

ETUDE FONCTIONNELLE DES SYSTEMES AUTOMATISES

Version de Octobre 2016

Rachid AIT SAID/ Armand Picogna

SOMMAIRE

ETUDE DES SYSTEMES AUTOMATISES	1
1. Définitions	4
1.1 Notion de système	4
1.2 Les différents systèmes	4
1.3 Termes clés.....	5
1.4 Fonction globale d'un système automatisé	6
2. Les objectifs de l'automatisation	7
2.1 Coût et qualité	7
2.1.1 Le coût.	7
2.1.2 La qualité	7
2.1.3 Critères d'exploitation	8
2.1.4 Sûreté de fonctionnement	8
2.1.5 Sécurité	8
2.1.6 Maintenance.....	8
2.1.7 Flexibilité et évolutivité	9
3. Modélisation d'un système automatisé.....	10
3.1 L'algorithme.	10
3.2 Le GRAFCET.	10
4. Structure d'un système automatisé	11
4.1 Chaîne fonctionnelle	11
4.2 La partie opérative.....	12
4.2.1 Définition	12
4.2.2 Chaîne d'action.....	12
4.2.3 Les actionneurs.	12
4.2.4 Les effecteurs.	13
4.2.5 Les préactionneurs.	13
4.2.6 Les capteurs.	14
4.3 La partie commande.....	14
4.3.1 Le dialogue Homme / système : Le pupitre.	15
4.3.2 Unité de traitement de l'information par logique programmée	16
5. GRAFCET (GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition)	18
5.1 Définitions.....	18
5.1.1 Les étapes.....	18
5.1.2 Les transitions	18
5.1.3 Les réceptivités	19
5.1.4 Les actions	19
5.1.5 Les liaisons	19
5.2 Les règles d'évolution du grafcet.....	19
5.2.1 Première règle : initialisation	19
5.2.2 Deuxième règle : franchissement d'une transition	20
5.2.3 Troisième règle : évolution des étapes actives.....	20
5.2.4 Grafcet du point de vue système.....	21
5.2.5 Grafcet du point de vue partie opérative.....	21
5.2.6 Grafcet du point de vue commande	22
5.2.7 Grafcet du point de vue automate	23
5.3 GRAFCET à séquences optionnelles ou divergence en OU	24
5.3.1 Divergence en OU	25

5.3.2	Convergence en OU	25
5.3.3	Exemple : Tri de caisse	26
5.4	Grafcet à séquences simultanées	26
5.4.1	Introduction.....	26
5.4.2	Divergence en ET	26
5.4.3	Convergence en ET	27
5.5	Actions associées aux étapes.....	27
5.5.1	Action continue.....	27
5.5.2	Action conditionnelle.....	27
5.5.3	Action mémorisée	28
5.6	Activation d'une temporisation.....	28
5.6.1	Test de la fin d'une temporisation	28
5.6.2	Repérage d'une temporisation dans un grafcet.....	28
5.7	Macro-étapes	29
5.8	Tâches	29

ETUDE DES SYSTEMES AUTOMATISES

On s'intéressera plus particulièrement aux systèmes à évènement discrets qui fonctionnent de façon « automatique ».

1. Définitions

Pour répondre à ses besoins de manger, communiquer, s'habiller, se loger, se déplacer, se soigner, etc. l'homme a créé des objets techniques : par exemple, de la pierre taillée des hommes préhistoriques au bras manipulateur de robot, en passant par le stylo à bille. Ces objets techniques se situent dans des **systèmes** (ou processeurs).

1.1 Notion de système

Un **système** est une association constituant un tout organique complexe destiné à remplir une fonction générale.

Un **sous système** est une association de composants destinée à remplir une ou plusieurs fonctions opérationnelles au sein d'un système.

Un **composant** est un élément ou un ensemble destiné à remplir une fonction particulière dans un sous système ou un système.

Exemple : Une machine à démouler des tablettes de chocolat est un système dont la fonction générale (ou globale) est "démouler des tablettes de chocolat". "Saisir les tablettes" est une sous fonction réalisée par un sous système. Un composant du sous système est une ventouse d'aspiration par exemple.

1.2 Les différents systèmes

Les objets techniques se situent dans des systèmes que l'on classe en trois familles, selon les énergies utilisées. Les systèmes où l'homme fournit toute l'énergie de commande (avec son cerveau) et de puissance (avec ses muscles) sont appelés **systèmes élémentaires**.

*Exemple : Le besoin de se déplacer : l'homme et la bicyclette.
 Le besoin de soulever une charge : l'homme et un cric hydraulique.*

Les systèmes où l'homme fournit seulement l'énergie de commande, la puissance venant d'actionneurs, fonctionnant avec de l'énergie extérieure au système, sont appelés **systèmes mécanisés** (un exemple d'actionneur : le moteur électrique, une énergie extérieure : l'énergie électrique).

*Exemple : Le besoin de se déplacer rapidement : l'homme et une automobile.
 Le besoin de déplacer une charge dans un atelier : l'homme et un palan à moteur électrique ou un chariot élévateur.*

Enfin les systèmes possédant une commande interne où l'homme a mémorisé son savoir-faire pour pouvoir être extérieur au système et avoir un rôle de superviseur par rapport à lui sont appelés **systèmes automatisés**.

Exemple : Le besoin de servir automatiquement des boissons chaudes : le distributeur automatique. La machine automatisée possède une partie commande et le client, extérieur au système, lui donne des consignes : café expresso, non sucré, etc.

Le besoin de conditionner automatiquement des produits en poudre : l'ensacheuse automatique. L'opérateur est extérieur au système et a un rôle de contrôleur des produits finis, de l'alimentation en matière et de la bonne marche des opérations.

1.3 Termes clés

Système du domaine technique. C'est un ensemble technique conçu pour répondre à un besoin. Il assure une fonction. D'une façon générale, il opère sur des matières d'œuvre (produit(s) entrant(s)) pour les faire passer d'un état initial à un état final, créant ainsi une valeur ajoutée.

Frontière d'un système. C'est une limite fictive, permettant d'isoler le système considéré du milieu extérieur, afin de définir précisément les fonctions et propriétés internes de celui-ci et de caractériser les entrées/sorties.

Entrées et sorties d'un système. Tout système traite des entrées pour élaborer des sorties. Les entrées et les sorties sont : des matières ; des énergies ; des informations.

Parmi ces entrées/sorties on distingue celles qui sont fonctionnelles pour le système (pour l'obtention de la valeur ajoutée) et celles qui constituent des perturbations ou des nuisances (voir figure 2.1).

- **Entrées/sorties de matières d'œuvre** : la fonction du système est le traitement de ces matières d'œuvre, pour les faire passer d'un état initial à un état final.

- **Entrées/sorties d'informations** : elles sont essentielles pour le dialogue homme – système ou pour la communication avec l'extérieur (renseignement sur l'environnement ou en provenance d'autres systèmes).

- **Entrées/sorties d'énergies** : l'entrées énergie(s) – plusieurs sources sont utilisées sur les équipements industriels - est indispensable à la mise en œuvre des processus physiques. La sorties d'énergie correspond soit à la sortie principale lorsqu'elle est la matière d'œuvre, soit à des énergies résiduelles ou perdues lors des conversions énergétiques ou par frottement et dans ce cas leur représentation n'est pas indispensable.

- **Entrées/sorties intempestives** : il s'agit là de perturbations (défaut d'une matière d'œuvre, parasite énergétique) et de sorties de type déchets ou nuisances (projections, bruits, chaleur, fuites etc.). La conception du système cherche à minimiser leur influence au moindre coût. La nature, souvent aléatoire, de ces entrées est une source importante de difficultés pour l'établissement de modèles de fonctionnement et de décisions fiables.

