

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60848

Deuxième édition
Second edition
2002-02

**Langage de spécification GRAFCET
pour diagrammes fonctionnels en séquence**

**GRAFCET specification language
for sequential function charts**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60848:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60848

Deuxième édition
Second edition
2002-02

**Langage de spécification GRAFCET
pour diagrammes fonctionnels en séquence**

**GRAFCET specification language
for sequential function charts**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION.....	6
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions	8
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 sortie	22
4.9 Application des règles d'évolution	22
4.10 Comparaison entre les deux modes de sortie	28
5 Représentation graphique des éléments	30
6 Représentation graphique des structures de séquences	56
6.1 Structures de base	56
6.2 Structures particulières	62
7 Structuration.....	68
7.1 Partition d'un grafcet.....	68
7.2 Structuration par forçage d'un grafcet partiel.....	72
7.3 Structuration par encapsulation.....	74
7.4 Structuration par macro-étapes.....	80
Annexe A (informative) Exemple de commande d'une presse	82
Annexe B (informative) Exemple: Doseur malaxeur automatique.....	84
Annexe C (informative) Les relations entre le GRAFCET selon la CEI 60848 et le SFC selon la CEI 61131-3.....	96
Bibliographie	100

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope and object.....	9
2 Normative references.....	9
3 Terms and definitions	9
4 General principles.....	13
4.1 Context.....	13
4.2 GRAFCET, a behaviour specification language	15
4.3 GRAFCET, short presentation.....	15
4.4 Syntax rule	19
4.5 Evolution rules.....	19
4.6 Input events.....	21
4.7 Internal events.....	21
4.8 Output modes.....	23
4.9 Application of the evolution rules.....	23
4.10 Comparison between the two output modes.....	29
5 Graphical representation of the elements	31
6 Graphical representation of sequential structures.....	57
6.1 Basic structures.....	57
6.2 Particular structures	63
7 Structuring.....	69
7.1 Partition of a grafcet.....	69
7.2 Structuring using the forcing of a partial grafcet	73
7.3 Structuring using the enclosure.....	75
7.4 Structuring using the macro-steps.....	81
Annex A (informative) Example of control of a press.....	83
Annex B (informative) Example: Automatic weighing-mixing.....	85
Annex C (informative) Relations between the GRAFCET of IEC 60848 and the SFC of IEC 61131-3.....	97
Bibliography.....	101

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

LANGAGE DE SPÉCIFICATION GRAFCET POUR DIAGRAMMES FONCTIONNELS EN SÉQUENCE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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, spécifications techniques, 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: Structures d'informations, documentation et symboles graphiques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1988, dont elle constitue une révision technique générale comprenant l'ajout des principaux concepts suivants: événement d'entrée, événement interne, assignation, affectation, forçage, macro-étape et encapsulation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
3B/344/FDIS	3B/346/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GRAFCET SPECIFICATION LANGUAGE FOR SEQUENTIAL FUNCTION CHARTS

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and can not be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60848 has been prepared by subcommittee 3B: Documentation, of IEC technical committee 3: Information structures, documentation and graphical symbols.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1988 and constitutes a global technical revision with the addition of the following main concepts: input event, internal event, assignment, allocation, forcing, macro-step and enclosure.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
3B/344/FDIS	3B/346/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

La principale raison de la révision de la première édition de cette 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.

Toutes ces raisons ont rendu nécessaire une révision générale de la norme.

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

Withdrawing notice: Click to view the full PDF of IEC 60848:2002

INTRODUCTION

The main reason for the revision of this standard is the desire of the users to increase the standardised specification language with new concepts, allowing a structured and hierarchical description.

Otherwise, in addition to the descriptive and functional aspects of the first edition, it now seems necessary to add the formal and behavioural aspects, which are essential for the definition of a real specification language.

For all these reasons, an overall review of the document is required.

This standard is mainly for people (design engineers, realisation engineers, maintenance engineers, etc.) who need to specify the behaviour of a system (control-command of an automatic machine, safety component, etc.). This specification language should also serve as a communication means between designers and users of automated systems.

Withdrawing
IEC NORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60848:2002

LANGAGE DE SPÉCIFICATION GRAFCET POUR DIAGRAMMES FONCTIONNELS EN SÉQUENCE

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale définit le langage de spécification GRAFCET ¹⁾ pour la description fonctionnelle du comportement de la partie séquentielle des systèmes de commande.

Cette norme définit les symboles et les règles nécessaires à la représentation graphique de ce langage, ainsi que l'interprétation qui en est faite.

Cette norme a été établie pour les systèmes automatisés de production des applications industrielles, cependant aucun champ d'application n'est exclu.

Les méthodes de réalisation d'une spécification utilisant le GRAFCET ne font pas partie du domaine d'application de cette norme. Une méthode possible est l'utilisation du langage «SFC» décrit dans la CEI 61131-3, qui définit un ensemble de langages de programmation destinés aux automates programmables.

NOTE Voir l'annexe C pour de plus amples informations sur les relations entre la CEI 60848 et les langages de réalisation comme le SFC de la CEI 61131-3.

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. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, 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. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050-351:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 351: Commande et régulation automatiques*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent. Les définitions des termes précédés d'un astérisque ne s'appliquent que dans le contexte du langage de spécification GRAFCET.

3.1

*** action**

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

¹⁾ GRAFCET, GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

GRAFCET SPECIFICATION LANGUAGE FOR SEQUENTIAL FUNCTION CHARTS

1 Scope and object

This International Standard defines the GRAFCET¹⁾ specification language for the functional description of the behaviour of the sequential part of a control system.

This standard specifies the symbols and the rules for the graphical representation of this language, as well as for its interpretation.

This standard has been prepared for automated production systems of industrial applications. However no particular area of application is excluded.

Methods of development of a specification that makes use of GRAFCET are beyond the scope of this standard. One method is for example the "SFC language" specified in IEC 61131-3, which defines a set of programming languages for programmable controllers.

NOTE See annex C for further information on the relations between IEC 60848 and implementation languages such as the SFC of IEC 61131-3.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions, which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (VEI – Part 351: Automatic control*

IEC 60617-12:1997, *Graphical symbols for diagrams – Part 12: Binary logical elements*

3 Terms and definitions

For the purposes of this International Standard, the following definitions apply. The definitions of the terms preceded by an asterisk apply only in the context of the GRAFCET specification language. The chosen order is the alphabetic one.

3.1

* action

GRAFCET language element associated with a step, indicating an activity to be performed on output variables

1) GRAFCET, GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

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

*** 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

3.4

*** diagramme grafcet**

diagramme fonctionnel utilisant le langage GRAFCET

NOTE Le terme «diagramme grafcet» est, en raccourci, remplacé par «grafcet».

3.5

*** événement d'entrée**

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

3.6

*** événement interne**

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

3.7

*** interprétation**

partie du GRAFCET permettant de faire la relation entre:

- les variables d'entrées et la structure, par les réceptivités;
- les variables de sorties et la structure, par les actions

3.8

*** situation**

désignation de l'état du système spécifié par un grafcet et caractérisé par les étapes actives à l'instant considéré

3.9

*** 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.

3.10

*** structure**

partie du GRAFCET permettant de décrire l'évolution possible entre les situations

3.11

système

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

[VEI 351-11-01]

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 exemple formes d'organisation, méthodes mathématiques, langages de programmation).

3.2

chart, graph

graphical presentation describing the behaviour of a system, for example the relations between two or more variable quantities, operations or states

3.3

*** directed link**

GRAFCET language element indicating the evolution paths between steps by connecting steps to transitions and transitions to steps

3.4

*** grafcet chart**

function chart using GRAFCET

NOTE The "grafcet chart" can, in short form, be called "grafcet".

3.5

*** input event**

event characterized by the change of at least one value of all input variables of the sequential part of the system

3.6

*** internal event**

event characterized by an input event associated with the situation of the sequential part of the system

3.7

*** interpretation**

part of the GRAFCET enabling the linkage of:

- the input variables and the structure, by the means of the transition-condition;
- the output variables and the structure, by the means of the actions

3.8

*** situation**

name of the state of the system described by grafcet and characterised by the active steps at a given instant

3.9

*** step**

GRAFCET language element used for the definition of the state of the sequential part of the system

NOTE 1 A step can be active or inactive.

NOTE 2 The set of active steps represents the situation of the system.

3.10

*** structure**

part of the GRAFCET enabling the description of the possible evolution between situations

3.11

system

a set of interrelated elements considered in a defined context as a whole and separated from their environment

[IEV 351-11-01]

NOTE 1 Such elements may be material objects and concepts as well as their results (e.g. forms of organisation, mathematical methods, programming languages).

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.

NOTE 3 Le langage GRAFCET peut être utilisé pour décrire le comportement logique de n'importe quel type de système.

3.12

* évolution fugace

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

3.13

* transition

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

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

3.14

* réceptivité

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

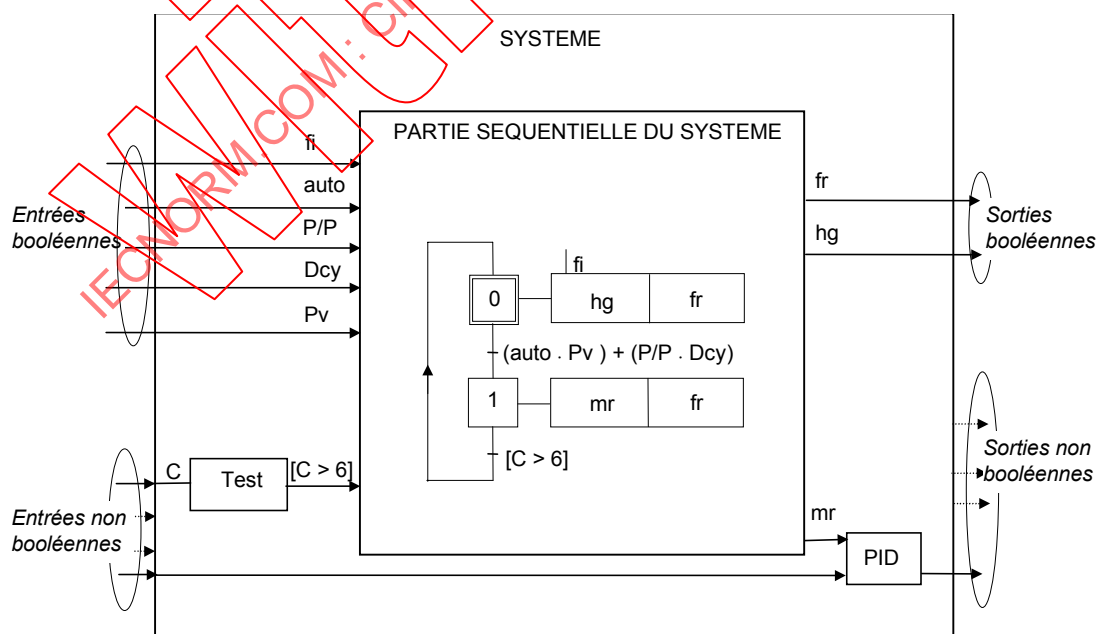
NOTE Une réceptivité est soit vraie soit fausse.

4 Principes généraux

4.1 Contexte

La réalisation d'un système automatisé 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 de la figure 1). Le GRAFCET a pour objet de spécifier le comportement de la partie séquentielle des systèmes.



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.

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

NOTE 2 The system is considered to be separated from the environment and from the other external systems by an imaginary surface, which cuts the links between them and the system.

NOTE 3 The language GRAFCET can be use to describe the logical behaviour of any kind of system.

3.12

* transient evolution

evolution characterized by the clearing of several successive transitions on the occurrence of a single input event

3.13

* transition

GRAFCET language element indicating a possible evolution of the activity between two or more steps

NOTE The possible evolution is realised by clearing the transition.

3.14

* transition-condition

GRAFCET language element associated with a transition indicating the result of a boolean expression

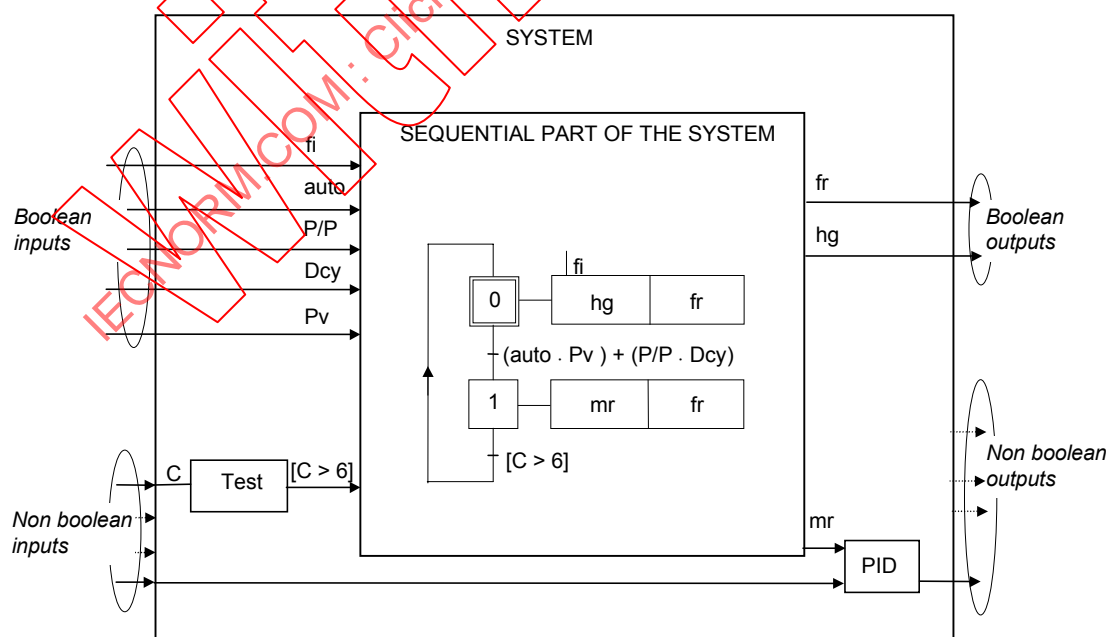
NOTE The transition-condition can be either true or false.

4 General principles

4.1 Context

The implementation of an automated system requires, in particular, a description relating cause and effect. To do this, the logical aspect of the desired behaviour of the system will be described.

The sequential part of the system, which is accessed via Boolean input and output variables, is the logical aspect of this physical system. The behaviour indicates the way in which the output variables depend on the input variables (see note to figure 1). The object of the GRAFCET is to specify the behaviour of the sequential part of the systems.



NOTE The sequential part of the system is characterised by its input variables, its output variables, and its behaviour. This sequential part comprises only input and output boolean variables. However the GRAFCET specification language by extension allows the description of the behaviour of the non Boolean variables (for example: evaluation of an assertion or allocation of a numeric value for a variable).

Figure 1 – Graphical representation of the sequential part of a system

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. Ce langage 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 l'unicité de la situation 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 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 grafquets donnant une représentation graphique et synthétique du comportement des systèmes. La représentation (voir figure 2) 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

- *Etape* (définition: 3.9, 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: 3.13, symbole 7). Une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
- *Liaison orientée* (définition: 3.3, symbole 10). 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: 3.14, symbole 13). 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: 3.1). L'action indique, dans un rectangle, comment agir sur la *variable de sortie*, soit par assignation (action continue, symbole 20), soit par affectation (action mémorisée, symbole 26).

4.2 GRAFCET, a behaviour specification language

The GRAFCET specification language enables a grafcet to be created showing the expected behaviour of a given sequential system. This language is characterized mainly by its graphic elements, which, associated with an alphanumerical expression of variables, provides a synthetic representation of the behaviour, based on an indirect description of the situation of the system.

The behaviour description on states is the following: the "monomarked" states correspond to the GRAFCET *situations*, which implies the uniqueness of the situation at a given instant. The states are connected to each other by means of an evolution condition, which allows the passage from one situation to another one to be described.

For reasons of convenience, the behaviour description based on states is better replaced by a description based on *steps* called GRAFCET. In the GRAFCET, several steps may be active simultaneously, the situation being then characterized by the set of active steps at the considered moment. The evolution of one set of steps to another are translated by one or several transitions, each characterized by:

- its preceding steps,
- its succeeding steps,
- its associated transition-condition.

NOTE These reasons lead to the syntax rule enforcing the alternation step-transition.

4.3 GRAFCET, short presentation

The GRAFCET is used for the design of grafcet charts to provide a graphical and synthetic representation of the sequential systems behaviour. The representation (figure 2) distinguishes:

- the *structure*, which allows possible evolutions between the situations to be described,
- the *interpretation*, which enables the relationship between input, output variables and the structure (evolution, assignation and allocation rules are necessary to achieve this interpretation).

4.3.1 The structure comprises the following basic items

- *Step* (definition: 3.9, symbol 1). A step is either active or inactive, the set of the active steps of a grafcet chart at any given instant represents the *situation* of this grafcet at this instant.
- *Transition* (definition: 3.13, symbol 7). A transition indicates that an evolution of the activity between two or more steps may evolve. This evolution is realized by the clearing of the transition.
- *Directed link* (definition: 3.3, symbol 10). A directed link connects one or several steps to a transition, or a transition to one or several steps.

4.3.2 The following elements are used for the interpretation

- *Transition-condition* (definition: 3.14, symbol 13). Associated with each transition, the transition-condition is a logical expression which is true or false and which is composed of *input variables* and/or *internal variables*.
- *Action* (definition: 3.1). The action indicates, in a rectangle, what shall be done to the *output variable*, either by assignation (continuous action, symbol 20), or allocation (stored action, symbol 26).

