un grafcet partiel (symboles 37 à 40). Associé à l'activité d'une étape d'un grafcet partiel hiérarchiquement supérieur, l'ordre de forçage est un ordre interne qui permet d'imposer une situation à un grafcet partiel hiérarchiquement inférieur.</p> <p>NOTE 1 - L'ordre de forçage est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action.</p> <p>NOTE 2 - Le forçage est un ordre interne dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution.</p> <p>NOTE 3 - Le grafcet forcé ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le grafcet est figé.</p> <p>NOTE 4 - L'utilisation des ordres de forçage dans une spécification implique une structuration hiérarchique en grafcets partiels telle que, tout grafcet partiel forçant soit de niveau hiérarchique supérieur à celui de tous les grafcets partiels forcés.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 1 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation déterminée</p> <p>Lorsque l'étape 17 est active, le grafcet partiel 12 est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 8,9,11.</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 2 : Forçage d'un grafcet partiel à la situation courante</p> <p>Lorsque l'étape 48 est active, le grafcet partiel 3 est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage.</p> <p>NOTE - On appelle également cet ordre « figeage ».</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 3 : Forçage d'un grafcet partiel à la situation vide</p> <p>Lorsque l'étape 23 est active, le grafcet partiel 4 est forcé dans la situation vide.</p> <p>NOTE - Dans ce cas aucune des étapes de G4 n'est active</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>EXEMPLE 4 : Forçage d'un grafcet partiel à la situation initiale.</p> <p>Lorsque l'étape 63 est active, le grafcet partiel 8 est forcé dans la situation dans laquelle seule ses étapes initiales sont actives.</p> </div> </div>

7.3 Structuration par encapsulation

Il y a encapsulation d'un ensemble d'étapes, dites encapsulées, par une étape, dite encapsulante, si et seulement si lorsque cette étape encapsulante est active, l'une, au moins, des étapes encapsulées est active. Le spécificateur peut utiliser l'encapsulation pour structurer de manière hiérarchique un grafcet (voir exemple annexe B).

