



II - GRAFCET ET NORMALISATION - APPLICATION AU TSX37

1- Le Grafcet - Outil de modélisation

a- Description du cahier des charges

-Rappel de quelques définitions-:
Le Grafcet est un outil de modélisation des systèmes automatisés.

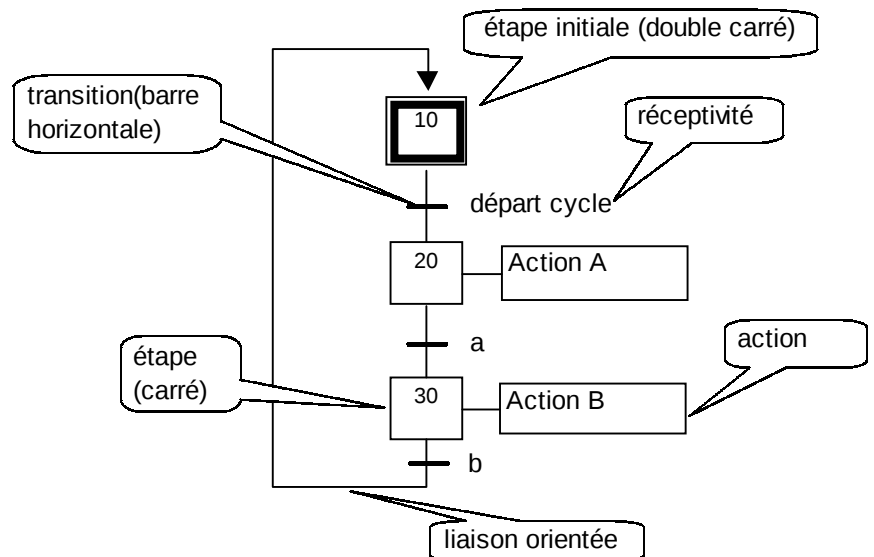
Il utilise un vocabulaire normalisé illustré par une succession d'étapes et de transitions.

Une étape (Xi) représente un état particulier du système à un moment donné de son cycle de fonctionnement.

Une ou plusieurs actions élémentaires peuvent être associées à une étape.

Une transition permet l'évolution du grafcet de l'étape précédente à l'étape suivante..

A chaque transition est associée une expression logique appelée réceptivité.



b- Niveaux de précision du grafcet

Le grafcet permet de représenter le fonctionnement d'un système automatisé et doit pouvoir être exploité par toutes les parties intervenant dans l'élaboration du projet:

- client
- concepteur de la partie opérative
- concepteur de la partie commande
- programmeur de l'API

Afin de permettre une bonne compréhension du fonctionnement souhaité du système, le grafcet peut être utilisé sous une forme différente lors de chaque étape de conception et de description:

- Entre le client et le concepteur de la partie opérative : **Grafcet du point de vue "Système"**
C'est le point de vue d'un observateur extérieur au système. (fig. 1-1 et 1-2)

La description porte sur l'évolution de la valeur ajoutée aux matières d'oeuvre, c'est à dire au procédé.

- Au moment de la conception de la partie opérative : **Grafcet du point de vue "Partie Opérative"**

La description porte sur le fonctionnement de la partie opérative, des effecteurs et des actionneurs. (fig. 1-3)

- Au moment du choix des éléments de la partie commande, du type des capteurs et pré-actionneurs : **Grafcet du point de vue "Partie Commande"** (fig. 1-4)

- Au moment de la programmation de l'API : **Grafcet du point de vue "Automate"**

A ce niveau, est défini le type d'automate, et le câblage des entrées/sorties (fig. 1-5)



Les Différents niveaux de points de vues d'un S.A.P.

Exemple : Unité de poinçonnage :

Cahier des charges : poinçonnage automatique d'une pièce détectée en position puis amenage de la pièce suivante: Schéma initial la partie opérative.

a-Grafcet du point de vue «système»:

fig. 1-1

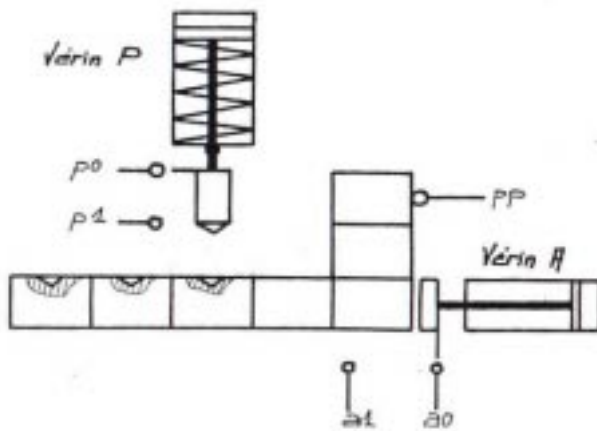
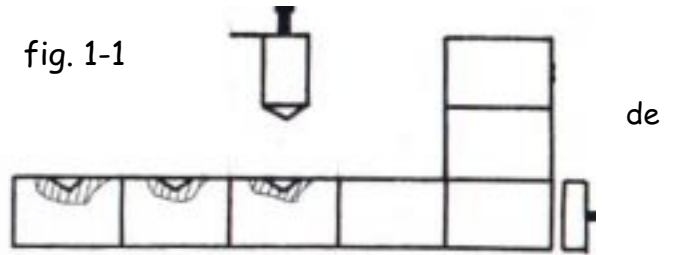
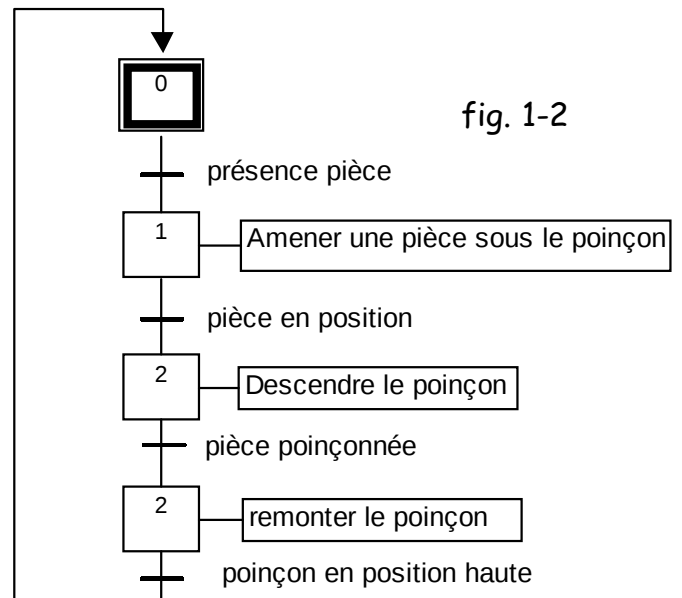
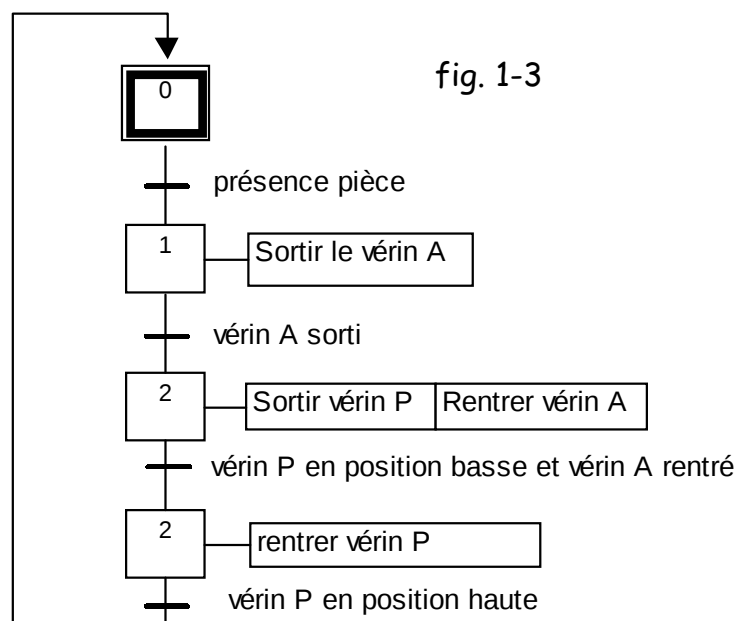


fig. 1-2



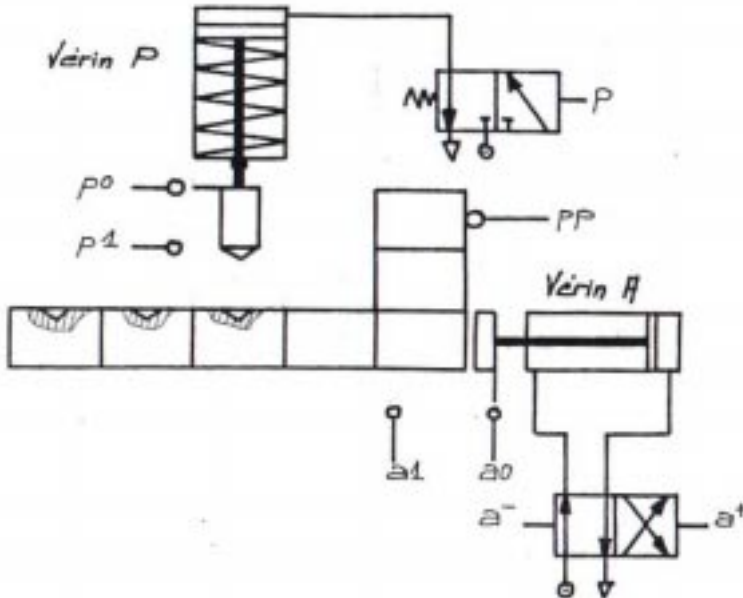
b-Grafcet du point de vue «partie opérative»:

fig. 1-3



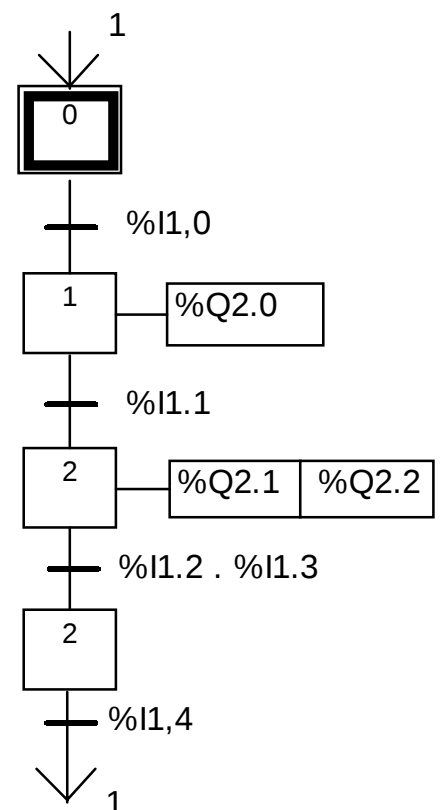
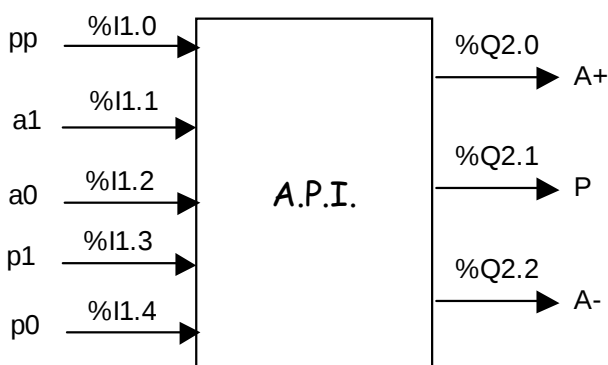
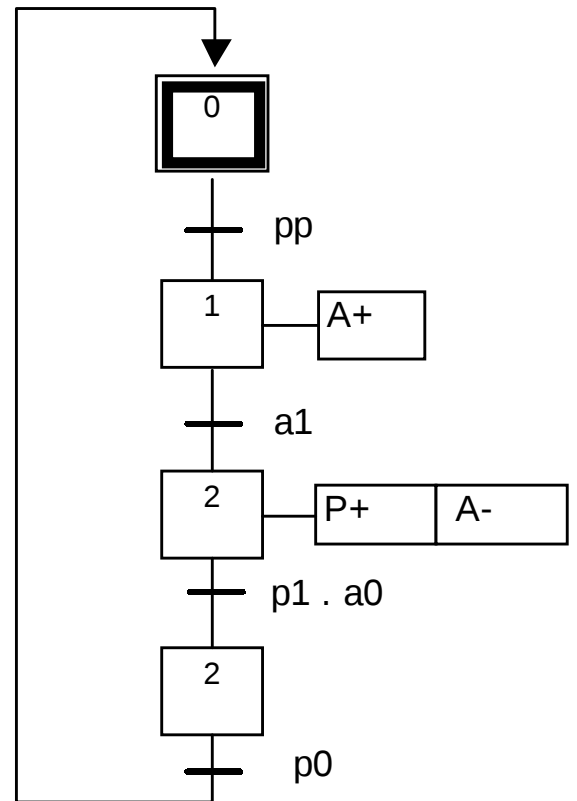


c- Grafcet du point de vue «partie commande»



d- Grafcet du point de vue «automate»

fig. 1-5





2- Règles de représentation et d'évolution

a- Les étapes et les actions associées

a-1- Représentations des étapes:

Une étape représente un état particulier du système.

Elle correspond à une situation dans laquelle le comportement de la PC ne varie pas vis-à-vis de ses entrées et de ses sorties.

Une étape se représente par un carré repéré numériquement.

La partie inférieure peut recevoir, si besoin est, une étiquette d'identification ou un autre repère.

Les étapes sont reliées entre elles par des liaisons orientées qui définissent l'ordre d'activation des étapes.

L'évolution générale se fait du haut vers le bas.

Lorsque plusieurs liaisons orientées arrivent ou partent de l'étape, elles se regroupent en amont (haut) ou en aval (bas) de l'étape.

A un instant donné et suivant l'évolution du système, une étape est soit active, soit inactive.

A cet instant, la situation du système automatisé est entièrement définie par l'ensemble des étapes actives. $S=(n,m,p,...)$ où n,m,p sont les étapes actives à l'instant considéré.

A des fins d'explication, il est commode de mentionner les étapes actives à un instant donné en plaçant un point dans la partie inférieure du symbole représentant l'étape.

Afin de définir parfaitement la situation du système lors de sa mise en marche, certaines étapes sont initialement activées. Elles sont nommées "étapes initiales" et sont représentées par un double cadre.

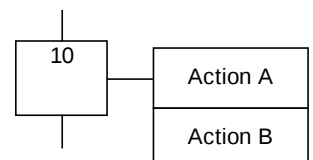
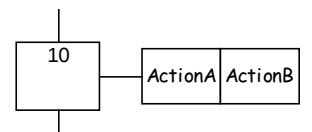
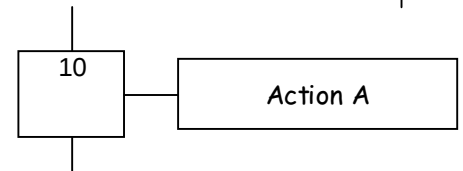
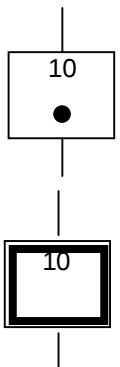
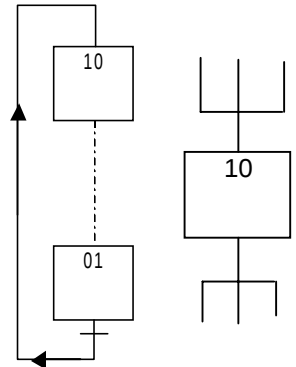
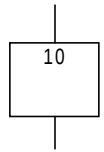
Un grafcet peut comporter plusieurs étapes initiales.

a-2- Les actions associées aux étapes.

Une ou plusieurs actions élémentaires peuvent être associées à une étape. Ces actions ne seront exécutées que lorsque l'étape correspondante est active.

Elles sont décrites de façon littérale (point de vue système ou Partie Opérative) ou symbolique (point de vue commande ou automate)

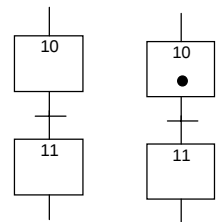
Une même action peut être associée à plusieurs étapes et une étape peut produire aucune, une ou plusieurs actions.





Ces actions peuvent être de plusieurs types:

- **action continue** : Action produite tant que l'étape associée est active
- **action conditionnelle** (type C - Conditionnelle): Action produite tant que l'étape est active et que la condition est vraie.
- **action impulsionnelle** (type P - Ponctuelle): Action d'une durée naturellement limitée
- **action mémorisée** (Type S - Set ou Type R - Reset): Action est produite dès l'activation d'une première étape jusqu'au moment où une deuxième étape est activée.
- **action retardée** (Type D - Délai): Action produite après un certain délai suite à l'activation de l'étape associée et puis tant que l'étape est active.
- **action à durée limitée** (Type L - Limitée): Action d'une durée volontairement limitée .



b- Les transitions et les réceptivités associées

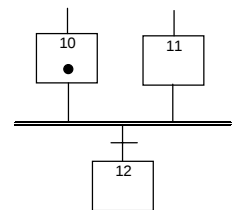
Une transition indique la possibilité d'évolution entre les étapes.

Cette évolution se traduit par le franchissement de la transition.

Une transition est soit validée , soit non validée.

Une transition est validée lorsque toutes les étapes immédiatement précédentes sont actives.

Lorsque plusieurs étapes sont reliées à la même transition , les liaisons orientées correspondant à ces étapes sont regroupées en amont et en aval sur deux traits parallèles horizontaux.

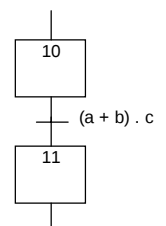


On associe à chaque transition une condition logique appelée **réceptivité**.

La réceptivité écrite sous forme de proposition logique est une fonction combinatoire d'informations logiques.

La transition se présente par une barre . Avec à coté du symbole représentant la transition , la réceptivité associée.

Une réceptivité toujours vraie est écrite : =1



Ces réceptivités peuvent être de plusieurs types:

- réceptivité résultant d'une combinaison de conditions
- Réceptivité toujours vraie
- Réceptivité résultant d'un événement (front)
- Réceptivité résultant d'une condition interne
- Réceptivité résultant d'une durée
- Réceptivité résultant d'un comptage
- Réceptivité résultant d'une valeur analogique



Les différents types d'actions associées aux étapes				
types d'action	Norme NF	Norme CEI	Principe	Chronogramme
Action continu			L'exécution de l'action se poursuit tant que l'étape à laquelle elle est associée reste active.	
Action Conditionnelle			L'exécution de l'action ne devient effective que lorsque l'étape associée devient active et que la condition associée à cette action est vrai.	
Action Impulsionnelle			Action associée à un événement dont la durée est naturellement limitée mais considérée comme suffisante pour pouvoir assurer l'action en question.	
Action mémorisée			Actions dont l'effet doit se poursuivre durant l'activité de plusieurs étapes consécutives.	
Action retardée			L'action A sera exécutée après un délai suite à l'activation de l'étape associée puis ensuite tant que cette étape est active	
Action à durée limitée			L'action A sera exécutée pendant une certaine durée suite à l'activation de l'étape associée	



Les différents types de réceptivités associées aux transitions

Réceptivités	Norme NF	Principe	Chronogramme
Réceptivité résultant d'une combinaison de conditions		La réceptivité est vérifiée lorsque l'expression logique est vraie	
Réceptivité toujours vrai		La réceptivité est toujours vérifiée	
réceptivité résultant d'un événement		La réceptivité est vérifiée lorsque la variable a passe de l'état 0 à l'état 1	
réceptivité résultant d'une condition interne		La réceptivité sera vérifiée lorsque l'étape 11 sera active	
réceptivité résultant d'une durée		La réceptivité est vérifiée 2 secondes après l'activation de l'étape 20. La représentation de l'opérateur de temporisation n'est pas nécessaire (2ème notation)	
réceptivité résultant d'un comptage		L'ordre d'incrémement est donné par le front de la condition e. Lorsque la variable de comptage atteint la valeur désirée, l'étape suivante assure l'initialisation de la variable	
réceptivité résultant d'une valeur analogique.		La condition assure le départ de l'acquisition lorsque l'étape 20 est active.	



c-Règles d'évolution

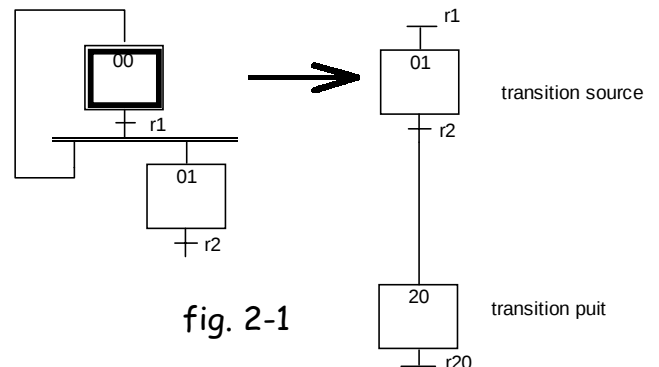
Règle 1 : Etapes initiales.