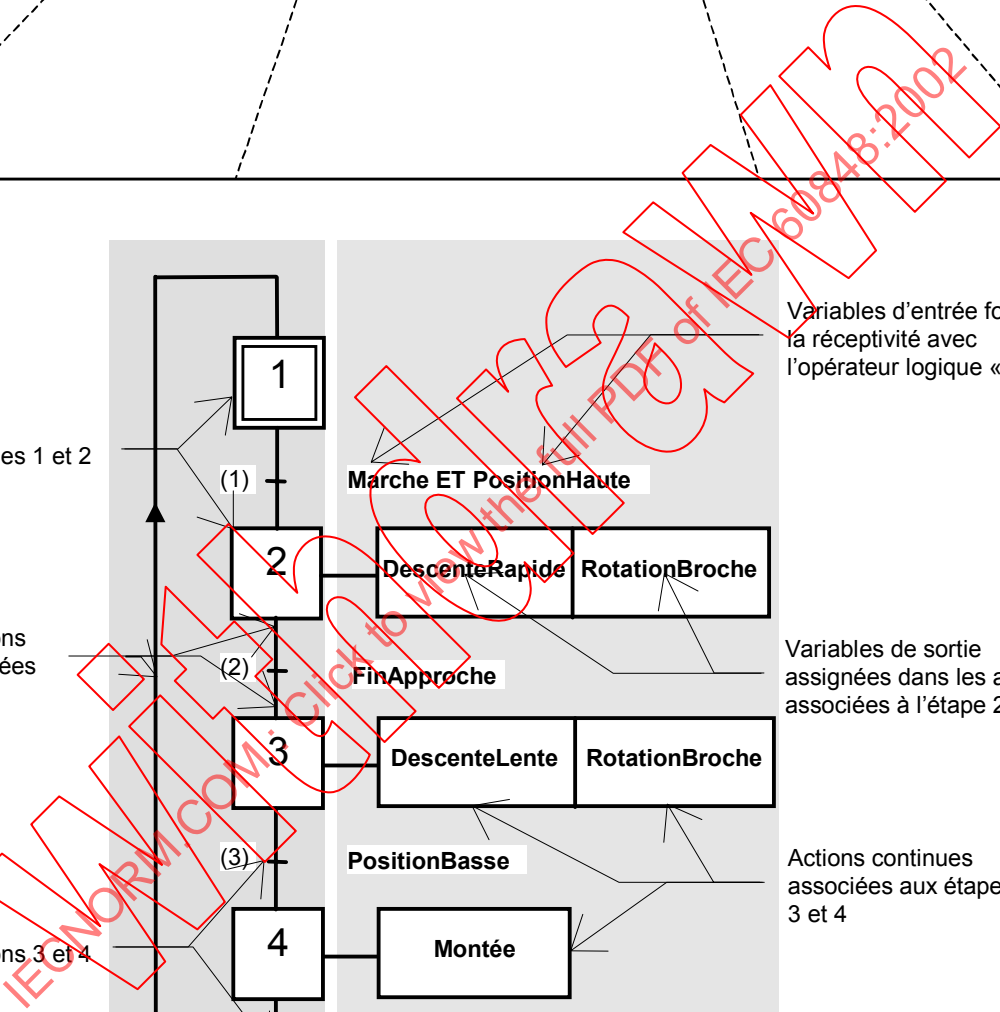


Figure 2 – Eléments de structure et d'interprétation utilisés dans un grafcet pour décrire le comportement de la partie séquentielle d'un système défini par ses variables d'entrée et de sortie

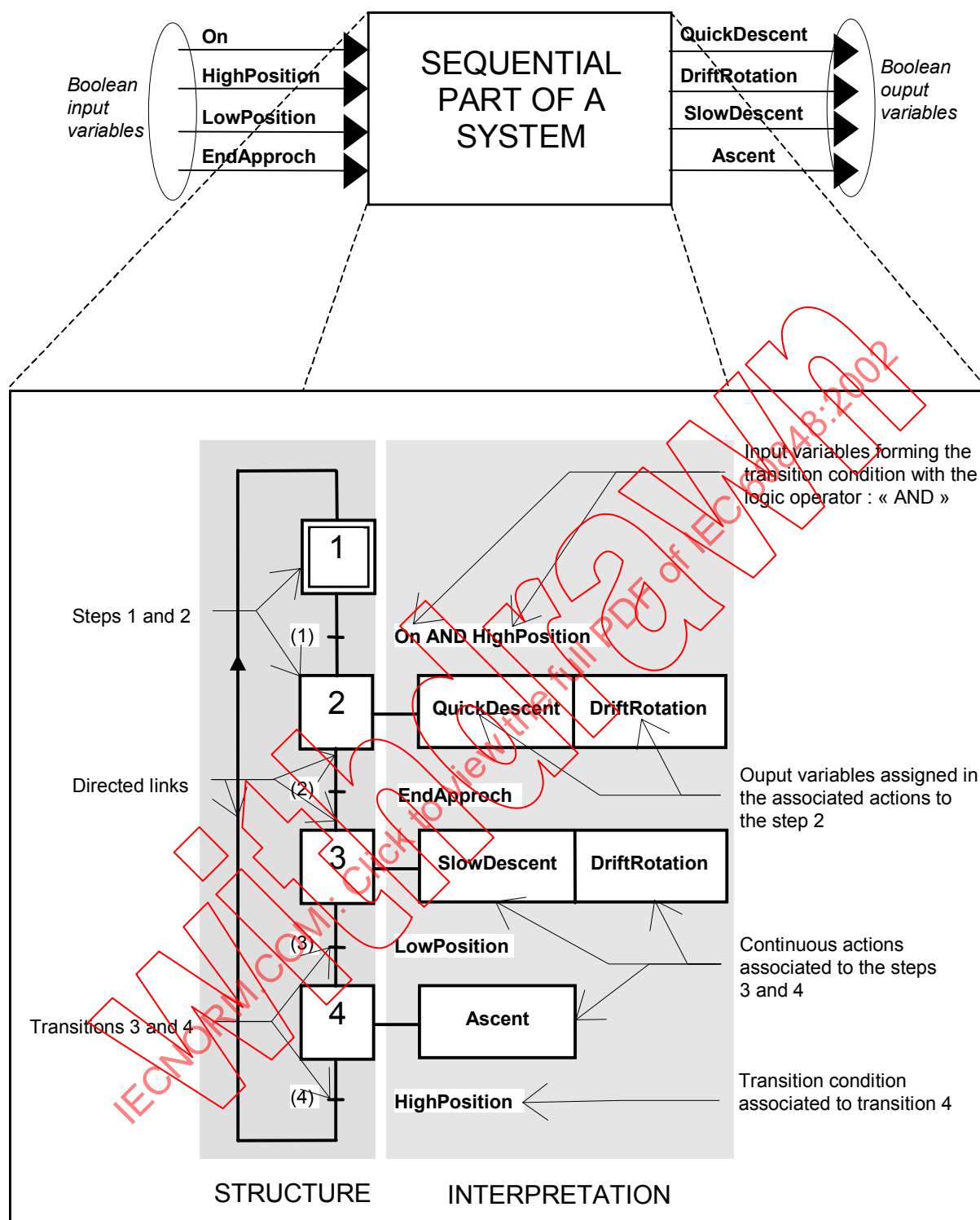


Figure 2 – Structure and interpretation elements used in a grafset chart to describe the behaviour of a sequential part of the system defined by its input and output variables

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 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 la situation 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 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 Evolution 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 Evolutions 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.

4.4 Syntax rule

Step transition and transition step alternation shall always be respected whatever the sequence.

Consequences:

- Two steps shall never be connected directly by a directed link.
- The directed link shall only connect a step to a transition or a transition to a step.

4.5 Evolution rules

As each situation is characterized by the set of active steps at a given instant, the GRAFCET evolution rules only affect the application, on the steps, of the evolution principle between the situations of the sequential part of the system.

4.5.1 Initial situation

The initial situation is the situation at the initial time. Therefore it is described by the set of steps active at this time. The choice of the situation at the initial time depends on the methodology relating to the type of sequential part of the system considered.

Rule 1: The initial situation, chosen by the designer, is the situation at the initial time.

4.5.2 Clearing of a transition

Rule 2: A transition is said to be enabled when all immediately preceding steps linked to this transition are active. The clearing of a transition occurs:

- when the transition is ENABLED,
- AND WHEN its associated transition condition is TRUE.

4.5.3 Evolution of active steps

Rule 3: The clearing of a transition simultaneously provokes the activation of all the immediate succeeding steps and the deactivation of all the immediate preceding steps.

4.5.4 Simultaneous evolutions

The evolution between two active situations implies that no other intermediate situation is possible, the change from one representation of the situation by a set of steps to another representation is instantaneous.

Rule 4: Several transitions, which can be cleared simultaneously, are simultaneously cleared.

4.5.5 Simultaneous activation and deactivation of a step

If a step is included in the description of the preceding situation and in that of the following one, it can therefore only remain active.

Rule 5: If during the operation, an active step is simultaneously activated and deactivated, it remains 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 «↑» 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 «↓» 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

↑a L'expression «↑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 · ↑b L'expression «a · ↑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 3.12).

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 3.6). 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 27), 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 28), décrit l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de cette étape.

4.6 Input events

The evolution rules show that only a change in the values of the input variables may cause the evolution of the grafcet. This change called "input event" shall be defined by the preceding value and the succeeding value of all the input variables to characterise this *single* event. In practice, a set of input events is specified only by the characterised state change (rising edge or falling edge) of one or several boolean input variables.

NOTE The rising edge of a logical variable, indicated by the sign " $\uparrow$ " in front of a boolean variable, indicates that this rising edge is only true for the change from value 0 to value 1 of the variable concerned. The falling edge of a logical variable noted by the sign " $\downarrow$ " in front of a boolean variable, indicates that this falling edge is only true for the change from value 1 to value 0 of the variable concerned.

It is said that "the event occurs" at the date of the change of state of the input variables which characterize it.

4.6.1 Input events specification

The input events specification is implemented by a logical expression of one or several characteristic variables, often in a transition-condition. More rarely, it may also directly specify an internal event (see 4.7).

EXAMPLE 1:
 $\uparrow a$ The expression " $\uparrow a$ " describes the set of all input events for which the preceding value of the input variable a is 0 and its succeeding value is 1, regardless of the value of the other input variables of the system.

EXAMPLE 2:
 $a \cdot \uparrow b$ The expression " $a \cdot \uparrow b$ " describes the set of all input events for which the succeeding value of the input variable a is 1, and the preceding value of the input variable b is 0 and its succeeding value is 1, regardless of the value of the other input variables of the system.

EXAMPLE 3:
 a The expression " a " describes the sets of all input events for which the succeeding value of the input variable a is 1, regardless of the value of the other input variables of the system.

NOTE Used in a transition-condition, this expression could lead to a transient evolution (see 3.12)

4.7 Internal events

Only certain input events could occur from a given situation. The connection between a situation and input event, which may occur from this situation, is called internal event (see 3.6). This notion is mainly used by the designer to condition an output allocation to a set of internal events (see 4.8.2). The description of a set of internal events is realized by one of the following ways.

4.7.1 Internal events described by the step activation

The step activation, noted graphically (symbol 27), describes the set of internal events each of which has this step activation as a consequence.

4.7.2 Internal events described by the deactivation of a step

The graphically noted deactivation of a step, (symbol 28), describes the set of the internal events each of which have this step deactivation as consequence.

4.7.3 Événements internes décrits par le franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition, notée de manière graphique (symbole 29), décrit l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement de cette transition.

4.8 Modes de sortie

Les actions permettent d'établir le lien entre l'évolution du grafcet et les sorties. Deux modes de sortie, 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 internes (voir symbole 22). 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, etc) 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 Application des règles d'évolution

L'interprétation intuitive de l'évolution, dite «pas à pas», 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.

4.7.3 Internal events described by the clearing of a transition

The graphically noted clearing of a transition (symbol 29), describes the set of internal events each of which have the clearing of this transition as consequence.

4.8 Output modes

The actions enable links to establish the connection between the evolution of the grafcet chart and the outputs. Two output modes, continuous mode or stored mode, describe how the outputs depend on the evolution and on the system inputs.

4.8.1 Continuous mode (assignation on state)

In the continuous mode, *the association of an action with a step* indicates that an output variable has a true value if the step is active and if the assignation condition is verified. The assignation condition is a logical expression of the input variables and/or the internal ones (see symbol 22). If one of the conditions is not met and provided that no other action relating to the same output meets the conditions, the output variable concerned takes the false value.

Assignation refers to imposing the value of the output variables (true or false).

The set of the local assignation (relating to the active steps at a given instant) defines the assignation of *all* the output variables for this situation.

Assignation rule: For a given situation, the value of the outputs relating to the *continuous* actions is assigned:

- to the true value, for each output relating to the actions associated with active steps and for which the assignation conditions are verified,
- to the false value, for the other outputs (which are not assigned to the true value).

4.8.2 Stored mode (allocation on event)

In the stored mode, *the association of an action to internal events* is used to indicate that an output variable takes and maintains the enforced value if one of these events occurs.

Explicit representations are necessary to describe the association of the actions with the events (activation step, deactivation step, clearing of a transition, etc.).

The value of an output relating to a stored action remains unchanged until a new specified event modifies its value.

Allocation refers to storing, at a considered moment, a determined value affected to an output variable.

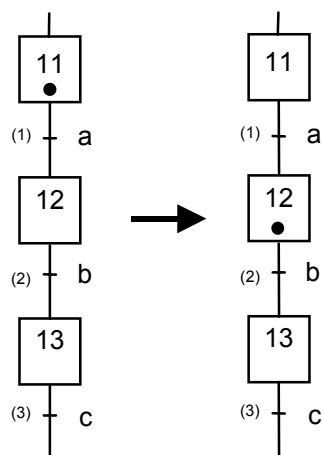
Allocation rule: The value of an output, relating to a stored action and associated to an event, is allocated to the indicated value, if the specified internal event occurs; the value of this output is null at the initialisation.

4.9 Application of the evolution rules

Intuitive interpretation of the evolution, called “step by step”, designates the progressive way which allows, on the occurrence of an input event and from the preceding situation, to determine the succeeding situation of this event, by the successive application of the evolution rules on each transition. The interpretation facility is a device to enable an indirect specification of the evolution, but the designer shall take care that the clearing of the transitions on this path does not involve the effective activation of the intermediate situations.

4.9.1 Evolution non fugace

Dans le cas général, l'évolution est non fugace, c'est-à-dire que l'événement d'entrée ne provoque qu'un seul pas d'évolution (le franchissement simultané d'une ou plusieurs transitions).



EXEMPLE: « *Evolution non fugace* »

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

Interprétation intuitive 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.

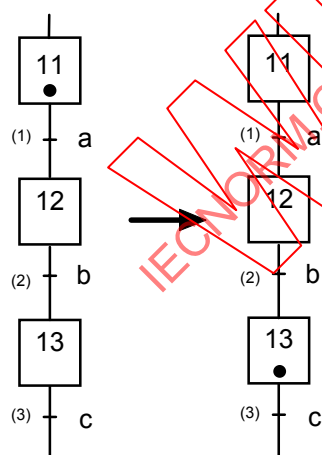
Interprétation vraie de l'évolution:

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 Evolution fugace

Dans certains cas, l'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement des transitions (en plusieurs pas d'évolution) 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 3.9).

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 intuitive, et de même que les transitions correspondantes ont été «virtuellement» franchies.



EXEMPLE: « *Evolution fugace* »

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

Interprétation intuitive 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:

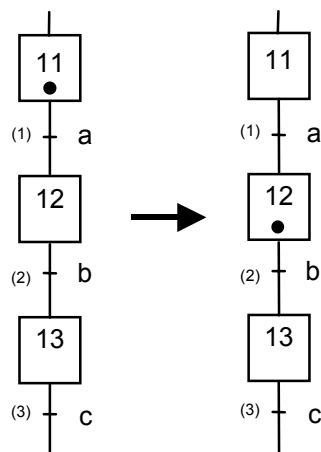
L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de a passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure: étape 13 active.

4.9.3 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).

4.9.1 Non transient evolution

In general, the evolution is non-transient, which means that the input event only leads to one evolution stage (the simultaneous clearing of one or more transitions).



EXAMPLE: "Non transient evolution"

Preceding situation: step 11 active, $a=0$, $b=0$ and $c=0$.

Intuitive interpretation of the evolution:

The change in the value "a" involves the clearing of the transition (1) and the activation of the step 12, the transition (2) can not be cleared, because $b=0$, the subsequent situation is therefore: step 12 active.

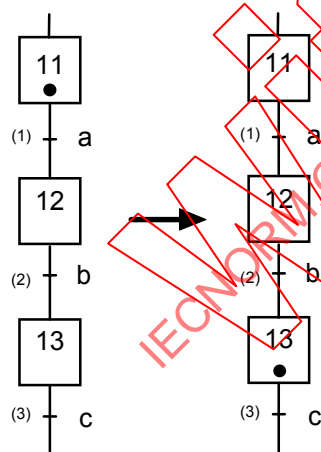
Real interpretation of the evolution:

The occurrence of one of the input events such as the value of a changes from 0 to 1 leads straight to the subsequent situation: step 12 active.

4.9.2 Transient evolution

In some cases, the application of the evolution rules can lead to successively clearing some transitions (in several evolution stages) if the transition-conditions associated with the subsequent transitions are already true, when the first transitions considered are cleared. The corresponding description, referred to as transient, uses the path taken to indicate how to move from a preceding situation to a succeeding situation (see 3.9).

The corresponding intermediate steps, referred to as *unstable* are not activated, but we consider that they have been "virtually" activated and deactivated along the intuitive evolution path, as well as for the corresponding transitions which have been "virtually" cleared.



EXAMPLE: "Transient evolution"

Preceding situation: step 11 active, $a=0$, $b=1$ and $c=0$.

Intuitive interpretation of the evolution:

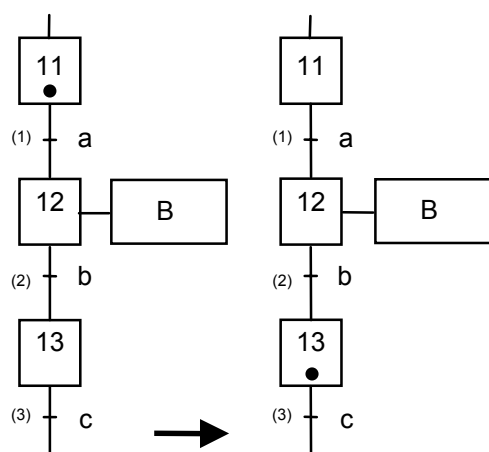
The change in the value "a" involves the clearing of the transition (1) and the virtual activation of the step 12, then the transition (2) is virtually cleared, because $b=1$, leading to the succeeding situation: step 13 active.

