

## 8) Formes particulières des Grafcet :

### 8-a) Transition source

Une transition source est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la transition est toujours validée et est donc franchie dès que la réceptivité associée est vraie. Il est fortement conseillé de n'utiliser que des réceptivités sur front.

### 8-b) Transition puits

Une transition puits est une transition qui ne possède aucune étape aval. Le franchissement de cette transition entraîne uniquement la désactivation de l'étape précédente.

### 8-c) Etape source

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

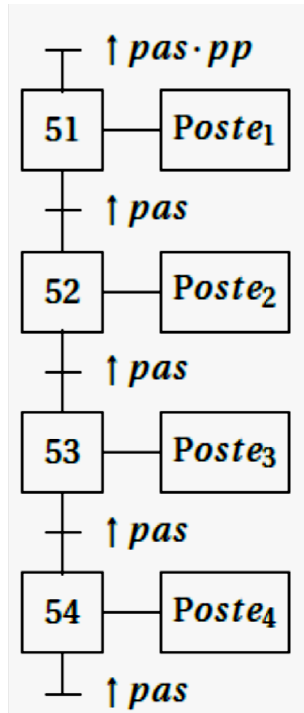
Une étape source ne peut être activée que :

- si c'est une étape initiale (active au début du fonctionnement),
- si elle fait l'objet d'un ordre de forçage,
- si elle est activée par une encapsulation (explication plus loin)

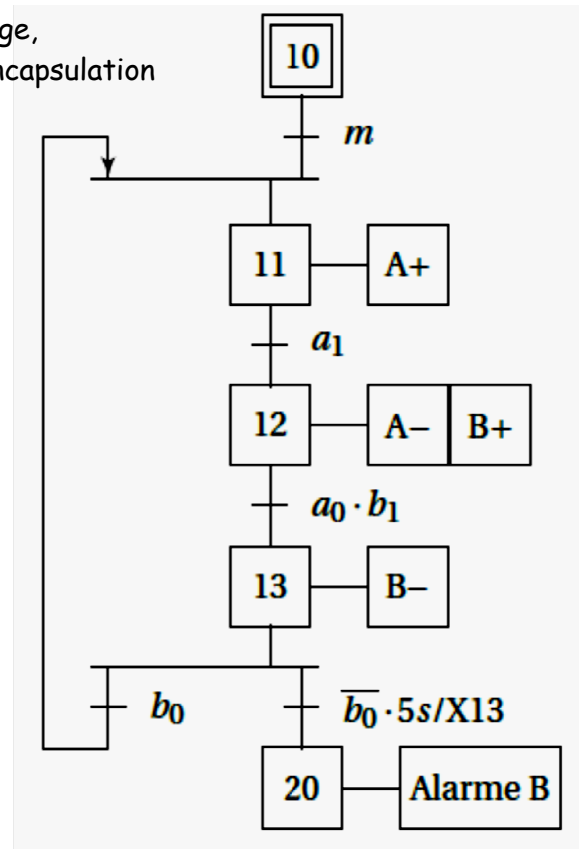
### 8-d) Etape puits

Une étape puits est une étape qui ne possède aucune transition aval. Elle ne peut être désactivée que :

- si elle fait l'objet d'un ordre de forçage,
- si elle est désactivée par la fin de l'encapsulation



Transitions source/puits



Etapes source/puits

### 9) Structuration et hiérarchisation

#### 9-a) Nécessité de la structuration :

Il est souvent nécessaire pour décrire le fonctionnement d'un système automatisé d'en décomposer la description, soit d'un point de vue matériel (chaque sous système physique est décrit par un ou plusieurs Grafquets) soit d'un point de vue fonctionnel (l'automatisme est décrit en tenant compte des relations hiérarchiques -Mode de marches, sécurité, initialisation,. . .) soit en combinant les deux modes.

La norme propose plusieurs outils pour réaliser cette structuration :

- Structuration par synchronisation de Grafcet ;
- Structuration par macro-étapes ;
- Structuration par forçage ;
- Structuration par encapsulation.

