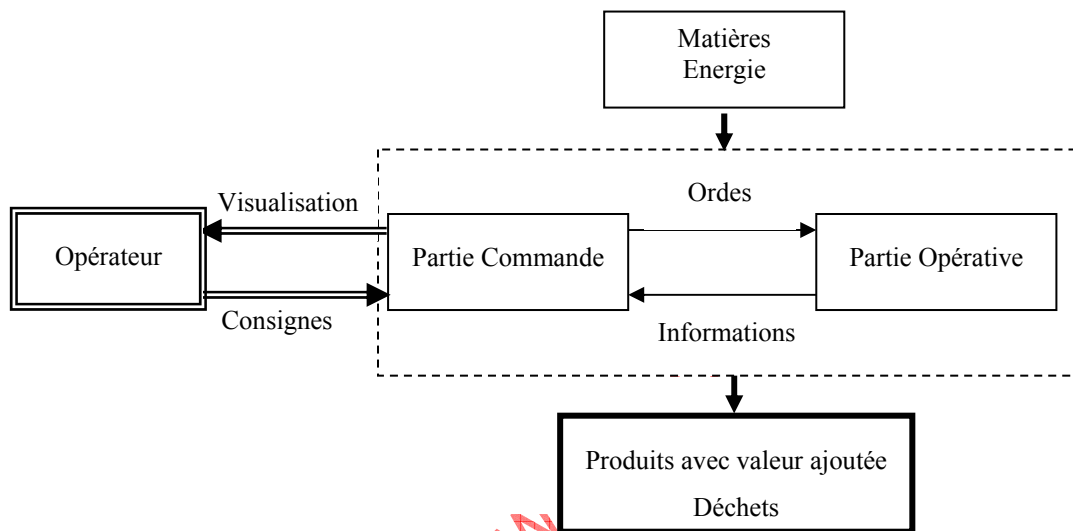


GRAFCET

GRAphe de **C**ommande **E**tapes **T**ransitions

1.1 Introduction générale

La figure ci-dessous montre la structure d'un système de commande (ou système automatisé de production -SAP-) ainsi que ses relations avec l'opérateur et avec les produits, objets de la production. Le système de commande se décompose en une partie opérative (PO) et une partie commande (PC). La partie opérative est composée du processus physique que l'on souhaite piloter (elle comprend notamment les actionneurs, pré-actionneurs et capteurs). La partie commande est constituée de l'automatisme qui élabore les ordres destinés au processus et les sorties externes (visualisation) à partir des comptes rendus de la partie opérative, des entrées externes (consignes) et de l'état du système.



Ainsi, tout système à automatiser se décompose, de manière générale, en deux parties qui coopèrent :

- PO : Partie Opérative (ou partie puissance, partie commandée) : Processus physique à automatiser
- PC : Partie Commande (automate) : =Automatisme qui élabore :

En sortie :

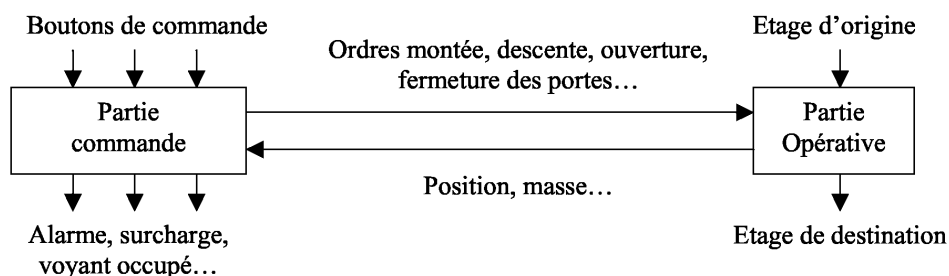
- des ordres destinés au processus,
- des signaux de visualisation provenant du processus

En entrée :

- des consignes reçues
- des comptes rendus

Exemple de PO-PC pour un ascenseur:

- l'ensemble électromécanique (cabine, moteur, portes) : Partie opérative,
- les boutons d'appel, la logique et les armoires d'appareillages : Partie commande



Notion de cahier de charges

Le cahier des charges d'un automatisme est la description de son comportement en fonction de l'évolution de son environnement.

1.2 Grafcet et SAP

Le GRAFCET (acronyme de « GRAPhe Fonctionnel de Commande Etapes/Transitions ») est un mode de représentation et d'analyse d'un automatisme, particulièrement bien adapté aux systèmes à évolution séquentielle, c'est-à-dire décomposable en étapes.

Le Grafcet est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel. Il est à la fois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

Un des points forts du Grafcet est la facilité de passer du modèle à l'implantation technologique de celui-ci dans un automate programmable industriel. Le Grafcet passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme. On parle ainsi de Grafcet de spécification (niveau 1) et de Grafcet de réalisation (niveau 2). Les chapitres suivants seront donc consacrés à la définition du Grafcet et à son utilisation en tant que langage d'implémentation normalisé.

Un peu d'histoire :

- 1975 commission AFCET (Association Française pour la Cybernétique Économique et Technique)
 - rupture technologique, apparition des micro-processeurs remplaçant les relais, moteurs pas à pas, circuits logiques pneumatiques etc.
- 1977 document initial
- 1978 diffusion dans l'enseignement
- 1982 norme française UTE ou AFNOR C03190
- 1987 norme internationale IEC 848
 - Function Chart for Control Systems

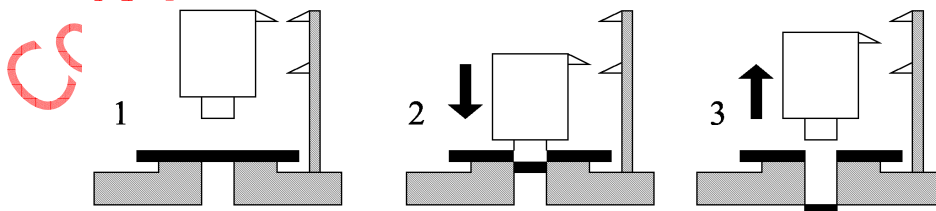
1.3 Exemples d'automatisme industriel

La poinçonneuse semi-automatique (Grafcet fonctionnel)

Considérons la poinçonneuse en sa position d'origine de repos (position haute).

L'opérateur donnant l'information « marche » par appui sur le bouton poussoir « BP » provoque automatiquement la descente du poinçon jusqu'à la position basse suivie de sa remontée jusqu'à la position haute,

Cette machine possède 3 comportements différents :

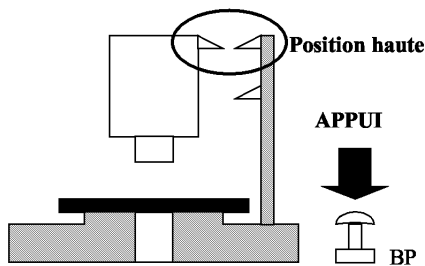


⇒ la poinçonneuse a décrit un **cycle**.

- (1) : La poinçonneuse est au repos ou encore en position haute
- (2) : Le poinçon descend
- (3) : Le poinçon remonte

⇒ Chaque comportement est appelé **étape** de l'automatisme.

De plus, il faut préciser ce qui provoque un changement de comportement de la machine, c'est à dire les conditions logiques qui déterminent le passage d'une étape à une autre : le passage d'une étape à une autre est appelé **transition**.



Le passage de l'état de repos à la descente du poinçon s'effectue si :
L'opérateur fournit l'information « marche » par appui sur le BP
Et
le poinçon est en position haute.