Les étapes activées à la mise sous tension de la PC sont appelées "Etapes Initiales"

Nota : Une étape initiale toujours active peut être supprimé et remplacé par une transition source. (peut s'avérer utile dans le cas d'activation de séquences indépendantes)

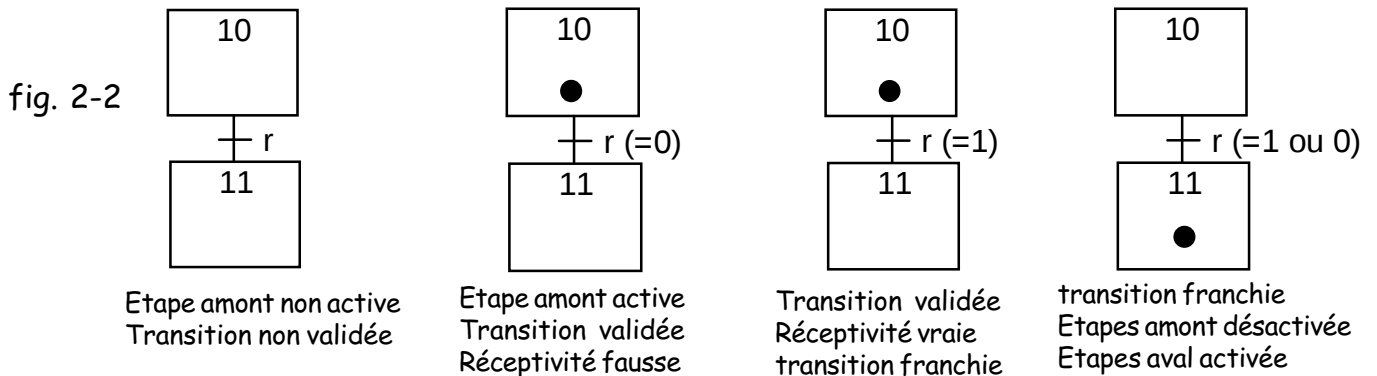
Une transition source est une transition toujours validée.

De même une transition non suivie d'étape est une transition puit. (correspondant à une désactivation de la partie commande)



Règle 2 : Franchissement d'une transition.

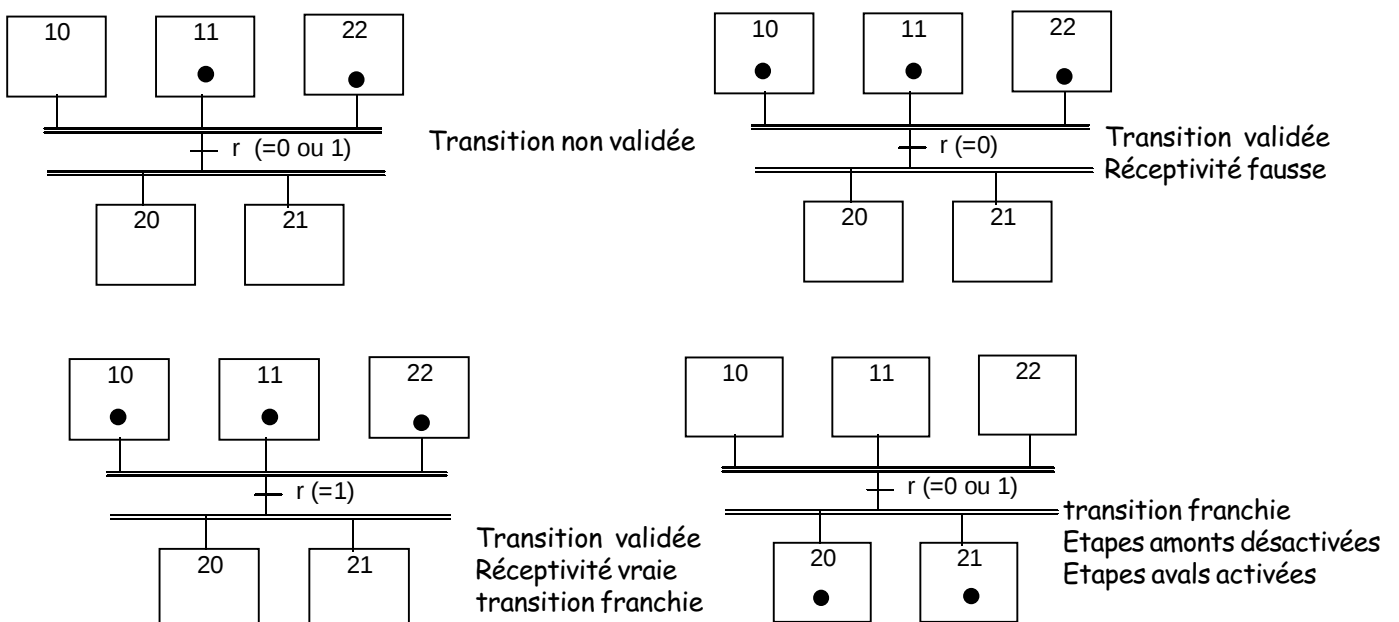
Une transition sera franchie lorsqu'elle aura été validée et que la réceptivité qui lui est associée sera vraie.



Règle 3 : Evolution du Grafcet

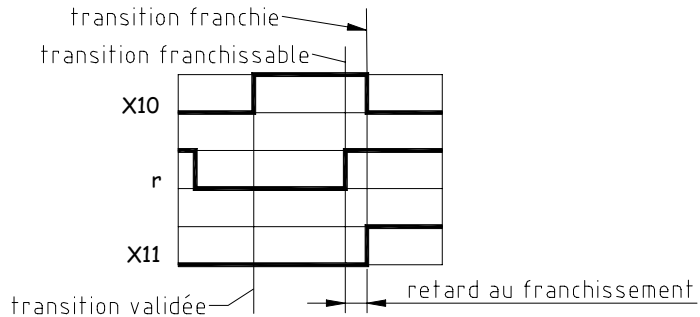
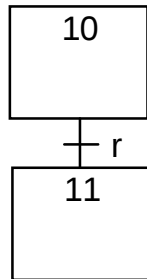
Le franchissement d'une transition entraîne l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes et la désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes.

Nota : La durée de franchissement peut être considérée aussi petite que l'on veut mais non nulle.



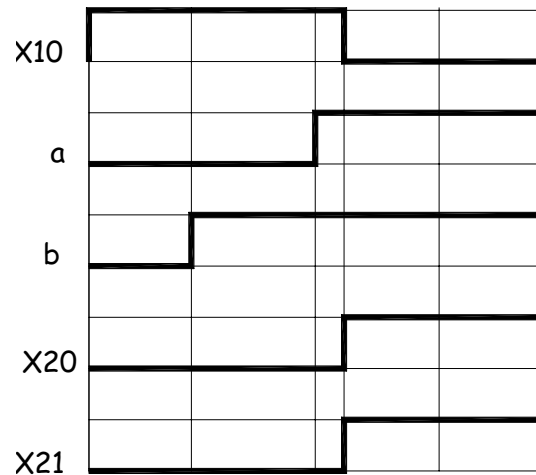
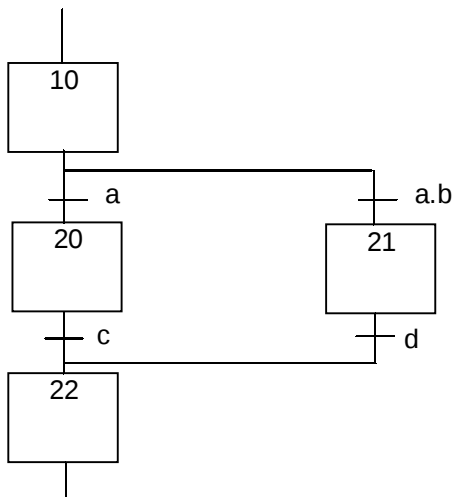


Nota de la Règle N° 3 : Délai de franchissement des étapes.



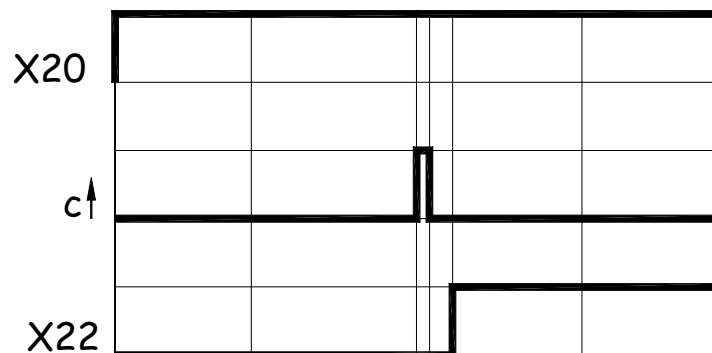
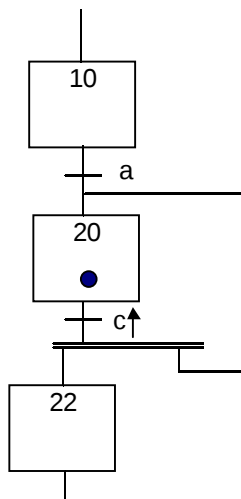
Règle 4 : Evolutions simultanées.