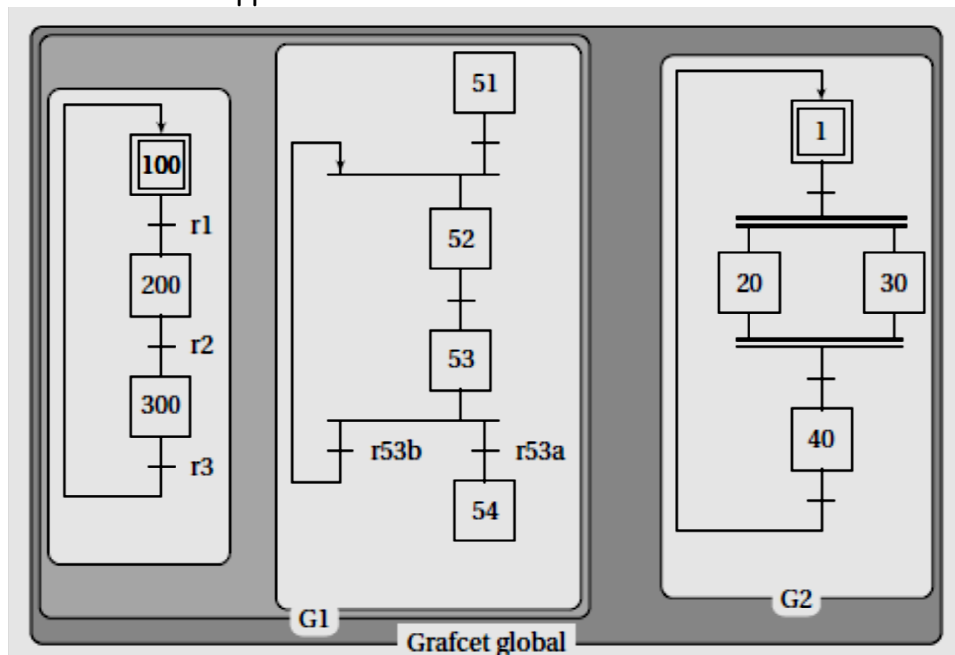
#### 9-b) Structuration par synchronisation de grafquets

##### ➤ Grafquets global, connexe et partiel :

Un Grafcet connexe est tel qu'il existe toujours une suite de liens (alternance étape/transitions) entre deux éléments quelconque de ce Grafcet.

Un Grafcet partiel est constitué d'un ou plusieurs Grafquets connexes regroupés selon un critère de structuration.

Le Grafcet global est constitué de l'ensemble des Grafquets partiels qui décrivent le fonctionnement de l'application



Le Grafcet global est constitué de deux Grafquets partiels G1 et G2.

Le Grafcet G1 est constitué de deux Grafquets connexes.