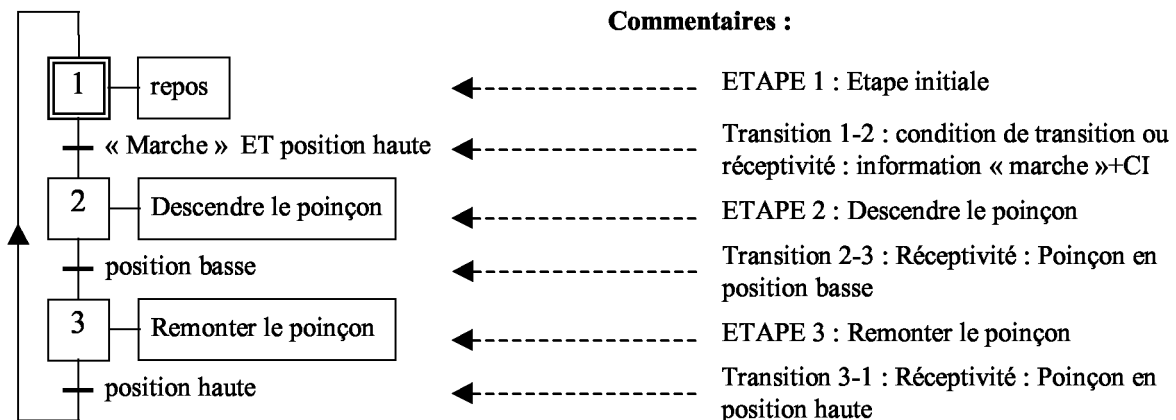
Ces deux informations constituent la condition de transition de l'étape 1 à l'étape 2 :

⇒ Cette condition est appelée **réceptivité** associée à la transition T_{1-2} .

Il est donc possible de représenter le comportement automatique de cette poinçonneuse par un outil graphique, à savoir le Grafcet. Celui-ci est basé sur la notion d'étapes auxquelles sont associées des actions, et de transitions auxquelles sont associées des réceptivités.

Cette première représentation prend en compte uniquement la partie fonctionnelle des spécifications et donc fait abstraction de toute réalisation technologique.

=> Ce Grafcet est appelé «Grafcet fonctionnel » ou «Grafcet de niveau I ».



Remarques

- Le Grafcet correspond à une succession alternée d'étapes et de transitions,
- Chaque étape est associée au comportement ou à l'action à obtenir,
- Chaque transition est associée aux informations permettant le franchissement sous forme d'une condition logique (réceptivité).

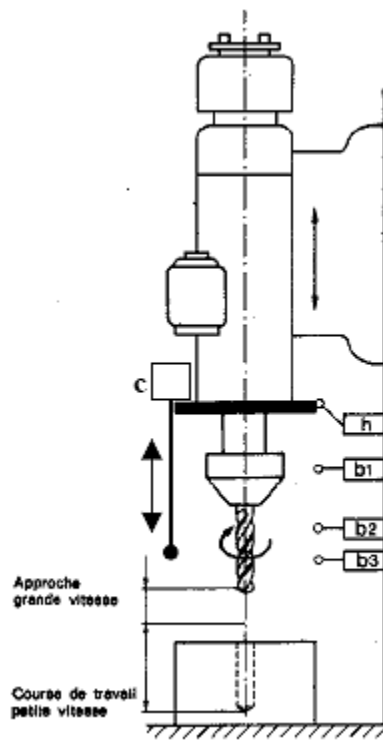
Deuxième exemple: Commande de perceuse avec ou sans déburrage

□ Cycle sans déburrage :

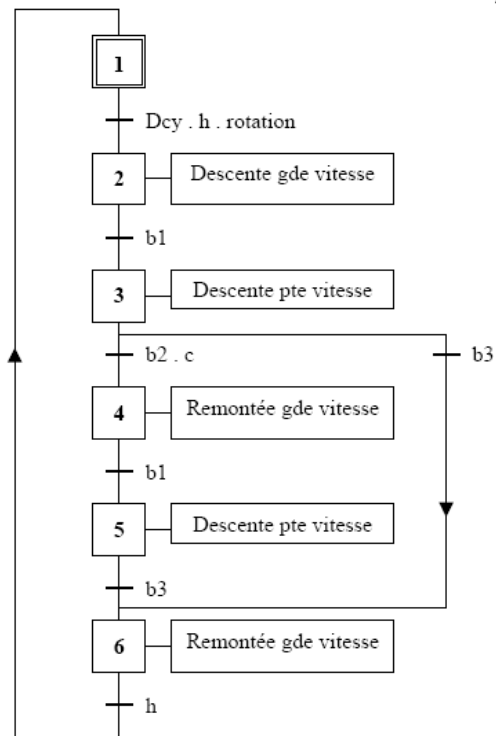
- Descente en grande vitesse j usque b 1,
- Descente en petite vitesse jusque b3,
- Remontée en grande vitesse jusqu'à h.

□ Cycle avec déburrage :

- Descente en grande vitesse jusque bl,
- Cycle activé lorsque e capteur c entre en contact avant enclenchement du contact b2,
- Remontée en grande vitesse de la broche à une position intermédiaire bl,
- Descente en petite vitesse jusque b3,



Perceuse



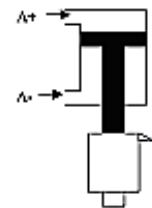
Grafcet fonctionnel

Introduction du Grafcet (Niveau technologique)

Prise en compte de la technologie employée dans le premier exemple

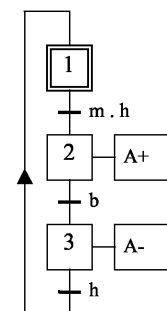
Supposons que la technologie qui sera mise en place dans cet automatisme soit une technologie pneumatique: la montée et la descente de la poinçonneuse sont réalisées par un vérin double effet:

L'arrivée d'air en A+ provoque la sortie du vérin et donc la descente de la poinçonneuse. Inversement, l'arrivée d'air en A- provoque la rentrée du vérin et donc la remontée de la poinçonneuse.



En prenant en compte les actions et les capteurs suivants :

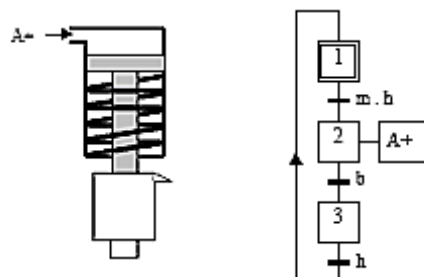
- m : ordre de « marche »
- h : capteur de position haute - b : capteur de position basse
- A+: Descente du vérin - A- : Remontée du vérin



Le « Grafcet technologique » est aussi appelé « Grafcet de niveau II »

Supposons maintenant que la descente de la poinçonneuse soit réalisée par un vérin simple effet par l'envoi d'air en A+, et que la remontée soit provoquée par un ressort de rappel en l'absence d'air en A+:

→ Le Grafcet technologique devient alors :



1.4 Description d'un Grafcet

1.4.1 Définitions

- **Etape** = situation du cycle de fonctionnement pendant laquelle le comportement de l'automatisme de commande demeure constant,
- Tout changement de comportement provoque le passage d'une étape à une autre. Une étape est soit active ou inactive,
- Les actions associées à une étape ne sont effectives que lorsque l'étape est active.