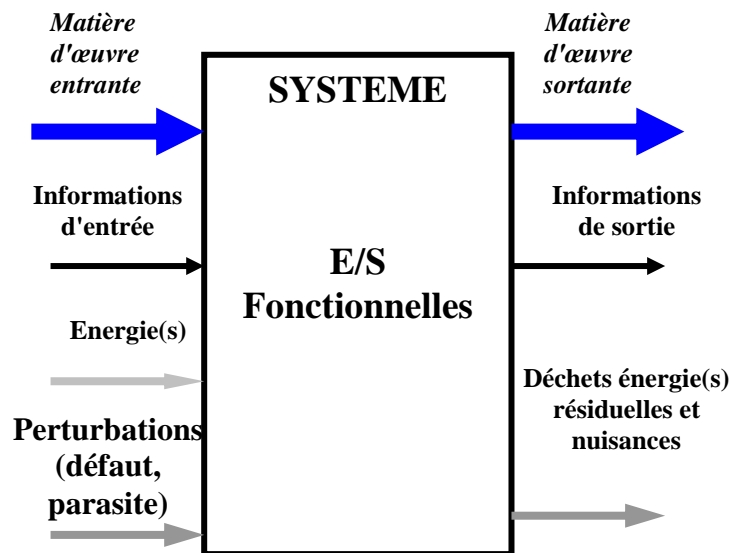


Figure 2.1. Entrées et sorties d'un système

1.4 Fonction globale d'un système automatisé

Un système automatisé a pour but d'élaborer des biens à la consommation ou à l'équipement de clients.

Ces biens peuvent être :

- des matières premières (comme du minerai de fer, du bois, de l'eau, du sable, du fourrage, des céréales, etc.).
- des biens intermédiaires ou matières d'œuvre plus ou moins transformés (barre ou plaque d'acier, plâtre, papiers et cartons d'emballage, lait, farine, etc.).
- des articles manufacturés (pièces mécaniques, placoplâtre, sacs plastique, bouteilles d'eau minérales, ordinateur, plaquette de beurre, yaourts, etc.).
- de l'énergie sous de multiples formes, distribuée par réseau (énergie électrique, essence ou gaz, etc.), ou par lot (piles, bouteilles de gaz).
- de l'information, créée ou mise en forme (journaux, livres, images ou sons de synthèse, film, etc.), traitée ou gérée (distributeur de billets, surveillance de trafic routier ou aérien, etc.), distribuée ou reproduite (Minitel, lecteur de CD, poste de télévision, imprimante laser, etc.).
- ou encore des services : messageries, réseaux de communication, enseignement assisté par ordinateur, messageries, etc.

Tous ces biens sont appelés produits.

Un produit est ce qui est, ou sera, fourni à un utilisateur pour répondre à son besoin (définition de la norme NF X 50-150).

2. Les objectifs de l'automatisation

L'objectif de l'automatisation est de reproduire la quantité des produits de qualité pour un coût le plus faible possible, et ce de façon automatique, c'est à dire sans faire intervenir l'homme en tant que moyen de production.

2.1 Coût et qualité

Le consommateur souhaite acheter des produits de qualité au coût le plus faible possible : il cherche le meilleur rapport qualité / prix. Le producteur doit donc proposer des produits de qualité à un prix compétitif.

2.1.1 Le coût.

Le coût de production d'un produit dépend :

- de la ou des matières qui sont à la base du produit, et de l'énergie nécessaire à sa fabrication,
- des équipements à mettre en œuvre (bâtiments, moyens de production),
- de la main d'œuvre (salaire plus les charges),
- des frais généraux (service, charges fiscales, stocks etc.).



Figure 2.2

2.1.2 La qualité

Face à la concurrence, parfois mondiale, et à l'exigence des consommateurs, les entreprises doivent optimiser la qualité de leurs produits. Un produit doit respecter des normes obligatoires (norme ISO 9000), mais l'entreprise peut choisir de garantir une qualité supérieure de ses produits, grâce par exemple à des labels de qualité.

2.1.3 Critères d'exploitation

Les critères d'exploitation d'un système automatisé sont sa sûreté de fonctionnement, sa sécurité et sa maintenance.

2.1.4 Sûreté de fonctionnement



Figure 2.3

Un poste automatisé doit fonctionner cent fois sur cent, c'est à dire que son fonctionnement se doit d'être sûr à 100%.

2.1.5 Sécurité

En aucun cas le poste automatique ne doit être dangereux, toutes les précautions doivent être prises pour éviter tout risque d'accident.

2.1.6 Maintenance

Les opérations de maintenance sont programmées selon un rythme bien prédéfini. Elles sont effectuées en respectant les consignes de sécurité. (fig. 2.4).



Figure 2.4. Opération de maintenance

2.1.7 Flexibilité et évolutivité

Le système automatique doit pouvoir s'adapter.

La flexibilité :

La flexibilité pour un système automatique est sa capacité à s'adapter facilement à des changements de production. Exemple : flexibilité d'une machine de marquage des dates limite de consommation.

L'évolutivité :

L'automatisation est évolutive lorsqu'elle permet des modifications de cadence, ou encore lorsqu'elle permet d'adapter les moyens existants pour changer de fabrication.

En conclusion, le système automatisé doit permettre à une entreprise de fabrication quelconque d'être encore plus compétitif et de se rapprocher de la règle des cinq zéros : zéro panne ; zéro défaut ; zéro délai ; zéro stock ; zéro papier.

Cette formule évoque de façon très condensée les conditions à satisfaire pour qu'une entreprise reste (ou devienne) compétitive sur le marché. Chaque salarié, quel que soit son échelon, est concerné par la recherche de la compétitivité de l'entreprise dans laquelle il travaille.

3. Modélisation du fonctionnement d'un système automatisé

3.1 L'algorithme.

Un algorithme est un outil graphique utilisé surtout en informatique pour structurer les programmes d'ordinateur, de microprocesseur ou de calculateur. On utilise également l'algorithme pour la recherche méthodique de défauts ou de pannes.

L'algorithme est une suite ordonnée d'ordres, d'informations, d'opérations et de test se déroulant en séquences en vue de l'exécution de tâches.

L'algorithme en est la représentation graphique.

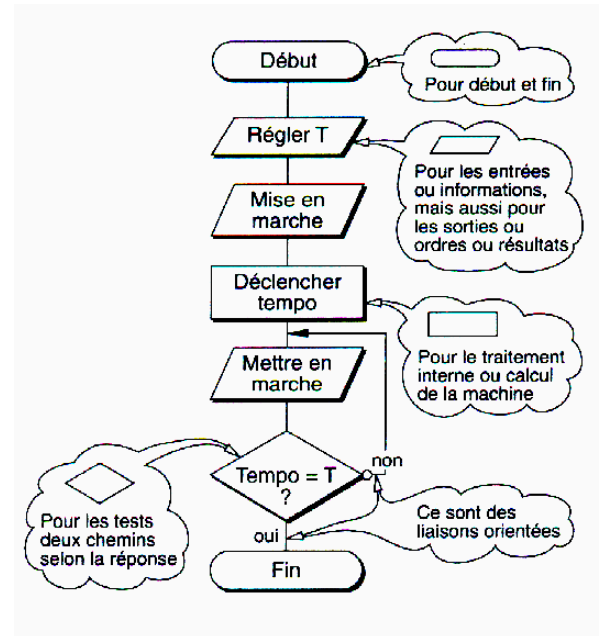


Figure 2.5. Exemple d'algorithme

3.2 Le GRAFCET.

Le GRAFCET (**GRA**phe **F**onctionnel de **C**ommande **E**tape-**T**ransition) est un outil graphique de représentation défini par la norme NF C03-190, très utilisé pour la programmation des automates programmables industriels. Le grafcet² est utilisé à quatre niveaux :

- Le grafcet des tâches ou grafcet du système.
- Le grafcet point de vue de la partie opérative.
- Le grafcet point de vue de la partie commande.
- Le grafcet point de vue de l'automate.