Tableau 11 - Etapes encapsulantes


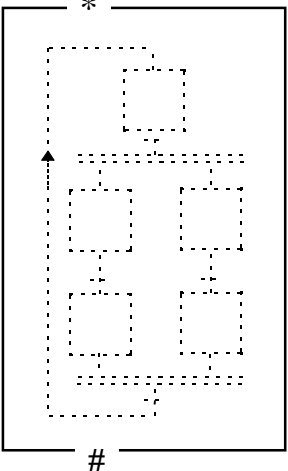

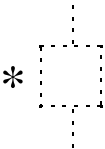
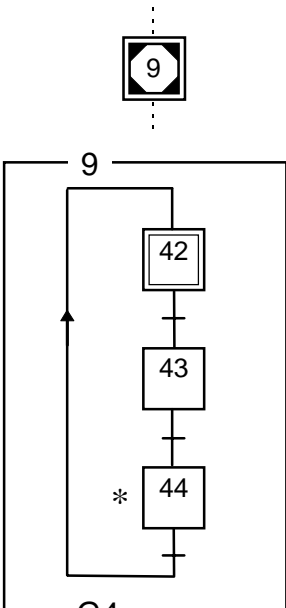
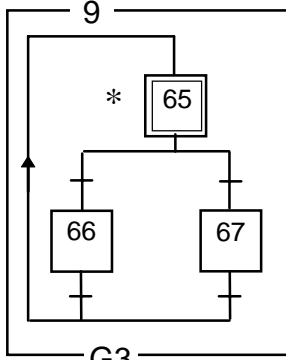
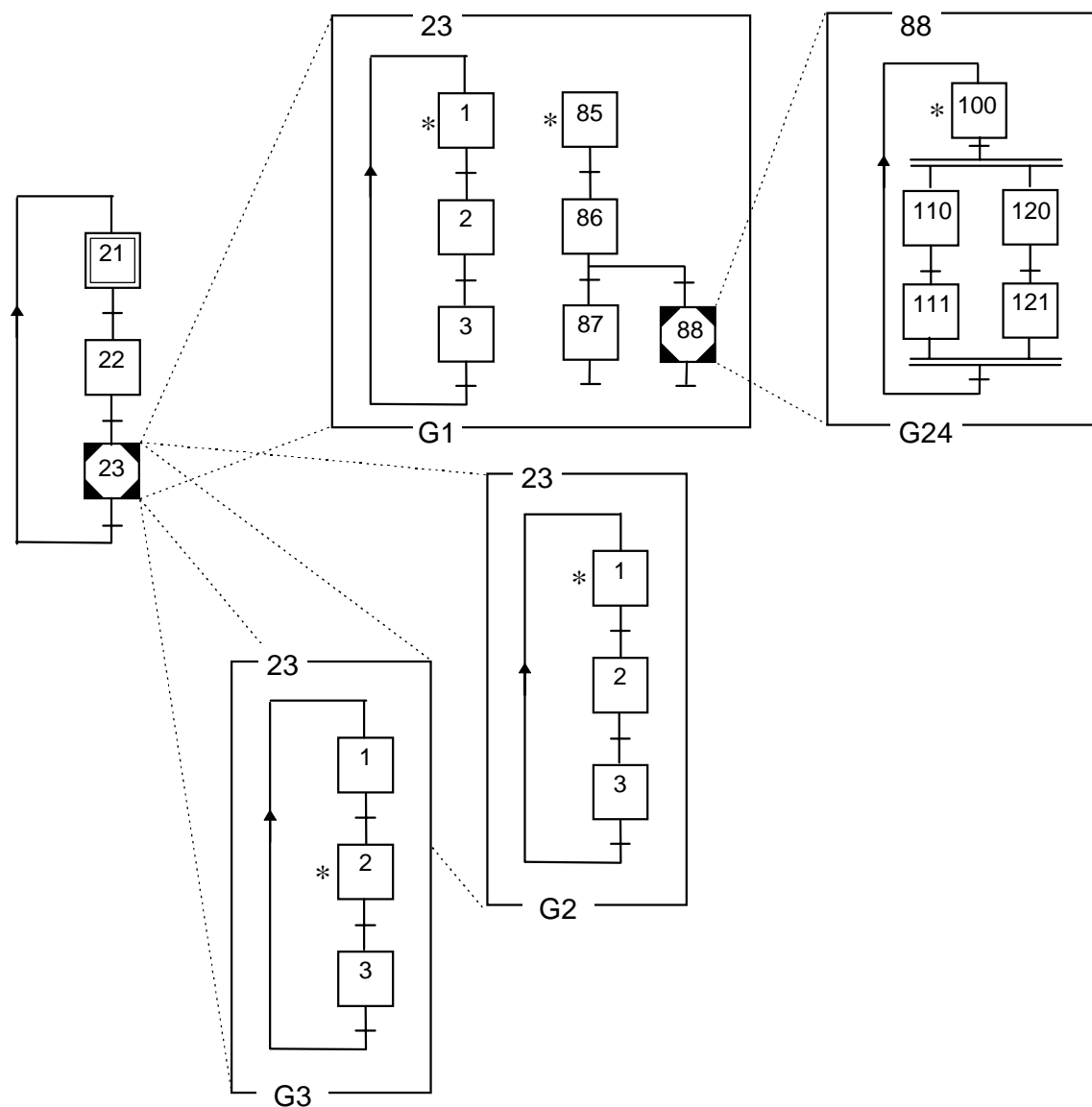
N°	Symbole	Description
[4]		<p>Étape encapsulante (rappel du symbole N°4) :</p> <p>Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées dans une ou plusieurs encapsulations de cette même étape encapsulante.</p> <p>NOTE 1 - L'étape encapsulante possède toutes les propriétés de l'étape, l'astérisque doit être remplacé par le repère d'étape.</p> <p>NOTE 2 - Une étape encapsulante peut donner lieu à une ou plusieurs encapsulations possédant chacune au moins une étape active lorsque l'étape encapsulante est active, et ne possédant aucune étape active lorsque l'étape encapsulante est inactive .</p>
[42]		<p>Représentation graphique d'une encapsulation :</p> <p>Une encapsulation # d'une étape encapsulante * peut être représentée par le grafcet partiel des étapes encapsulées, ceint d'un cadre sur lequel est placé en haut à gauche le nom * de l'étape encapsulante et en bas à gauche le repère # de l'encapsulation représentée.</p> <p>NOTE - Dans une encapsulation l'ensemble des étapes encapsulées doit constituer un grafcet partiel dont le nom peut servir de repère à l'encapsulation correspondante.</p>
[43]	$X^*/G\#$	<p>Désignation globale d'une encapsulation :</p> <p>Une encapsulation # d'une étape encapsulante * peut être décrite globalement par une expression littérale dans laquelle l'étape encapsulante * est désignée par la variable d'étape X^*, l'encapsulation par le symbole /, et les étapes encapsulées par le nom du grafcet partiel $G\#$ auquel elles appartiennent.</p> <p>NOTE - Cette représentation suppose que le grafcet partiel désigné ait été préalablement défini.</p>
[44]	$X^*/X\#$	<p>Désignation élémentaire d'une encapsulation :</p> <p>On peut indiquer par une expression littérale qu'une étape # est encapsulée dans une étape encapsulante * en utilisant les variables d'étape et sans nommer l'encapsulation.</p> <p>NOTE - Cette notation convient pour désigner une suite hiérarchique d'étapes encapsulées les unes dans les autres, elle permet également une identification relative des étapes par niveau d'encapsulation.</p> <p>EXEMPLE : $X4/X25/X12$ désigne l'encapsulation de l'étape 12 dans l'étape 25, elle même encapsulée dans l'étape 4.</p>

Tableau 11 - Etapes encapsulantes (suite)