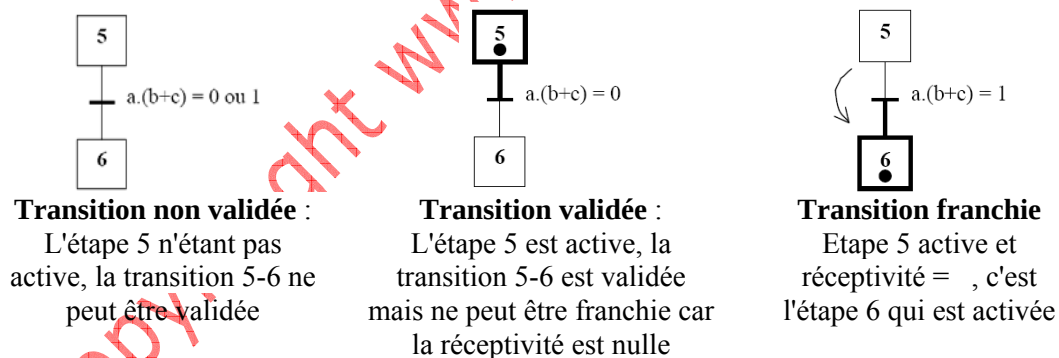
Les étapes modélisent l'état du système. L'ensemble des étapes actives à un instant donné constitue la situation du Grafcet et les actions associées sont exécutées.

- Une **transition** permet le passage d'une étape à une autre. Elle n'est que logique (dans son sens Vrai ou Faux), sans notion de durée. La condition est définie par une **réceptivité** qui est généralement une expression booléenne (c.à.d avec des ET et des OU) de l'état des capteurs.
- Les liaisons orientées modélisent la structure du Grafcet. Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

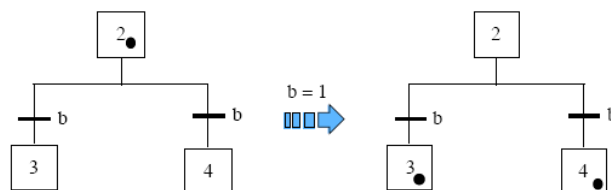
1.4.2 Règles d'évolution d'un Grafcet

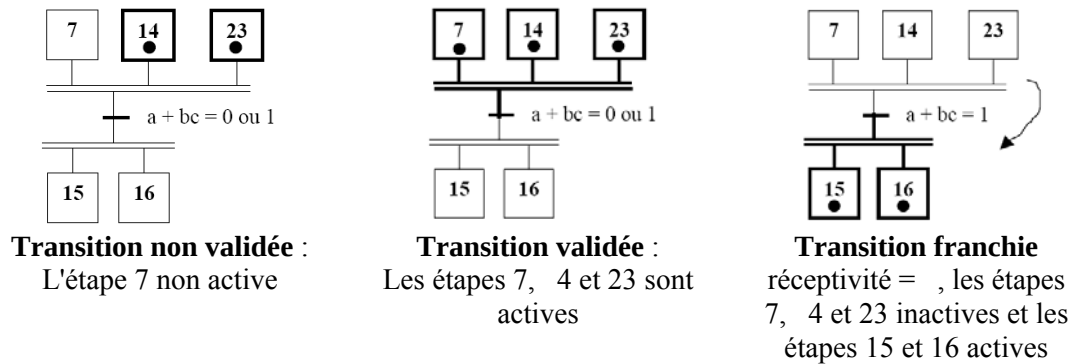
La modification de l'état de l'automatisme est appelée évolution, et est régie par 5 règles :

- **Règle 1** : Les étapes initiales sont celles qui sont actives au début du fonctionnement. On les représente en doublant les côtés des symboles. On appelle début du fonctionnement le moment où le système n'a pas besoin de se souvenir de ce qui c'est passé auparavant (allumage du système, bouton "reset",...). Les étapes initiales sont souvent des étapes d'attente pour ne pas effectuer une action dangereuse par exemple à la fin d'une panne de secteur.
- **Règle 2** : Une transition est soit validée, soit non validée (et pas à moitié validée). Elle est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives (toutes celles reliées directement à la double barre supérieure de la transition). Elle ne peut être **franchie** que lorsqu'elle est validée et que sa réceptivité est vraie. Elle est alors obligatoirement franchie.



- **Règle 3** : Evolution des étapes actives. Le franchissement d'une transition provoque simultanément :
 - la **désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,
 - l'**activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

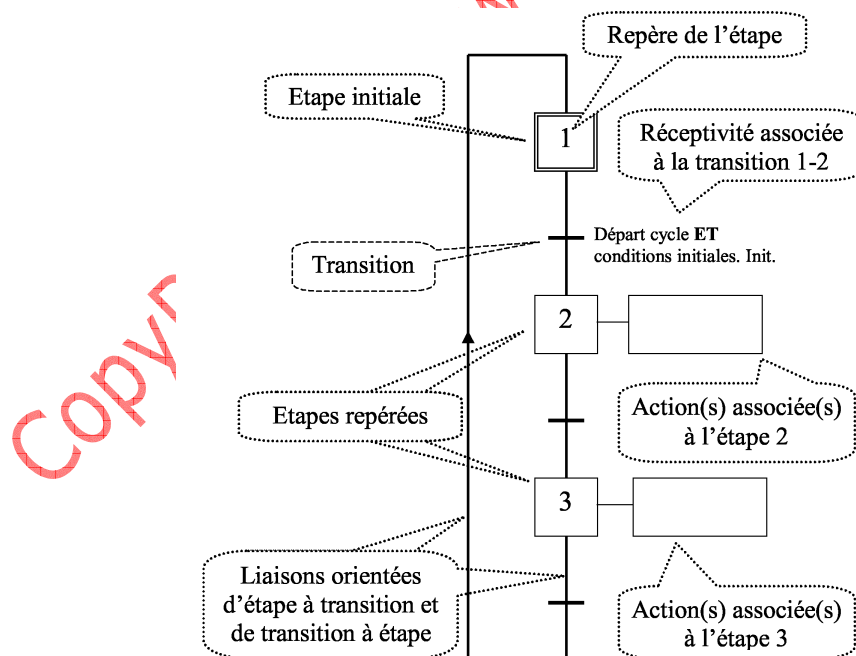




- **Règle 4 :** Transitions simultanées. Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.
- **Règle 5 :** Activation et désactivation simultanées. Une étape à la fois activée et désactivée reste active.

1.4.3 Symbolisation du Grafcet

- Chaque étape est représentée par un carré repéré numériquement;
- Les étapes initiales, représentant les étapes actives au début du fonctionnement, se différencient en doublant les cotés du carré ;
- Les actions associées sont décrites de façon littérale ou symbolique, à l'intérieur d'un ou plusieurs rectangles, de dimensions quelconques, reliés à la partie droite de l'étape ;
- Les transitions sont représentées par des barres ;
- La réceptivité est inscrite à droite de la transition sauf cas particulier.
- A un instant donné du fonctionnement, une étape est soit active, soit inactive. Pour indiquer les étapes actives à cet instant, un point est placé dans la partie inférieure des symboles des étapes concernées.

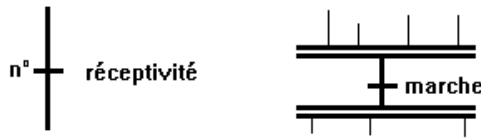


1.4.4 Complément sur la symbolisation

La symbolisation ci-dessous correspond à la structure de base d'un Grafcet. On donne ci-dessous quelques structures fréquemment rencontrées.