Un grafcet décrit, dans l'ordre chronologique, les tâches à réaliser par le système pour obtenir la valeur ajoutée sur la matière d'œuvre, tout en précisant les conditions à satisfaire pour passer d'une tâche à la suivante.

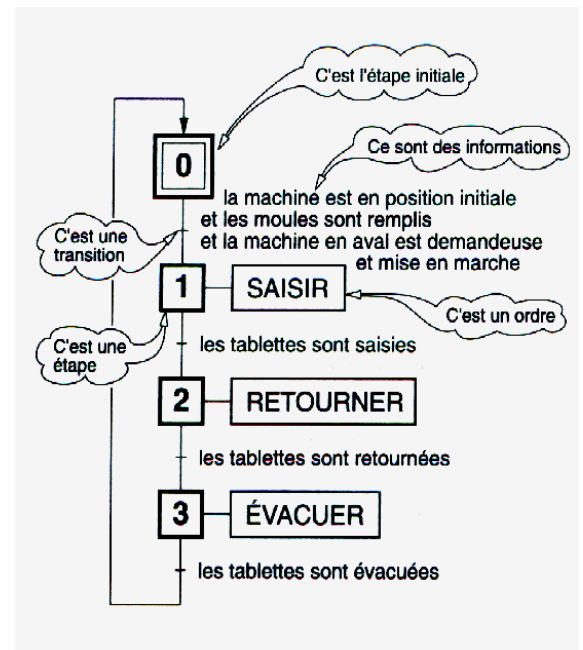
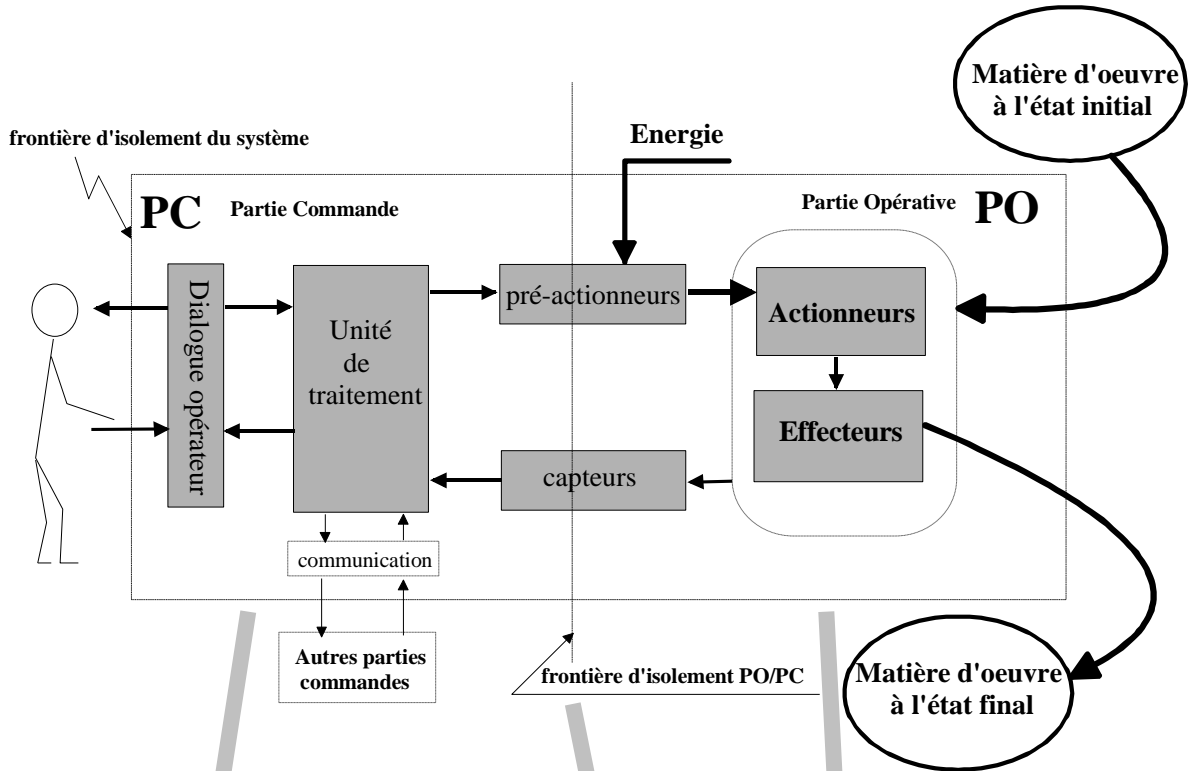


Figure 2.6. Exemple de grafcet

4. Structure d'un système automatisé

4.1 Chaîne fonctionnelle

Définition : une chaîne fonctionnelle est un ensemble de constituants organisés en vue de l'obtention d'une tâche



Partie commande

Elle comprend :

↳ Une **unité de traitement** qui traite les informations reçues (par les capteurs ou les dialogues opérateur) et donne les ordres à la partie opérative par l'intermédiaire d'un préactionneur. Elle informe aussi l'opérateur. Elle informe aussi l'opérateur.

(La PC peut-être : un ordinateur, un automate programmable, de la logique câblée...)

↳ Des **modules de dialogue** qui gèrent la communication avec l'opérateur ou avec d'autres systèmes .

(boutons de commandes, signalisation, écrans...)

Partie Opérative (P.O.)

Elle comprend :

↳ Les **effecteurs** qui agissent sur la matière d'œuvre (ventouse, pales de ventilateurs,...)

↳ Les **actionneurs** qui mettent en œuvre les effecteurs (vérins, moteurs, générateur de vide...)

Frontière d'isolement PO/PC (F.I.)

↳ Les **préactionneurs** qui distribuent l'énergie aux actionneurs en fonction des ordres de la P.C. (distributeur, contacteurs...)

↳ Les **capteurs** qui informent la partie commande de l'état de la P.O. (interrupteur de position, codeur...)

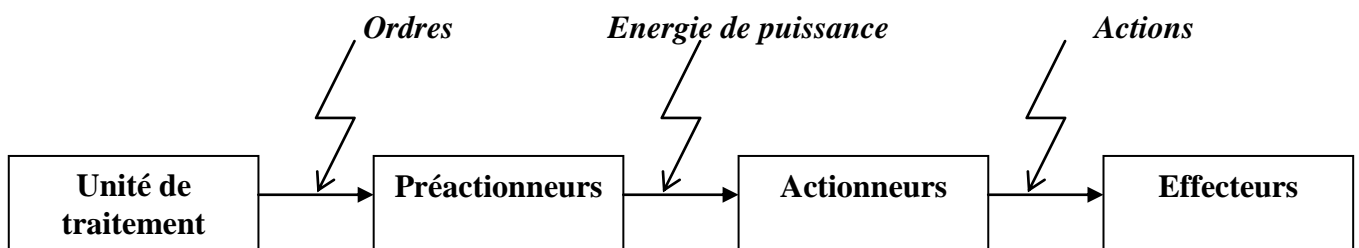
4.2 La partie opérative.