### ➤ Désignation des grafquets

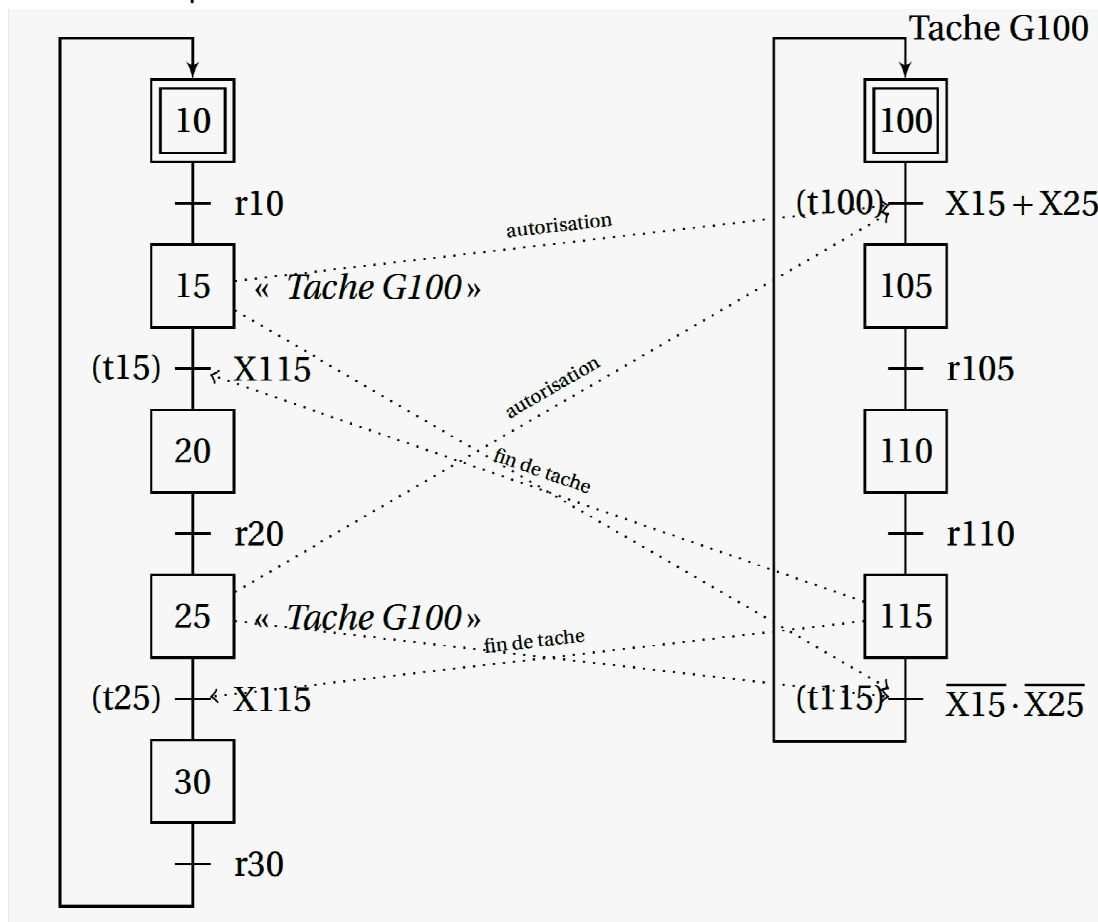
Les notations suivantes permettent de désigner dans un Grafquet les différents éléments de celui-ci :

- $X_{\#\#}$  : la notation  $X_{\#\#}$  (en remplaçant  $\#\#$  par le numéro de l'étape) permet de désigner l'étape numéro  $\#\#$ . Si l'étape est active, alors  $X_{\#\#} = 1$  (vrai) sinon  $X_{\#\#} = 0$  (faux).
- $G_{\#\#}$  : la notation  $G_{\#\#}$  (en remplaçant  $\#\#$  par le nom du Grafquet) permet de désigner le Grafquet partiel  $G_{\#\#}$ .
- $XG_{\#\#}$  : la notation  $XG_{\#\#}$  représente la variable associée à l'état du Grafquet partiel  $G_{\#\#}$ . Si une des étapes du Grafquet partiel est active alors  $XG_{\#\#} = 1$  (vrai) sinon  $XG_{\#\#} = 0$ .

### ➤ Structuration et synchronisation des grafquets connexes

La tâche décrite par le Grafquet  $G_{100}$  est autorisée par l'étape 15 ou l'étape 25 (la réceptivité associée à la transition (100) est vraie si l'étape 15 ou 25 est active). La tâche se déroule jusqu'à l'étape de fin 115. L'activation de cette étape permet le franchissement de la transition (15) ou (25).