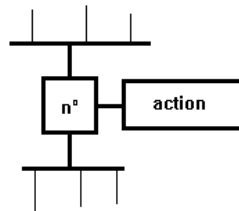
a- Transition ayant plusieurs places d'entrées/sorties

On représente une transition par un petit trait horizontal sur une liaison verticale. On note à droite la réceptivité, on peut noter à gauche un numéro de transition (entier positif, indépendant des numéros d'étapes). Dans le cas de plusieurs liaisons arrivant sur une transition, on les fait converger sur une grande double barre horizontale, qui n'est qu'une représentation du dessus de la transition. De même pour plusieurs liaisons partant sous une transition.



b- place ayant plusieurs transitions d'entrées/sorties

Si plusieurs liaisons arrivent sur une étape, pour plus de clarté on les fait arriver sur une barre horizontale, de même pour plusieurs liaisons partant de l'étape. Cette barre horizontale n'est pas une nouvelle entité du Grafcet, elle fait partie de l'étape, et ne représente qu'un "agrandissement" de la face supérieure (ou inférieure) de l'étape. On accepte de remplacer cette barre par un point si cela ne crée aucune ambiguïté.



c- Divergence Convergence en OU en ET

La structure **conditionnelle** est composée d'une divergence en OU de séquence suivie d'une convergence en OU.

Les conditions de franchissement des transitions sont **exclusives**, la sélection des évolutions possibles doit être unique. Dans ce type de structure une seule branche du graphe peut être parcourue, c'est-à-dire qu'une seule étape peut être activée.

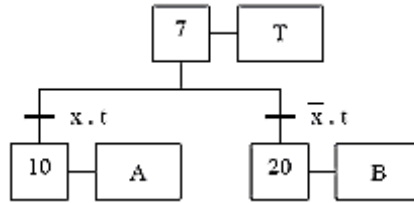
Le parallélisme est l'exécution simultanée de plusieurs séquences, il est réalisé par une transition qui possède plusieurs étapes de sortie. C'est une divergence en ET qui représente l'exécution en parallèle de plusieurs séquences. La synchronisation est la fin d'une séquence de parallélisme. Elle est représentée par une convergence en ET qui est une transition qui possède plusieurs étapes d'entrée. Les séquences débutent simultanément mais l'évolution dans chaque branche est indépendante.

Divergence en OU si 1 active et si a seul, alors désactivation de 1 et activation de 2, 3 reste inchangée. si a et b puis 1 active alors désactivation 1, activation 2 et 3 quel que soit leur état précédent. (règle 4)	Convergence en OU Si 1 active et a sans b, alors activation de 3 et désactivation de 1, 2 reste inchangée. Si 1 et 2 et a et b alors 3 seule active
Divergence en ET si 1 active et si a, alors désactivation de 1 et activation de 2 et 3	Convergence en ET Si 1 active seule et a alors aucun changement. Si 1 et 2 et a, alors activation de 3 et désactivation de 1 et 2.

Remarques :

Il est toujours nécessaire pour obtenir un aiguillage entre plusieurs séquences que les réceptivités soient **exclusives** au niveau de la divergence en OU.

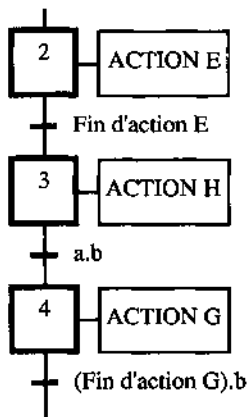
En pratique cette exclusion peut se présenter de plusieurs façons : soit une exclusion physique (impossibilité de simultanéité mécanique ou temporelle), soit une exclusion logique (sélection prioritaire ou verrouillage réciproque).



1.5 Les séquences de base

Les structures de base les plus fréquemment rencontrées sont données ci-dessous. Cette liste n'est pas exhaustive.

1.5.1 Séquence simple

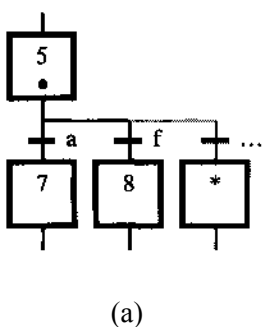


Une séquence linéaire est composée d'une suite d'étapes qui peuvent être activées les unes après les autres.

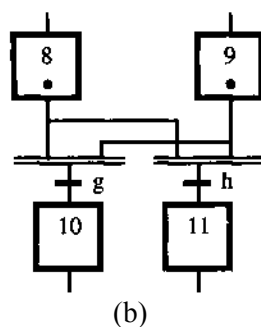
Dans cette structure chaque étape n'est suivie que par une transition et chaque transition n'est validée que par une seule étape.

Une séquence sera dite active si au moins une étape est active. Elle est dite inactive si toutes les étapes sont inactives.

1.5.2 Sélection de séquences



(a)

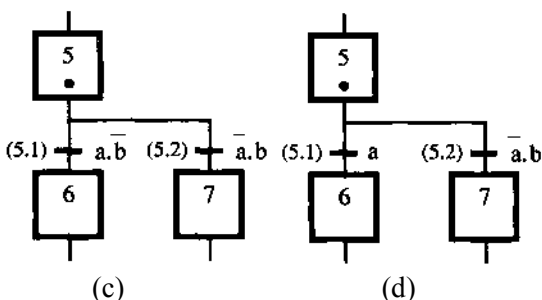


(b)

Une sélection de séquence est un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une (a) ou de plusieurs étapes (b). Elle se représente graphiquement par autant de transitions validées en même temps qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

S'il est souhaité ne sélectionner qu'une seule évolution, il est indispensable que toutes les réceptivités associées aux transitions validées en même temps soient exclusives, c'est-à-dire ne pouvant pas être vraies simultanément. Cette exclusion peut être :

- soit d'ordre physique (incompatibilité mécanique ou temporelle) ;
- soit d'ordre logique dans l'écriture des réceptivités.



(c)

(d)

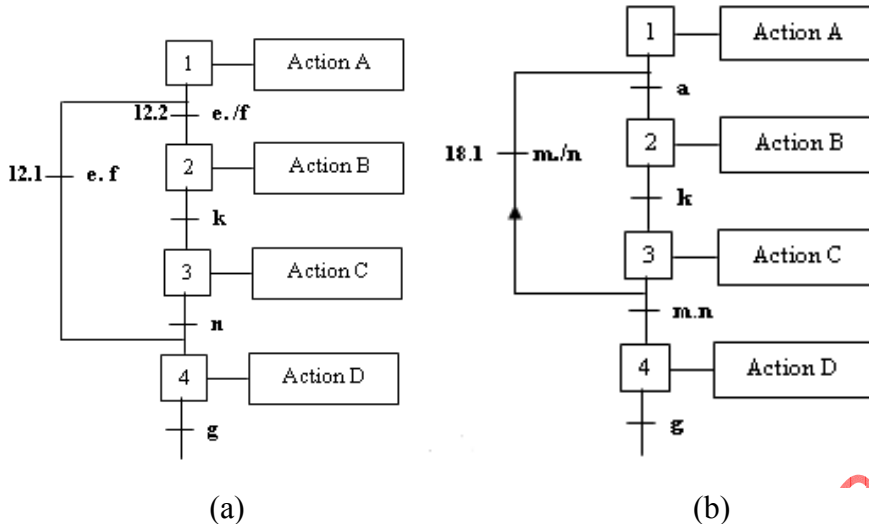
Sur la figure (c), les réceptivités sont logiquement exclusives et en conséquence si "a" et "b" sont vrais au moment où les transitions (5.1) et (5.2) sont validées, aucune des deux transitions ne pourra être franchie.

Sur la Figure (d), la priorité est donnée à la transition (5.1) ce qui lui permet de pouvoir être franchie lorsque "a" et "b" sont vrais en même temps.