4.2.1 Définition

La partie opérative est l'ensemble des moyens techniques qui permettent d'apporter la valeur ajoutée aux matières d'œuvre en effectuant directement le processus nécessaire à leur transformation.

La partie opérative est constituée de trois grands types de composants : les préactionneurs, les actionneurs, les capteurs. Des adaptateurs d'énergie et des effecteurs sont généralement associés aux actionneurs.

4.2.2 Chaîne d'action

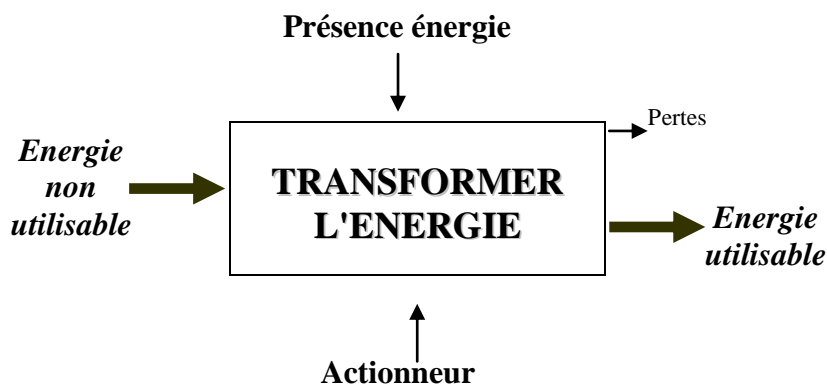


4.2.3 Les actionneurs.

Afin d'agir sur la matière d'œuvre, la partie opérative a besoin d'énergie. L'énergie employée est le plus souvent de nature électrique, pneumatique ou hydraulique. Cette énergie n'est pas directement utilisable et doit être transformée, c'est la fonction des actionneurs.

Définition : Un actionneur est un objet technique qui convertit une énergie d'entrée non directement utilisable par les mécanismes agissant sur la matière d'œuvre en une énergie de sortie utilisable par ces mécanismes pour obtenir une action définie.

L'énergie utilisable, c'est à dire l'énergie capable de fournir un travail, est le plus souvent une énergie mécanique.

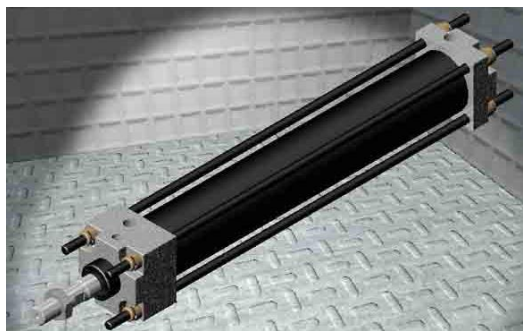


Les actionneurs les plus souvent utilisés sont :

☞ Les **moteurs électriques**, qui à partir d'une énergie d'entrée électrique donnent en sortie une énergie mécanique de rotation



☞ Les **vérins pneumatiques** qui, à partir d'une énergie d'entrée de type pneumatique (air comprimé), donnent en sortie une énergie mécanique de translation.



4.2.4 Les effecteurs.

Définition : un effecteur (élément terminal de la chaîne d'action) convertit l'énergie reçue de l'actionneur en une opération ou un effet sur la matière d'œuvre.

4.2.5 Les préactionneurs.

Définition : Un préactionneur est un élément dont le rôle est de distribuer l'énergie disponible aux actionneurs sur ordre de la partie commande.

La présence des préactionneurs est obligatoire pour des raisons de sécurité. Il y a séparation entre **l'énergie de commande** et **l'énergie de puissance** dirigée vers les actionneurs.

Les préactionneurs les plus souvent utilisés sont :

☞ Les contacteurs pour les moteurs électriques.



↪ Les distributeurs pour les vérins pneumatiques.



4.2.6 Les capteurs.

Définition : Un capteur est un élément d'acquisition et de codage d'information sur un processus ou sur l'environnement du système. Il convertit une grandeur physique (position, vitesse, température etc.) en une information appelée compte rendu compréhensible par la partie commande.



interrupteurs XCM



4.3 La partie commande.

Définition : La partie commande est l'ensemble des moyens de traitement de l'information qui assurent le pilotage et la coordination des tâches du processeur souhaité.

La réalisation matérielle de la partie commande peut être effectuée :

- en technique câblée.
- en technique programmée.

Pour assurer son rôle de coordonnateur, la partie commande doit :

- être informée à chaque instant de l'état physique dans lequel est sa partie opérative et parfois son environnement. **Elle doit donc, en entrée, recevoir des informations appelées comptes-rendus.**

- ordonner en fonction de l'état physique de la partie opérative et de son environnement et en fonction du programme mémorisé, le changement ou non d'état de la partie opérative. **Elle doit donc, en sortie, envoyer des informations appelées ordres vers la partie opérative.**

4.3.1 Le dialogue Homme / système : Le pupitre.

Un échange d'informations doit s'instaurer entre la partie commande du système et l'opérateur. Ces informations sont de deux types : les consignes et les messages.

Définition : Les consignes sont les informations qui circulent de l'opérateur vers la partie commande. Les messages sont les informations qui circulent de la partie commande vers l'opérateur ; ils donnent des indications sur l'état du système.

Pour l'échange le plus élémentaire : les consignes sont, en général, mises en conditions par des boutons ; les messages arrivent très souvent à des voyants.



4.3.2 Unité de traitement de l'information par logique programmée

La logique de commande programmable répond aux impératifs de la production par :

La flexibilité : les changements de programme sont rapides, grâce aux cartouches mémoires, ou par sélection d'un nouveau programme à l'aide d'un bouton, d'une roue codeuse ou d'un écran d'exploitation ;

Le travail en temps réel pour gérer les cadences de production ; exemple : une ensacheuse qui produit 20000 sachets de 5 g de poudre par heure ;

Le dialogue avec l'homme, les autres parties commandes ou les systèmes de gestion, grâce à la visualisation sur écran de la situation en temps réel du programme, ou bien à un synoptique (animation schématique du process), ou à un journal de bord ... ;

L'aide à la maintenance : les défauts et leur numéros respectifs sont indiqués sur un afficheur ;

La possibilité de modifier certains paramètres du programme, sans arrêter la production, à l'aide de terminaux portables par exemples.

Un automate programmable industriel (API) est une partie commande possible d'un système. Il y a généralement un automate par machine. Si le système comporte plusieurs machines dépendantes les unes des autres, il y aura plusieurs automates. Ces derniers pourront communiquer entre eux par un réseau et seront supervisés par un autre automate ou un PC qui gèrera l'ensemble.

Les PC superviseurs permettent de visualiser en temps réel les synoptiques des différentes installations, et d'envoyer des ordres et des consignes à l'automate maître.

Caractéristiques d'un automate :

Plusieurs points caractérisent un automate.

Son application : séquentielle ou multifonctions (séquentielle, analogique, calcul, réseau, etc..)

Son nombre d'entrées-sorties TOR (tout ou rien) ou analogiques.

Les entrées TOR sont généralement reliées à des boutons poussoirs, capteurs TOR.

Les sorties TOR sont généralement reliées à des préactionneurs (contacteurs, distributeurs...)

Une entrée analogique est une tension ou une intensité proportionnelle à une grandeur physique mesurée par un capteur. Par exemple, l'intensité variable d'une sonde de température.