Real interpretation of the evolution:

The occurrence of one of the input events, such as the value of a change from 0 to 1, leads to the succeeding situation: step 13 active.

4.9.3 Consequence of a transient evolution on the assignments

The assignment of an output value by a continuous action associated with a step, which is an unstable step in the case of a transient evolution, is not effective, since the step is not really activated (see 4.8.1).



EXEMPLE: «Action continue associée à une étape instable»

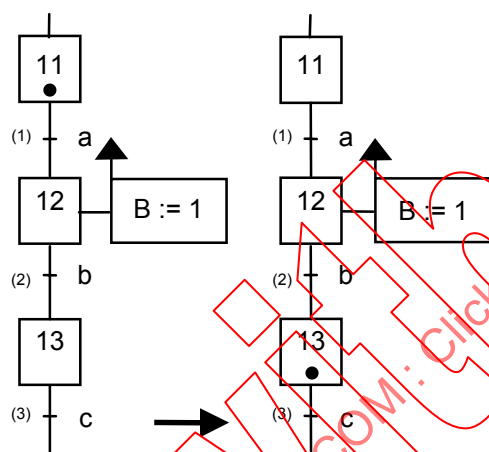
Situation antérieure: étape 11 active, $a=0$, $b=1$ et $c=0$.

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.

4.9.4 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).

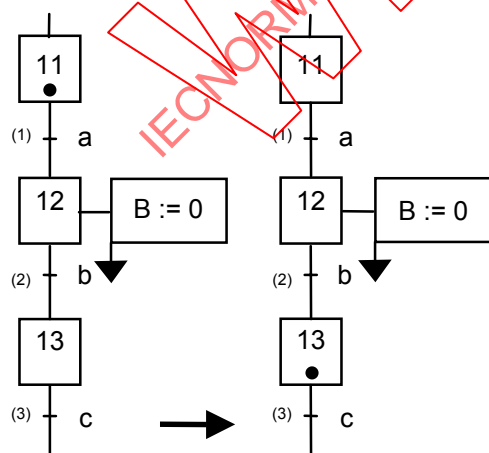


EXEMPLE 1: «Action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable»

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.

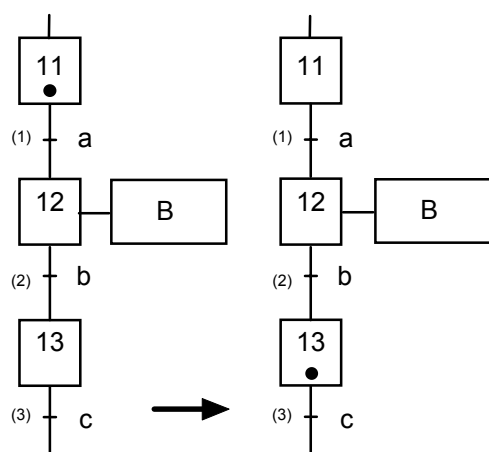


EXEMPLE 2: «Action mémorisée associée à la désactivation d'une étape instable»

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.



EXAMPLE: "Continuous action associated with an unstable step"

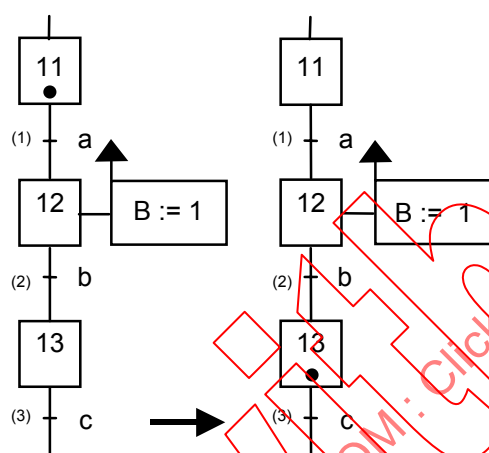
Preceding situation: step 11 active, $a=0$, $b=1$ and $c=0$.

The occurrence of one of the input events such as the value of "a" changes from 0 to 1, leads straight to the subsequent situation: step 13 active.

The preceding situation (step 11 active) and the succeeding situation (step 13 active) assign the value 0 to the output variable B. The unstable step 12 being not really activated, the assignation of B to the value 1 is not effective on the transient evolution.

4.9.4 Consequence of a transient evolution on the allocations

The allocation to a determinate value of an output by a stored action (symbol 26) associated to a step, which is an unstable step in the case of a transient evolution, is effective since this allocation is associated to the events releasing this evolution (see 4.8.2).

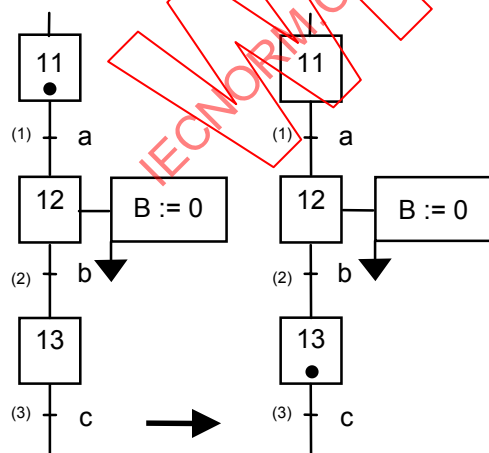


EXAMPLE 1: "Stored action associated with the activation of an unstable step"

Preceding situation: step 11 active, $a=0$, $b=1$ and $c=0$.

The occurrence of one of the input events such as the value of "a" changes from 0 to 1, leads straight to the subsequent situation: step 13 active.

The allocation of the value 1 to the output variable B is realized on the occurrence of one of the input events having the real or the virtual activation of the step 12 as consequence.



EXAMPLE 2: "Stored action associated with the deactivation of an unstable step"

Preceding situation: step 11 active, $a=0$, $b=1$ and $c=0$.

The occurrence of one of the input events such as the value of "a" changes from 0 to 1, leads straight to the subsequent situation: step 13 active.

The allocation of the value 0 to the output variable B is realized on the occurrence of one of the input events having the real or the virtual deactivation of the step 12 as consequence.

4.10 Comparaison entre les deux modes de sortie

Le choix du mode de sortie 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 4.9.1).
- En mode mémorisé, les actions associées à des événements correspondant à une évolution fugace *sont* prises en compte car les événements déclenchant cette évolution se produisent (voir 4.9.2).

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 Les deux modes de sortie peuvent être utilisés dans une même spécification en GRAFCET, mais la valeur d'une variable de sortie est déterminée 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 L'article 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'incrémentement 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.

4.10 Comparison between the two output modes

The choice of the output mode depends on the practice and methodology used. However the designers attention is drawn to the important differences between the two modes.

4.10.1 Determination of the value of the outputs

- In continuous mode, all the outputs are assigned according to the *situation*, to the *true value* for the outputs explicitly indicated in the actions associated to the active steps, and to the *false value* for the other ones which are implicitly set by omission (see assignation rule, 4.8.1).
- In the stored mode, *only* the considered outputs are modified according to the *indicated value*, the other stored values of the outputs remain unchanged (see allocation rule, 4.8.2).

4.10.2 Analysis of the value of the outputs for a grafcet-chart at a defined instant

- In the continuous mode, the knowledge of the situation and the value of the inputs *is sufficient* to determine the value of the outputs (see 4.8.1).
- In the stored mode, the knowledge of the situation and the value of the inputs *is not sufficient*, the preceding evolutions shall also be known to determine the value of the outputs (see 4.8.2).

4.10.3 Actions relative to transient evolution

- In the continuous mode, the actions associated with an unstable step *are not taken* into consideration because this step is not activated (see 4.9.1).
- In the stored mode, the actions associated with events and in relation with a transient evolution *are taken* into consideration because the triggered events releasing this evolution occur (see 4.9.2).

4.10.4 Possible conflict on the value of the outputs

- In the continuous mode, the assignation principles ensure every assignation conflict on the particular output to be avoided.
- In the stored mode, the allocation rules do not *allow the possible assignation conflicts on a same output to be avoided*. The designer shall ensure that two contradictory allocations can not occur simultaneously.

NOTE 1 Both output modes can be used in one specification in GRAFCET, but the value of an output variable is determined either by assignation or by allocation. The specification of an allocation to an output variable (stored mode), excludes this output variable of any assignation (continuous mode).

NOTE 2 Clause 5 gives the graphic symbols which enable the stored actions (indicated by explicit representation according to the set of specified events) to be distinguished from the continuous ones (indicated by absence of any representation).

NOTE 3 In the frequent case of the specification of control system behaviour, the current industrial practice forces the employment of the continuous mode for all the outputs to the actuators, and the stored mode for describing internal control tasks. These tasks, such as the incrementation of a counter, or the modification of the value for a numerical register, refer to internal variables, which are not necessarily Boolean ones. The internal tasks associated with the stored actions, as well as the calculation of expressions associated with transition-conditions, are not described in the present standard, but are associated by the use of the logical description of the grafcet evolutions. The designers should take care to make their descriptions consistent and clear.

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 libres aux utilisateurs.

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

Tableau 1 – Étapes

N°	Symbole	Description
[1]		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. Le rapport longueur/largeur est arbitraire, bien qu'un carré soit recommandé. 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.  EXEMPLE 1: « Étape 2 »  EXEMPLE 2: « Étape 3 représentée dans son état actif » NOTE 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.
[2]	X*	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. EXEMPLE: « Variable d'étape de l'étape 8 » X8
[3]		Étape initiale: Cette notation indique que cette étape participe à la situation initiale. NOTE 1 Les règles du symbole 1 sont applicables. NOTE 2 Une étape initiale peut-être « instable », voir 4.9.2.  EXEMPLE: « Étape initiale 12 »
[4]		Étape encapsulante: Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées. NOTE 1 Les règles du symbole 1 sont applicables. NOTE 2 Les propriétés et les exemples d'utilisation de l'étape encapsulante sont présentés en 7.3.
[5]		Étape encapsulante initiale: Cette notation indique que cette étape encapsulante participe à la situation initiale. NOTE Une étape encapsulante initiale contient au moins une étape encapsulée initiale.
[6]		Macro étape: Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée <i>expansion</i> de la macro-étape. NOTE Les propriétés et les exemples d'utilisation de la macro-étape sont présentés en 7.4.

5 Graphical representation of the elements

The elements of GRAFCET have their own symbolic representation which when correctly associated, enable clear and synthetic function-charts to be implemented.

NOTE 1 Only the global representation of the symbols is imposed; dimensions and details (thickness of lines, font of characters, etc.) are left up to the users.

NOTE 2 The stippled representation indicates the context of the symbol.

Table 1 – Steps

No.	Symbol	Description
[1]		Step: At a given moment, a step is either active or inactive. The set of active steps defines the situation of the given system at the considered instant. The height-width ratio of the rectangle is arbitrary, although a square is recommended. For the purposes of identification, the steps shall have a label, for example, alphanumerical. The label assigned to the step shall replace the asterisk at the upper half of the general symbol.  EXAMPLE 1: “ Step 2 “  EXAMPLE 2: “ Step 3 represented in its active state “ NOTE It may be useful to indicate which steps are active at a given instant by marking these steps with a dot. This dot is not part of the step symbol and is only used for explanatory purposes.
[2]	X^*	Step variable: The active or inactive state of the step may be represented by the logical values “1” or “0” respectively of a boolean variable X^*, in which the asterisk* shall be replaced by the label of the relevant step. EXAMPLE: “ Step variable of the step 8 ” X_8
[3]		Initial step: This symbol means that this step participates in the initial situation. NOTE 1 The rules of the symbol 1 apply. NOTE 2 An initial step could be “ unstable”, see 4.9.2.  EXAMPLE: “ Initial step 12 “
[4]		Enclosing step: This symbol indicates that this step contains other steps referred to as enclosed steps. NOTE 1 The rules of the symbol 1 apply. NOTE 2 The properties and the examples of the use of the enclosing step are given in 7.3.
[5]		Initial enclosing step: This symbol means that this enclosing step participates in the initial situation. NOTE An initial enclosing step contains at least one enclosed initial step.
[6]		Macro-step: Unique representation of a detailed part of the function-chart referred to as the <i>expansion</i> of the macro-step. NOTE The properties and the examples of the use of the macro-step are given in 7.4.

Tableau 2 – Transitions

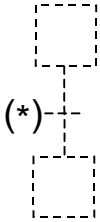
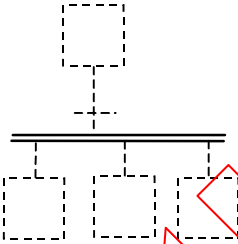
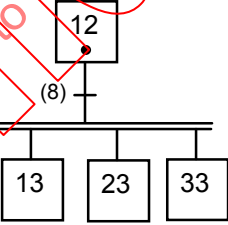
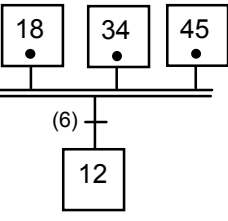
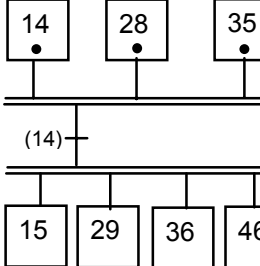
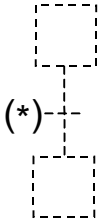
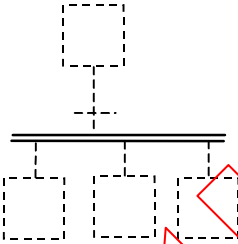
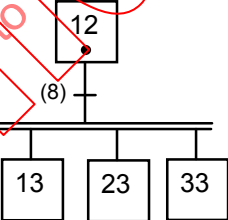
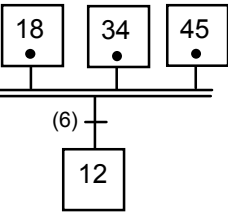
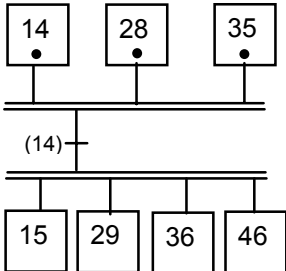
N°	Symbole	Description
[7]		Transition entre deux étapes: Une transition est représentée par un trait perpendiculaire aux liaisons joignant deux étapes. NOTE 1 La transition est validée lorsque l'étape amont est active (voir règle d'évolution N° 2, 4.5.2). NOTE 2 Il n'y a toujours qu'une seule transition entre deux étapes (voir 4.4). 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 B.5, grafcet partiel G1).
[8]		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. L'astérisque doit être remplacé par le repère alphanumérique de la transition.
[9]		Synchronisation en amont et/ou aval d'une transition: 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. NOTE La référence du symbole de synchronisation est le paragraphe 9.2.2.5 de l'ISO 5807. EXEMPLE 1: Transition d'une étape (12) vers plusieurs (13,23,33). La transition (8) est validée lorsque l'étape (12) est active.  EXEMPLE 2: Transition de plusieurs étapes (18,34,45) vers une (12). La transition (6) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.  EXEMPLE 3: Transition de plusieurs étapes (14,28,35) vers plusieurs (15,29,36,46). La transition (14) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives. 

Table 2 – Transitions

No.	Symbol	Description
[7]		Transition from one step to another: A transition is represented by a line perpendicular to the link joining two steps. NOTE 1 The transition is enabled when the immediate preceding step is active (see the evolution rule No. 2, 4.5.2). NOTE 2 <i>Only one transition</i> is ever possible between two steps (see 4.4). NOTE 3 It is possible, for graphical representation reasons, to place transitions on horizontal directed links (see annex B: figure B5, partial grafset G1).
[8]		Transition designation: The transition may have a designation, generally placed to the left, which should not be mistaken for the associated transition-condition. An alphanumerical label for the transition shall replace the asterisk.
[9]		Synchronization preceding and/or succeeding a transition: When several steps are connected to the same transition, the directed links from and/or to these steps are grouped, to succeed or precede the synchronization symbol represented by two parallel horizontal lines. NOTE The reference for the synchronization symbol is 9.2.2.5 of ISO 5807.    EXAMPLE 1: Transition from one step (12) to several (13, 23, 33). The transition (8) is enabled when the step 12 is active. EXAMPLE 2: Transition from several steps (18, 34, 45) to one step (12). The transition (6) is only enabled when <i>all</i> preceding steps are active. EXAMPLE 3: Transition from several steps (14, 28, 35) to several steps (15, 29, 36, 46). The transition (14) is only enabled when <i>all</i> preceding steps are active.

ableau 3 – Liaisons orientées

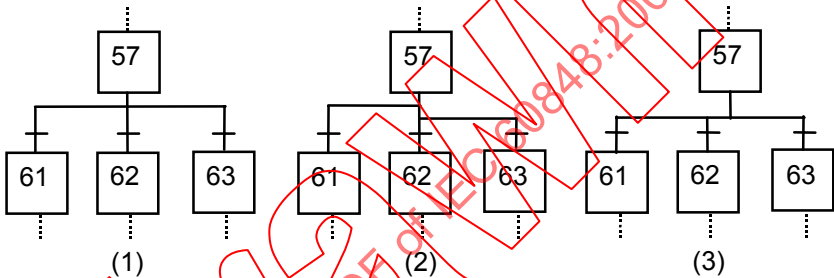
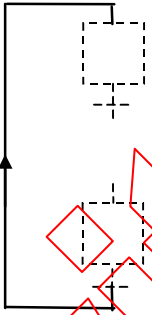
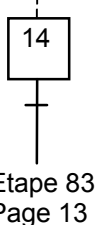
N°	Symbole	Description
[10]		Liaison orientée de haut en bas: Les voies d'évolution entre les étapes sont indiquées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises dans les cas exceptionnels où elles apportent plus de clarté au diagramme. 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. EXEMPLE: Les trois représentations sont admissibles, mais les représentations 2 et 3 sont recommandées pour éviter la confusion entre croisement sans et avec liaison.  (1) (2) (3)
[11]		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.
[12]		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. L'astérisque doit être remplacé par le repère de liaison. EXEMPLE: Evolution vers l'étape 83 de la page 13.  Etape 83 Page 13

Table 3 – Directed links

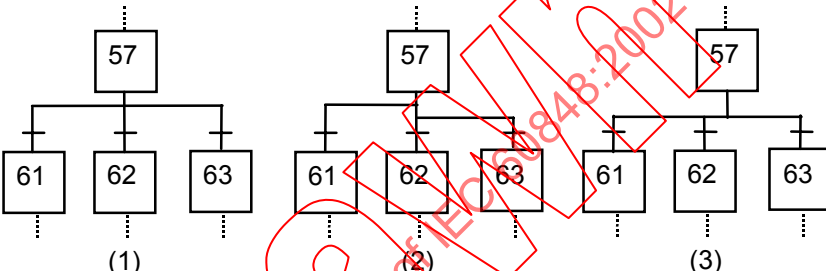
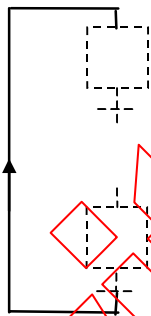
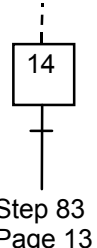
No.	Symbol	Description
[10]		Directed link from top to bottom: The evolution paths between the steps are indicated by directed links connecting steps to transitions and transitions to steps. Directed links are horizontal or vertical. Diagonal links are only permitted in those rare cases where they improve the clarity of the chart. Crossovers of vertical and horizontal links are permitted if no relationship exists between those links. Accordingly such crossovers shall be avoided when the links are related to the same evolution. EXAMPLE: The three representations are permitted but the representations 2 and 3 are recommended to avoid misunderstanding between links with and without relationship. 
[11]		Directed link from bottom to top: By convention, the direction of the evolution is always from top to bottom. Arrows shall be used if this convention is not respected or if their presence enable a clearer understanding.
[12]		Linked label: If a directed link has to be broken (for example in complex charts or when one chart covers several pages) the number of the destination step and the number of the page on which it appears, shall be indicated. The asterisk shall be replaced by the linked label. EXAMPLE: Evolution to step 83 of page 13. 