1.5.3 Saut d'étapes et reprise de séquence

Le saut d'étapes permet de sauter une ou plusieurs étapes lorsque, par exemple, les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

La reprise de séquence permet au contraire de recommencer plusieurs fois la même séquence tant que, par exemple, une condition fixée n'est pas obtenue.



Saut d'étape (a)

A partir de l'étape 1 active, il y aura saut de l'étape 1 à l'étape 4 par le franchissement de la transition (12.1) lorsque la réceptivité "f.e" sera vraie.

Reprise de séquence (b)

Lorsque l'étape 3 est active, il y aura reprise de la séquence 2-3 si la réceptivité "m./n" est vraie.

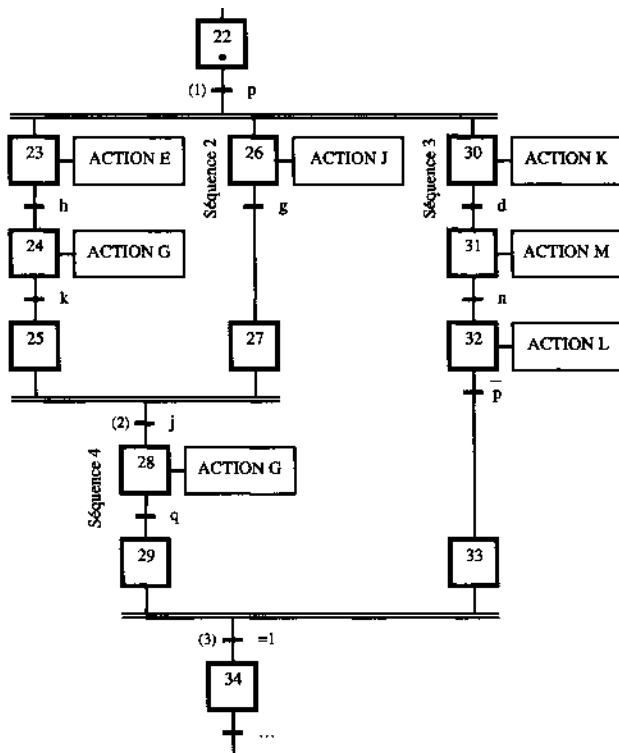
Remarques :

- Le saut d'étape et la reprise de séquence sont deux cas particuliers de l'aiguillage en OU,
- Le saut d'étape comprend au **minimum** un saut d'une étape,
- la reprise de séquence doit comporter au moins trois étapes puisque l'activation d'une étape comporte la désactivation de l'étape précédente et l'activation de l'étape suivante. Dans une boucle de reprise de séquence avec deux étapes, il n'est pas possible de remplir ces conditions.
- Le sens des flèches et la position des transitions sur les liaisons sont très importants.

1.6 Structures particulières

1.6.1 Activations ou désactivations de séquences en une ou plusieurs fois

Lorsque le franchissement d'une transition conduit à activer simultanément plusieurs séquences, ces séquences dites **parallèles**, peuvent ensuite évoluer séparément de façon indépendante. Il sera nécessaire ensuite de les regrouper, en une ou plusieurs fois, vers une seule étape pour en assurer la re-synchronisation. Pour réaliser cette condition des étapes dites d'attente peuvent être prévues.



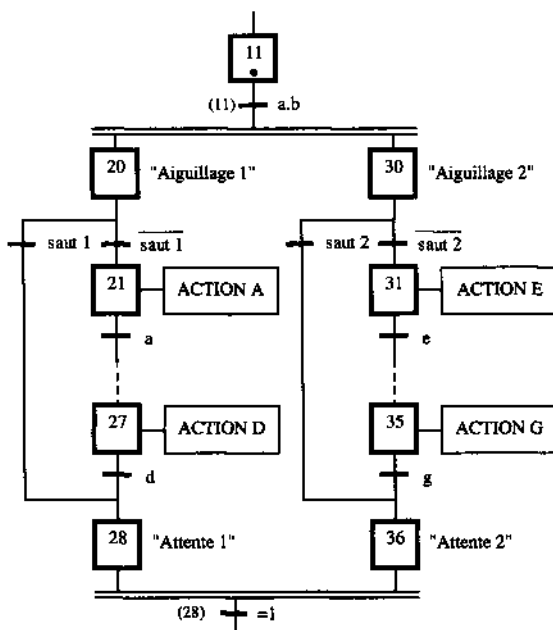
Des activations ou désactivations simultanées de plusieurs séquences s'effectuant en une ou plusieurs fois sont indiquées sur la figure ci-contre.

Lorsque l'étape 22 est active, le franchissement de la transition (1) par la réceptivité "p=1" provoque les activations simultanées des trois séquences S1, S2 et S3, et en même temps, la désactivation de l'étape 22.

Ces trois séquences évoluent alors de façon totalement indépendante et, lorsque les étapes d'attente réciproque 25 et 27 seront actives, la transition (2) devenant validée, dès que la réceptivité "j=1" sera vraie, le franchissement de cette transition (2) conduira à désactiver simultanément les deux séquences S1 et S2 et à activer une nouvelle séquence S4.

De la même façon quand, à leur tour, les étapes 29 et 33 seront actives en même temps, la transition (3) devenant validée sera immédiatement franchie car la réceptivité (3) est toujours vraie, provoquant l'activation de l'étape 34 et les désactivations simultanées des séquences S3 et S4.

1.6.2 Aiguillages après activations simultanées de plusieurs séquences



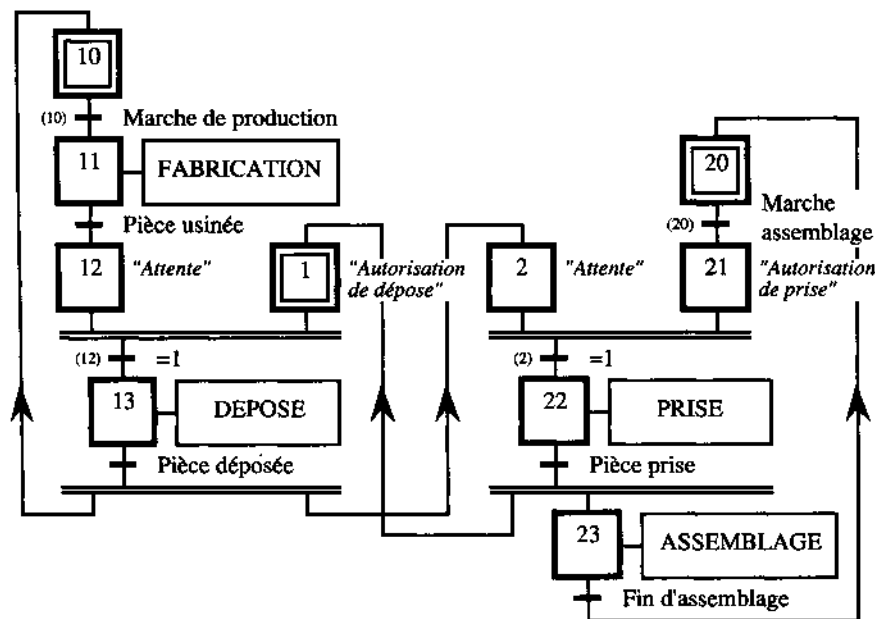
Cette structure se rencontre chaque fois qu'un ou plusieurs aiguillages doivent s'effectuer après les activations simultanées de ces séquences. Une étape doit être ajoutée en tête de l'aiguillage afin de respecter la règle d'alternance étape-transition.