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.



Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étale:

Une même étale qui au cours de l'évolution du grafcet doit être simultanément activée et désactivée, reste inactive. Exercice d'application pages 10 et 11





Exercice d'application :

L'étude porte sur le cycle qui permet au point P d'effectuer les mouvements nécessaires à l'usinage ci-dessous lorsqu'un opérateur appuie sur DCy:

L'outil se déplace en ligne droite de A en B

- Puis de B en C
- Puis de C en A

La dernière trajectoire n'est pas connue à priori. selon les vitesses de déplacement d'une part et les longueurs des courses d'autre part, le point P peut passer aussi-bien :

- Par D1 (le déplacement suivant X prend fin avant le déplacement suivant Y)
- Par D2 (le déplacement suivant Y prend fin avant le déplacement suivant X)

Le grafcet doit prendre en compte cette incertitude et permettre un fonctionnement correct quel que soient les vitesses et les courses suivant les deux axes.

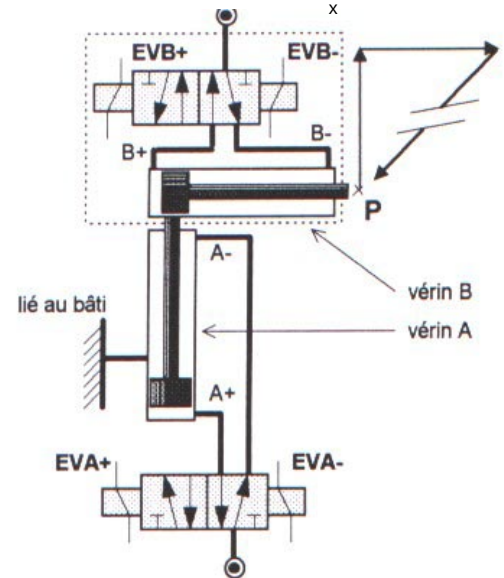
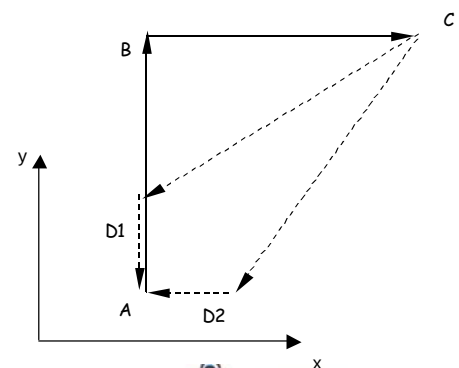
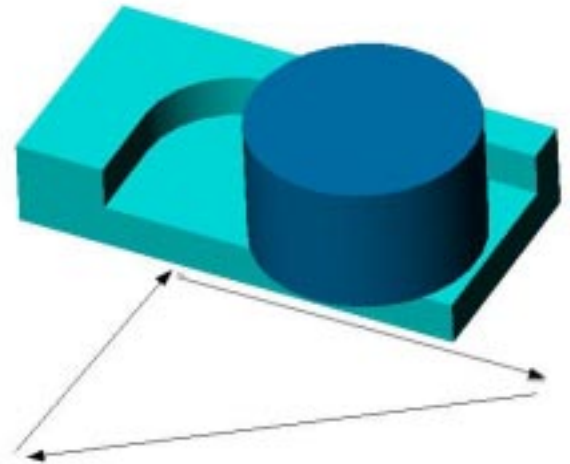
La technologie est de type électro-pneumatique : distributeurs bistables à commande électrique et vérins à double effet.

Question 1 : Réaliser le Grafcet décrivant le fonctionnement du point de vue de la partie commande.

Analyser d'une manière très précise les enchaînements des événements du point de vue des éléments de la chaîne fonctionnelle.

Pour cela, compléter le tableau et le chronogramme suivants en supposant que la trajectoire de retour passe par D1:

Question 2 : Quelles sont les relations entre la distribution de l'air dans les vérins et la présence de tension dans les électrovannes.



Réceptivités	Étapes		Electrovannes	tiroirs distributeurs	Vérins
		X0=1			
Dcy	X0=0	X1=1			
a1	X1=0	X2=1			
b1					
a0 + b0	X2=0	X3=1			
a0.b0	X3=0	X0=1			

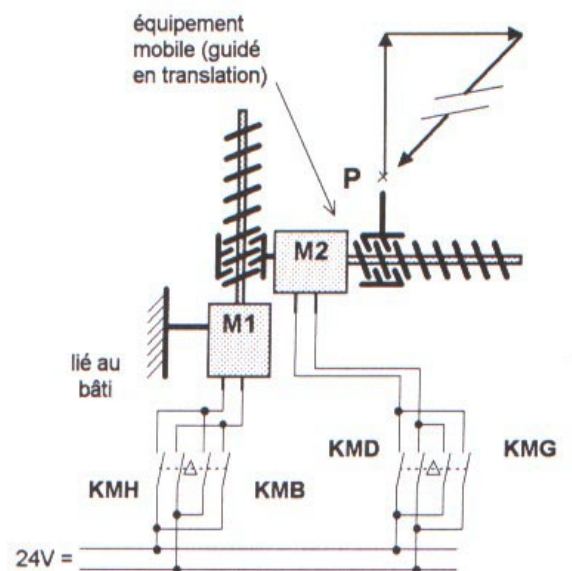


a 0					
a 1					
b 0					
b 1					
Situation du Grafcet	X 0	X 1	X 2	X 3	X 0
E V A -					
E V A +					
E V B -					
E V B +					
dist. A A -					
A +					
dist. B B -					
B +					
A -					
A +					
pression B -					
B +					

Question 3 : On envisage de réaliser le même cycle par une technologie électrique .
Ecrire le Grafcet correspondant du point de vue de la partie commande et justifier la raison pour laquelle ce grafcet est différent du précédent.

Question 4 : tracer le chronogramme afin de mettre en évidence la correspondance entre la présence de tension aux contacteurs et la rotation des moteurs.

Question 5 : Proposer deux autres écritures de ce grafcet en technologie électrique.



Fins de course : h, b (moteur M1) et d,g (moteur M2)

b					
h					
g					
d					
Situation du Grafcet	X 0	X 1	X 2		X 0
K M B					
K M H					
K M G					
K M D					
M 1 -					
M 1 +					
tension M 2 -					
M 2 +					



d- Rappel sur les Structures de base :

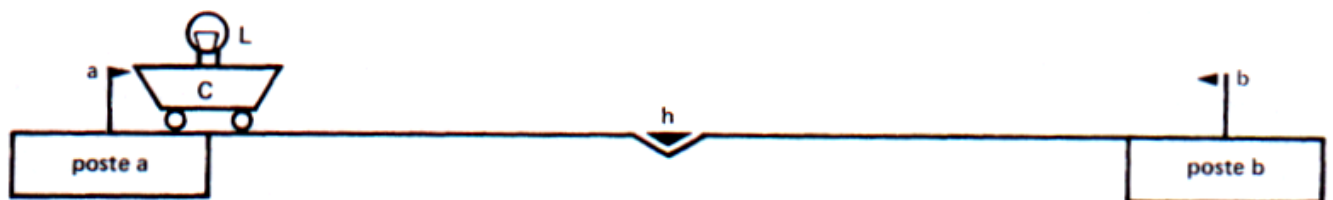
Tableau page 13 : et exercices d'application ci-dessous :

Exercice d'application N° 2 : Chariot entre deux postes.

Un chariot C (commandé par un automate défini par ailleurs) effectue des aller et retour entre deux postes a et b repérés par des contacts de fin de course de mêmes noms.

On place un contact intermédiaire h sur son trajet entre a et b et on désire qu'un automate allume une lampe L placée sur le chariot au moment où celui-ci se dirige vers h.

La lampe s'éteint lorsque h est atteint mais ne peut se rallumer que si la traversée a été effectuée.

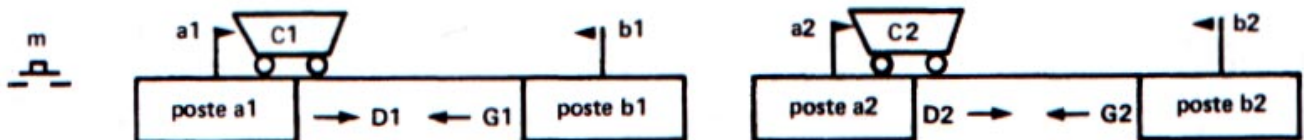


Exercice d'application N° 3 : synchronisation entre deux chariots

On considère deux chariots C1 et C2 commandés indépendamment par les moteurs à 2 sens de marche gauche (G1 pour C1 et G2 pour C2) et droite (D1 pour C1 et D2 pour C2).

Chacun de ces chariots peut se déplacer entre deux postes de travail (a1 et b1 pour C1, a2 et b2 pour C2) repérés par des contacts de fin de course de même noms.

Par action sur un bouton poussoir m, les deux chariots s'ils sont tous deux au repos (en a1 pour C1, a2 pour C2) effectuent simultanément un aller et retour.





Les différents structures de base

Structures	Représentations	Principes
Séquence Unique		Suite d'étapes alignés activées les une après les autres. Peut correspondre à un grafcet complet soit à une branche de grafcet.
Séquences Simultanées à parallélisme structural		Le franchissement de la transition r1 conduit à activer les étapes 2 et 4 simultanément. Les deux séquences auront des évolutions simultanées et indépendantes. Les deux séquences sont terminées par des étapes sans action a
séquences simultanées à parallélisme interprété		Dans le cas où deux séquences sont sélectionnées par des réceptivités non exclusives ($r2.r4 \neq 0$), trois cas peuvent se produire, soit les deux réceptivités sont vraies simultanément : séquences simultanées, soit elles sont incompatibles : séquences e
Sélections de séquences exclusives		Une seule des séquences peut être exécutée après l'activation de l'étape amont. Les réceptivités r2 et r4 peuvent être exclusives pour des raisons logiques (a et a/) ou pour des raisons technologiques (capteurs a1 et a0)
Saut d'étape		Permet de sauter une séquence d'étapes lorsque la réceptivité (r7) est vérifiée.
Reprise de séquence		Cette structure permet de répéter une séquence d'une ou plusieurs étapes tant que la réceptivité (r3) est vérifiée.