Tableau 4 – Réceptivités associées aux transitions

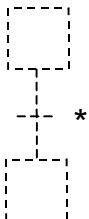
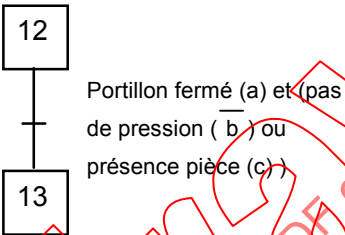
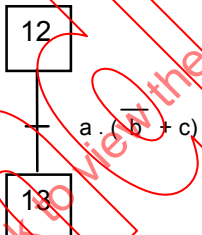
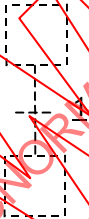
N°	Symbole	Description
[13]		Réceptivité associée à une transition: Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être vraie ou fausse, est associée à chaque transition. S'il existe une variable logique correspondante, elle est égale à 1 quand la réceptivité est vraie et égale à 0 quand la réceptivité 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, etc.). 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.  EXEMPLE 1: Description de la réceptivité par un texte.  EXEMPLE 2: Réceptivité décrite par une expression booléenne.
[14]		Réceptivité toujours vraie: La notation « 1 » indique que la réceptivité est toujours vraie. NOTE Dans ce cas, l'évolution est dite toujours fugace (voir 4.9.2), le franchissement de la transition n'est conditionné que par l'activité de l'étape amont.

Table 4 – Associated transition-conditions

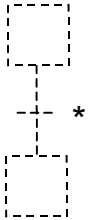
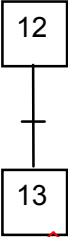
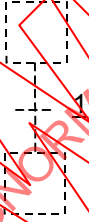
No.	Symbol	Description
[13]		Transition-condition: A logical proposition, called a transition-condition, which can be either true or false, is associated with each transition. If a corresponding logical variable exists, it is equal to 1 when the transition-condition is true or equal to 0 when the transition-condition is false. The logical proposition forming the transition-condition comprises one or several boolean variables, (input variable, step variable, predicate value, etc). The asterisk shall be replaced by the description of the transition-condition in the form of text, of a boolean expression, or by using graphical symbols.  Door closed (a) and (no pressure ($\overline{b}$) or part presented (c)) EXAMPLE 1: Transition-condition described by a text.  $a \cdot (\overline{b} + c)$ EXAMPLE 2: Transition-condition described by a boolean expression.
[14]		Transition-condition always true: The symbol "1" means that the transition-condition is always true. NOTE In this case, the evolution is to be transient (see 4.9.2), the clearing of the transition is only conditioned by the activity of the preceding step.

Tableau 4 – (suite)

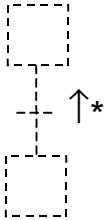
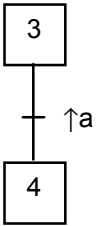
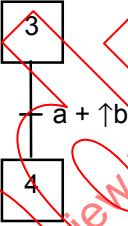
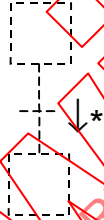
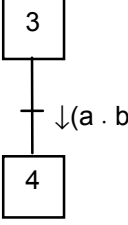
N°	Symbole	Description
[15]		Front montant d'une variable logique: La notation « $\uparrow$ » indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front montant: passage de la valeur 0 à la valeur 1, voir la note de 4.6). Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.  EXEMPLE 1: La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque a passe de l'état 0 à l'état 1. 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.  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.
[16]		Front descendant d'une variable logique: 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 la note de 4.6). 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.  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.

Table 4 – (continued)

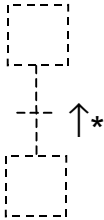
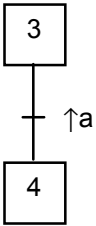
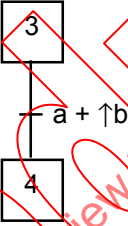
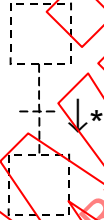
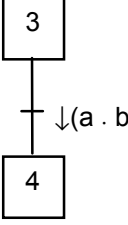
No.	Symbol	Description
[15]		Rising edge of a logical variable: The symbol "$\uparrow$" means that the transition-condition is only true at the change of the state of the variable * (rising edge: changing from value 0 to value 1, see the note in 4.6). This symbol is general and applies to all logical propositions, either for an elementary variable or for a set of several boolean variables.  EXAMPLE 1: The associated transition-condition is only true when a changes from state 0 to state 1. NOTE By applying the evolution rule No. 2, the transition is only cleared on a rising edge of a after the transition has been enabled by the activity of step 3.  EXAMPLE 2: The associated transition-condition is true only when a is true or when b changes from state 0 to state 1.
[16]		Falling edge of a logical variable: The symbol "$\downarrow$" means that the transition-condition is only true on the change of the state of the variable * (falling edge: changing from value 1 to value 0, see the note in 4.6). This symbol is general and applies to all logical propositions, either for an elementary variable or for a set of several boolean variables.  EXAMPLE: The associated transition-condition is true only when the logical product "a · b" changes from state 1 to state 0.

Tableau 4 – (suite)

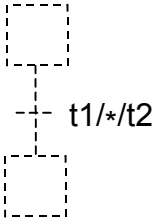
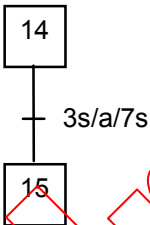
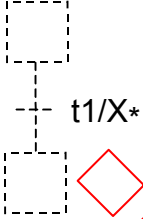
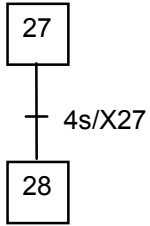
N°	Symbole	Description
[17]		Réceptivité dépendante du temps: La notation «t1/*t2» indique que la réceptivité n'est vraie qu'après un temps t1 depuis l'occurrence du front montant ($\uparrow^*$) de la variable temporisée et redevient fausse après un temps t2 depuis l'occurrence du front descendant ($\downarrow^*$). L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée. t1 et t2 doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie. La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à t1 pour que la réceptivité puisse être vraie. NOTE Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la CEI 60617-12 (symbole n° 12-40-01).  EXEMPLE: La réceptivité associée à la transition n'est vraie que 3 s après que a passe de l'état 0 à l'état 1, elle ne redevient fausse que 7 s après que a passe de l'état 1 à l'état 0.
[18]		Simplification usuelle du symbole 17: 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 *. L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape que l'on désire temporiser. L'étape temporisée doit rester active pendant un temps supérieur ou égal à t1 pour que la réceptivité puisse être vraie. Il est possible d'utiliser cette notation lorsque l'étape temporisée n'est pas l'étape amont de la transition.  EXEMPLE: La réceptivité associée à la transition sera vraie 4 s après l'activation de l'étape 27, et sera fausse du fait du franchissement de la transition qui désactive l'étape amont. Dans ce cas, la durée d'activité de l'étape 27 est de 4 s.

Table 4 – (continued)

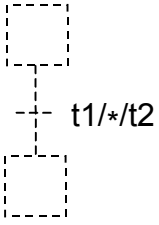
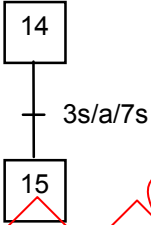
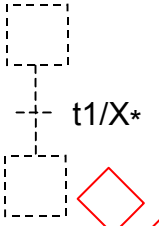
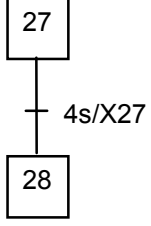
No.	Symbol	Description
[17]		Time dependent transition-condition: The notation " $t1/*/t2$ " indicates that the transition-condition is true only after a time $t1$ from the occurrence of the rising edge ($\uparrow^*$) of the time limited variable and becomes false again after a time $t2$ from the occurrence of the falling edge ($\downarrow^*$). The asterisk shall be replaced by the time-delayed variable, for example a step variable or an input variable. $t1$ and $t2$ shall be replaced by their real value expressed in the selected time unit. The time-delayed variable shall remain true for a period equal to or greater than $t1$ for the transition-condition be true. NOTE This notation is that of the delay element defined by the standard IEC 60617-12 (symbol No. 12-40-01).  EXAMPLE: The transition-condition is true 3 s after the change of "a" from state 0 to the state 1. It becomes false 7 s after the change of a from state 1 to the state 0.
[18]		Usual simplification of the symbol 17: Current use is to delay the step variable by a time $t2$ equal to zero, then, the transition-condition becomes false on deactivation of the step * that activated the delay. The asterisk shall be replaced by the label of the step which is required to be delayed. The time delayed step shall remain active during a time equal to or greater than $t1$ for the transition-condition be true. This notation can be used when the time-delayed step is not the preceding step of the transition.  EXAMPLE: The transition-condition will be true during 4 s after the activation of step 27, and will be false with the clearing of the transition which deactivates the preceding step. In this case, the duration of the activity of the step 27 is 4 s.

Tableau 4 – (suite)

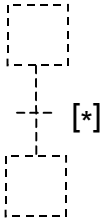
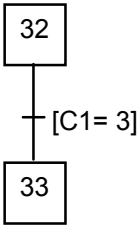
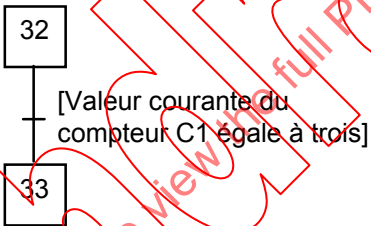
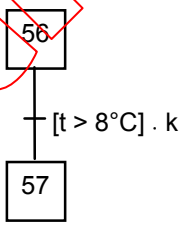
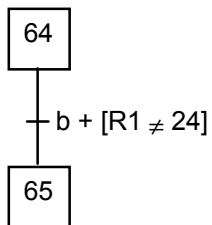
N°	Symbole	Description
[19]		Valeur booléenne d'un prédicat: La notation «[*]» signifie que la valeur booléenne du prédicat constitue la variable de réceptivité. Ainsi, lorsque l'assertion * est vérifiée, le prédicat vaut 1, dans le cas contraire, il vaut 0. L'astérisque doit être remplacé par l'assertion que l'on veut tester. La variable booléenne de prédicat peut être associée à d'autres variables logiques pour constituer une proposition logique de réceptivité.     EXEMPLE 1: La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion «C1 = 3» est vérifiée. EXEMPLE 1a: La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la valeur courante du compteur C1 est égale à 3. NOTE La forme de l'assertion n'est pas imposée, par exemple un langage littéral peut être utilisé. 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. 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.

Table 4 – (continued)

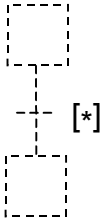
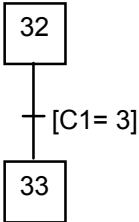
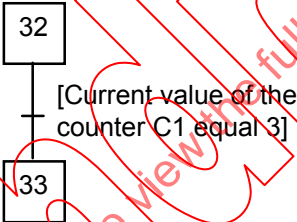
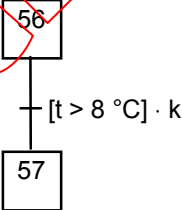
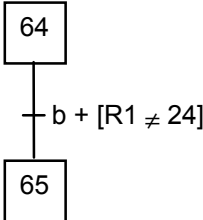
No.	Symbol	Description
[19]		Boolean value of a predicate: "[*]" indicates that the boolean value of the predicate constitutes the transition-condition variable. Therefore when the assertion * is verified, the predicate has value of 1, otherwise the predicate has a value of 0. The asterisk shall be replaced by the assertion, which shall be tested. The boolean variable of the predicate can be associated with other logical variables to constitute a logical proposition of transition-condition.     EXAMPLE 1: The transition-condition is true when the assertion "C1=3" is verified. EXAMPLE 1a: The transition-condition is true when the current value of the counter C1 is equal to 3. NOTE The form of the assertion is not imposed; for example a literal language can be used. EXAMPLE 2: The transition-condition is true when the assertion "t>8 °C" is verified <u>and</u> when the boolean variable k has a value of "1", that means, when the temperature t is higher than the value 8 °C and when the high level k is reached. EXAMPLE 3: The transition-condition is true when the boolean variable "b" has a value of 1 <u>or</u> when the assertion "R1 ≠ 24" is verified, that means when the part is at the place b, or when the register R1 has not yet reached the value of 24.

Tableau 5 – Actions continues

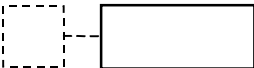
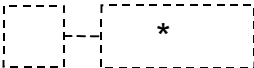
N°	Symbole	Description
[20]		Action continue: Une action continue est nécessairement associée à une étape. Plusieurs actions peuvent être associées à une même étape. Le rapport longueur/largeur est arbitraire, bien qu'un rectangle de hauteur égale à l'étape soit recommandé. A défaut d'une symbolisation explicite d'action mémorisée (symboles 27 à 30), le symbole général rectangulaire associé à une étape désigne toujours une <i>action continue</i>.
[21]		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). L'astérisque doit être remplacé par le libellé désignant la variable de sortie. L'expression littérale du libellé peut prendre une forme impérative ou une forme déclarative, seule compte la référence à la sortie. L'ordre dans lequel les actions sont représentées n'implique aucune séquence entre les actions. 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. 4 Ouvrir vanne 2 4 vanne 2 4 YV2 EXEMPLE 2: Différentes représentations (1, 2, 3, 4) de l'association de plusieurs actions à une même étape. (1) 6 A B C (2) 6 A B C (3) 6 A B C (4) 6 A B C NOTE Les quatre représentations sont strictement équivalentes. Les représentations (2) et (4) peuvent être considérées respectivement comme des simplifications des représentations (1) et (3).

Table 5 – Continuous actions

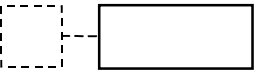
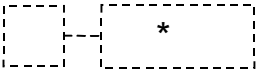
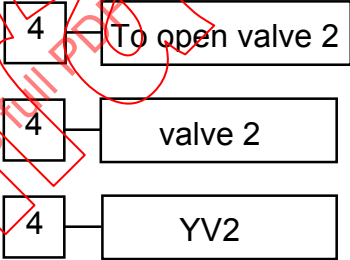
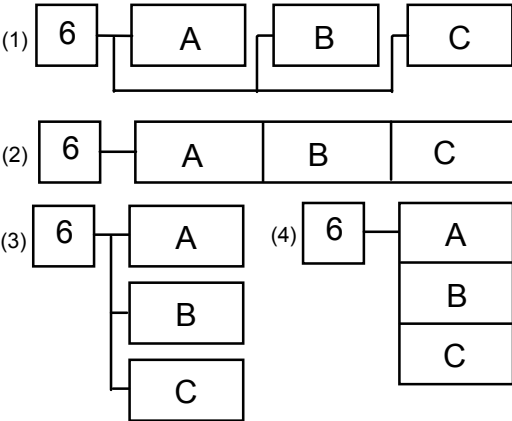
No.	Symbol	Description
[20]		Continuous action: A continuous action is necessarily associated with a step. Several actions can be associated with one step. The height-width ratio is arbitrary although a rectangle of the same height as the step is recommended. In the absence of an explicit symbolisation of a stored action (symbols 27 to 30), the general rectangular symbol associated with a step always designates a <i>continuous action</i>.
[21]		Assignment label of an output: Each action shall have a label inside the rectangle, which refers to this action. The label of a continuous action is the designation of the output variable assigned to the true value according to the assignation rule (see 4.8.1). The asterisk shall be replaced by the wording of the output variable. The textual expression of the label can take an imperative or indicated form, the only important point is the reference to the output. The order in which the actions are represented does not imply any sequence between the actions. EXAMPLE 1: Different forms, literal or symbolic, of an action label which refer to the output when the value is true, will provoke valve 2 to open.  EXAMPLE 2: Different representations (1, 2, 3, 4) of the association of several actions at one step.  NOTE The four representations are strictly equivalent. Representation (2) and (4) may be considered respectively as simplifications of the representation (1) and (3).