Aucune action ne peut être associée aux étapes 20 ou 30 par le fait que des transitions aval, validées par ces étapes, ont des réceptivités déjà vraies. Il en est bien sûr de même pour les étapes 28 et 36.

1.6.3 Séquences alternées

Des pièces sont usinées sur une machine de production et doivent ensuite être assemblées sur un poste d'assemblage. Afin de pouvoir effectuer le passage des pièces d'une machine à l'autre, un emplacement commun accessible aux deux machines est prévu, pouvant servir ultérieurement de tampon intermédiaire.

On étudie le cas où les pièces sont déposées une à une par la première machine et seront prises une à une par la seconde, à partir de deux séquences "alternées" de dépose et de prise.

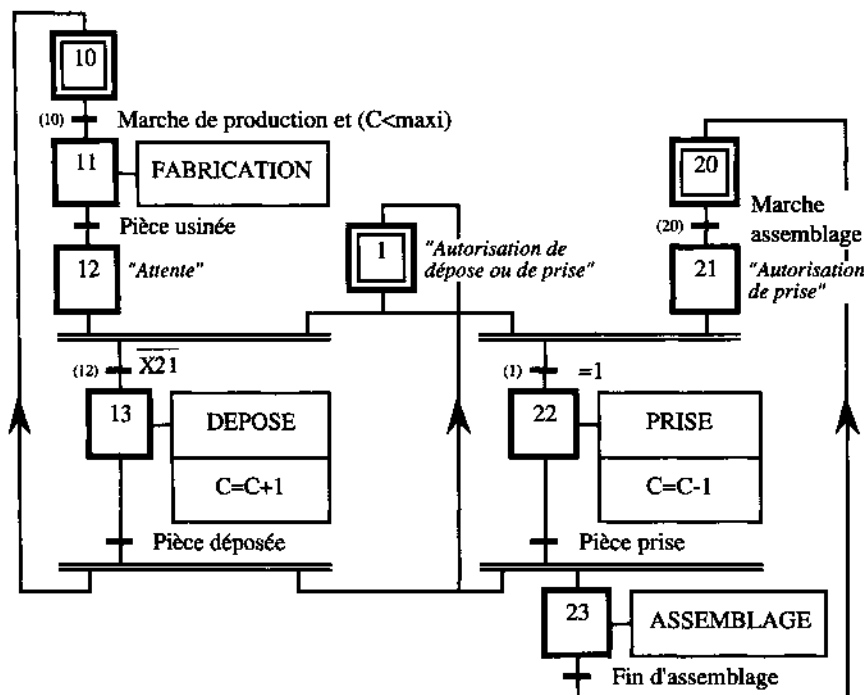


Dans le Grafset ci-contre, l'activité de l'étape 1 indique à la première machine de production que l'emplacement commun est vide, et qu'il est donc possible de déposer une pièce, tandis que l'activité de l'étape 2 signale à la machine 2 d'assemblage qu'une pièce vient d'être déposée et qu'elle peut être prise.

Les deux opérations de dépôt et de prise s'exécuteront alternativement en commençant par la dépôt d'une pièce.

Les séquences de production et d'utilisation se déroulent de façon indépendante en dehors des actions de dépôt et de pose.

1.6.4 Séquences exclusives

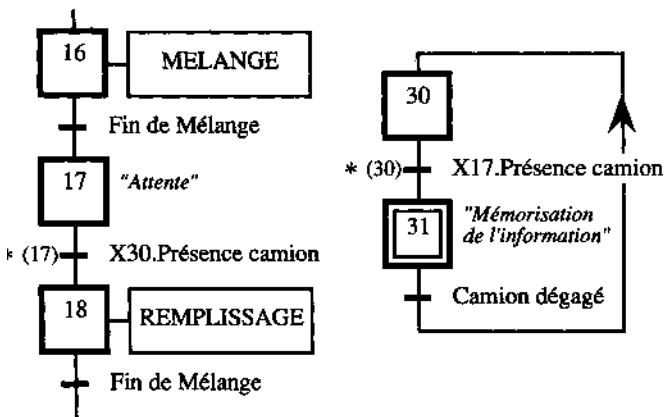


Une variante de l'exemple précédent consiste à pouvoir déposer plusieurs pièces jusqu'à une limite maximale fixée sur un espace intermédiaire servant de "tampon" entre les deux machines.

Un compteur /décompteur est utilisé pour effectuer la gestion des pièces déposées

Comme les deux séquences doivent être "exclusives", une ressource commune en effectue le partage. De plus la priorité est accordée à la prise des pièces afin de ne pas retarder le montage.

1.6.5 Prise en compte d'une information mémorisée



Soit un poste de chargement de camions à partir de produits malaxés. Chaque remplissage doit s'effectuer dans un nouveau camion. L'information de présence camion n'est pas suffisante car elle ne distingue pas le camion venant d'être rempli d'un nouveau camion vide.

Il est donc nécessaire de vérifier que le camion qui vient d'être rempli a bien été déchargé. Comme cette information peut intervenir à n'importe quel moment du cycle de mélange, elle ne peut être prise en compte que par un diagramme auxiliaire qui, étant réceptif à cette information, la conservera en mémoire (étape 30 active). L'activité de cette étape et l'information de présence camion correspondra alors à la présence d'un nouveau camion.

Le Grafcet principal assurant le mélange des produits et le remplissage des camions, en attente à l'étape 17, pourra alors évoluer en synchronisme avec le diagramme auxiliaire, les deux transitions (17) et (30) étant simultanément franchies.

1.7 Extension des représentations

Les extensions des représentations qui sont proposées ci-dessous permettent d'une part des simplifications d'écritures, et d'autre part de formaliser des descriptions hiérarchisées par plusieurs Grafcets.

1.7.1 Etapes et Transitions sources ou puits

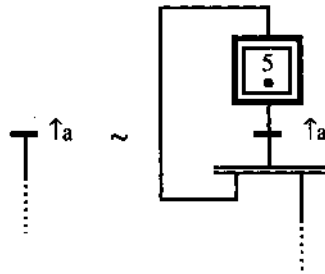
▪ Étape source

On appelle « étape source » une étape non reliée à une transition amont. Elle ne peut être activée que si elle est initiale ou que si elle est soumise à un ordre de forçage provenant d'un Grafcet de niveau supérieur ou par un lien d'encapsulation (voir plus loin).



▪ Transition source

On appelle « transition source » une transition non reliée à une étape amont. Par convention elle est toujours validée, et deviendra franchissable lorsque la réceptivité sera vraie.

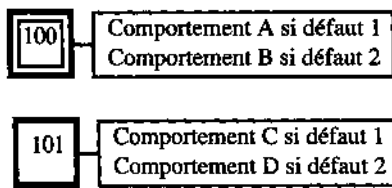


▪ Etape puits

On appelle « étape puits » une étape non reliée à une transition aval. Elle ne peut être désactivée que si elle est soumise à un ordre de forçage provenant d'un Grafcet de niveau supérieur ou par un lien d'encapsulation.



De telles étapes peuvent correspondre à des comportements ou à des changements de comportement intégrés à des modes de marche ou à des actions de surveillance.



l'étape 100 étant active, le défaut 1 entraînera le comportement A et le défaut 2 le comportement B. Lorsque l'étape 101 est active ce seront les comportements différents C et D qui seront actifs pour les mêmes défauts 1 et 2.

Exemples d'étapes source et puits

▪ Transition puits

On appelle « transition puits » une transition non reliée à une étape aval.

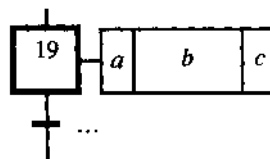


Le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver l'étape d'entrée.