Une sortie analogique est une tension ou une intensité proportionnelle à une grandeur physique que l'on veut obtenir. Par exemple, la commande d'une électrovanne de circuit vapeur , à ouverture proportionnelle .

Remarque : des blocs d'extension d'entrées-sorties sont possibles, mais en nombre limité.

Le ou les langages de programmation possibles et leur puissance de traitement

Exemple : Langage Grafcet et à contacts et communication par réseau possible.

La taille mémoire nécessaire pour sauvegarder les programmes d'application.



Exemple de caractéristiques de l'automate TSX Premium

Alimentation 24 V= ou 110 à 240 V ~

Nombre d'entrées-sorties : 1024 avec extension

Langages littéral, à contacts et grafcet

Communication : automate monoréseau

RAM interne 48 ko – cartouche mémoire 64 ko – EPROM

Automate modulaire (modules dans un bac)

Jusqu'à 48 modules intelligents possibles

L'environnement d'un automate :

L'automate se situe dans la partie commande d'un système et a pour fonction de **gérer** ce système.

Ses entrées sont donc en liaison avec les capteurs d'information, les boutons d'ordre de marche et de consigne du pupitre.

Ses sorties sont en liaison avec les préactionneurs, la visualisation sur le pupitre et les afficheurs.

S'il a des extensions, elles sont en liaison avec : les blocs d'extensions entrées-sorties, les modules analogiques, le module de communication par réseau interne ou téléphonique (modem).

Une ou des prises séries permettent d'être en communication avec un afficheur, un terminal, un compteur rapide ...

La programmation de l'automate se fait à l'aide d'un terminal : PC, portable ou non, terminal spécifique ou console portable. Les portables servant surtout à la mise au point du programme de l'automate en fonctionnement sur le site et à la maintenance (recherche de défauts, modification de paramètres, etc. ...).

5. GRAFCET (GRaphe Fonctionnel de Commande Etape Transition)

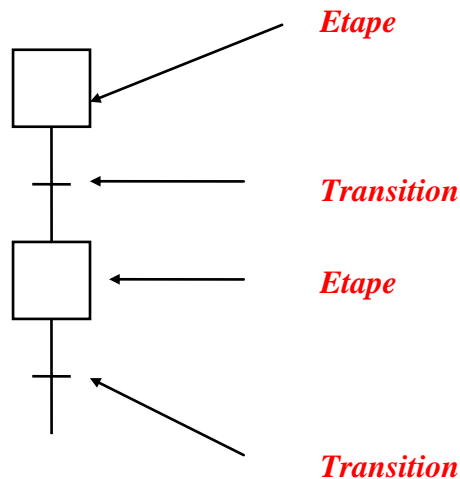
5.1 Définitions

C'est un outil de description graphique qui permet la transcription du fonctionnement temporelle d'un système séquentiel. Cet outil graphique peut s'adapter grâce à différents points de vue de descriptions, à la technologie utilisée.

Les éléments graphiques de base du grafcet

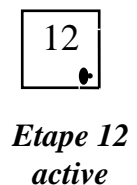
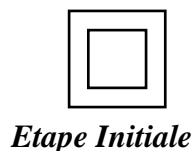
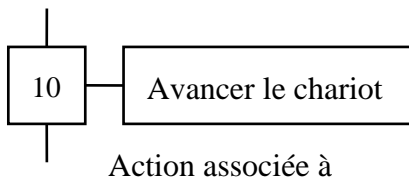


Exemple :



5.1.1 Les étapes

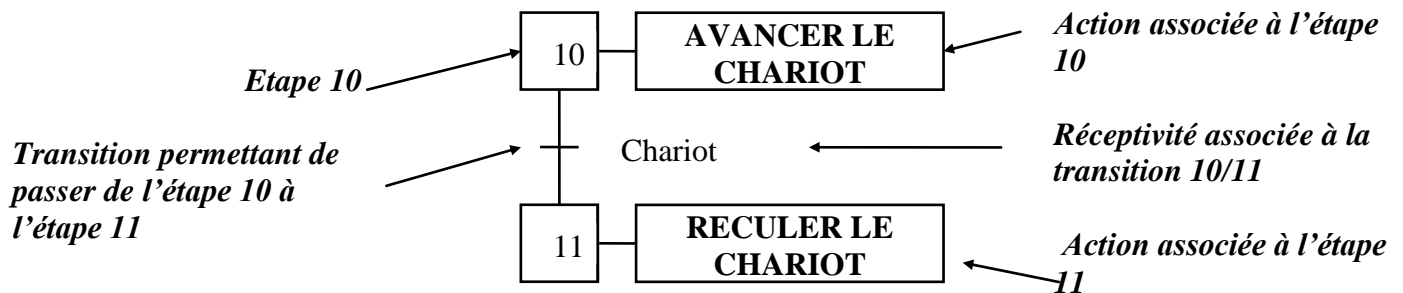
Les étapes sont repérées et associées à des actions. Elles reprennent une mémorisation partielle de l'historique des événements agissant sur l'automatisme.



5.1.2 Les transitions

Les transitions indiquent la possibilité d'évolution d'une situation à une autre. A chaque transition est associée une réceptivité (Condition logique permettant le franchissement de la transition).

Exemple



5.1.3 Les réceptivités

Une réceptivité est une fonction (équation) logique booléenne. Comme toute fonction logique, une réceptivité possède 2 états logiques « 0 » ou « 1 ».

0 : réceptivité fausse ;

1 : réceptivité vraie ;

5.1.4 Les actions

Les actions sont toujours associées à des étapes. De ce fait, une action est réalisée si et seulement si l'action à laquelle elle est associée est active. L'action reflète le comportement à obtenir à un moment donné.

5.1.5 Les liaisons

Les liaisons relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Le sens général d'évolution du GRAFCET est du haut vers le bas. Dans le cas différent, il faut noter le sens d'évolution par une flèche.

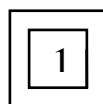
5.2 Les règles d'évolution du grafcet

Les règles d'évolution permettent de définir le comportement dynamique lors de l'évolution d'une situation à une autre.

Elles précisent les conditions dans lesquelles le Grafcet évolue, c'est à dire les conditions dans lesquelles les étapes seront actives ou inactives.

5.2.1 Première règle : initialisation

L'étape initiale est repérée sur le GRAFCET en doublant les côtés du symbole.



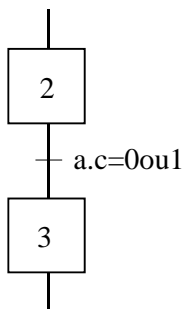
La situation initiale du GRAFCET caractérise l'état dans lequel se trouve la partie opérative au début du fonctionnement de la partie commande.

Elle correspond aux étapes actives à l'initialisation.

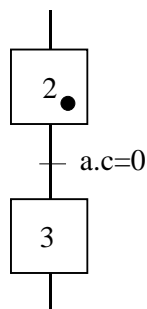
5.2.2 Deuxième règle : franchissement d'une transition

Le franchissement d'une transition ne peut se produire que : lorsque cette transition est validée, c'est à dire quand l'étape précédente est active et lorsque la réceptivité associée à cette transition est vraie

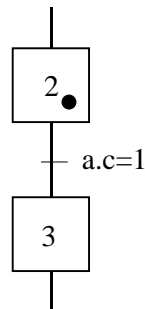
Quand ces deux conditions d'évolution sont réunies, la transition devient franchissable et est obligatoirement franchie.