Tableau 5 – (suite)

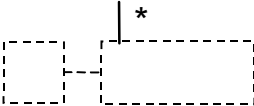
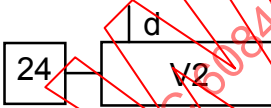
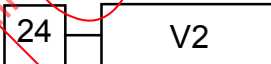
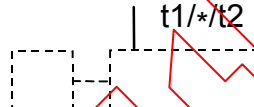
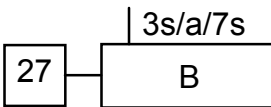
N°	Symbole	Description
[22]		Condition d'assignation: Une proposition logique, appelée condition d'assignation, qui peut être vraie ou fausse, conditionne toute action continue. L'absence de notation signifie que la condition d'assignation est toujours vraie. L'astérisque doit être remplacé par la description 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. La condition d'assignation ne doit <u>jamais</u> comporter de front de variable (voir les symboles 15 et 16), car l'action continue n'est évidemment pas mémorisée, l'assignation sur événement n'ayant aucun sens (voir 4.8.2). 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. Autrement dit (sous forme d'une équation booléenne): $V2 = X24 \cdot d$  NOTE X24 est la variable d'étape reflétant l'activité de l'étape 24. 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. Autrement dit (sous forme d'une équation booléenne): $V2 = X24$ 
[23]		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 ($\uparrow*$, voir symbole 15) de la variable temporisée * et redevient fausse après un temps t2 depuis l'occurrence du front descendant ($\downarrow*$, voir symbole 16). L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée. t1 et t2 doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie. La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à t1 pour que la condition d'assignation puisse être vraie. NOTE Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la CEI 60617-12 (symbole n° 12-40-01). EXEMPLE: La condition d'assignation n'est vraie que 3 s après que «a» passe de l'état «0» à l'état «1», elle ne redevient fausse que 7 s après que «a» passe de l'état «1» à l'état «0».  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 (voir règles d'assignation en 4.8.1).

Table 5 – (continued)

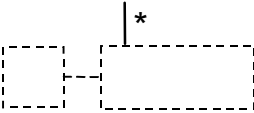
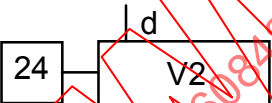
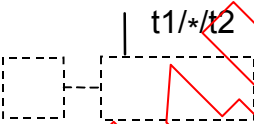
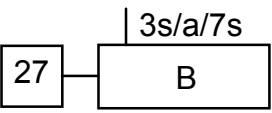
No.	Symbol	Description
[22]		Assignment condition: A logical proposition, called an assignment condition, which can be true or false, influences any continuous action. The absence of notation indicates that the condition is always true. The assignment condition description in text format, or a boolean expression between the input variables and/or the internal variables shall replace the asterisk. This assignment condition shall <u>never</u> include an edge of variable (see symbols 15 and 16), because the continuous action is of course not memorised, an assignment on event having no meaning (see 4.8.2). EXAMPLE 1: Output V2 is assigned to the true value when step 24 is active <u>and</u> when the assignment condition d is true. In the opposite case, output V2 is assigned to the false value. In other words (as a boolean equation): $V2 = X24 \cdot d$  NOTE X24 is the step variable which reflects the activity of step 24. EXAMPLE 2: Output V2 is assigned to the true value when step 24 is active (the assignment condition is always true). In the opposite case, output V2 is assigned to the false value. In other words (as a boolean equation): $V2 = X24$ 
[23]		Time dependent assignment condition: The notation "t1/*t2" indicates that the assignment condition is true only after a time t1 from the occurrence of the rising edge ($\uparrow*$, see symbol 15) of the timed variable * and becomes false again after a time t2 from the occurrence of the falling edge ($\downarrow*$, see symbol 16). The asterisk shall be replaced by the timed variable, for instance a step variable or an input variable. t1 and t2 shall be replaced by their real value expressed in the selected time unit. The limited variable shall remain true for a time equal to or greater than t1 for the assignment condition to be true. NOTE This notation is that of the delay element defined by IEC 60617-12 (symbol No. 12-40-01). EXAMPLE: The assignment condition is true only 3 s after "a" changes from state "0" to state "1", and false 7 s after "a" changes from state "1" to state "0".  The value of output B depends on the activity of step 27 <u>and</u> on the value of the assignment condition (see assignment rules 4.8.1).

Tableau 5 – (suite)

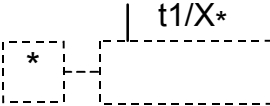
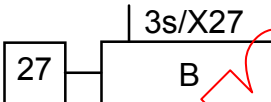
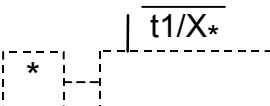
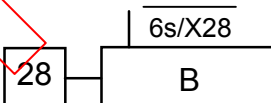
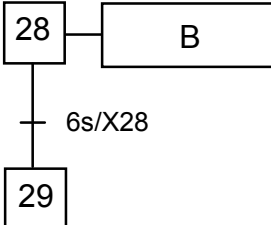
N°	Symbole	Description
[24]		Action retardée: L'action retardée est une action continue dont la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée t_1 spécifiée depuis l'activation de l'étape associée $*$, dans le but de retarder l'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante. EXEMPLE: La sortie B est assignée à la valeur vraie lorsque 3 s se sont écoulées depuis l'activation de l'étape 27.  NOTE Si la durée d'activité de l'étape 27 est inférieure à 3 s, la variable de sortie B n'est pas assignée à la valeur vraie.
[25]		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 t_1 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. EXEMPLE 1: La sortie B n'est assignée à la valeur vraie que pendant 6 s depuis l'activation de l'étape 28.  NOTE Si la durée d'activité de l'étape 28 est inférieure à 6 s, la variable de sortie B est assignée à la valeur vraie uniquement pendant la durée d'activité de l'étape 28. 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 18). EXEMPLE 2: Représentation équivalente de l'exemple 1 à l'aide du symbole 18. La sortie B n'est assignée à la valeur vraie que pendant 6 s depuis l'activation de l'étape 28. 

Table 5 – (continued)

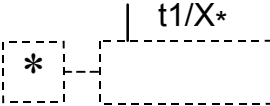
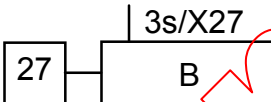
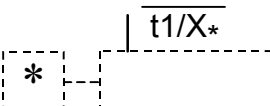
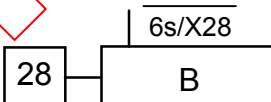
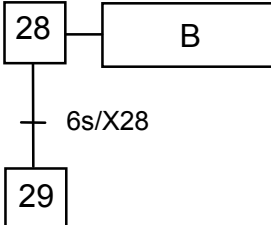
No.	Symbol	Description
[24]		Delayed action: The delayed action is a continuous action in which the assignation condition is true only after a time t_1 specified from the activation of the associated step $*$, with the objective of delaying the assignation to the true value of the corresponding output. EXAMPLE: Output B is assigned to the true value when 3 s have elapsed since the activation of step 27.  NOTE If the step 27 activity time is less than 3 s, then the output B variable is not assigned to the true value.
[25]		Time limited action: The time limited action is a continuous action in which the assignation condition is true for a period of time t_1 specified from the activation of the associated step $*$, for limiting the duration of the assignation to the true value of the corresponding output. EXAMPLE 1: Output B is only assigned to the true value for 6 s from the activation of step 28.  NOTE If the step 28 activity time is less than 6 s, the output B variable is assigned to the true value only during the step 28 activity time. Equivalent representation: The simplified delay operator can be used in the associated transition-condition for the succeeding step to limit the allocation time of the true value to the corresponding output (see symbol 18). EXAMPLE 2: Equivalent representation of the example 1 with the symbol 18. Output B is only assigned to the true value for 6 s from the activation of step 28. 

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.

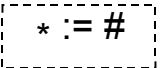
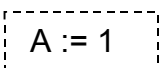
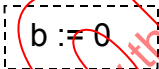
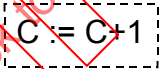
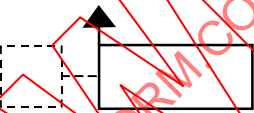
N°	Symbole	Description
[26]		Affectation de la valeur # à une variable *: Le libellé indique, dans une action mémorisée, la mise à la valeur # d'une variable *, lorsqu'un des événements associés à l'action se produit (voir règle d'affectation en 4.8.2). L'action mémorisée supportant cette affectation doit <u>obligatoirement</u> être associée à la description d'événements internes (symboles 27 à 30). L'affectation peut être décrite de manière littérale à l'intérieur du rectangle d'action.  EXEMPLE 1: Mise à la valeur vraie d'une variable booléenne A. 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.  EXEMPLE 2: Mise à la valeur fausse d'une variable booléenne b. 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.  EXEMPLE 3: Incrémentation d'un compteur 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.
[27]		Action à l'activation: 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. La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant l'activation de l'étape. 37  B := 0 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.

Table 6 – Stored actions

A stored action has a label (symbol 26) situated in the rectangle which describes how the output variable is allocated to a determinate value according to the allocation rule (see 4.8.2).

The event specification associated with the stored action is necessary to indicate when the corresponding output allocations occur (see allocation rule 4.8.2). Four means of description (symbols 27 to 30) allow the easy specification of different sets of internal events associated with the stored actions.

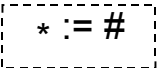
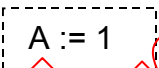
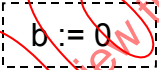
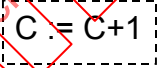
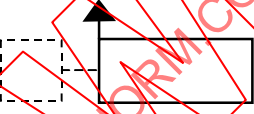
No.	Symbol	Description
[26]		Allocation of the value # to a variable *: The wording indicates, for a stored action, the setting to the value # of a variable * when one of the events associated with the action occurs (see allocation rule 4.8.2). The stored action supporting this allocation shall be associated with the internal events specification (symbols 27 to 30). The allocation can be described textually within the action rectangle.  EXAMPLE 1: Set the value of a boolean variable A to true. The wording "A:= 1 " describes the allocation of the value 1 to a boolean variable A when one of the events associated with the action occurs.  EXAMPLE 2: Set the value of a boolean variable b to false. The wording " b:= 0 " describes the allocation of the value 0 to a boolean variable b when one of the events associated with the action occurs.  EXAMPLE 3: Incrementation of a counter The wording " C:= C+1 " describes the allocation of the value C+1 to a numeric variable C when one of the events associated with the action occurs.
[27]		Action on activation: An action on activation is a stored action associated with the set of the internal events, which have, for each one, the linked step activation as consequence. The traditional representation of the action by a rectangle is completed, on the left side, by an arrow symbolising the activation of the step. 37  B := 0 EXAMPLE: The boolean variable B is allocated to the value 0 when one of the events, leading to the activation of step 37, occurs.

Tableau 6 – (suite)

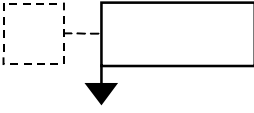
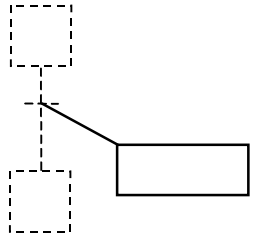
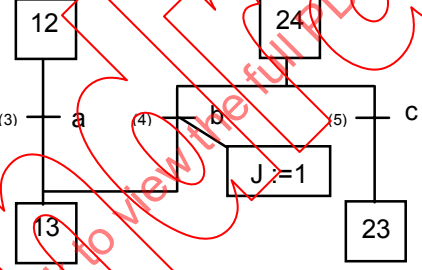
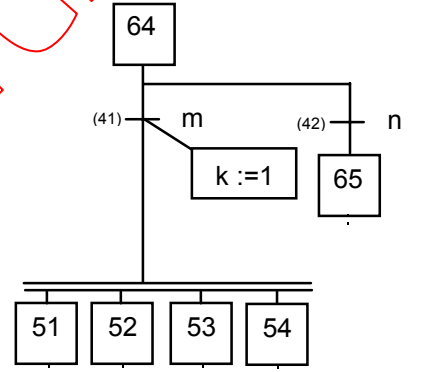
N°	Symbole	Description
[28]		Action à la désactivation: Une action à la désactivation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape liée à cette action. La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant la désactivation de l'étape. 24 K := 1  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.
[29]		Action au franchissement: 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. La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée par un trait oblique reliant l'action à la transition.  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. NOTE 1 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.  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. NOTE 2 On peut obtenir un effet équivalent en associant une action identique à l'activation des étapes 51, 52, 53 ou 54.

Table 6 – (continued)

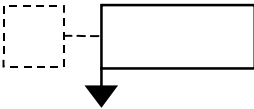
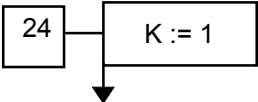
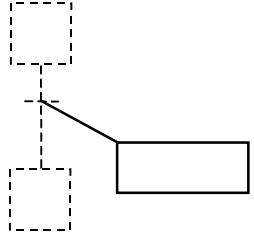
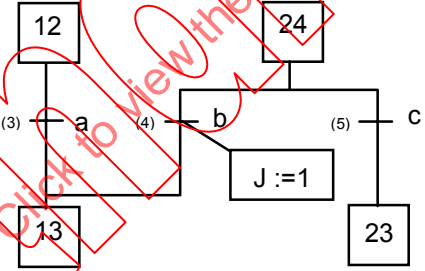
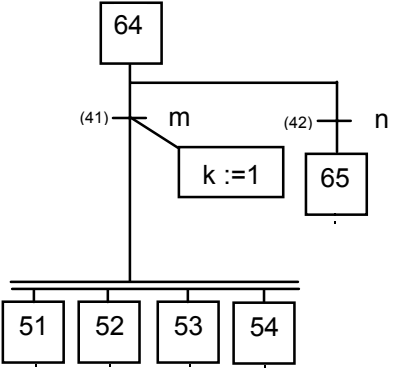
No.	Symbol	Description
[28]		Action on deactivation: An action on deactivation is a stored action associated with the set of the internal events, which have, for each one, the linked step deactivation as consequence. The traditional representation of the action by a rectangle is completed, on the left side, by an arrow symbolizing the deactivation of the step.  EXAMPLE: The boolean variable K is allocated to the value 1 when one of the events, represented by the deactivation of step 24, occurs.
[29]		Action at the clearing: An action at the clearing is a stored action associated with the set of the internal events, which have, for each one, the linked transition clearing as consequence. The traditional representation of the action by a rectangle is completed with an oblique line connecting the action to the transition.  EXAMPLE 1: The boolean variable J is allocated to the value 1 when one of the events, leading to the clearing of the transition 4, occurs. NOTE 1 The same behaviour can not be obtained with an action on activation of the step 13 or an action on deactivation of the step 24.  EXAMPLE 2: The boolean variable K is allocated to the value 1 when one of the events, leading to the clearing of the transition 41, occurs. NOTE 2 The same behaviour can be obtained with the same action on activation of the steps 51, 52, 53 or 54.

Tableau 6 – (suite)

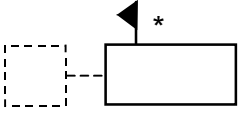
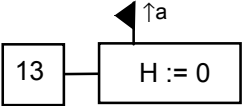
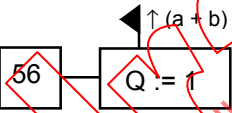
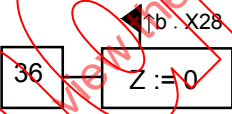
N°	Symbole	Description
[30]		Action sur événement: Une action sur événement est une action mémorisée associée à chacun des événements internes décrits par l'expression *, à condition que l'étape, à laquelle l'action est reliée, soit active. La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle 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 *. Il est impératif que l'expression logique *, qui doit décrire un ensemble d'événements internes, comporte un ou plusieurs fronts de variables d'entrée.  13 — H := 0 EXEMPLE 1: 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. 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 3.6).  56 — Q := 1 EXEMPLE 2: la variable booléenne Q est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements, représentés par «↑(a + b)» se produit <u>et que simultanément</u> l'étape 56 est active.  36 — Z := 0 EXEMPLE 3: la variable booléenne Z est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, représentés par «↑b» se produit <u>et que simultanément</u> les étapes 36 et 28 sont actives.

Table 6 – (continued)

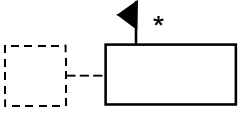
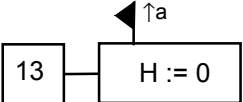
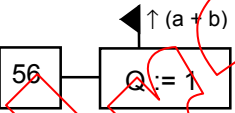
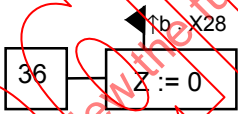
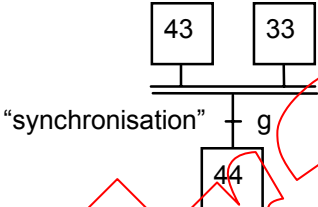
No.	Symbol	Description
[30]		Action on event: An action on event is a stored action associated with each of the internal events described by the expression * on condition that the step, with which the action is connected, is active. The traditional representation of the action by a rectangle is completed, on top, by a symbol indicating that the action is conditioned by the occurrence of one of the internal events specified by the expression *. It is recommended that the logical expression *, which shall describe a set of internal events, is made up of one or more input variable edges.  13 — H := 0 EXAMPLE 1: The boolean variable H is allocated to the value 0 when one of the events, represented by "↑a", occurs and <u>simultaneously</u>, step 13 is active. NOTE: The combination between the set of the input events, represented by the expression "↑a", and the step 13 activity represents in fact a set of internal events (see definition 3.6).  56 — Q := 1 EXAMPLE 2: The boolean variable Q is allocated to the value 1 when one of the events, represented by "↑(a + b)", occurs and <u>simultaneously</u>, step 56 is active.  36 — Z := 0 EXAMPLE 3: The boolean variable Z is allocated to the value 0 when one of the events, represented by "↑b", occurs and <u>simultaneously</u>, steps 36 and 28 are active.