N°	Symbole	Description
[5]		<p>Étape encapsulante initiale (rappel du symbole N°5) :</p> <p>Cette représentation indique que cette étape participe à la situation initiale. Dans ce cas, l'une, au moins, des étapes encapsulées dans chacune de ses encapsulations doit être également une étape initiale.</p>
[45]		<p>Lien d'activation, symbole général.</p> <p>Représenté par un astérisque à gauche des symboles d'étapes encapsulées, le lien d'activation indique quelles sont les étapes encapsulées actives à l'activation de l'étape encapsulante .</p> <p>NOTE 2 : Il ne faut pas confondre le lien d'activation avec l'indication des étapes initiales qui peuvent être encapsulées. Il est toutefois possible qu'une étape initiale encapsulée possède également un lien d'activation.</p> <p>NOTE 3 : la désactivation d'une étape encapsulante a pour conséquence la désactivation de toutes ses étapes encapsulées. Cette désactivation est souvent le fait du franchissement d'une transition aval de l'étape encapsulante mais peut également résulter de tout autre moyen de désactivation (forçage ou encapsulation de niveau supérieur).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 60%;">   </div> <div style="width: 35%;"> <p>EXEMPLE :</p> <p>L'étape encapsulante 9 est nécessairement une étape initiale car elle encapsule l'étape initiale 42</p> <p>L'encapsulation G4 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 42, 43 et 44.</p> <p>L'étape initiale 42 participe à la situation initiale elle est donc active à l'instant initial. Par contre à chaque activation de l'étape 9, consécutive à l'évolution du grafcet, l'étape 44 est activée.</p> <p>L'encapsulation G3 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 65, 66 et 67.</p> <p>L'étape initiale 65 participe à la situation initiale elle est donc active à l'instant initial. Elle est aussi activée à chaque activation de l'étape 9 consécutive à l'évolution du grafcet.</p> </div> </div>



EXEMPLE - Structuration par encapsulation :

L'étape encapsulante 23 possède 3 encapsulations représentées par les grafçets partiels 1,2 et 3. Le grafçet partiel 24 est encapsulé dans l'étape 88 du grafçet partiel 1. Lorsque l'étape encapsulante 23 est activée, les étapes 1 et 85 de G1 sont également activées (de même pour les autres encapsulations de 23 : G2 et G3).

Lorsque l'étape encapsulante 88 est activée, l'étape 100 de G24 est également activée.


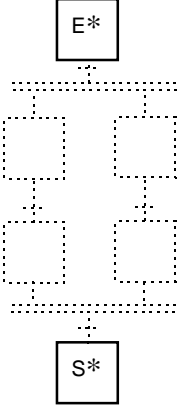
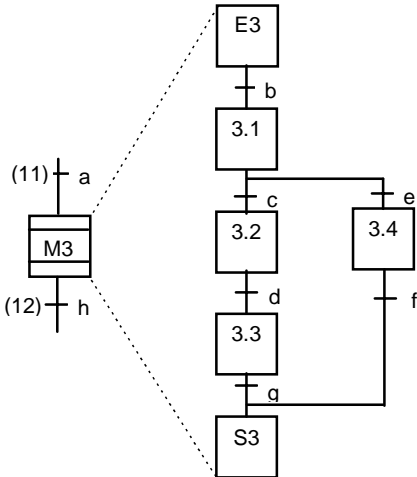
La désactivation de l'étape 88 provoque celle de toutes les étapes de G24.

La désactivation de l'étape 23 provoque celle de toutes les étapes de G1,G2,G3, et de toutes celles de G24 (si l'étape 88 était active).

7.4 Structuration par macro-étapes

Pour améliorer leur compréhension, les spécifications, sous forme de grafjets, peuvent être représentées à plusieurs niveaux par "*macro-représentation*" exprimant la fonction à remplir sans se soucier de tous les détails superflus à ce niveau de description. L'utilisation de macro-étapes permet une description progressive du général au particulier.

Tableau 12 - Macro-étapes

N°	Symbole	Description
[5]		<p>Macro-étape (rappel du symbole général N°6) :</p> <p>Représentation unique d'une partie détaillée de grafjet, appelée <i>expansion</i> de la macro-étape.</p> <p>NOTE - L'astérisque doit être remplacé par le repère de la macro-étape.</p>
[46]		<p>Expansion de la macro-étape :</p> <p>L'expansion d'une macro-étape M* est une partie de grafjet munie d'une étape d'entrée E* et d'une étape de sortie S*.</p> <p>L'étape d'entrée E* devient active lorsque l'une des transitions amont de la macro-étape est franchie. La ou les transitions aval de la macro-étape ne sont validées que lorsque l'étape de sortie S* est active.</p> <p>NOTE 1- La macro-étape ne possède pas toutes les propriétés des autres types d'étapes (symboles 1 à 5) car seule son étape de sortie valide ses transitions aval.</p> <p>NOTE 2 - L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales.</p> <p>NOTE 3 - L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes.</p> <div style="display: flex; align-items: flex-start; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div> <p>EXEMPLE :</p> <p>Macro-étape M3 représentée avec son expansion :</p> <p>Le franchissement de la transition 11 active l'étape d'entrée E3 de la macro-étape M3.</p> <p>Lorsque l'étape de sortie S3 sera active la transition 12 sera validée.</p> <p>Le franchissement de la transition 12 désactive l'étape S3.</p> </div> </div>
[47]	XM*	<p>Variable de macro-étape :</p> <p>Une macro-étape est dite active lorsque l'une au moins de ses étapes est active, elle est conséquemment dite inactive lorsqu'aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'un macro-étape peut être représenté respectivement par les valeurs logiques "1" ou "0" d'une variable XM* dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom de la macro-étape considérée.</p>

Annexe A (informative)

Exemple de commande d'une presse

Une presse de compression de poudre fonctionne suivant le grafcet de la figure A1. Lorsque la presse est en attente à l'étape 1, le poinçon et la matrice sont en position haute et le voyant « prêt » allumé signale à l'opérateur de mettre en place une nouvelle charge. Les actions se déroulent successivement comme indiqué par le grafcet.