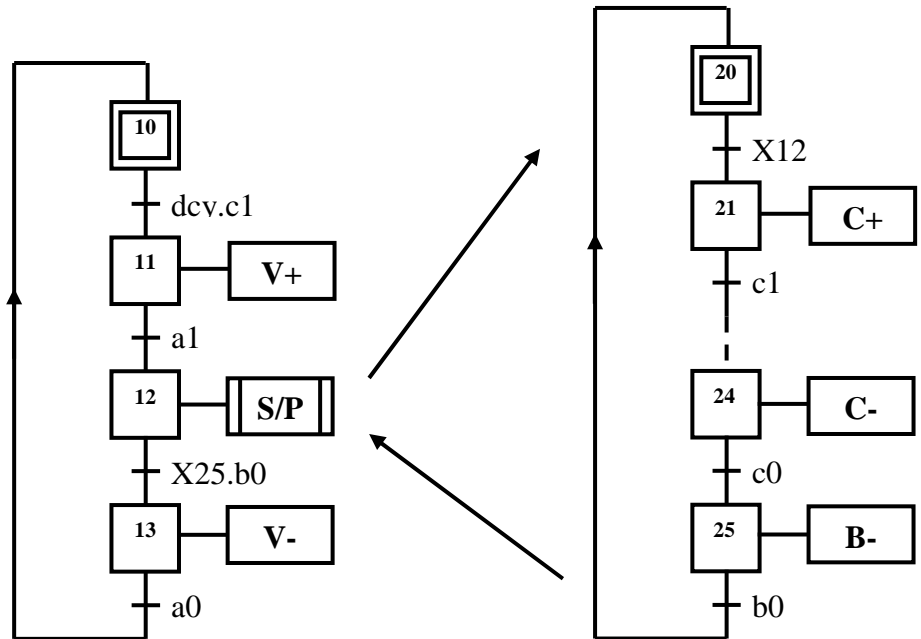
On constate dans cet exemple qu'une même tâche décrite par un Grafquet partiel synchronisé peut être appelé plusieurs fois, cela n'est pas le cas de la description par macro-étapes.



### 9-c) Structuration en Sous-grafcet :

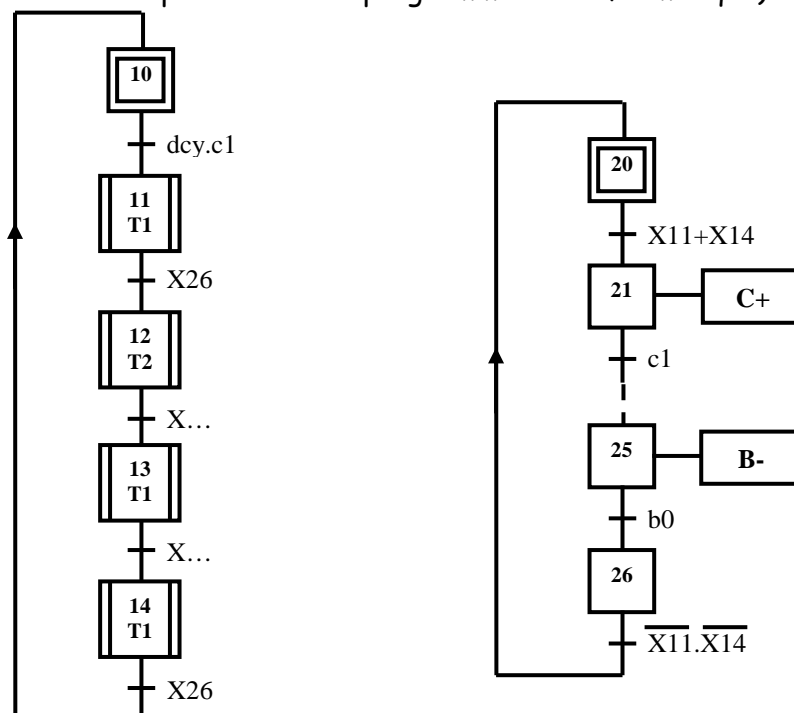
Dans les automatismes séquentiels, il est fréquent de rencontrer des séquences répétitives dans le même cycle. Une séquence répétitive peut être représentée par un sous-Grafcet ou Grafcet sous-programme. Cette notion est empruntée au langage informatique.

Un grafcet sous-programme est écrit sous la forme d'un Grafcet indépendant, connecté au Grafcet principal.