3- Traduction d'un Grafcet au niveau Automate

Sur certains automates, la transcription du grafcet dans le langage de l'automate est laissée à l'initiative de l'utilisateur.

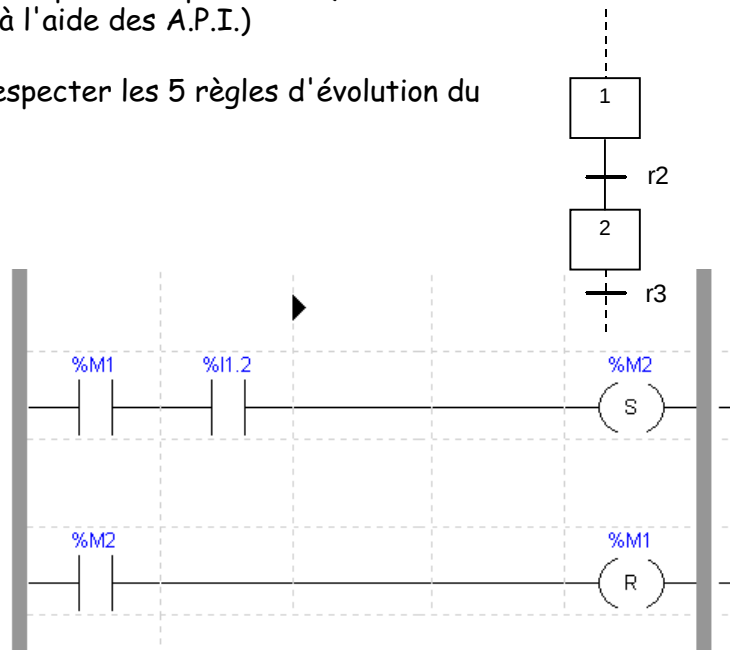
Les différents états des étapes successives sont matérialisés par des bits mémoires forcés à 1 ou 0 en fonction de l'état actif ou inactif de l'étape correspondante. (voir cours sur la matérialisation des concepts du Grafcet à l'aide des A.P.I.)

dans tous les cas, l'algorithme de base doit respecter les 5 règles d'évolution du grafcet:

- Si étape précédente active : $M_{i-1} = 1$
ET si réceptivité vraie : $r_i = 1$
Alors Activer l'étape suivante 1 -> M_i
Alors Désactiver l'étape précédente
0 -> M_{i-1}

Les possibilités de matérialisation sont multiples :

- Fonction mémoire. (fig 3-1)
- Langage Informatique
- Registres pas à pas.
- Calcul sur mots
- Langage Grafcet littéral.
- Langage Grafcet graphique.

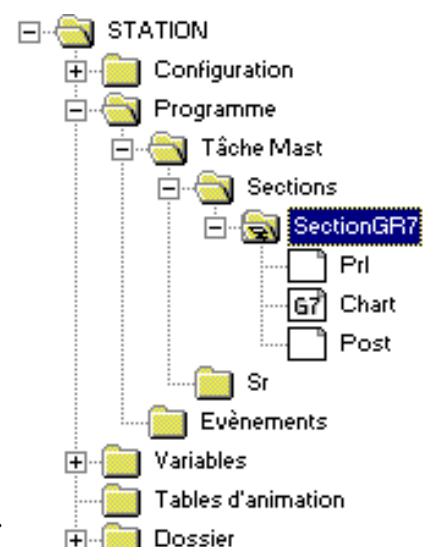


Dans le cas des automates de type TSX de Schneider et de certains autres constructeurs d'API (C100 de CEGELEC, FPC de FESTO, et 5000 d'APRIL) le grafcet peut être directement matérialisé à l'aide d'un langage graphique de type SFC (Diagramme fonctionnel en séquence).

a- Structure générale d'un programme sur TSX (fonctionnement monotâche)

Un programme d'une application grafcet monotâche (une tâche maître : MAST) est structuré en 3 parties :

- Un traitement préliminaire (PRL) : Permet de traiter les initialisations, les reprises après coupure secteur, les défaillances, les changements de modes de marche (Init : %S21, RAZ : %S22, Figeage de situation : %S23 ...) et possibilité du regroupement des traitements logiques complexes.
- Un traitement séquentiel de type Grafcet (CHART) : Permet de définir de manière graphique les règles d'évolution entre les étapes (%Xi) et les réceptivités associées (%In.m) aux transitions correspondantes
- Un traitement postérieur : Exécuté après le Grafcet permet de mettre à jour les sorties (%Qn.m) en fonction des étapes actives.





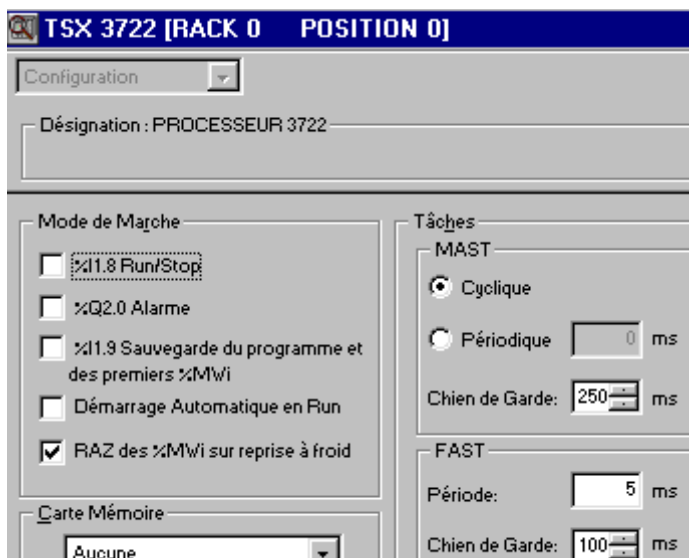
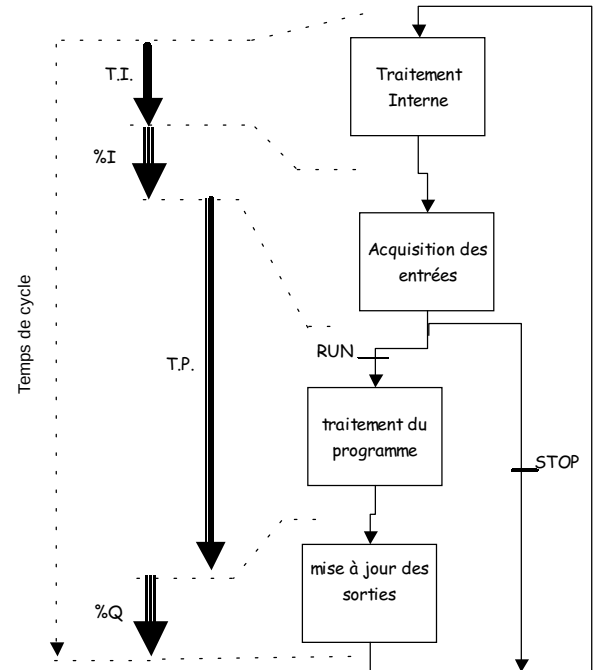
Un cycle normal de fonctionnement de l'automate correspond à l'exécution de ces étapes successives. (fig. 3-3)

Si l'automate est en mode "STOP", seuls le traitement des données et l'acquisition des entrées sont effectuées.

La durée du cycle est le temps nécessaire pour le réaliser. Le mot système %SW30 permet de connaître la durée du dernier cycle exécuté.

En cas de dysfonctionnement, un chien de garde vérifie que cette durée ne dépasse pas une valeur limite définie préalablement (250 ms par défaut) (fig. 3-4).

Le bit interne %S11 prend la valeur 1 en cas de dépassement.



b- Partie traitement préliminaire

Exécutée systématiquement avant le traitement séquentiel et postérieur, elle permet de traiter les initialisations et forçage de situation et les équations logiques d'entrée.

Pour mémoire :

%S21 : Initialisation du grafcet

- Désactivation des étapes actives
- Activation des étapes initiales

%S22 : Remise à zéro du Grafcet

- Désactivation des étapes actives.
- Prévoir ensuite une opération de repositionnement du grafcet.

%S23 : Figeage du grafcet

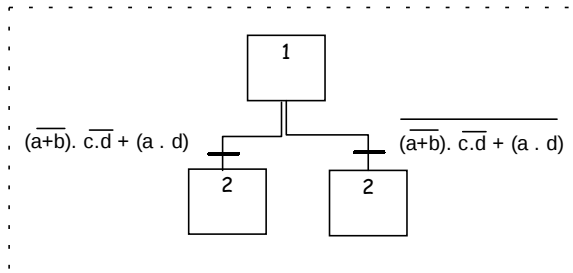
- Maintien en l'état de toutes les étapes du grafcet et gel de son évolution tant que %S23 est maintenu à 1.