1.7.2 Représentation normalisée des actions

Les actions associées à une étape sont inscrites dans un rectangle d'action de façon à mettre en évidence ce qui s'exécute à un instant donné lorsque cette étape est active.

Dans un nombre important d'applications, ces actions concerneront la commande d'actionneurs mécaniques ou électriques (vérins, moteurs, etc.) ou la commande de fonctions auxiliaires d'automatismes (comptage, temporisation, etc.). La norme CEI/IEC 848 spécifie une représentation générale des ordres ou des actions qui doivent s'exécuter.



La section "a" contient une (ou une combinaison de) lettre symbole décrivant les caractéristiques logiques d'association de la sortie à l'activité de l'étape.

Symbole (a)	IEC 1131-3 SYMBOLES DE TYPES D'ACTIONS Type d'action
Aucun	Idem à "N".
N	s'exécute tant que l'étape est active de façon non-rémanente
R	remise à zéro d'une action rémanente
S	active une action de façon rémanente
L (Temps)	active l'action que pour une période déterminée
D (Temps)	active l'action après un délai prédéterminé
P	active l'action une fois lorsque l'étape devient active et une fois lorsque l'étape devient inactive
P1	active l'action une fois seulement lorsque l'étape devient active
PO	active l'action une fois seulement lorsque l'étape devient inactive
SD	active et maintient l'action après un délai prédéterminé même si l'étape est devenue inactive
DS	active et maintient l'action après un délai prédéterminé sauf si l'étape est devenue inactive
SL	active et maintient l'action pour une période déterminée même si l'étape est devenue inactive

Si la section "a" n'est pas renseignée l'action correspondante est dite continue.

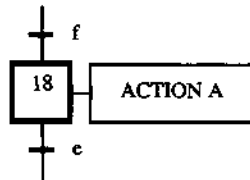
La section "b" contient la déclaration symbolique ou littérale décrivant l'action.

La section "c" indique le repère de référence du signal de fin d'exécution correspondant.

Les sections "a" et "c" ne sont spécifiées que si nécessaire.

Lorsqu'une combinaison de lettres est utilisée, l'ordre normal de lecture en détermine le sens (ex : DSL indique que la sortie sera d'abord retardée, ensuite mémorisée et enfin limitée à la durée spécifiée).

a. Action continue

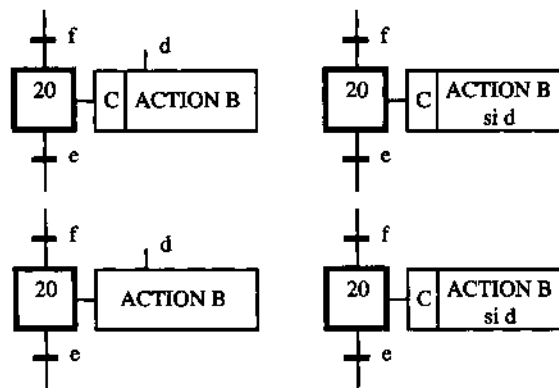


Une action associée à une étape est dite continue lorsque sa durée d'exécution est identique à la durée d'activité de l'étape. Dans ce cas, aucune lettre symbole n'est nécessaire.

b. Action conditionnelle

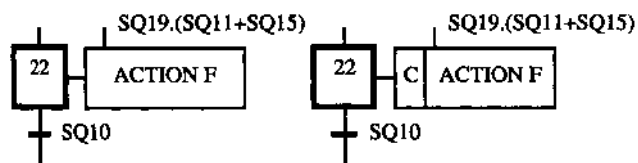
Une action conditionnelle est une action dont l'exécution est soumise à une condition logique.

Cette condition peut être, une variable d'entrée, une variable d'étape ou le résultat booléen d'une combinaison de plusieurs de ces variables. La lettre C est pour designer que l'action est conditionnelle.



Suivant la place disponible, la condition logique peut être indiquée à l'intérieur ou à l'extérieur du rectangle d'action. La lettre symbole "c" permet de préciser, si nécessaire, le caractère conditionnel de cette action.

Lorsque la condition logique est complexe, elle peut être écrite à l'extérieur du rectangle d'action en relation avec un tiret situé à la partie supérieure du rectangle.

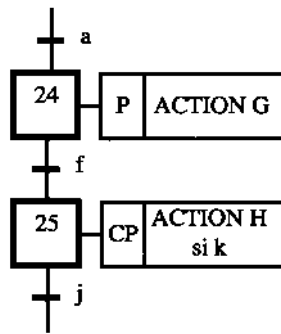


c. Action impulsionnelle

Les actions impulsionnelles sont des actions temporisées de durée très petite dont la valeur est sans importance, mais suffisante a priori pour obtenir l'effet souhait.

La description spécifiée par le Grafcet de la figure ci-dessous précise que la sortie « ACTION G » sera impulsionnelle lors de l'activation de l'étape 24 et que la sortie « ACTION H » sera impulsionnelle à chaque front descendant de l'entrée k.

Le recours à une fonction opérative « Impulsion » complète la description du modèle Grafcet en générant les impulsions demandées lors de l'activation de l'étape 25 et lors de chaque passage de l'état logique "1" à l'état logique "0" de l'entrée k.

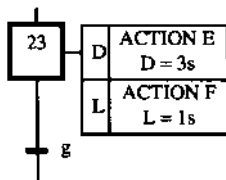


d. Action retardée ou limitée dans le temps

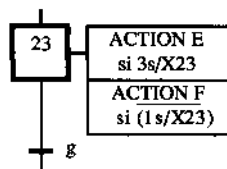
Les actions retardées ou limitées dans le temps sont des cas particuliers d'actions conditionnelles où le temps intervient comme condition logique. Ces actions sont très fréquemment rencontrées dans de nombreuses applications et font appel à des « **Fonctions opératives associées** » utilisant des « **opérateurs à retards** ».

La lettre symbole « D » (Delayed action) est utilisée pour spécifier une action retardée par rapport à l'activation de l'étape à laquelle elle est associée. La valeur choisie sera indiquée dans l'unité de temps choisie.

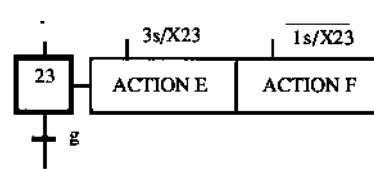
De même, la lettre symbole « L » (Time Limited action) décrit une action dont la durée est limitée dans le temps. La valeur choisie sera indiquée dans l'unité de temps choisie.



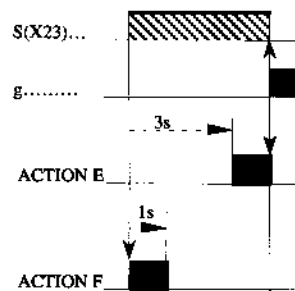
Représentations explicites globales



Représentations explicites utilisant des opérateurs à retards

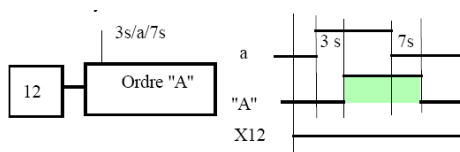


Les représentations utilisées sur les figures au-dessus, spécifient que la sortie « ACTION E » sera retardée de 3 secondes et la sortie « ACTION F » limitée à 1 seconde, à partir de l'activation de l'étape 23.



Le recours à des fonctions opératives associées « opérateurs à retards » complète la description du modèle Grafcet seul en introduisant des entrées et sorties supplémentaires utilisant les notations littérales normalisées "3s/X23" et "1s/X23".