### 9-d) Structuration en Grafcet de tâches :

Les tâches ont pour but de simplifier et de faciliter la description de systèmes complexes en allégeant le graphisme d'un Grafcet et en détaillant séparément certaines parties. (à rapprocher des procédures en programmation Informatique)



#### 9-e) Structuration par macro-étapes

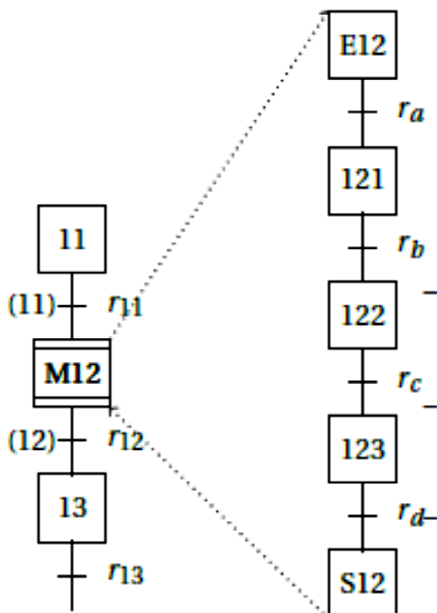
Les macro-étapes permettent de structurer la description du fonctionnement ; à chaque macro-étape correspond une expansion unique.

Expansion de la macro-étape : L'expansion d'une macro-étape MXX est une partie de Grafcet munie d'une étape d'entrée EXX et d'une étape de sortie SXX. L'étape d'entrée EXX devient active lorsque l'une des transitions amont de la macro-étape est franchie. La ou les transitions avalées de la macro-étape ne sont validées que lorsque l'étape de sortie SXX est active.

L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales.  
L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes.

Il est préférable de ne pas associer d'actions aux étapes d'entrées et de sortie de la macro-étape. Le concept de macro-étape est à différencier de celui de sous-programme, une macro-étape est une extension du concept d'étape. À chaque macro-étape correspond une expansion et réciproquement, si plusieurs cycles identiques sont à représenter, autant de macros et d'expansions seront nécessaires.

Le concept de macro-étape se prête aisément à l'analyse descendante du système, en permettant une description progressive du général au particulier.



Macro étape

- Le franchissement de la transition 11 active l'étape d'entrée E12 de l'expansion de la macro-étape M12.
- La transition 12 ne sera validée que lorsque l'étape de sortie S12 de l'expansion de la macro-étape M12 sera active.
- Le franchissement de la transition 12 entraîne la Désactivation de l'étape de sortie E12 de l'expansion.

9-f) Structuration par forçage :

La structuration par forçage permet d'imposer une situation spécifique aux différents Grafquets partiels qui décrivent le système automatisé. Ce mode de structuration est à privilégier pour décrire les modes de fonctionnement relatif à la sécurité et au choix des modes de marches.

L'ordre de forçage est représenté par un double rectangle associé à l'étape. C'est un ordre interne dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution.

Le Grafquet forcé ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le Grafquet est figé.

L'utilisation du forçage ne se conçoit que lors d'une structuration hiérarchique des Grafquets. Le Grafquet forçant doit être de niveau hiérarchique supérieur au Grafquet forcé.

Forçage dans une situation déterminée :

L'activation de l'étape 41 force de Grafquet partiel G12 dans la situation caractérisée par l'activation des étapes 8, 9 et 11, toutes les autres étapes sont désactivées et l'évolution est bloquée jusqu'à la disparition de l'ordre de forçage.

Forçage dans la situation courante :

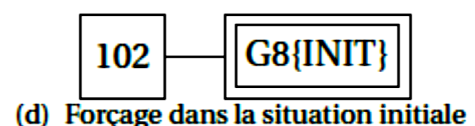
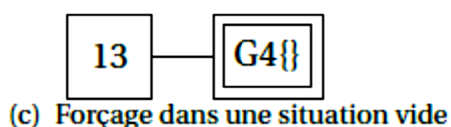
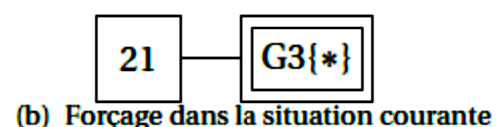
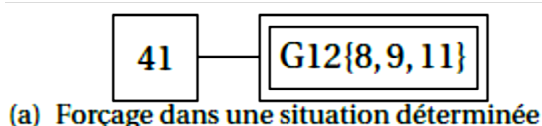
L'activation de l'étape 21 force le Grafquet partiel G3 dans la situation courante, c'est-à-dire que les étapes actives à l'instant du forçage restent actives, l'évolution est bloquée dans cette situation. On nomme cet ordre « figeage ».