Elle est programmée en langage à contacts (LD) ou en liste d'instructions (IL)

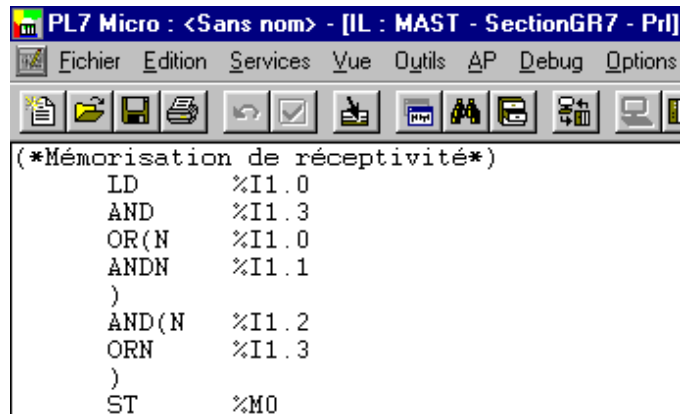
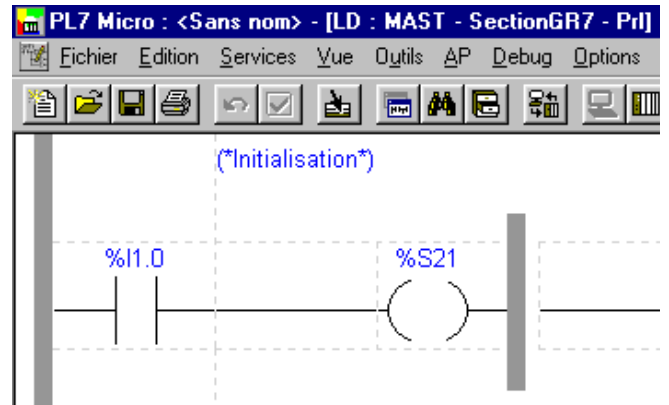
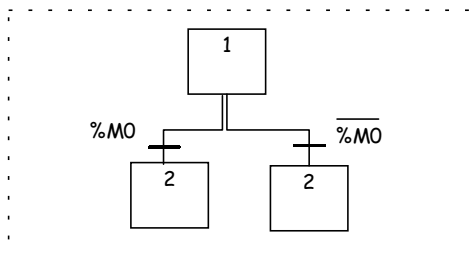
Exemple 1 : Initialisation : Mise à 1 du bit système %S21 provoque la mise à 0 de toutes les étapes et la mise à 1 des étapes initiales.

exemple 2 : Positionnement d'une équation logique complexe



Traitement Préliminaire

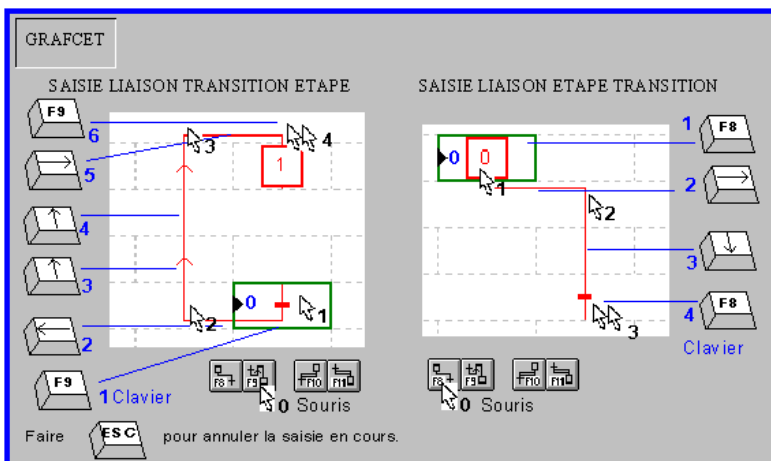
$(a+b).c.d + (a.d) \rightarrow \%M0$



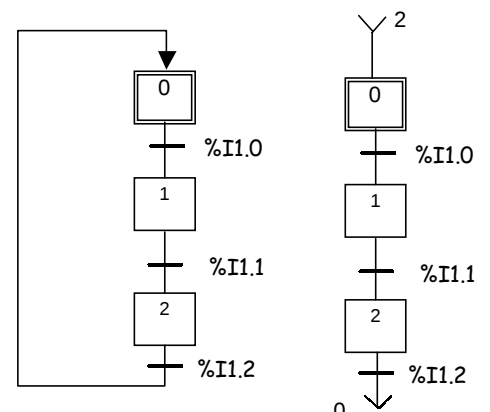
c- Partie traitement du grafcet

Programmé en langage SFC , Il permet de traiter l'ossature séquentielle de l'application et donne accès au traitement des réceptivités et des actions directement associées aux étapes.

Chaque transition contient la programmation des réceptivités associées en langage à contact avec bobine (#) pour matérialiser la transition ou en Liste d'instructions ne comportant que des instructions de test.



exemple : grafcet linéaire :





- Ossature séquentielle (fig. 3-9) et traitement des réceptivités en langage à contacts (fig. 3-10) et langage à liste d'instructions (fig. 3-11).

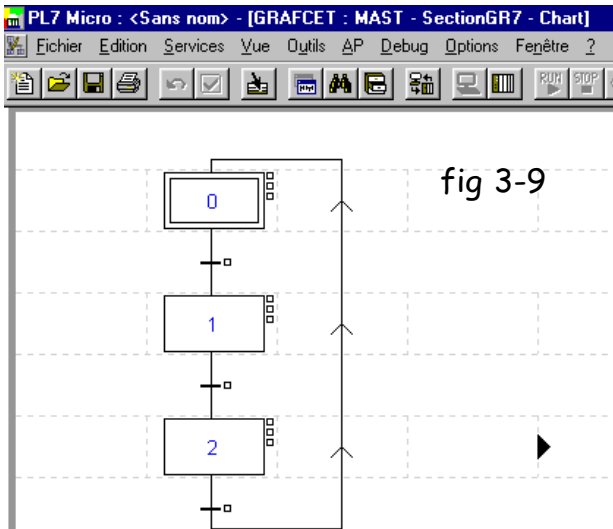


fig 3-9

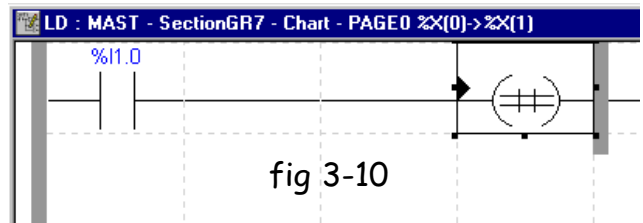


fig 3-10

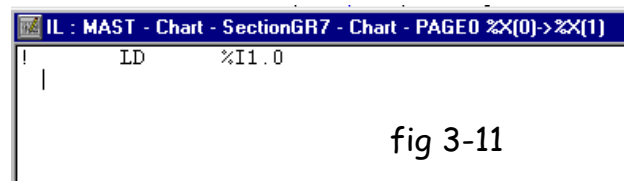


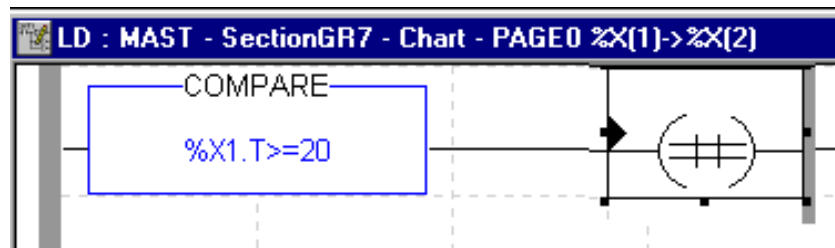
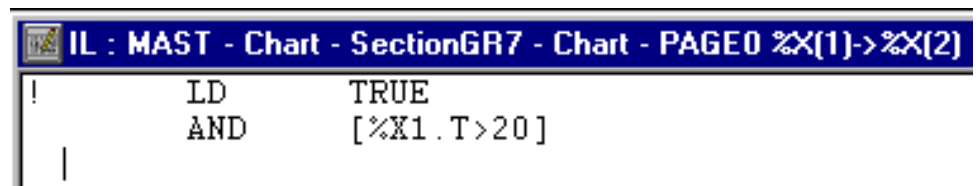
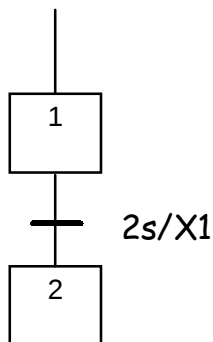
fig 3-11

Les transitions peuvent comporter tous les types vus au chapitre 2-b .

Nota : La durée d'une étape peut servir de réceptivité pour faire évoluer le grafcet :

Durée d'activation d'une étape : %Xn.T

Exemple :



Actions associées aux étapes :

Il existe deux possibilités pour commander une action :

- La regrouper avec toutes les autres actions dans le **traitement postérieur**.
- L'associer directement à une étape :
- A l'activation : action impulsionnelle à l'activation de l'étape.
- A la désactivation : action impulsionnelle à la désactivation de l'étape ou continue.

Il est conseillé de privilégier cette dernière possibilité, l'association d'une action à une étape n'étant conseillé que dans certains cas bien précis.



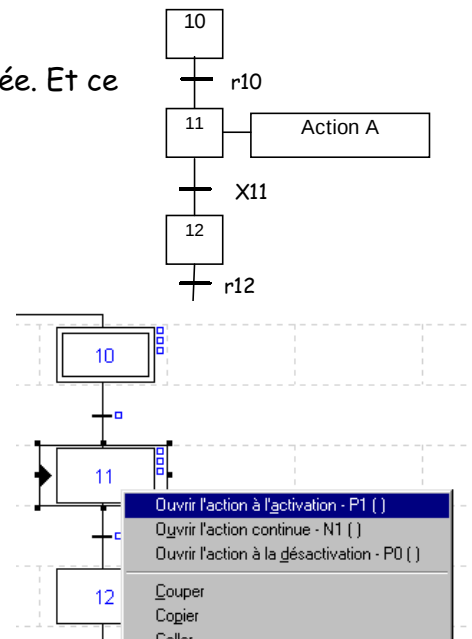
a- Utilisation sur étape instable

L'étape 11 est instable, elle sera désactivée dès qu'elle est activée. Et ce dans le même cycle de scrutation.

- Si étape X10 active
- Et si r10 vraie
 - Alors Activer étape X11
 - Alors désactiver étape X10
- Si étape X11 active
 - alors activer l'étape X12
 - alors désactiver étape X11

Ainsi lors du traitement postérieur intervenant ensuite, l'étape 11 ne paraîtra jamais active et l'action A ne sera pas exécutée.

Solution : Exécuter l'action A lors de l'activation de l'étape 11



b- Incrémentation d'un compteur.

Le compteur doit être incrémenté lors de l'activation de l'étape 11.

On risque d'incrémenter le compteur à chaque scrutation pendant la durée d'activation de l'étape.