Autre situation



e. Action mémorisée

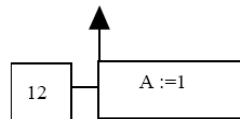
L'action mémorisée est liée nécessairement à un événement interne; son libellé permet d'affecter une valeur donnée à une variable :

A :=1	Mise à la valeur vraie de la variable A
B :=0	Mise à la valeur fausse de la variable B
C :=C+1	Incrémement du compteur C

Un « événement interne » est constitué par l'association d'un événement d'entrée et d'une situation du Grafset ; les événements internes peuvent être décrits par :

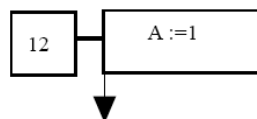
▪ L'activation d'une étape :

Une action à l'activation est une action mémorisée liée à l'activation de l'étape qui lui est liée. La variable booléenne A est affectée à la valeur 1 lorsque l'étape 12 est activée. La désactivation de l'étape 12 ne changera pas l'état A.



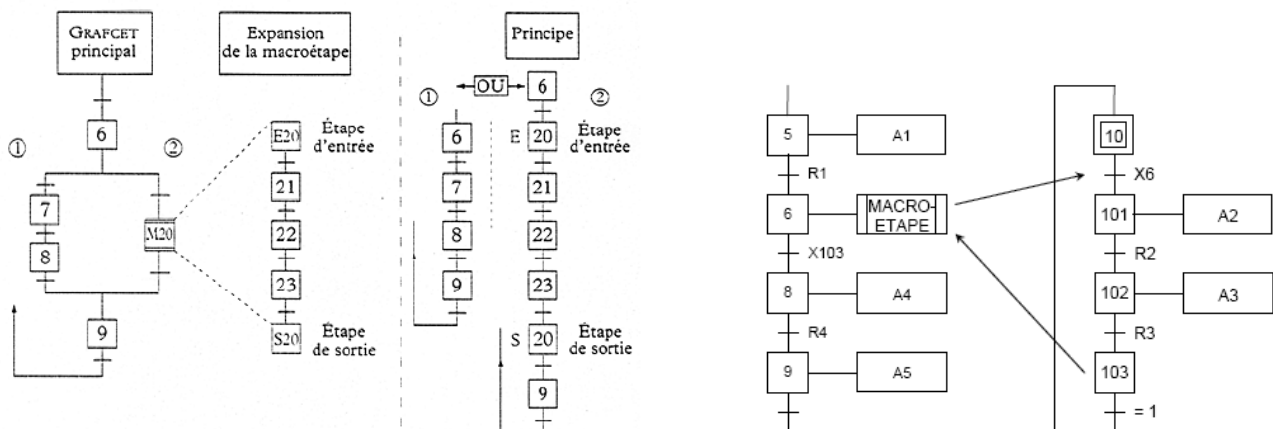
▪ La désactivation d'une étape :

Une action à la désactivation est une action mémorisée liée à la désactivation de l'étape qui lui est liée. La variable booléenne A est affectée à la valeur 1 lorsque l'étape 12 est désactivée.



1.7.3 Macro-étapes

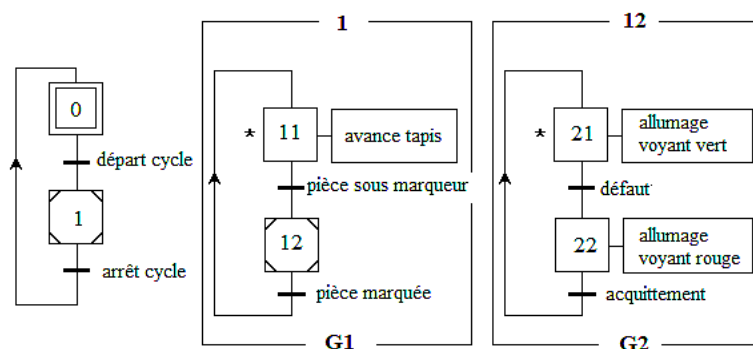
Une **macro-étape** M_i représente par un seul carré un ensemble **unique** d'étapes et de transitions. Cet ensemble est appelé expansion de la macro-étape. Elle commence par une seule étape d'entrée notée E_i et se termine par une seule étape de sortie notée S_i qui constituent les seules connexions structurales avec le Grafset auquel appartient la macro-étape.



1.7.4 Etape encapsulante

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 Grafset.

Exemple



L'astérisque placé à côté de l'étape 11 de l'encapsulation indique l'étape qui sera activée au même instant que l'étape encapsulante 1. Une encapsulation peut contenir une étape encapsulante (l'étape 12 dans l'exemple ci-contre).

Remarque : Une encapsulation peut être désignée par le symbole $X^*/G\#$ ($X1/G1$ pour l'exemple ci-dessus, ce dernier représente la désignation globale).

La désignation élémentaire permet de désigner une suite hiérarchique d'étapes encapsulées les unes dans les autres. $X1/X12/X21$ désigne l'encapsulation de l'étape 21 dans l'étape 12, elle-même encapsulée dans l'étape 1.

Une étape encapsulante peut également être initiale, alors si tel est le cas, une au moins des étapes encapsulées doit aussi être initiale.

1.7.5 Forçage et figeage des étapes

L'ordre de forçage de situation émis par un Grafcet hiérarchiquement supérieur permet de modifier la situation courante d'un Grafcet hiérarchiquement inférieur, sans qu'il y ait franchissement de transition.

L'ordre de forçage est un ordre interne prioritaire sur toutes les conditions d'évolution et a pour effet d'activer la ou les étapes correspondant à la situation forcée et de désactiver les autres étapes du Grafcet forcé.

L'ordre de forçage est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action. Le Grafcet ainsi désigné sera forcé à l'état défini par la liste des étapes actives se trouvant entre accolades. Si plusieurs étapes doivent être actives alors il faut les séparer par le caractère "," (virgule). Si un Grafcet doit être forcé à l'état vide (aucune étape active) alors aucune étape ne doit être précisée entre les deux accolades.

Pour désigner un Grafcet, il suffit de faire référence à une des étapes composant ce Grafcet. La syntaxe est la suivante : "F<Grafcet>:{<liste d'étapes actives>}".

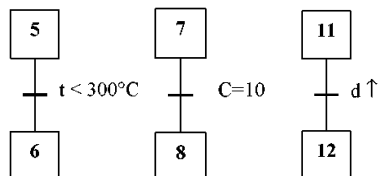
Exemples :

	Forçage d'un Grafcet partiel noté G12 à une situation déterminée. Lorsque l'étape 17 est active, le Grafcet partiel G12 est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 8, 9, 11.
	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. On appelle également cet ordre «figeages».
	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, c'est-à-dire que les étapes du Grafcet partiel forcé sont toutes désactivées; le redémarrage ne pourra être obtenu que par un autre ordre de forçage ou une transition source.
	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.

1.7.6 Complément sur les réceptivités

La réceptivité est une fonction combinatoire d'informations telle que :

- états des capteurs,
- action de bouton poussoir par l'opérateur,
- action d'un temporisateur,
- d'un compteur, état actif ou inactif d'autre étape.
- occurrence d'un évènement (par exemple front montant d'une variable d)



	Pour faire intervenir le temps dans une réceptivité.
	Une réceptivité toujours vraie est écrite : =1
Cas n°1 Cas n°2	Evénement sur front La transition 20 - 21 est franchie lors d'un front montant sur h (cas n°1), ou lors d'un front descendant sur h (cas n°2).