Tableau A1 - Entrées et sorties

Entrées		Sorties	
DCy	Départ Cycle	SP	Signal Prêt
ph	poinçon en haut	DP	Descente Poinçon
pb	poinçon en bas	MP	Montée Poinçon
mh	matrice en haut	DM	Descente Matrice
mb	matrice en bas	EP	Evacuation Pièce
		MM	Montée Matrice

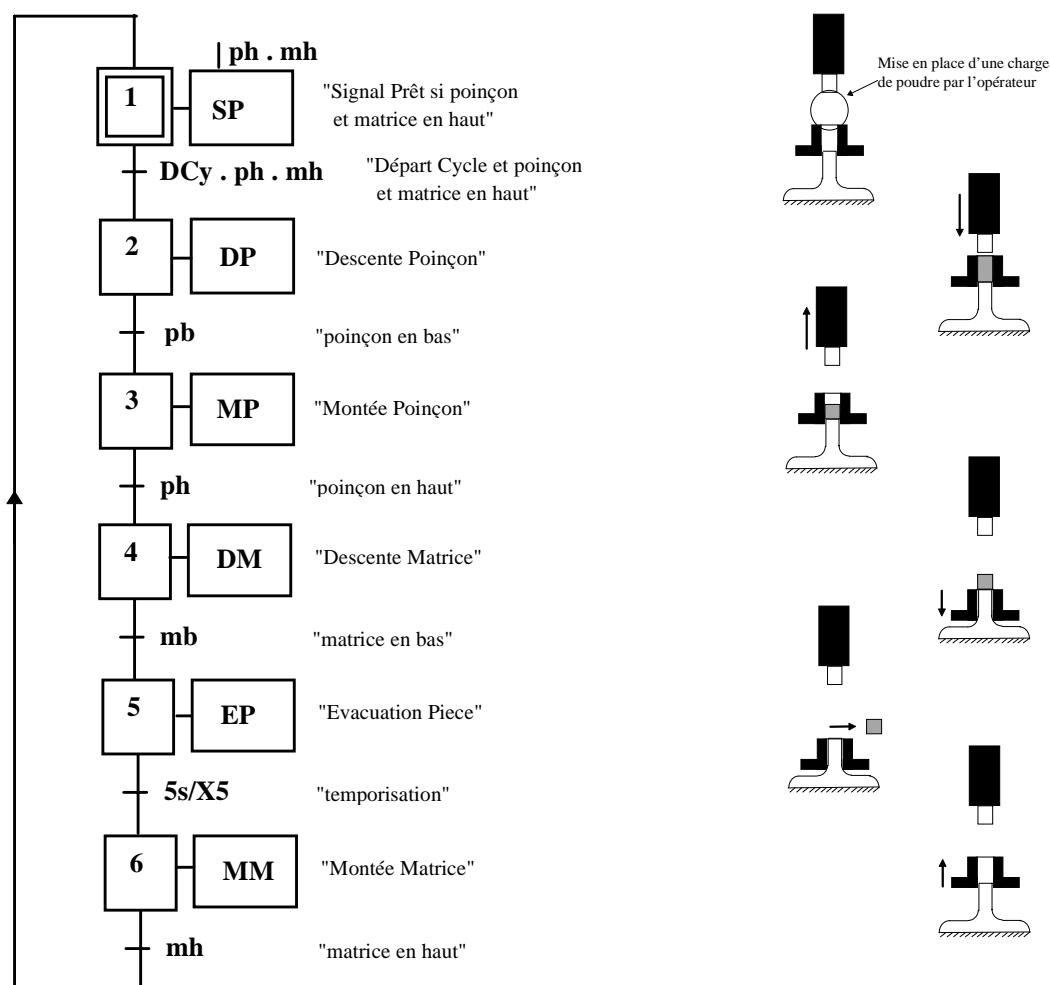


Figure A1 - représentation du fonctionnement de la presse par un grafcet

Annexe B (informative)