Forçage dans une situation vide :

L'activation de l'étape 13 force de Grafquet partiel G4 dans la situation vide, c'est-à-dire que les étapes actives à l'instant du forçage sont désactivées. Le Grafquet ne comporte plus aucune étape active, il sera nécessaire lors du redémarrage de forcer l'activité d'une étape.

Forçage dans la situation initiale :

L'activation de l'étape 102 force le Grafquet partiel G8 dans la situation initiale, c'est-à-dire que toutes les étapes initiales du Grafquet partiel G8 sont activées.



9-g) Structuration par encapsulation :

L'encapsulation est un nouvel outil permettant la structuration des systèmes automatisés complexes complémentaire aux outils précédents (macro-étape, synchronisation de Grafjets connexes, forçage).

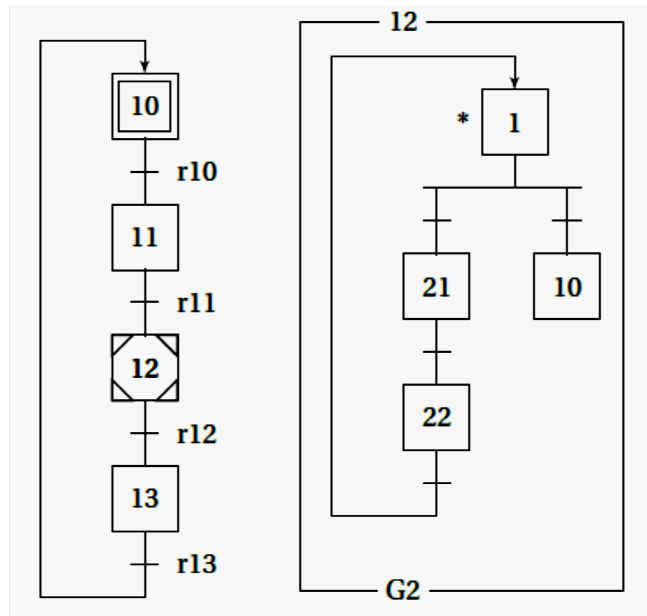
L'encapsulation associe un ensemble d'étapes (un Grafjet) dites encapsulées à une étape encapsulante.



(a) Étape Encapsulante



(b) Étape Encapsulante Initiale



- L'activation de l'étape encapsulante du Grafjet hiérarchiquement supérieur implique l'activation dans le Grafjet encapsulé de la ou des étapes possédant un lien d'activation (représenté par un astérisque à gauche de l'étape).
- La désactivation de l'étape encapsulante entraîne la désactivation de toutes les étapes du Grafjet encapsulé.

Le Grafjet encapsulé est représenté dans un cadre reprenant en haut le numéro de l'étape encapsulante et en bas le nom du graphe encapsulé . Chaque Grafjet encapsulé ne dépend que d'une et une seule étape encapsulante mais plusieurs Grafjets encapsulés peuvent être associés à la même étape encapsulante.

On distingue aussi la notion d'étape encapsulante initiale, une étape encapsulante est initiale lorsque le Grafjet encapsulé possède une étape initiale.

Désignation d'une étape d'un Grafjet encapsulé :

Un Grafjet encapsulé est désigné par  $X_{**}/G_{\#\#}$  ou  $X_{**}$  désigne l'étape encapsulante et  $G_{\#\#}$  le grafjet encapsulé (on peut, s'il n'y a pas d'ambiguïté désigner directement le Grafjet par  $G_{\#\#}$ ).

Une étape d'un Grafjet encapsulé est désigné par  $X_{**}/X_{\#\#}$  avec  $X_{**}$  la désignation de l'étape encapsulante et  $X_{\#\#}$  celle de l'étape encapsulée, s'il n'y a pas ambiguïté on peut directement la nommer  $X_{\#\#}$ .