Tableau 7 – Commentaires associés aux éléments d'un grafcet

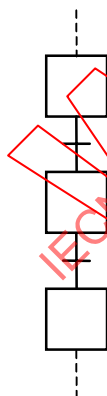
N°	Symbole	Description
[31]	«*»	Commentaire: Un commentaire relatif aux éléments graphiques d'un grafcet doit être placé entre guillemets. L'astérisque doit être remplacé par le commentaire.  45 “étape d’attente” EXEMPLE 1: commentaire «étape d’attente» relatif à l’étape 45.  28 E.P. “estampage pièce” EXEMPLE 2: commentaire «estampage pièce» relatif à l’action associée à l’étape 28.  43 33 44 “synchronisation” EXEMPLE 3: commentaire «synchronisation» relatif à une transition.

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 grafkets utilisant différentes structures caractéristiques.

6.1 Structures de base

6.1.1 Séquence



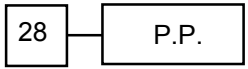
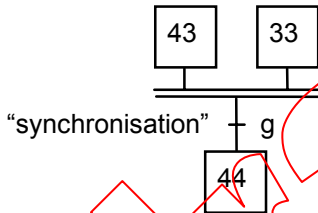
On appelle séquence une succession d'étapes telles que:

- chaque étape, excepté la dernière, ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape, excepté 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» lorsque aucune de ses étapes n'est active.

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

Table 7 – Comments associated with elements of a grafset chart

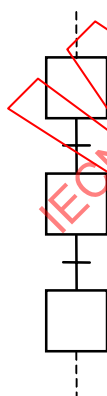
No.	Symbol	Description
[31]	"*"	Comment: A comment concerning the graphic elements of a function-chart shall be placed between inverted commas (quotation mark). The asterisk shall be replaced by the comment.  45 "wait step" EXAMPLE 1: Comment "wait step" referring to step 45.  28 — P.P. "punch part" EXAMPLE 2: Comment "punch part" referring to the action associated with step 28.  43 33 "synchronisation" — g 44 EXAMPLE 3: Comment "synchronisation" referring to a transition.

6 Graphical representation of sequential structures

The designer can construct grafset charts using different distinctive structures, subject to strict application of the syntax rule concerning step/transition alternation.

6.1 Basic structures

6.1.1 Sequence



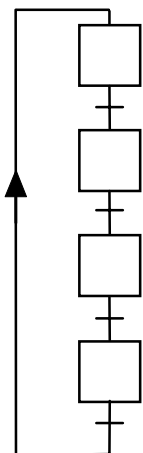
A sequence is a succession of steps such that:

- each step, except the last one, has only one succeeding transition,
- each step, except the first one, has only one preceding transition enabled by a single step of the sequence.

NOTE 1 The sequence is said to be "active" if at least one of its steps is active. The sequence is said to be "inactive" when none of its steps is active.

NOTE 2 A sequence may include any number of steps.

6.1.2 Cycle d'une seule séquence



Cas particulier de séquence rebouclée sur elle même telle que:

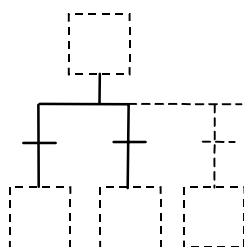
- chaque étape ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

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

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

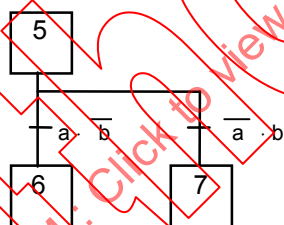
- posséder au moins une étape initiale,
- faire l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (voir 7.2),
- appartenir à une des encapsulations d'une étape encapsulante (voir 7.3).

6.1.3 Sélection de séquences

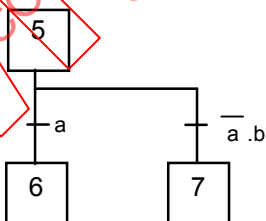


La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes. Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

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

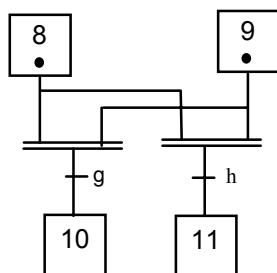


EXEMPLE 1: L'exclusion entre les séquences est obtenue par l'exclusion logique des deux réceptivités, si «a» et «b» sont simultanément vraies lorsque l'étape 5 est active, aucune des transitions n'est franchissable.



EXEMPLE 2: Séquence prioritaire.

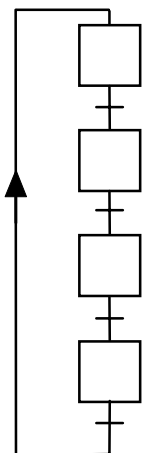
Dans cet exemple, une priorité est donnée à la transition 5/6, qui est franchie lorsque «a» est vraie.



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

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 9).

6.1.2 Cycle of a single sequence



The case of a looped sequence such that:

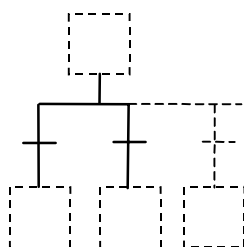
- each step has only one succeeding transition,
- each step has only one preceding transition enabled by a single step of the sequence.

NOTE 1 A cycle of a single sequence may constitute a partial grafcet (see 7.1.2).

NOTE 2 A cycle of a single sequence shall satisfy at least one of the following conditions to allow the activation of its steps:

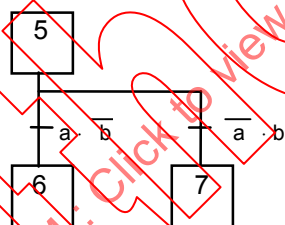
- to have at least one initial step,
- to be submitted by a forcing order from a partial grafcet at a higher level (see 7.2),
- to belong to one of the encapsulations of an enclosing step (see 7.3).

6.1.3 Selection of sequences

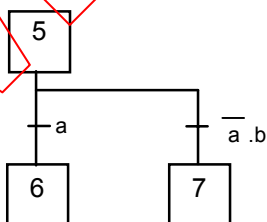


The selection of sequences shows a choice of evolution between several sequences starting from one or several steps. This structure is represented by as many simultaneously enabled transitions as possible evolutions.

NOTE Exclusive activation of a selected sequence is not guaranteed from the structure. The designer should ensure that the timing, logical or mechanical aspects of the transition-conditions are mutually exclusive.

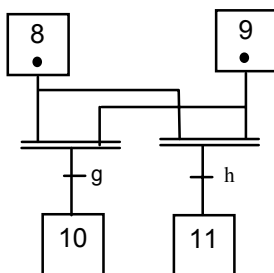


EXAMPLE 1: The exclusion between the sequences is achieved by the logical exclusion of the two receptivities. If “a” and “b” are simultaneously true when step 5 is active, no transition may be cleared.



EXAMPLE 2: Priority sequence.

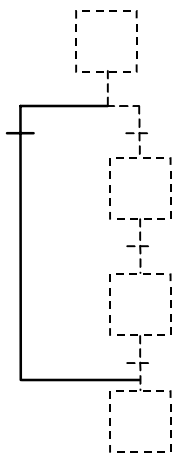
In this example, a priority is given to the transition 5/6, which is cleared when “a” is true.



EXAMPLE 3: Selection of sequences following synchronization of two preceding sequences.

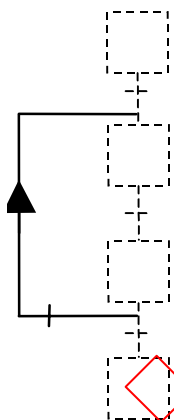
The selection of the succeeding sequences, by g and h, is possible only when the two transitions are cleared by the simultaneous activity of the steps 8 and 9 (symbol 9).

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.

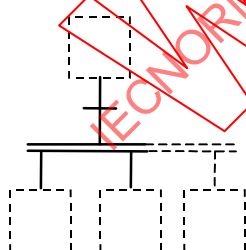
6.1.5 Reprise de séquence



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 du symbole 7).

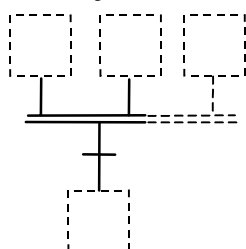
6.1.6 Activation de séquences parallèles



Le symbole 9 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.

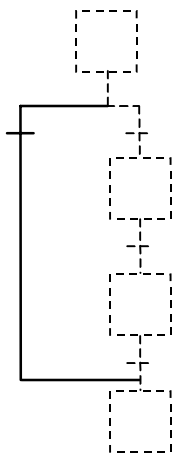
6.1.7 Synchronisation de séquences



Le symbole 9 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant d'activer la séquence aval.

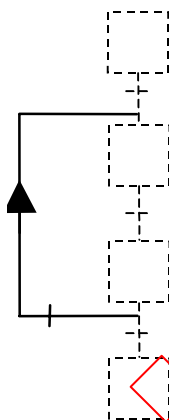
NOTE La transition n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

6.1.4 Step skip



Particular case of selection of sequences, which allows a complete sequence or one or several steps of the sequence to be skipped, when, for example, the actions associated to these steps become unnecessary.

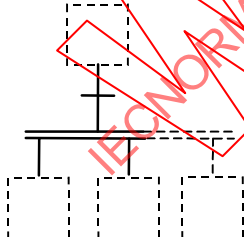
6.1.5 Backward sequence skip



Particular case of selection of sequences, which enables a sequence to be repeated until, for example, an established condition is satisfied.

NOTE It is possible, for graphical representation reasons, to place transitions on horizontal directed links (see note 3 symbol 7).

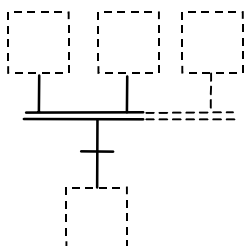
6.1.6 Activation of parallel sequences



The synchronisation symbol 9 is used in this structure to indicate the simultaneous activity of several sequences from one or several steps.

NOTE After their simultaneous activation, the evolution of the active steps in each of the parallel sequences thus becomes independent.

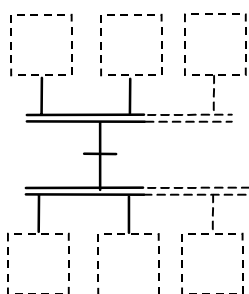
6.1.7 Synchronization of sequences



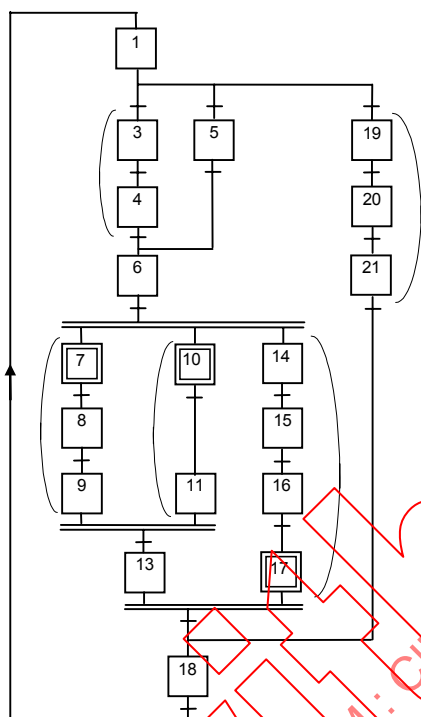
The synchronisation symbol 9 is used in this structure to indicate the delay before preceding sequences end before the activation of the succeeding sequence.

NOTE The transition is only enabled when all the preceding steps are active.

6.1.8 Synchronisation et activation de séquences parallèles



Le symbole 9 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 parenthèses),
- 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).

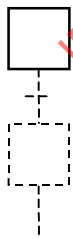
NOTE 1 Cet exemple ne représente que la structure du grafcet, son interprétation n'est pas décrite.

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

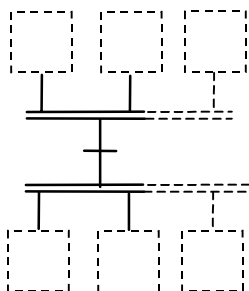
Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont.



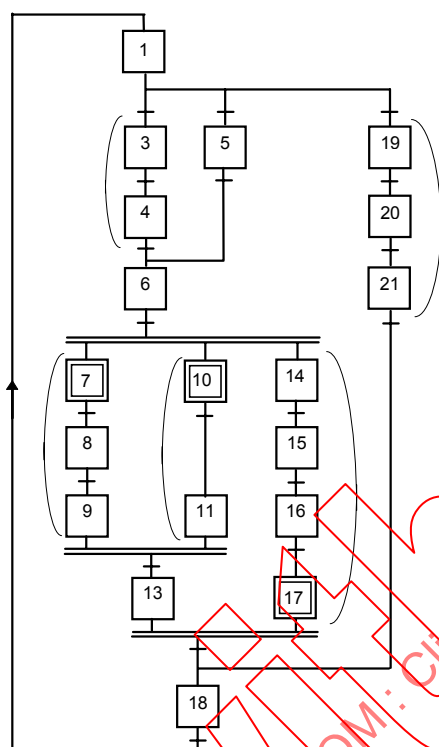
NOTE 1 Pour permettre l'activation de l'étape source, il convient de satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes:

- 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).

6.1.8 Synchronization and activation of parallel sequences



The synchronisation symbol 9 is used twice in this structure to indicate the delay before preceding sequences end before the simultaneous activation of the succeeding sequences.



EXAMPLE: Grafset in which the following basic structures can be distinguished:

- the sequences (some of them are marked by parentheses),
- a selection of sequences (from step 1 to steps 3, 5 and 19),
- an activation of the parallel sequences (downstream from step 6),
- two synchronisations of sequences (from steps 9 and 11 to step 13, and from steps 13 and 17 to step 18).

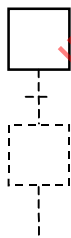
NOTE 1 This example shows only the structure of the grafset, its interpretation is not described.

NOTE 2 This grafset is not a typical example because a grafset is not necessarily looped back.

6.2 Particular structures

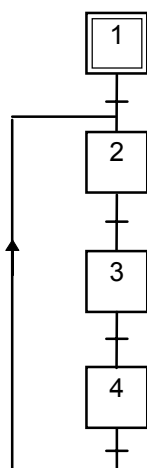
6.2.1 Starting of a sequence by a source step

A source step is a step which does not have any preceding transition.



NOTE 1 To allow the activation of the source step, at least one of the following conditions, shall be satisfied:

- the source step is initial,
- the source step is required by a forcing order from a partial grafset of the higher level (see 7.2),
- the source step is one of the activated steps of an enclosure (see 7.3).



EXEMPLE 1: Étape 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 2 Seule la structure du grafcet est représentée, son interprétation n'est pas décrite.

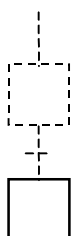
6.2.2 Fin de séquence par une étape puits

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:

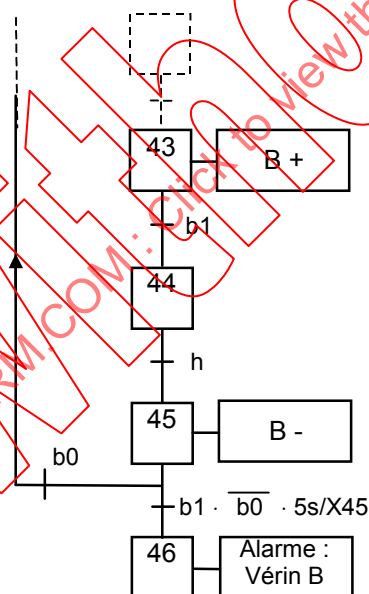
- un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (voir 7.2),
- la désactivation de l'étape encapsulante si l'étape puits y est encapsulée (voir 7.3).

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:

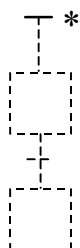
L'étape puits 46 n'est activée que si la condition logique « $b1 \cdot \overline{b0}$ » est vérifiée 5 s après l'activation de l'étape 45 (voir symbole 18). La sortie «Alarme: vérin B» est alors assignée à la valeur vraie.

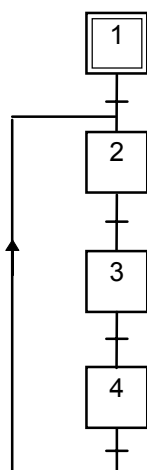


6.2.3 Début de séquence par une transition source

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 1 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, 4.5.5). 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, il convient que l'expression logique formant la réceptivité comporte toujours un front de variables d'entrée.





EXAMPLE 1: Initial source step:

The initial source step 1 is only active at the initialization time, the steps 2, 3, and 4 form a cycle of a single sequence.

NOTE 2 Only the grafcet structure is represented, its interpretation is not described.

6.2.2 End of a sequence by a pit step

A pit step is a step which does not have any succeeding transition.

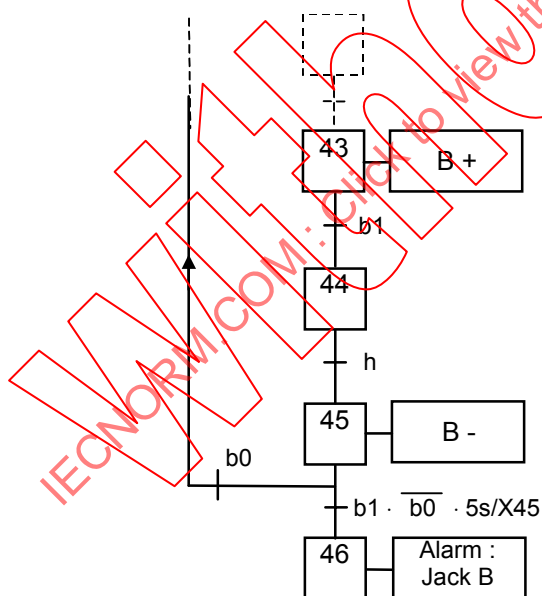


NOTE 1 The deactivation of the pit step is possible by only one of the two following ways:

- a forcing order from a higher level partial grafcet (see 7.2),
- the deactivation of the enclosing step if the pit step is enclosed there (see 7.3).