Exemple : Doseur malaxeur automatique

B.1 Présentation de l'exemple

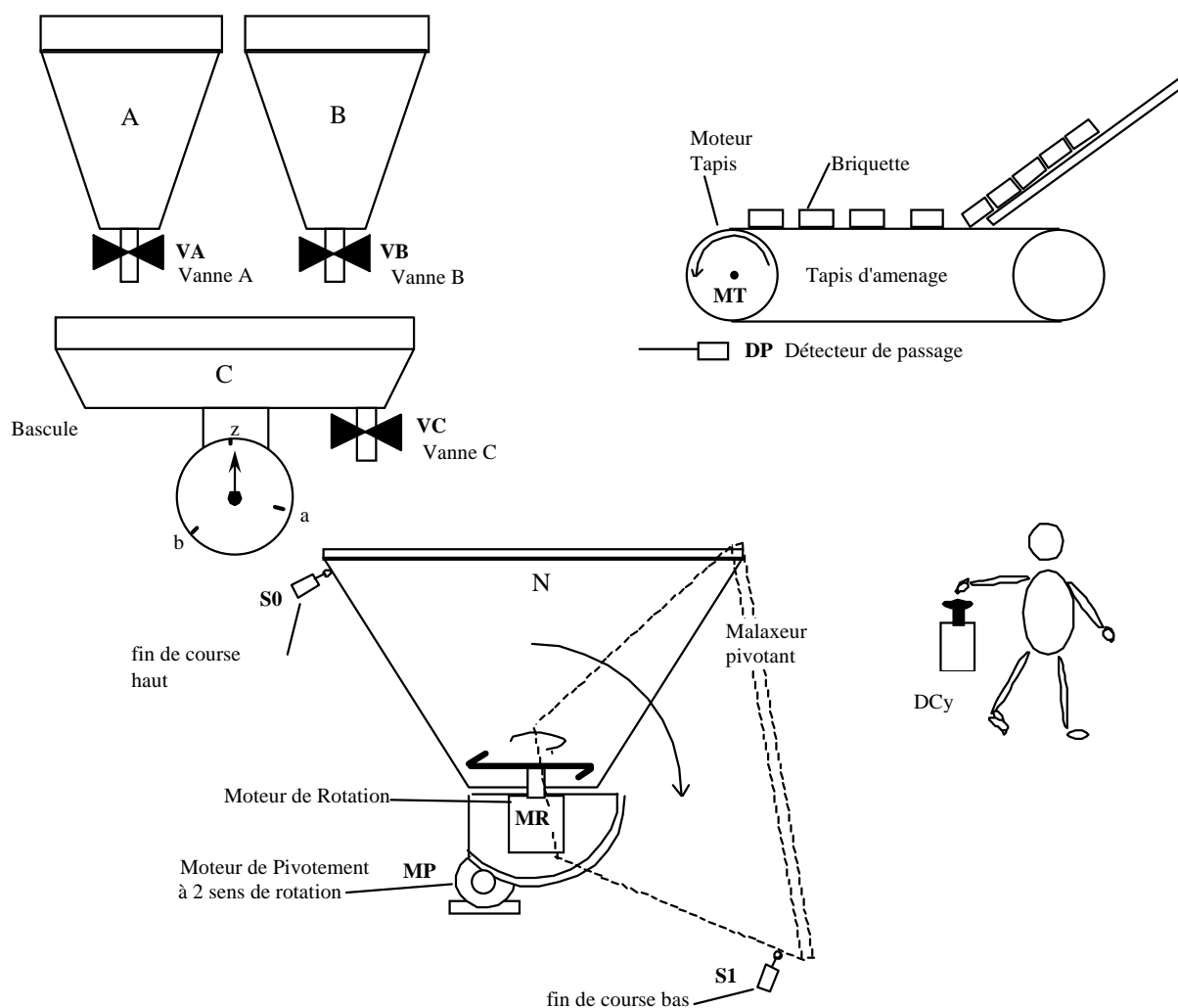
Un malaxeur N reçoit des produits A et B préalablement dosés par une bascule C et des briquettes solubles amenées une par une par un tapis. L'automatisme décrit ci-dessous permet de réaliser un mélange comportant ces trois produits.

B.2 Déroulement du cycle

L'action sur le bouton "Départ Cycle " provoque simultanément le pesage des produits et l'amenage des briquettes de la façon suivante :

- dosage du produit A jusqu'au repère "a" de la bascule, puis dosage du produit B jusqu'au repère "b" suivi de la vidange de la bascule C dans le malaxeur;
- amenage de deux briquettes.

Le cycle se termine par la rotation du malaxeur et son pivotement final au bout d'un temps t1, la rotation du malaxeur étant maintenue pendant la vidange.



B3 Description comportementale de la partie commande du doseur malaxeur

La partie commande du doseur malaxeur est un système dont le même comportement logique est décrit de manière différente par l'un des grafquets des figures B2 à B4.

Tableau B1 - Entrées et sorties

Entrées		Sorties	
DCy	Départ Cycle	MT	Moteur Tapis
DP	Détection de passage	MR	Moteur Rotation du malaxeur
a	poids liquide A atteint	MP+	Moteur de Pivotement (sens vidange)
b	poids liquide A + B atteint	MP-	Moteur de Pivotement (sens remontée)
z	bascule vide	VA	Ouverture Vanne A
S0	malaxeur en haut	VB	Ouverture Vanne B
S1	malaxeur en bas	VC	Ouverture Vanne C