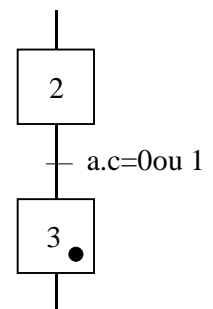
a) Transition 2/3 non validée car l'étape 2 est inactive.



b) Transition 2/3 validée car l'étape 2 est active mais la réceptivité est fausse.



c) Transition 2/3 validée et réceptivité vraie, la transition est franchissable et immédiatement franchie.

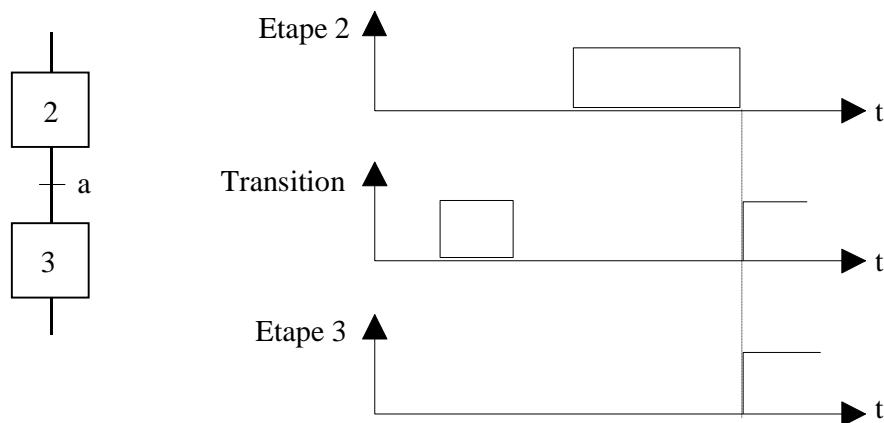


d) Transition 2/3 franchie.

5.2.3 Troisième règle : évolution des étapes actives

Le franchissement de la transition provoque simultanément : La désactivation de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition et l'activation de toutes les étapes immédiatement suivantes à cette transition.

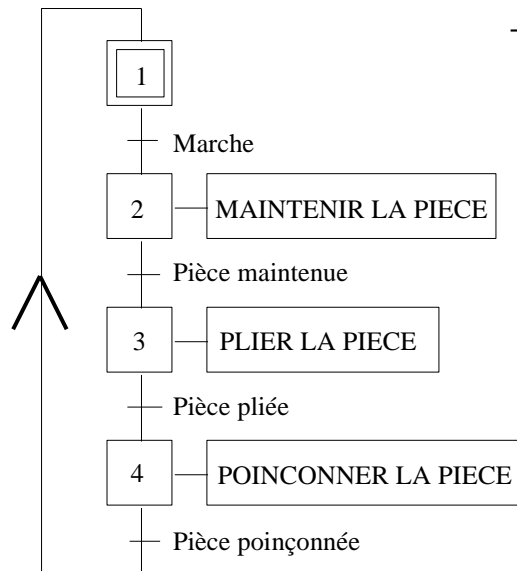
Chronogramme d'évolution: étape 2.



5.2.4 Grafcet du point de vue système

Selon le degré de précision désiré dans la description du fonctionnement séquentiel du système automatisé, on effectue différents types de GRAFCET.

Exemple : cas d'une plieuse / poinçonneuse de tôle



-Ce type de description est destiné à permettre une compréhension globale des tâches assurées par le système automatisé.

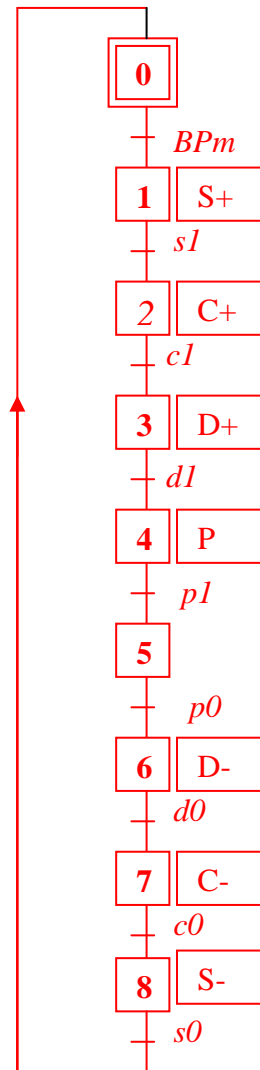
5.2.5 Grafcet du point de vue partie opérative

Ce type de description suppose une définition technologique des constituants technologiques opératifs. Son objectif est de décrire de manière explicite le fonctionnement de la partie commande.

Exemple : plieuse / poinçonneuse de tôle

	ACTIONNEURS	CAPTEURS
Maintien de la pièce	Vérin double-effet <i>S+ et S-</i>	so s1
Exécution du pli 1	Vérin double-effet <i>C+ et C-</i>	co c1
Exécution du pli 2	Vérin double-effet <i>D+ et D-</i>	do d1
Poinçonnage	Vérin simple-effet <i>P</i>	po p1

GRAFCET point de vue PO simplifié



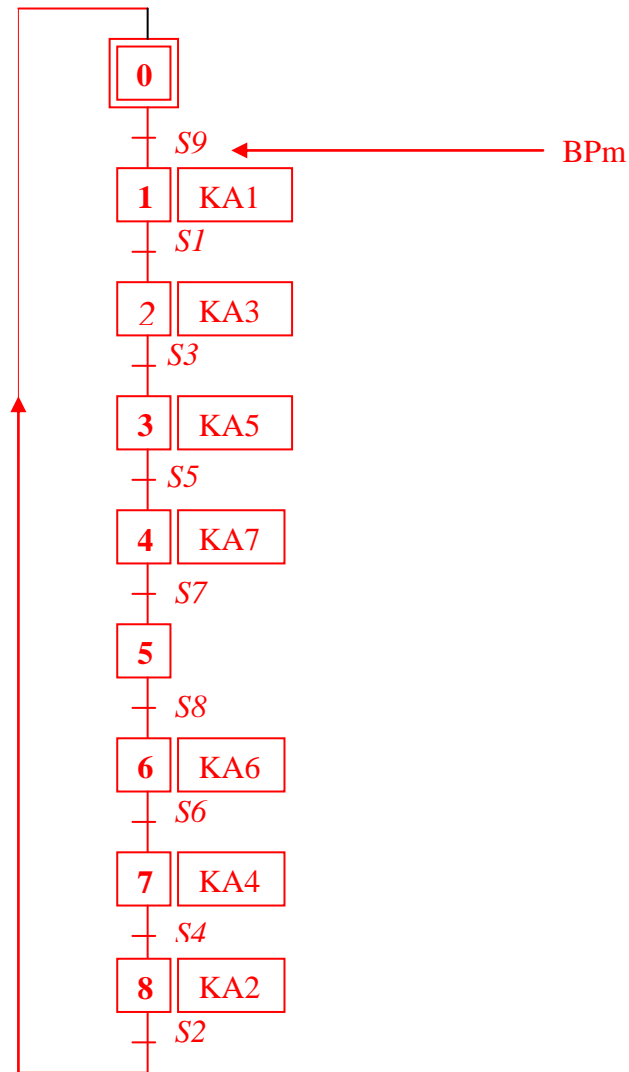
BPm étant le bouton poussoir marche

5.2.6 Grafcet du point de vue commande

Il décrit le comportement de la partie commande après avoir effectué le choix technologique des préactionneurs et des actionneurs.