NOTE 2 A step may be source and pit at the same time, it then forms a single step sequence used to show a combinatorial behaviour.

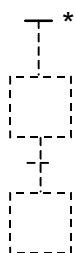
EXAMPLE: Pit step:



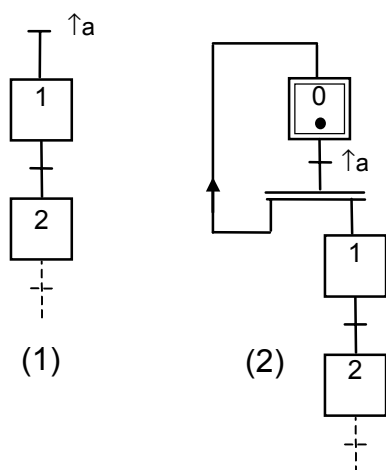
Pit step 46 is only activated if the logical condition " $b1 \cdot \overline{b0}$ " is verified 5 s after the activation of step 45 (see symbol 18). The output "Alarm: Jack B" is then assigned the true value.

6.2.3 Starting of a sequence with a source transition

A source transition is a transition, which does not have any preceding step. By convention, the source transition is always enabled and it is cleared as soon as its transition-condition * is true.



NOTE 1 The activation of the succeeding step of a source transition is effective as long as its transition-condition remains true, independent of the state of the transition-conditions for transitions enabled by this step (see evolution rule No. 5, 4.5.5). To avoid a continuous activation of the succeeding step of the source transition, it is better that the associated transition-condition becomes true only when an input event or an internal event occurs. For that, the logical expression forming the transition-condition shall always include an input edge.



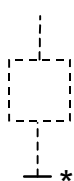
EXEMPLE: Transition source et structure équivalente:

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.

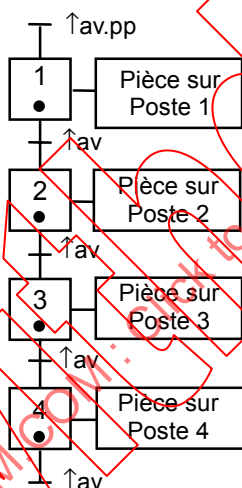
NOTE 2 Le point dans l'étape 0 indique que cette étape reste active.

6.2.4 Fin de séquence par une transition puits

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



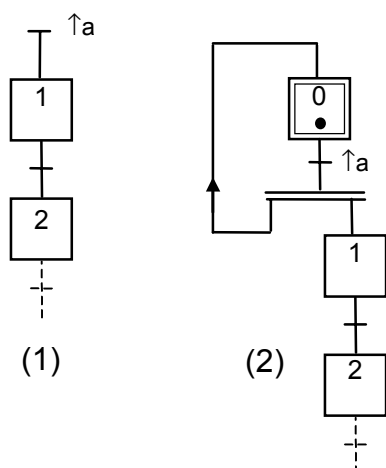
NOTE 1 Lorsque la transition puits est validée et que sa réceptivité associée * est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver les étapes amont.



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

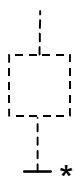


EXAMPLE: Source transition and equivalent structure:

Representations (1) and (2) describe an equivalent behaviour: step 1 is activated each time the boolean variable a changes from value 0 to value 1. The representation (1) uses the source step, the representation (2) uses the synchronization symbol and a loop back to maintain initial step 0 active.

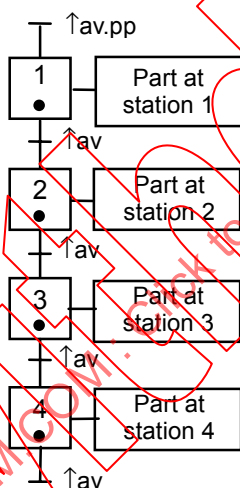
NOTE 2 The dot in step 0 indicates that this step is permanently active

6.2.4 End of a sequence by a pit transition



A pit transition is a transition, which has no succeeding step.

NOTE 1 When the pit transition is enabled and when its associated transition-condition $*$ is true, the only consequence of the clearing of the transition is the deactivation of the upstream steps.



EXAMPLE: structure of a shift register:

The structure of a shift register is a pertinent use of a source transition and of a pit transition. In this example, each active step indicates the presence of a part at the corresponding station. The presence of a part (pp) at the entry and the advance of the transfer between stations ($\uparrow av$) activates step 1 by the clearing of the source transition. On each advance of the transfer ($\uparrow av$) the enabled transitions are simultaneously cleared, including the pit transition downstream of the step 4.

NOTE 2 The representation corresponds to the frequent case when all the steps are simultaneously active.

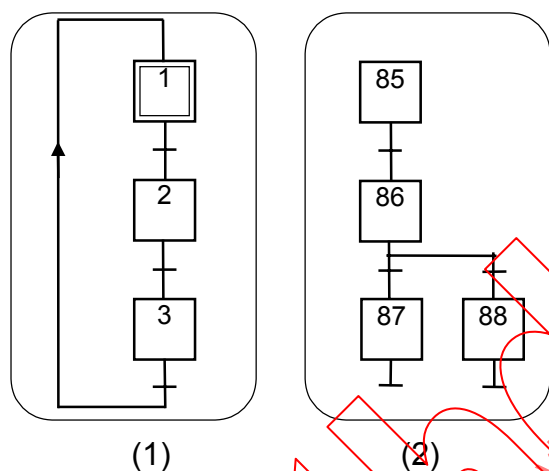
7 Structuration

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.

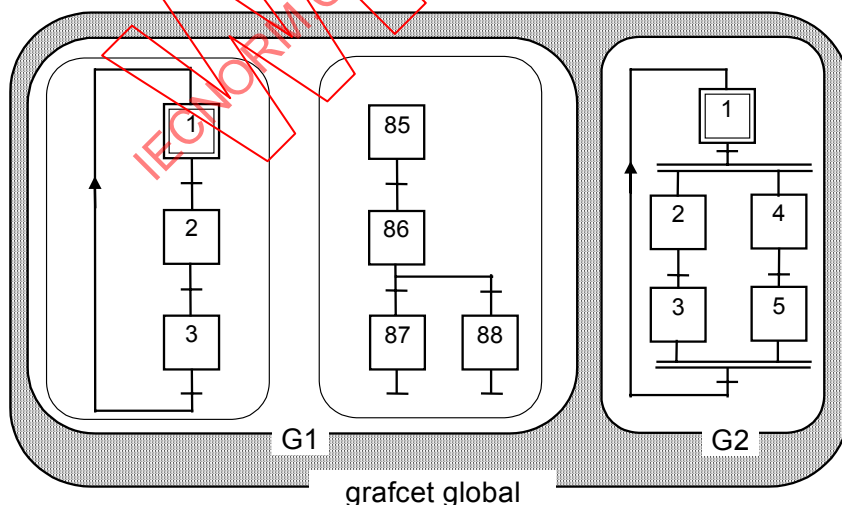


EXEMPLE:

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.

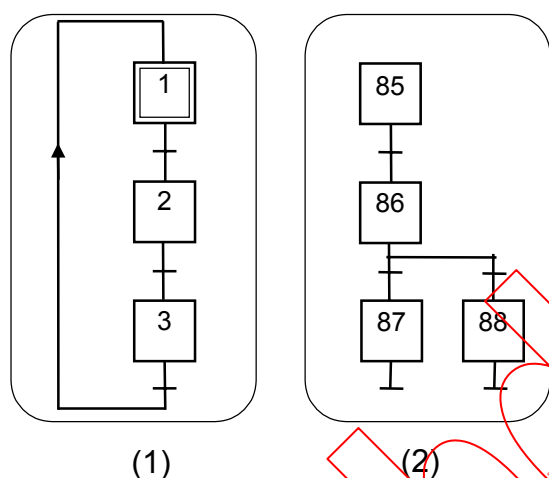
7 Structuring

The complexity of the automated systems requires means for the structuring of the specification. This structuring assisted or not by suitable methodologies, can be limited simply to the division of the specification or can integrate hierarchical concepts of forcing or enclosure.

7.1 Partition of a grafcet

7.1.1 Connected grafcet

A connected grafcet is a structure in which there is always a continuity of links (alternation of steps and transitions) between any two elements, step or transition, in the grafcet chart.

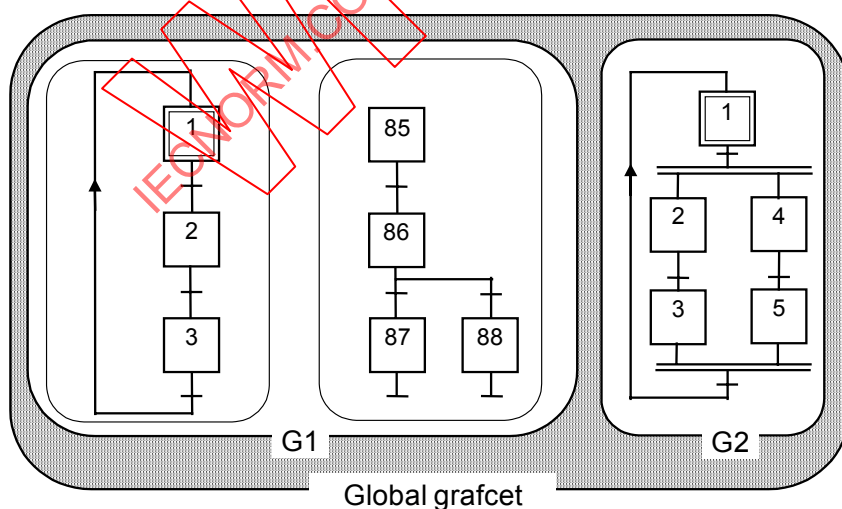


EXAMPLE:

All the elements in frame (1) form a connected grafcet, since its steps and its transitions are connected by a directed link. The elements of the frame (2) also form a connected grafcet.

7.1.2 Partial grafcet

Formed by one or several connected grafcets, a partial grafcet results from the division of the global grafcet describing the behaviour of the sequential part of a system, according to the methodological criteria.



EXAMPLE: Partition of a global grafcet:

The global grafcet is made of the partial grafcets G1 and G2. The partial grafcet G1 is made of two connected grafcets.

Tableau 8 – Grafcet partiel

N°	Symbole	Description
[32]	G*	Désignation d'un grafcet partiel: La lettre G désigne par convention un grafcet partiel. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du grafcet partiel.
[33]	XG*	Variable de grafcet partiel: Un grafcet partiel est dit actif lorsque l'une au moins de ses étapes est active, il est conséquemment dit inactif lorsque aucune de ses étapes n'est active. 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. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du grafcet partiel. EXEMPLE: XG1 désigne la variable du grafcet partiel 1.
[34]	G#{...,...}	Situation d'un grafcet partiel: 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. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel. 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.
[35]	G#{*}	Situation courante d'un grafcet partiel: L'astérisque représente, par défaut, la situation dans laquelle se trouve le grafcet partiel # à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.
[36]	G#{ }	Situation vide d'un grafcet partiel: Désigne la situation du grafcet partiel # lorsque aucune de ses étapes n'est active. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.
[37]	G#{INT}	Situation initiale d'un grafcet partiel: Désigne la situation du grafcet partiel # à l'instant initial. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du grafcet partiel.

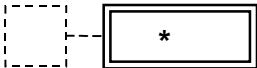
Table 8 – Partial grafcet

No.	Symbol	Description
[32]	G*	Name of a partial grafcet: By convention, the letter G indicates a partial grafcet. The asterisk shall be replaced by the name of the partial grafcet.
[33]	XG*	Partial grafcet variable: A partial grafcet is said to be active when at least one of its steps is active, consequently it is said to be inactive when none of its steps is active. The active or inactive state of a partial grafcet may be respectively represented by the logical values "1" or "0" of a variable XG* in which the asterisk * is replaced by the name of the considered partial grafcet. The asterisk shall be replaced by the name of the partial grafcet. EXAMPLE: XG1 indicates the variable of the partial grafcet 1.
[34]	G#{...,...}	Situation of a partial grafcet: The situation of a partial grafcet is represented by the set of its active steps at the considered moment. The situation of a partial grafcet # is given by G#{...,...} the contents of the curly brackets lists the active steps characterizing the situation of the partial grafcet at the considered moment. The sign # shall be replaced by the name of the partial grafcet. EXAMPLE: G12{8, 9, 11} indicates the situation of the partial grafcet 12 at the considered moment, the situation in which only the steps 8, 9 and 11 are active.
[35]	G#{*}	Current situation of a partial grafcet: The asterisk indicates, by default, the situation of the partial grafcet # at the considered moment. The sign # shall be replaced by the name of the partial grafcet.
[36]	G#{ }	Empty situation of a partial grafcet: Designates the situation of the partial grafcet # when none of its steps is active. The sign # shall be replaced by the name of the partial grafcet.
[37]	G#{INIT}	Initial situation of a partial grafcet: Designates the situation of a partial grafcet # at the initial moment. The sign # shall be replaced by the name of the partial grafcet.

7.2 Structuration par forçage 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 à l'annexe B).

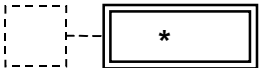
Tableau 9 – Forçage d'un grafcet partiel

N°	Symbole	Description
[38]		Ordre de forçage d'un grafcet partiel: Symbole dans lequel l'astérisque doit être remplacé par une situation d'un grafcet partiel (symboles 34 à 37). 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. L'ordre de forçage est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action. Le forçage est un ordre interne, dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution. Le grafcet forcé ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le grafcet est figé. 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. EXEMPLE 1: Forçage d'un grafcet partiel à une situation déterminée. Lorsque l'étape 17 est active, le grafcet partiel 12 est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 8, 9, 11. EXEMPLE 2: Forçage d'un grafcet partiel à la situation courante. Lorsque l'étape 48 est active, le grafcet partiel 3 est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage. NOTE 1 On appelle également cet ordre «figeage». EXEMPLE 3: Forçage d'un grafcet partiel à la situation vide. Lorsque l'étape 23 est active, le grafcet partiel 4 est forcé dans la situation vide (voir symbole 36). NOTE 2 Dans ce cas aucune des étapes de G4 n'est active. EXEMPLE 4: Forçage d'un grafcet partiel à la situation initiale. Lorsque l'étape 63 est active, le grafcet partiel 8 est forcé dans la situation dans laquelle seule ses étapes initiales sont actives.

7.2 Structuring using the forcing of a partial grafcet

This means of structuring the specification of the sequential part of a system uses forcing orders. These orders allow the imposition of a specific situation to a given partial grafcet, from the situation of an other (see example, annex B).

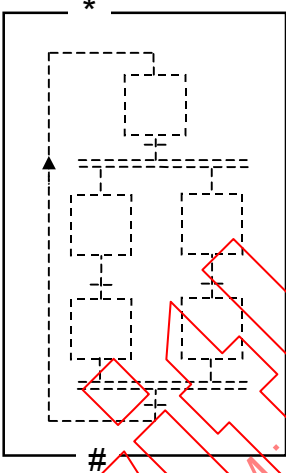
Table 9 – Forcing of a partial grafcet

No.	Symbol	Description
[38]		Forcing order of a partial grafcet: Symbol in which the asterisk shall be replaced by a situation of a partial grafcet (symbols 34 to 37). Associated with the activity of a step of a hierarchically higher partial grafcet, the forcing order is an internal order which allows the imposition of a situation on a hierarchically lower partial grafcet. The forcing order is represented in a double rectangle associated with the step, to distinguish it from an action. The forcing order is an internal order for which the execution has priority on the application of the evolution rules. The forced grafcet can not evolve during the period of the forcing order. The grafcet is said to be frozen. The use of forcing orders in a specification requires a hierarchical structure using partial grafcets in such a way that every forcing partial grafcet is at a higher level than the partial forced grafcets.  EXAMPLE 1: Forcing of a partial grafcet to an explicit situation. When step 17 is active, the partial grafcet 12 is forced to the situation characterised by the activity of the steps 8, 9 and 11.  EXAMPLE 2: Forcing of a partial grafcet to the current situation. When step 48 is active, the partial grafcet 3 is forced to the situation in which it is at the forcing time. NOTE 1 This order is also named “freezing order”.  EXAMPLE 3: Forcing of a partial grafcet to the empty situation. When step 23 is active, the partial grafcet 4 is forced to the empty situation (see symbol 36). NOTE 2 In this case, no step of G4 is active.  EXAMPLE 4: Forcing of a partial grafcet to the initial situation. When step 63 is active, the partial grafcet 8 is forced to the situation in which only its initial steps are active.

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 à l'annexe B).

Tableau 10 – Etapes encapsulantes

N°	Symbole	Description
[4]		Étape encapsulante (rappel du symbole 4): Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées dans une ou plusieurs encapsulations de cette même étape encapsulante. L'étape encapsulante possède toutes les propriétés de l'étape, il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère d'étape. 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.
[39]		Représentation graphique d'une encapsulation: 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. Dans une encapsulation, il convient que l'ensemble des étapes encapsulées constitue un grafcet partiel dont le nom peut servir de repère à l'encapsulation correspondante.
[40]	$X^*/G\#$	Désignation globale d'une encapsulation: 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. NOTE Cette représentation suppose que le grafcet partiel désigné ait été préalablement défini.
[41]	$X^*/X\#$	Désignation élémentaire d'une encapsulation: 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. 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. EXEMPLE: $X_4/X_{25}/X_{12}$ désigne l'encapsulation de l'étape 12 dans l'étape 25, elle même encapsulée dans l'étape 4.

7.3 Structuring using the enclosure

A set of steps are said to be enclosed by a step, referred to as the enclosing step, if and only if, when this enclosing step is active, at least one of the enclosed steps is active. The designer can use the enclosure to structure a grafset hierarchically (see example, annex B).