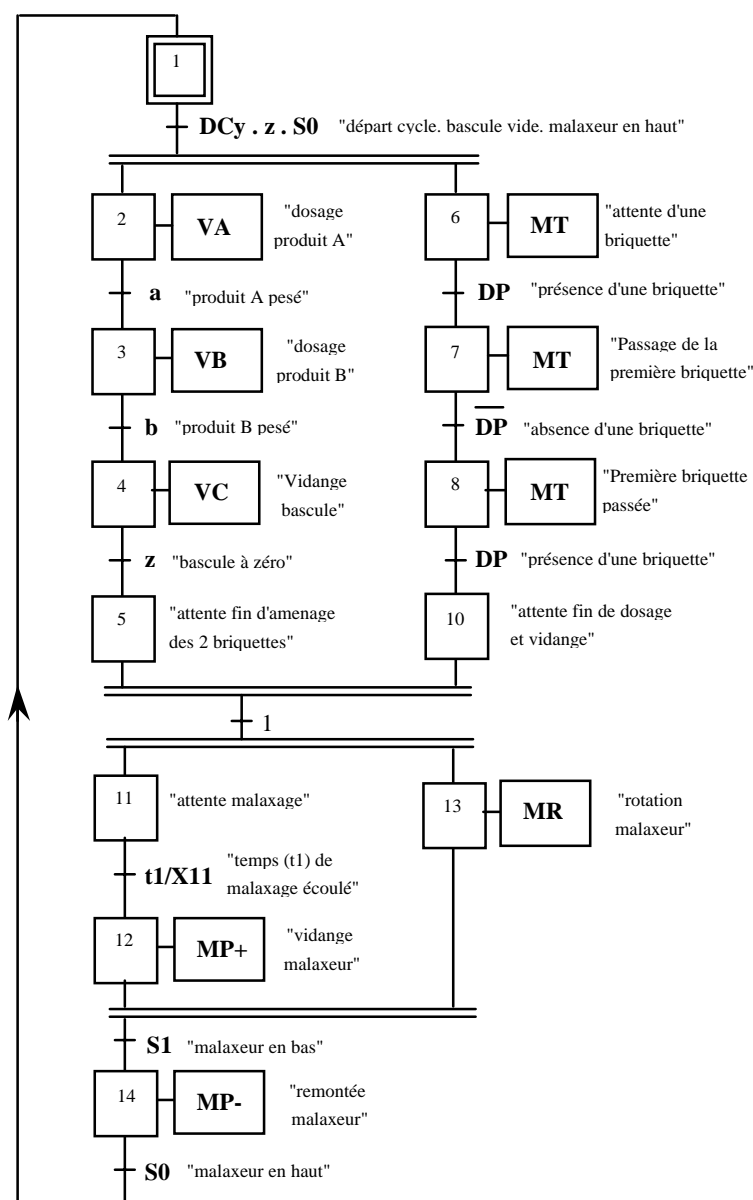


Figure B2 - grafctet du doseur malaxeur, ne comportant que des actions continues.

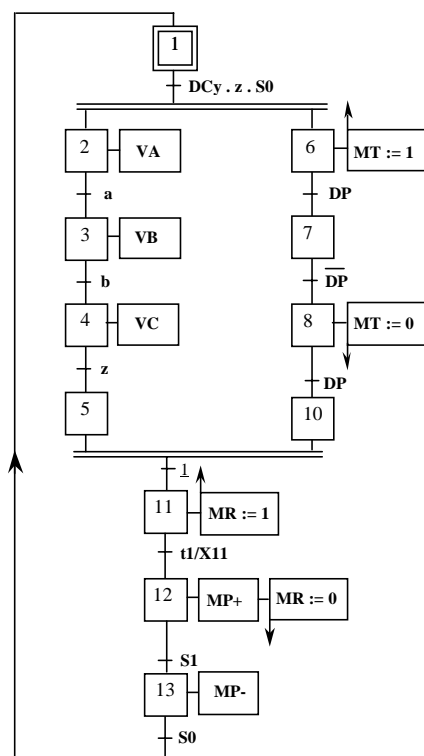


Figure B3 - grafctet du doseur malaxeur comportant des actions continues et des actions mémorisées.

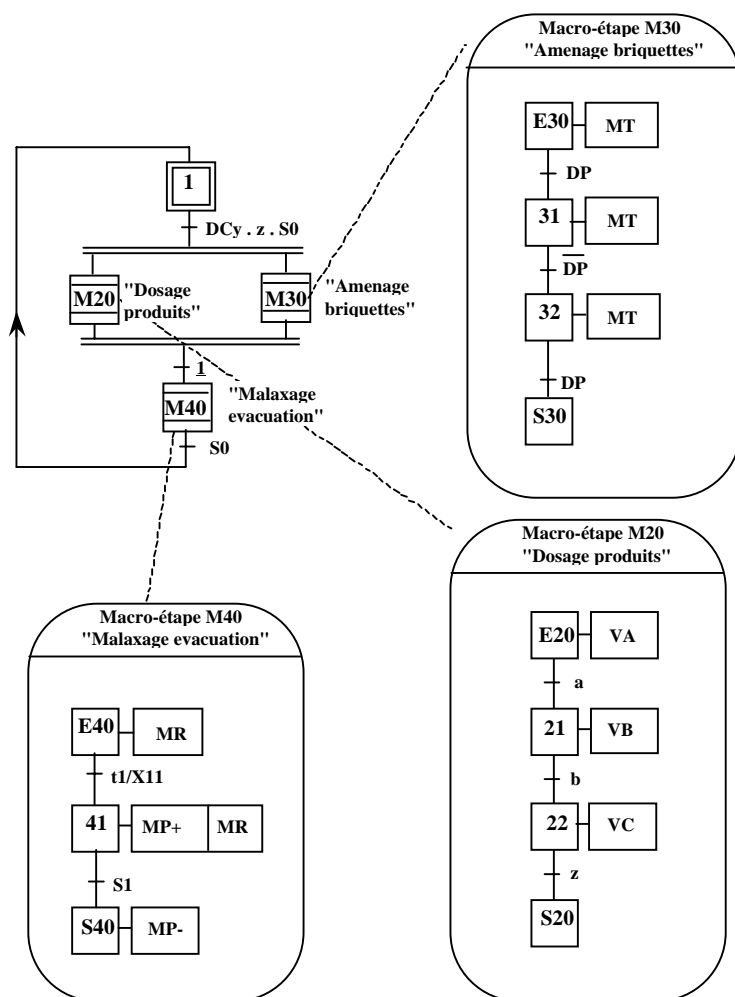


Figure B4 - grafctet du doseur malaxeur décomposé en :

- une description globale utilisant des macro-étapes,
- une description détaillée par les expansions de ces macro-étapes.