Deux solutions :

- Incrémenter le compteur sur un front d'activation de l'étape dans le traitement postérieur .(fig. 3-13)
- Incrémenter le compteur dans le grafcet à l'activation de l'étape.(fig. 3-14)

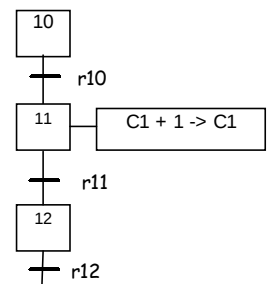


fig 3-13

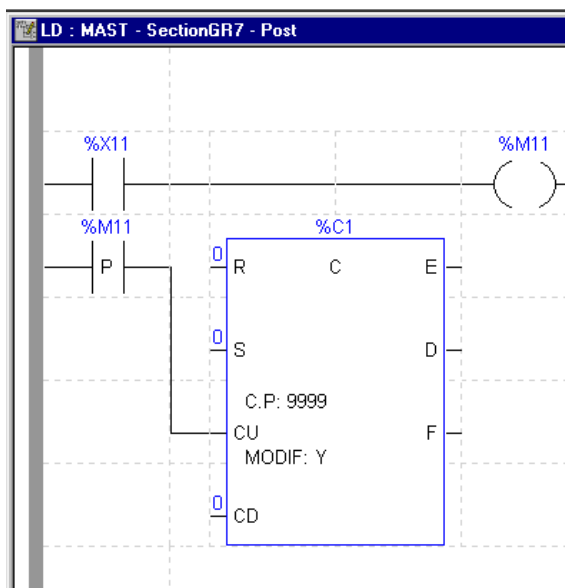
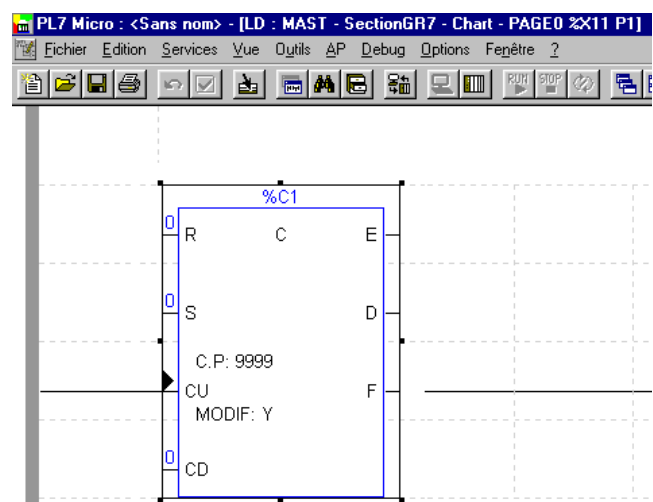


fig 3-14





d- Partie traitement postérieur : programmation des actions

La scrutation du traitement séquentiel à déterminé quelles sont les actions actives .
Le traitement postérieur va exécuter les actions associées aux étapes actives du ou des différents grafcet.

Nota : Seules les actions associées aux étapes stables peuvent être exécutées par le traitement postérieur.

Sr TSX , le traitement postérieur peut être programmé en langage à contact ou en langage à liste d'instruction.

Il comprendra autant d'équations que d'action à exécuter.

Une action pourra être produite par plusieurs étapes situées dans différents grafcet , par le traitement préliminaire ou par des ordres indirects spécifiques à l'action.

Chaque équation d'action sera la combinaison des étapes associées de tous les grafcets , des conditions du traitement préliminaire et des ordres spécifiques à cette action.

Exemple de traitement postérieur :

Une action A0 (%Q2.0) correspondant à la rentrée de la tige d'un vérin est commandée :

- par un ordre de remise à zéro de l'automate (%S22) commandant la mise à 1 du bit interne %M0 lors du traitement préliminaire. (fig. 3-15)
- par les étapes X0 , X1, et X21 des grafcets de traitement séquentiel. (fig. 3-16)
- par une action directe sur un bouton poussoir (%I1.0)

L'équation de la sortie %Q2.0 sera la combinaison de tous ces cas de figure.

$\%Q2.0 = \%M0 + \%X0 + \%X1 + \%X21 + \%I1.0$ (fig. 3-17)

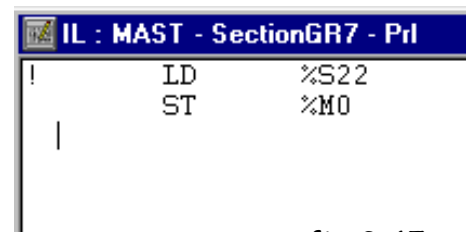


fig 3-15

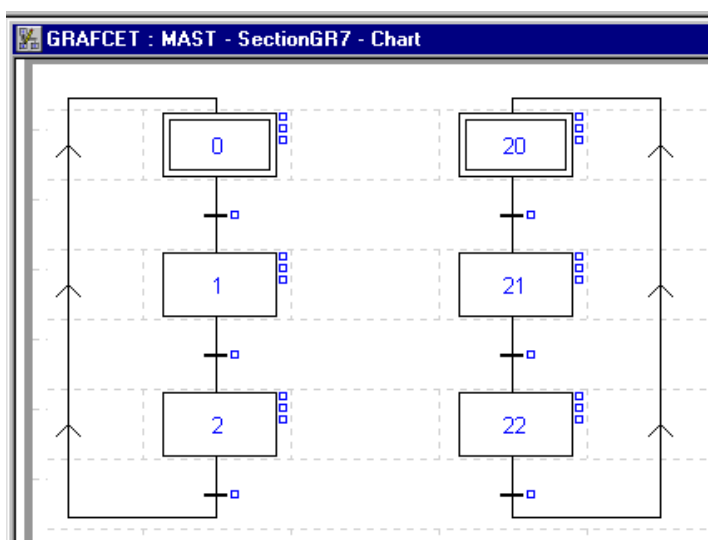


fig 3-16

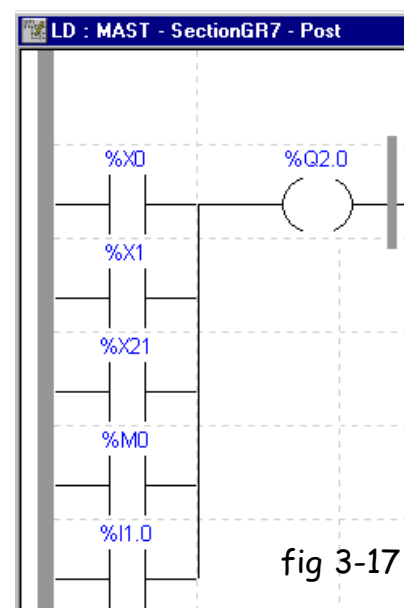


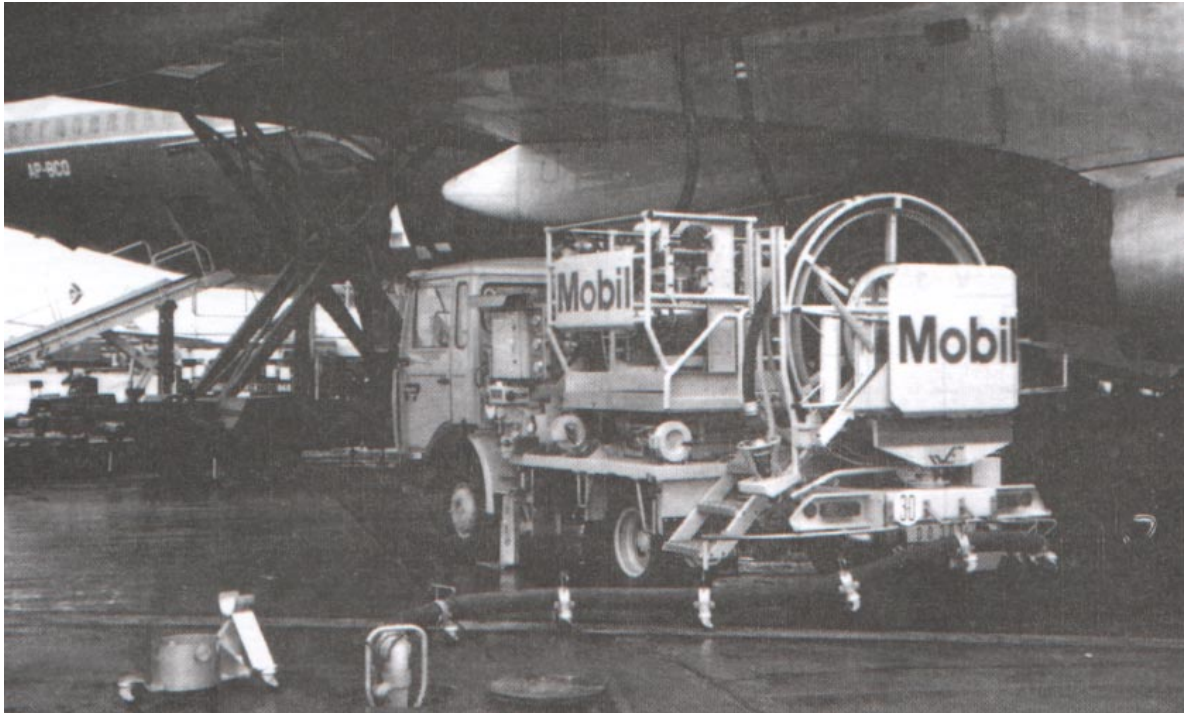
fig 3-17



Exercice d'application N° 4 : Camion Oléoserveur.

Un camion oléoserveur permet d'avitailler , c'est à dire de fournir en carburant , tous les types d'avions sur les aéroports.

Un automate programmable , alimenté en 24V continu par les batteries du camion , gère le système.



Une poignée (Hom), au bout d'un câble électrique permet la commande à distance de l'ouverture de la valve (V) de carburant sous pression.

On décide de mettre une sécurité supplémentaire pour la commande par poignée : système «homme mort».

Ce système consiste à relâcher la poignée avant 180 secondes , puis à réexercer une pression avant deux secondes , pour avoir une commande continue.

Dans le cas d'une pression sur la poignée d'une durée égale à 180 secondes , un voyant (Avert) clignote pour avertir de l'arrêt du débit dans 20 secondes , à moins de relâcher la poignée.

Au bout de 20 secondes , un voyant d'arrêt (Arrêt) s'allume , le débit est arrêté et le système se met en défaut en attendant l'acquiescement par bouton poussoir «acquit».

Le système se retrouve également dans cet état si l'on relâche la poignée pendant un temps égal à 2 secondes.