Table 10 – Enclosing steps

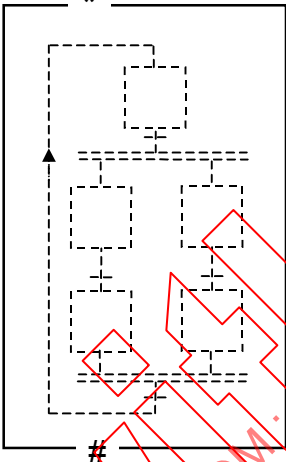
No.	Symbol	Description
[4]		Enclosing step (reminder of symbol 4): This notation indicates that this step contains other steps, referred to as enclosed, in one or several enclosures of the same enclosing step. The enclosing step has all the properties of the step, the step label shall replace the asterisk. The enclosing step may lead to one or several enclosures having at least one active step when the enclosing step is active in each of them, and having no active step when the enclosing step is inactive.
[39]		Graphic representation of an enclosure: An enclosure # of an enclosing step * may be represented by the partial grafset of the enclosed steps grouped in a frame in which the name * of the enclosing step is placed at the top left side and the label # of the represented enclosure is placed on the lower left side. In an enclosure, the set of the enclosed steps shall constitute a partial grafset chart whose name may be used as a label for the corresponding enclosure.
[40]	$X^*/G\#$	Global designation of an enclosure: An enclosure # of an enclosing step * may be globally described by a textual expression in which the enclosing step * is designated by the step variable X^*, the enclosure by the symbol /, and the enclosed steps by the name of the partial grafset $G\#$ to which they belong. NOTE This representation supposes that the designated partial grafset was previously defined.
[41]	$X^*/X\#$	Elementary designation of an enclosure: A textual expression can indicate that a step # is enclosed in an enclosing step * by using the step variables, without naming the enclosure. NOTE This notation suits the design of a hierarchical series of steps enclosed in one another. It allows also a relative identification of the steps by level of enclosure. EXAMPLE: $X_4/X_{25}/X_{12}$ designates the enclosure of the step 12 in the step 25, which is itself enclosed in the step 4.

Tableau 10 – (suite)

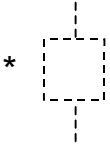
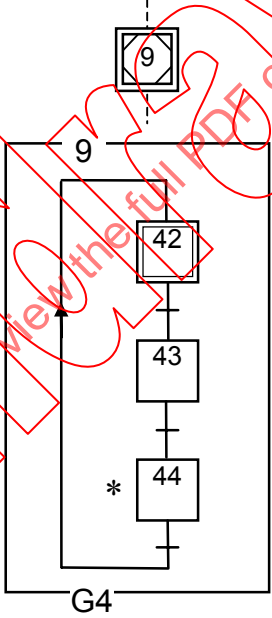
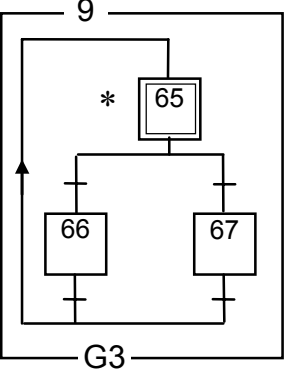
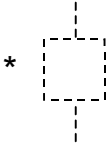
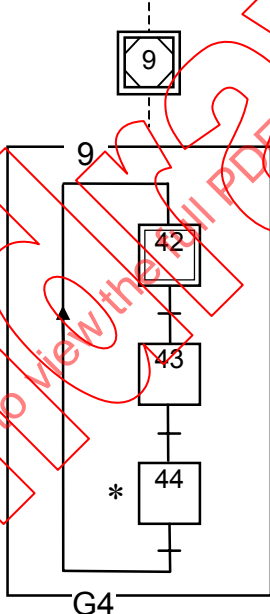
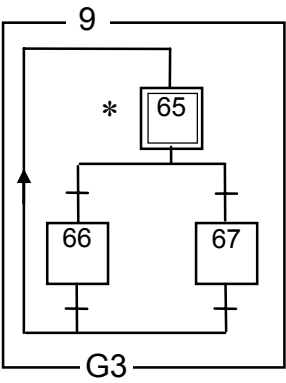
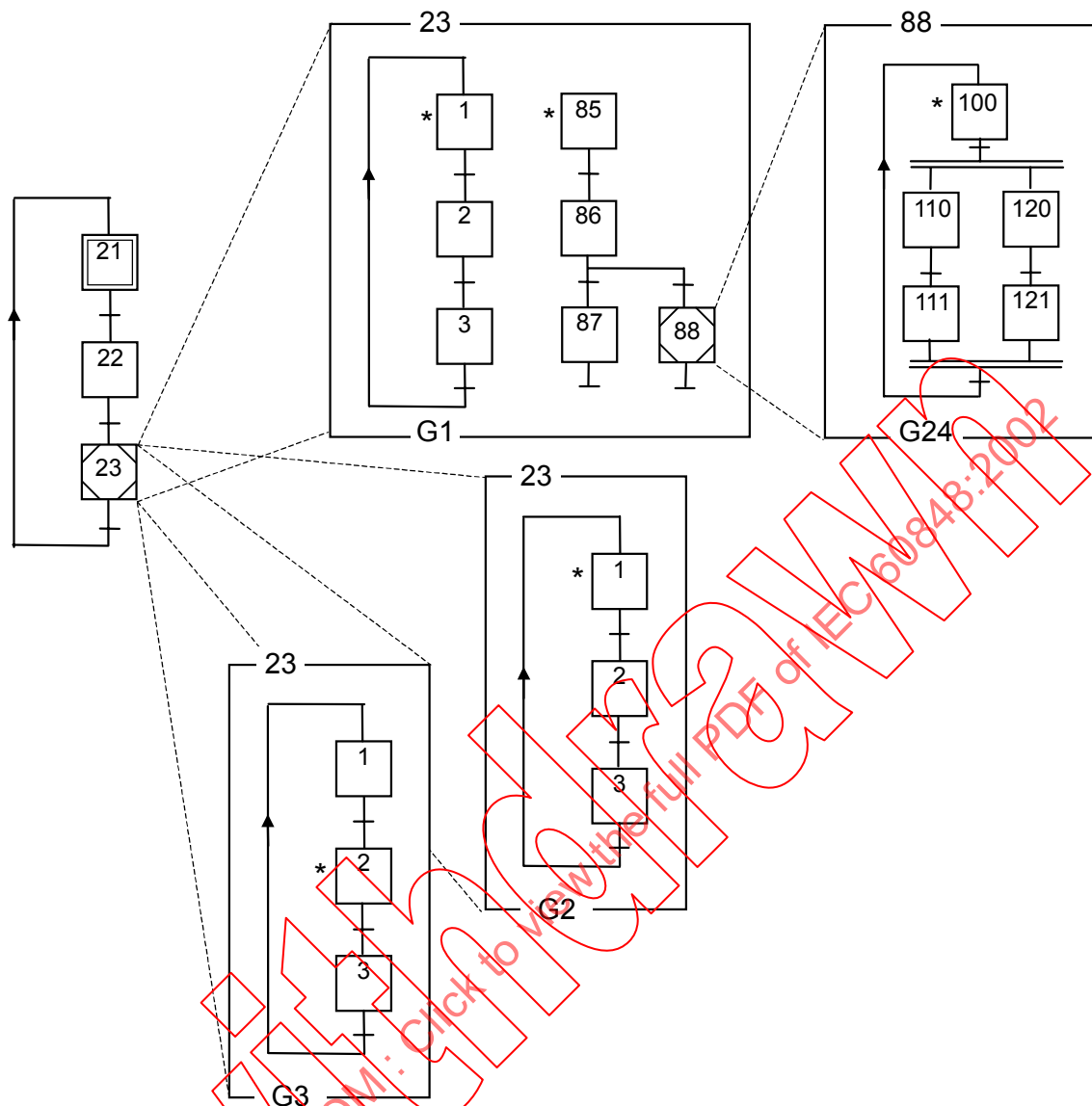
N°	Symbole	Description
[5]		Etape encapsulante initiale (rappel du symbole 5): Cette représentation indique que cette étape participe à la situation initiale. Dans ce cas, l'une, au moins, des étapes encapsulées dans chacune de ses encapsulations doit être également une étape initiale.
[42]		Lien d'activation, symbole général. 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. 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. 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). EXEMPLE: L'étape encapsulante 9 est nécessairement une étape initiale, car elle encapsule l'étape initiale 42. L'encapsulation G4 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 42, 43 et 44. 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.  EXEMPLE: L'encapsulation G3 de l'étape encapsulante 9 contient les étapes 65, 66 et 67. 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. 

Table 10 – (continued)

No.	Symbol	Description
[5]		Initial enclosing step (reminder of symbol 5): This representation indicates that this step participates in the initial situation. In that case, at least one of the steps enclosed in each of its enclosures shall be also an initial step.
[42]		Activation link, general symbol. Represented by an asterisk at the left of the symbols of the enclosed steps, the activation link indicates the enclosed steps which are active at the activation of the enclosing step. The activation link should not be confused with the symbol for the initial steps, which may be enclosed. However it is possible that an enclosed initial step also has an activation link. The deactivation of an enclosing step leads to the deactivation of all its enclosed steps. This deactivation often occurs at the clearing of the succeeding transition of the enclosing step but may also result from any other means of deactivation (forcing or enclosing of a higher level). EXAMPLE: The enclosing step 9 is necessarily an initial step, because it encloses the initial step 42. The enclosure G4, of the enclosing step 9, contains steps 42, 43 and 44. The initial step 42 participates in the initial situation, it is therefore active at the initial time. On the other hand and for every activation of the step 9, and following of the grafset evolution, step 44 is activated.  The enclosure G3, of the enclosing step 9, contains steps 65, 66 and 67. The initial step 65 participates in the initial situation, it is therefore active at the initial time. It is also activated for every activation of the step 9, as a consequence of the grafset evolution. 



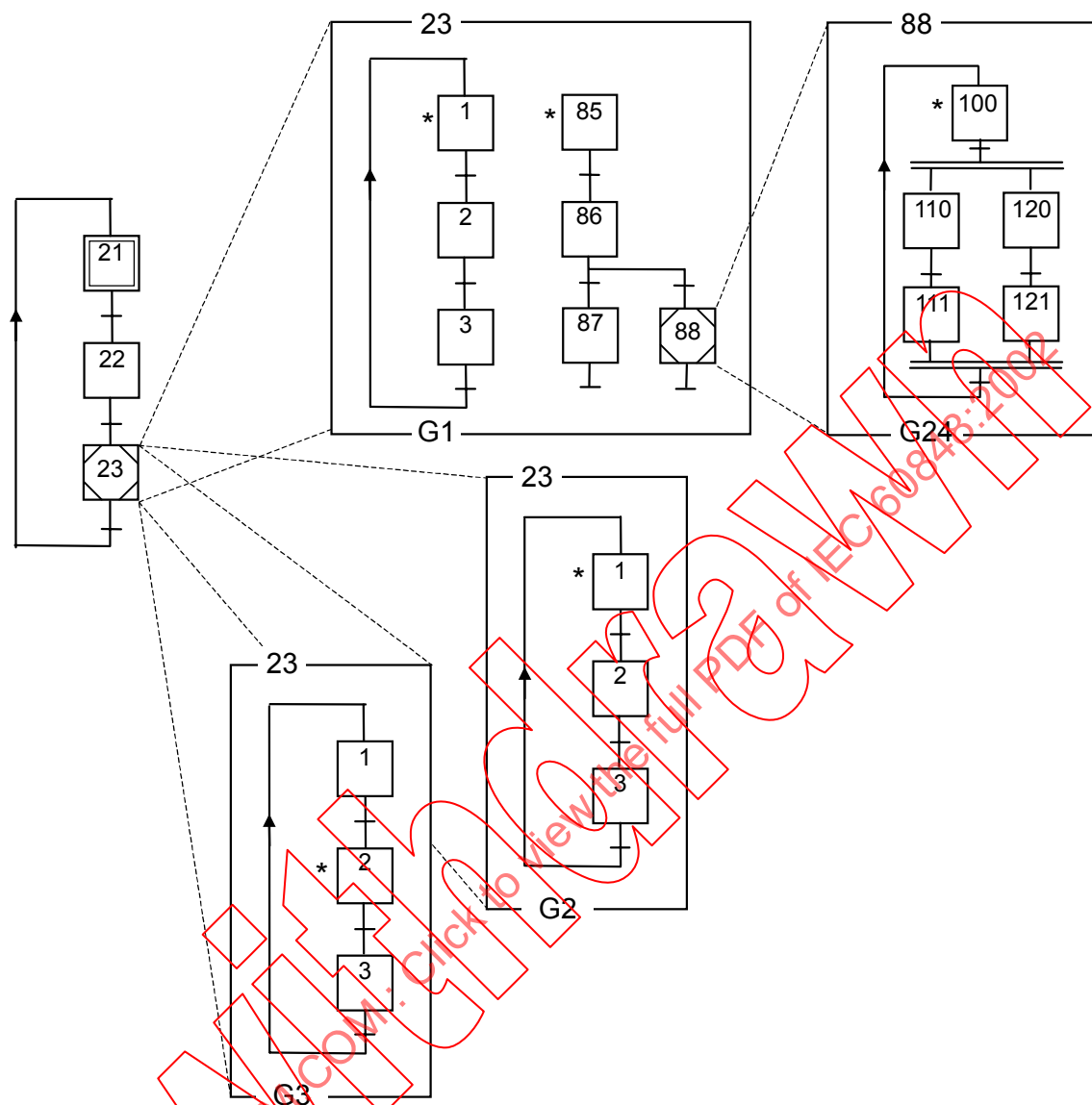
EXEMPLE: Structuration par encapsulation:

L'étape encapsulante 23 possède 3 encapsulations représentées par les grafjets partiels 1, 2 et 3. Le grafjet partiel 24 est encapsulé dans l'étape 88 du grafjet 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).



EXAMPLE : Structuring by enclosure:

The enclosing step 23 has 3 enclosing steps represented by the partial grafcet 1, 2 and 3. The partial grafcet 24 is enclosed in step 88 of the partial grafcet 1. When the enclosing step 23 is activated, the steps 1 and 85 of G1 are also activated (the same is true for the other enclosing steps of 23: G2 and G3).

When the enclosing step 88 is activated, step 100 of G24 is also activated.

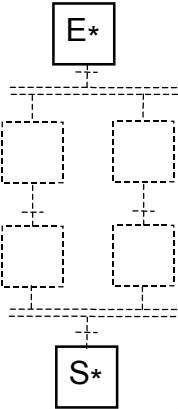
The deactivation of step 88 deactivates all steps of G24.

The deactivation of step 23 deactivates all the steps of G1, G2, G3 and, if step 88 was active, all the steps of G24.

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.

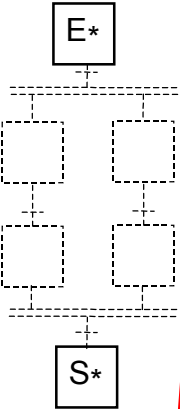
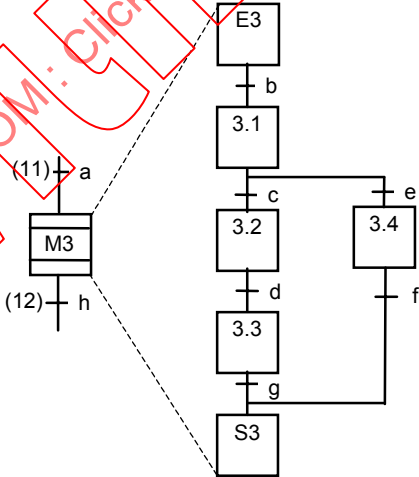
Tableau 11 – Macro-étapes

N°	Symbole	Description
[6]		Macro-étape (rappel du symbole général 6): Représentation unique d'une partie détaillée de grafjet, appelée <i>expansion</i> de la macro-étape. La macro-étape ne possède pas toutes les propriétés des autres types d'étapes (symboles 1 à 5), car seule son étape de sortie (voir symbole 43) valide ses transitions aval. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère de la macro-étape.
[43]		Expansion de la macro-étape: 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*. 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. NOTE 1 L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales. NOTE 2 L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes. EXEMPLE: Macro-étape M3 représentée avec son expansion: Le franchissement de la transition 11 active l'étape d'entrée E3 de la macro-étape M3. La transition 12 ne sera validée que lorsque l'étape de sortie S3 sera active. Le franchissement de la transition 12 désactive l'étape S3.
[44]	XM*	Variable de macro-étape: Une macro-étape est dite active lorsque l'une au moins de ses étapes est active, elle est conséquemment dite inactive lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'une 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.

7.4 Structuring using the macro-steps

To improve the understanding of grafcet charts, the specifications can be represented on several levels by "*macro-representation*" depicting the function to be performed without worrying about all the details, which are superfluous at the actual state of the description. The use of macro-steps allows a gradual description from the general to the particular.

Table 11 – Macro-steps

No.	Symbol	Description
[6]		Macro-step (reminder of symbol 6): Unique representation of a detailed part of the grafcet referred to as the <i>expansion</i> of the macro-step. The macro-step does not have all the properties of the other kinds of step (symbol 1 to 5) because only its exit step (see symbol 43) can validate its succeeding transitions. A macro-step label shall replace the asterisk.
[43]		Expansion of the macro-step: The expansion of a macro-step M* is a part of the grafcet with one entry step E* and one exit step S*. The entry step E* becomes active when one of the preceding transitions of the macro-step is cleared. One or all-succeeding transitions of the macro-step can be enabled only when the exit step S* is active. NOTE 1 The expansion of a macro-step can consist of one or several initial steps. NOTE 2 The expansion of a macro-step can consist of one or several macro-steps. EXAMPLE: Macro-step M3 represented with its expansion: The clearing of the transition 11 leads to the activity of the entry step E3 of the macro-step M3. Transition 12 is enabled only when exit step S3 is active. The clearing of transition 12 leads to the inactivity of step S3. 
[44]	XM*	Macro-step variable: A macro-step is said to be active when, at least, one of its steps is active, consequently it is said to be inactive when none of its steps is active. The active or inactive state of a macro-step can be represented by the logical values "1" or "0" respectively of a variable XM* in which the asterisk * shall be replaced by the name of the considered macro-step.