B4 Doseur malaxeur : structuration selon les modes de marche

La prise en compte des modes de marche du doseur malaxeur automatique peut conduire à structurer hiérarchiquement la spécification en utilisant des ordres de forçage (figure B5) ou des étapes encapsulantes (figure B6). Les entrées et sorties complémentaires suivantes sont nécessaires pour prendre en compte les ordres de marche de l'opérateur.

Tableau B2 - Entrées et sorties complémentaires

Entrées		Sorties	
BPAU	Bouton Poussoir d'Arrêt d'Urgence	VCM	Validation des Commandes Manuelles
SAuto	Sélecteur sur mode Auto		
SManu	Sélecteur sur mode Manu		

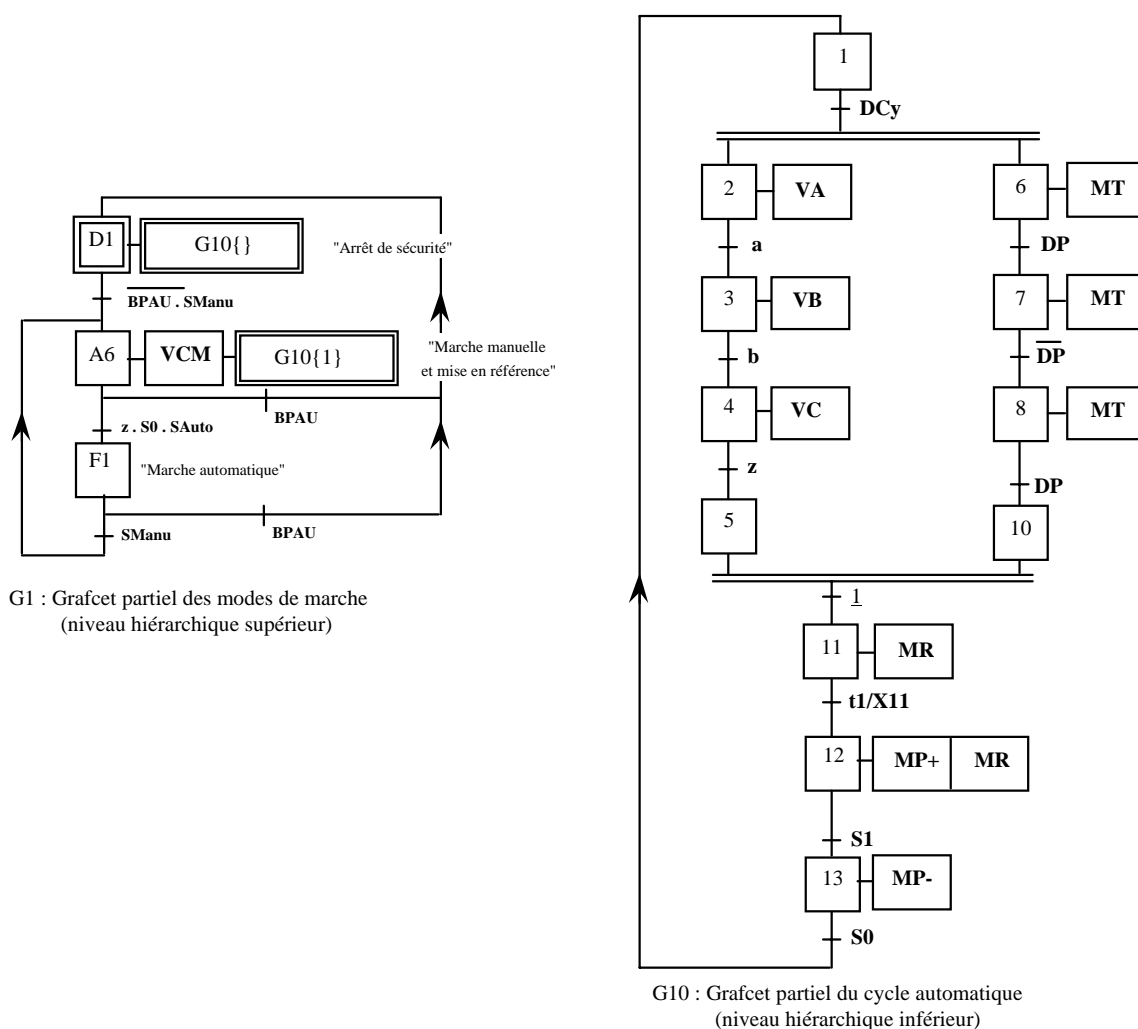


Figure B5 - Structuration selon les modes de marche utilisant des ordres de forçage :

- La hiérarchie de forçage comporte 2 niveaux.
- L'ordre de forçage associé à l'étape D1 du grafcet partiel 1 force le grafcet partiel 10 à la situation vide (aucune des étapes de G10 n'est active).
- L'ordre de forçage associé à l'étape A6 de G1 force G10 à la situation dans laquelle seule l'étape 1 est active (mais aucune transition n'est franchissable).
- L'activation de l'étape F1 permet à G10 d'évoluer normalement (car il n'est plus soumis à un ordre de forçage).