Exemple : plieuse / poinçonneuse de tôle

	ACTIONNEURS	CAPTEURS
Maintien de la pièce	Vérin double-effet <i>KA1 et KA2</i>	S1 S2
Exécution du pli 1	Vérin double-effet <i>KA3 et KA4</i>	S3 S4
Exécution du pli 2	Vérin double-effet <i>KA5 et KA6</i>	S5 S6
Poinçonnage	Vérin simple-effet <i>KA7</i>	S7 S8

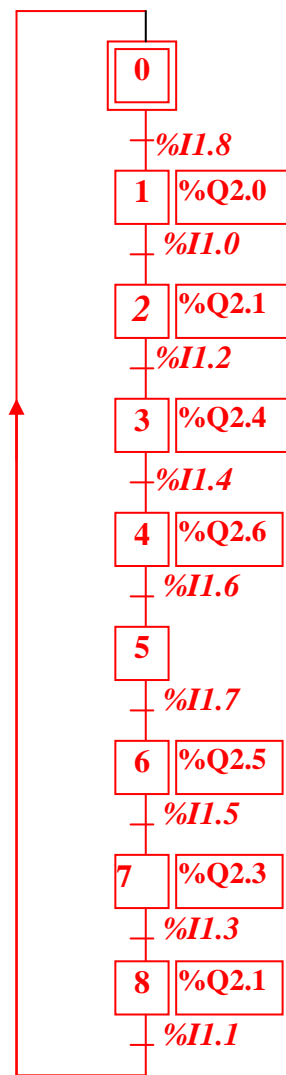


5.2.7 Grafcet du point de vue automate

Ce type de description correspond à celui du concepteur de la partie commande.

Il décrit le comportement de la partie commande après avoir effectué le choix technologique de l'automate programme industriel chargé de piloter le système. Il permet d'élaborer le programme à implanter dans cet automate.

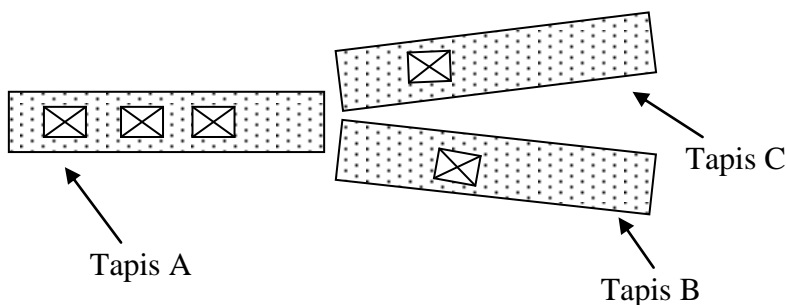
	ACTIONNEURS	CAPTEURS
Maintien de la pièce	Vérin double-effet %Q2.0 et %Q2.1	%I1.0 %I1.1
Exécution du pli 1	Vérin double-effet %Q2.2 et %Q2.3	%I1.2 %I1.3
Exécution du pli 2	Vérin double-effet %Q2.4 et %Q2.5	%I1.,4 %I1.5
Poinçonnage	Vérin simple-effet %Q.6	%I1.6 %I1.7



5.3 GRAFCET à séquences optionnelles ou divergence en OU

Les grafjets présentés précédemment décrivaient des cycles uniques, dont les actions se déroulaient de manière successive. Cependant, les systèmes industriels possèdent de multiples cycles de fonctionnement, fonction de l'état du système.

Exemple : Système de tri de caisse.

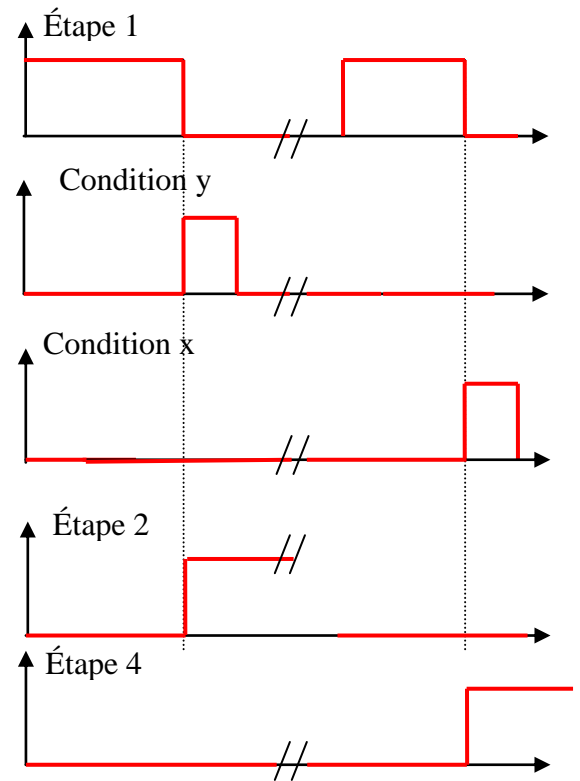
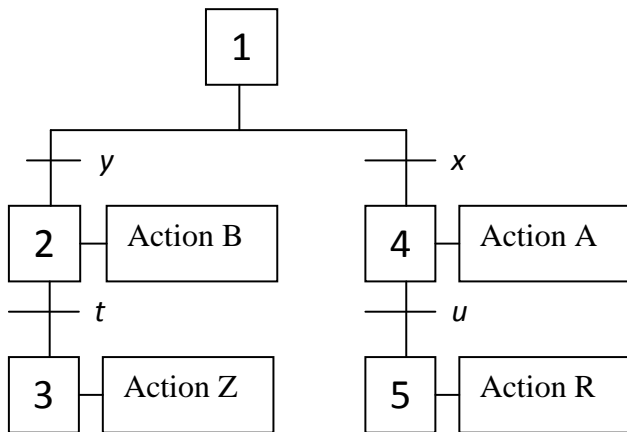


Le système permet de trier des caisses :

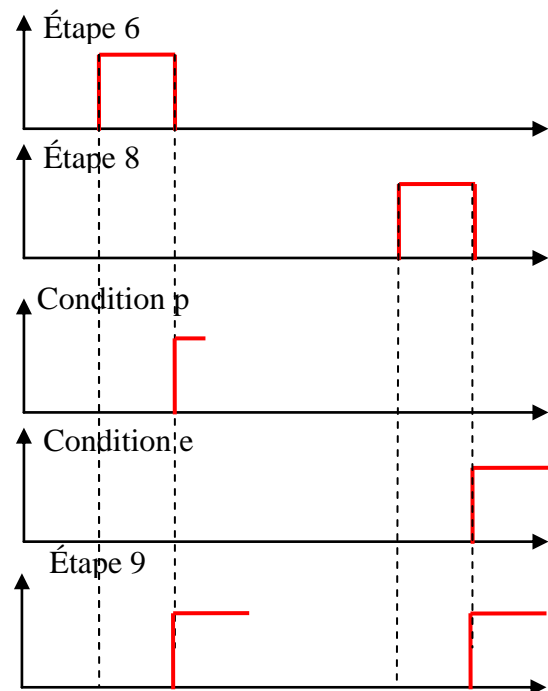
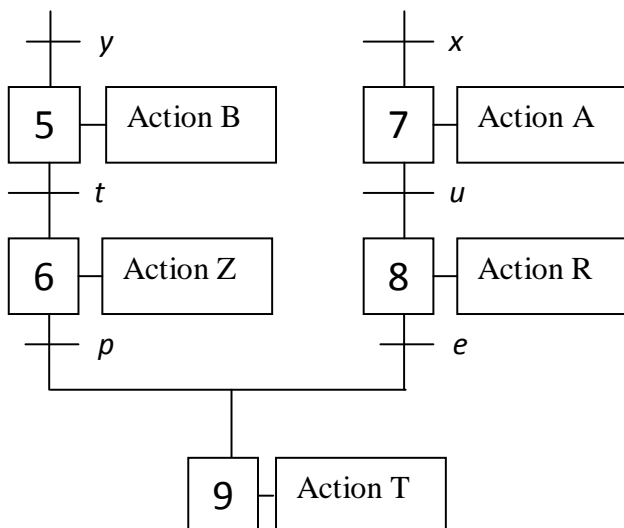
- Si la caisse pèse moins de 3 kg alors l'envoyer sur le tapis B
- Si la caisse pèse plus de 3 kg alors l'envoyer sur le tapis C