1- Réaliser le Grafcet du point de vue de la partie commande de cette sécurité. (Ne pas traiter le clignotement de la lampe)

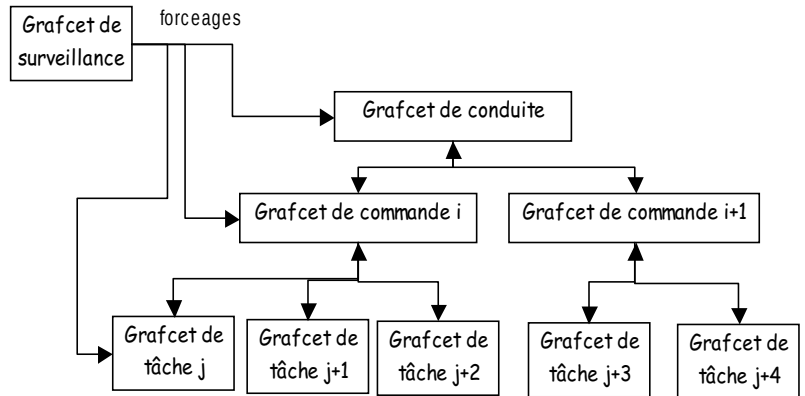
2- Définir le programme correspondant sur automate TSX 37



4- Structures de Grafcets hiérarchisés

Le fonctionnement global d'un système se décompose en général en plusieurs fonctions décrites chacune par un grafcet spécifique.
Les modes de marche et d'arrêt se traduisent également par de multiples Grafcets.

L'organisation de tous ces grafcets se fait sur plusieurs niveaux hiérarchiques.



Des outils complémentaires du grafcet permettent de représenter les relations entre les différents niveaux hiérarchiques des grafcets.

Les deux éléments disponibles sont les tâches et les macro-étapes.

a- Tâches (appelées aussi séquences ou Sous-programmes).

Liaison entre plusieurs grafcets, un nommé "Grafcet appelant" ou "Grafcet de coordination des tâches" et un ou plusieurs "grafcet appelés"

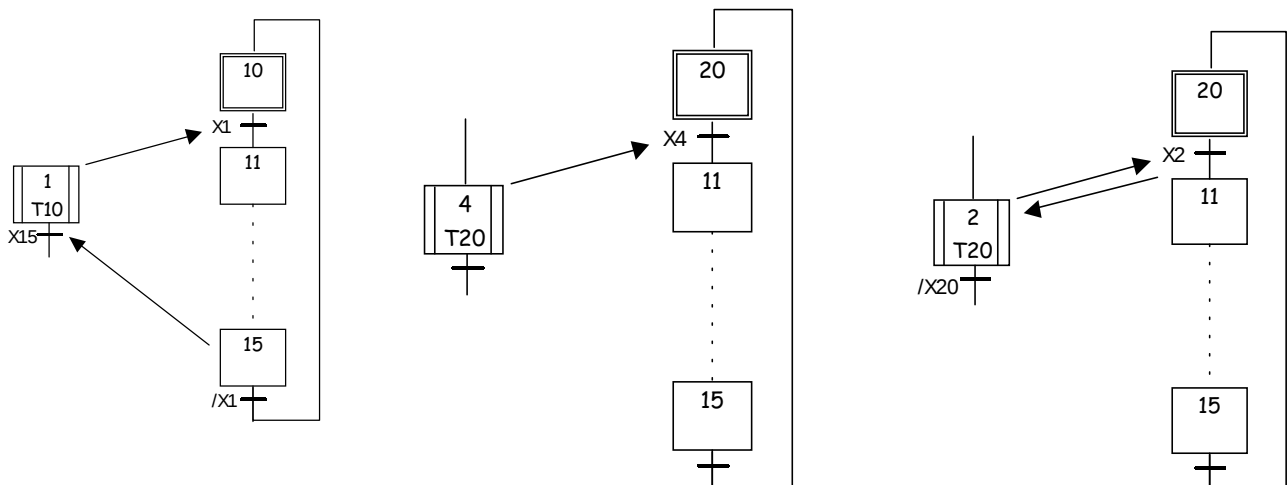
représentation graphique :



Différentes structures possibles :

1- synchronisation complète

2- Le Grafcet des tâches est exécuté sur l'activation de l'étape 2 puis les deux grafcets sont



ensuite indépendants.

3- Le Grafcet de tâche exécute sa séquence en boucle tant que l'étape 4 est active.

Aucune règle d'évolution supplémentaire n'est nécessaire.

Le Grafcet appelé nécessite une étape initiale. Tous les ordres sont générés par l'activation des étapes et la vérification des réceptivités correspondantes



b- Macro-étapes

On utilisera une macro-étape lorsque une partie du Grafcet , dont un détail :

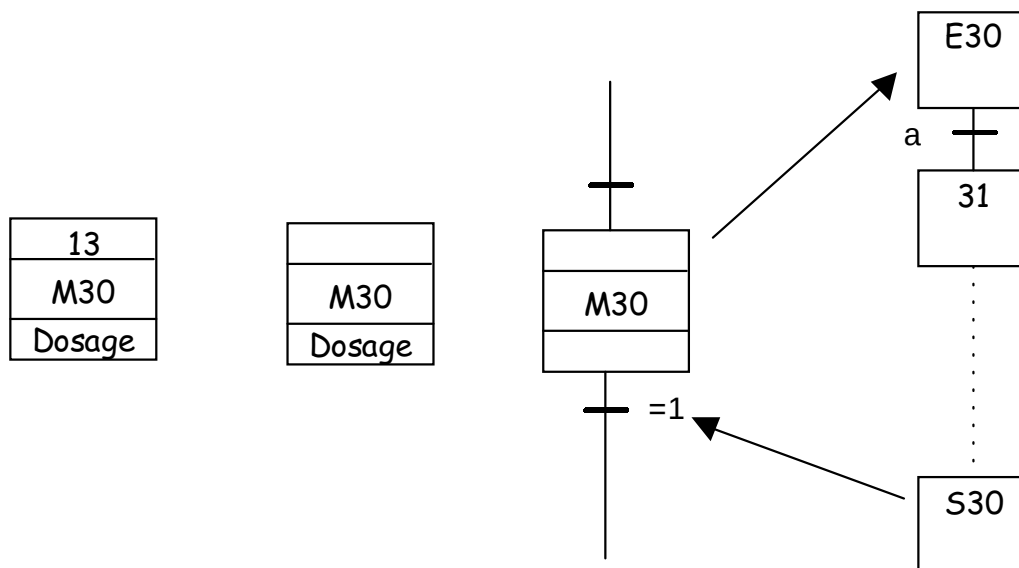
- soit n'est pas utile à un certain niveau de représentation.
- soit est donné dans une représentation séparée.

Nota : L'automate programmable TSX 37 ne dispose pas de la possibilité de programmer des macro-étapes . Seul le TSX 57 permet d'utiliser de 8 à 64 macro-étapes.

L'objectif est de permettre une approche progressive structurée pour tous les niveaux d'élaboration ou d'exploitation du Grafcet afin :

- Ne pas surcharger la représentation.
- Faciliter la compréhension du fonctionnement
- D'effectuer aisément la mise à jour de la documentation lors de modification.
- De réaliser des économies d'écriture ...
- ...

1- Une macro-étape est la représentation unique d'un ensemble d'étapes et de transitions nommé "Expansion de macro-étape"



2- L'expansion d'une macro-étape comporte une étape d'entrée et une étape de sortie repérées E et S.

3- Tout franchissement d'une transition amont de la macro-étape active l'étape E d'entrée de son expansion.

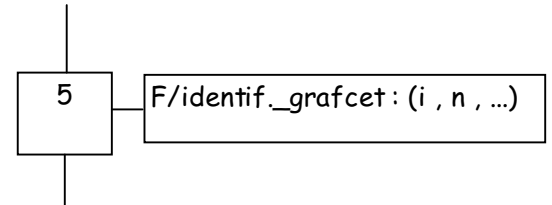
4- L'étape de sortie S participe à la validation des transitions aval de la macro-étape.



c- Ordre de forçages de situation

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 situation.

Syntaxe : F/ identificateur du Grafcet : situation forcée

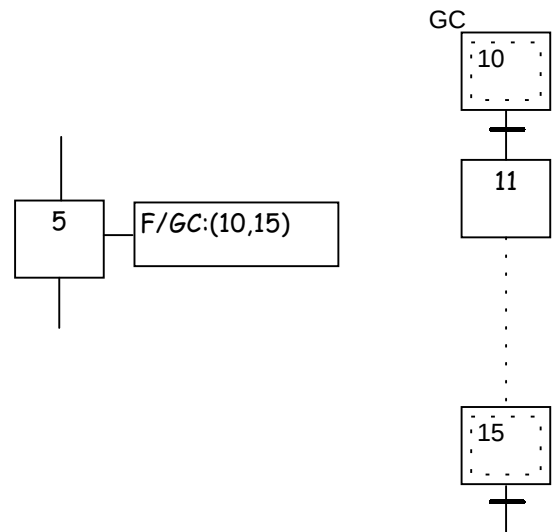


Cet ordre provoque simultanément dans le grafcet GC l'activation des étapes 10 et 15 et la désactivation de toutes les autres étapes.

Les étapes 10 et 15 sont appelées étapes initialisables et sont représentées par un carré intérieur en trait interrompu.

Il est possible de forcer plusieurs Grafcet :

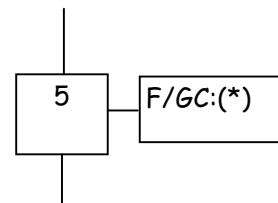
F/GR:(1)/GN:(12,15)



d- Ordre de Figeage de situation

Forceage particulier pour lequel :

- Toutes les étapes actives sont maintenues à 1
- Toutes les étapes inactives sont maintenues à 0



Récapitulation des symboles rencontrés :

F/GN:() - Forcer une situation vide de GN : Aucune étape n'est active

F/GN:(*) - Figer la situation courante de GN : Les étapes conservent leur état.

F/GN:(INIT) - Forcer la situation initiale de GN : Seules les étapes initiales sont actives.