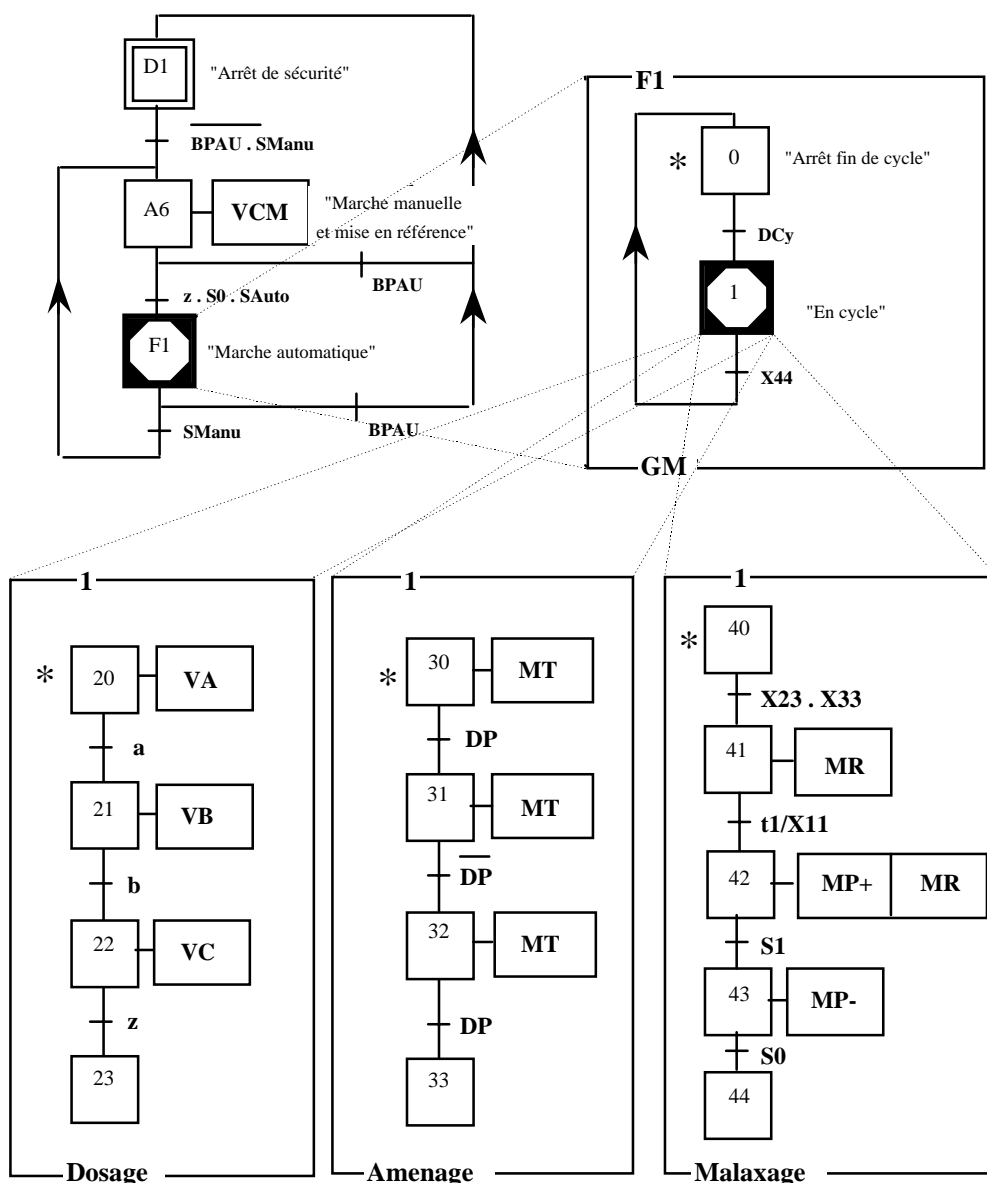


Figure B6 - Structuration selon les modes de marche utilisant des étapes encapsulantes :

- La hiérarchie d'encapsulation comporte 3 niveaux.
- Lorsque l'étape D1 est active, aucune autre étape n'est active.
- Lorsque l'étape A6 est active, aucune autre étape n'est active et les commandes manuelles (VCM) sont validées.
- Lorsque l'étape encapsulante F1 est activée, l'étape 0 de son encapsulation GM est également activée.
- Lorsque l'étape encapsulante 1 est activée, l'étape 20 de son encapsulation « Dosage », l'étape 30 de son encapsulation « Amenage » et l'étape 40 de son encapsulation « malaxage », sont également activées.

Bibliographie

- ISO 5807 : 1985, Traitement de l'information, Symboles de documentation et conventions applicables aux données, aux organigrammes de programmation et d'analyse, aux schémas des réseaux de programmes et des ressources de système.
- CEI 61131-3 : 1993, Automates programmables - Partie 3 : Langages de programmation.

Bibliography

- ISO 5807 : 1985, Information processing, Documentation Symbols and conventions for data, program and system flowcharts, program network charts and system resources charts.
- IEC 61131-3 : 1993, Programmable controllers, - Partie 3 Programming languages .