5.3.1 Divergence en OU

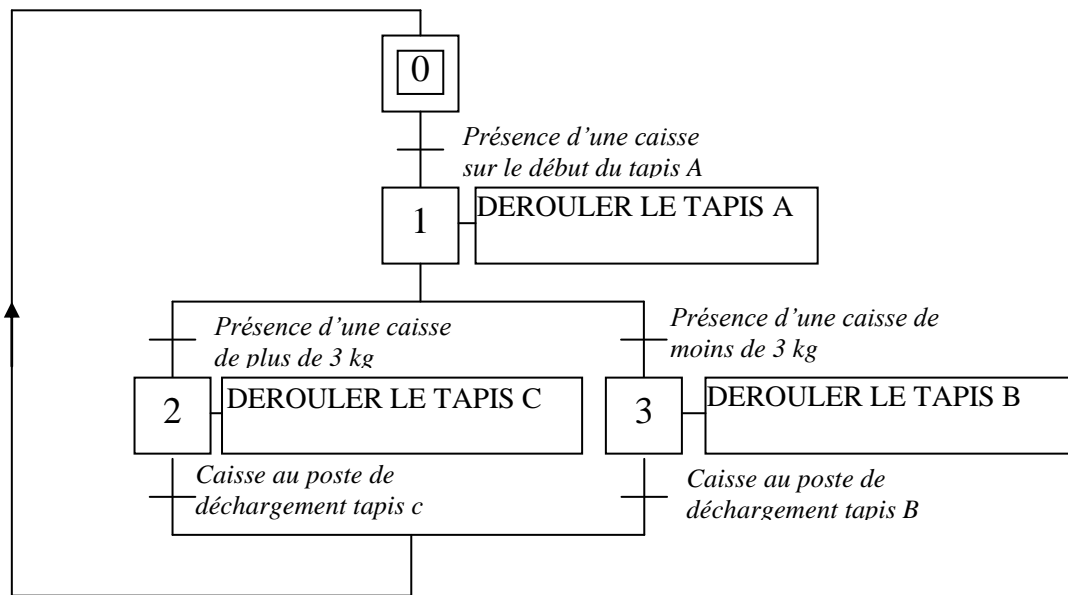
A l'issue d'une étape, le GRAFCET peut évoluer vers une séquence parmi plusieurs possibles. Ce choix est conditionné par les transitions associées aux différentes séquences.



5.3.2 Convergence en OU



5.3.3 Exemple : Tri de caisse

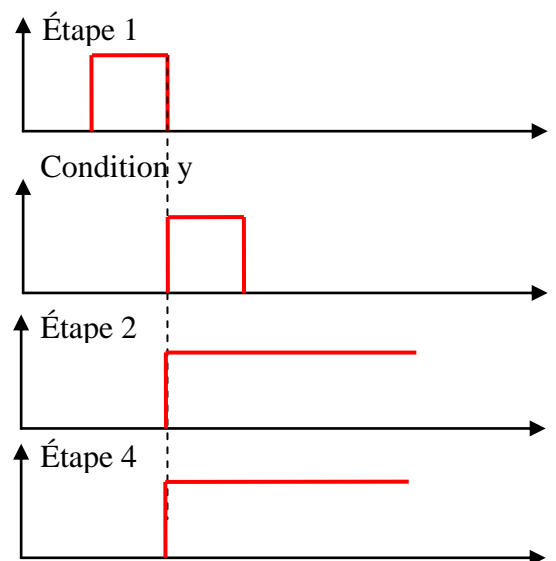
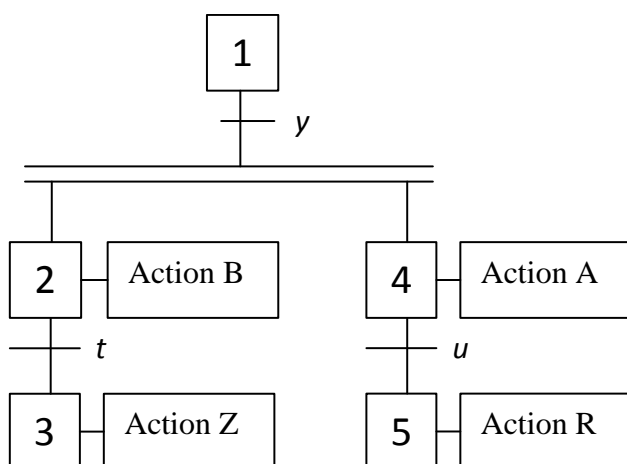


5.4 Grafcet à séquences simultanées

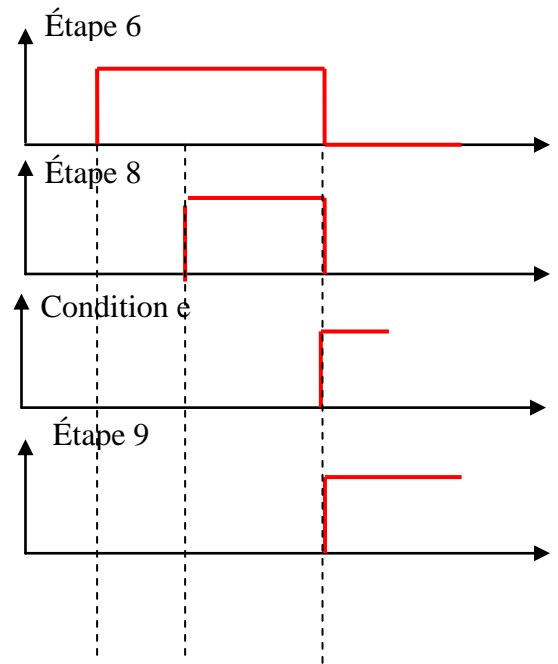
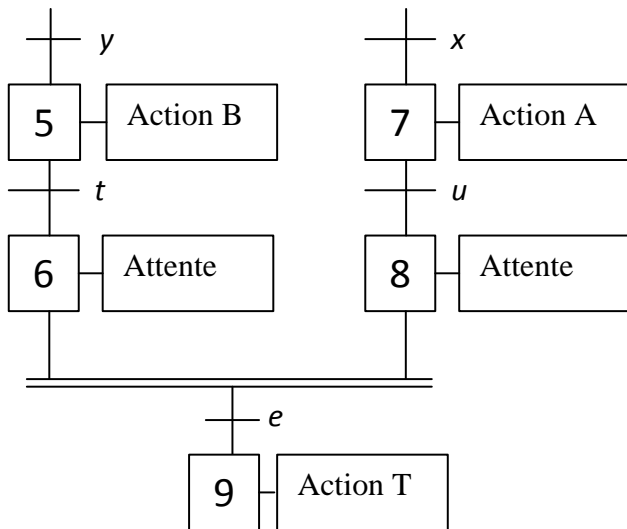
5.4.1 Introduction

A l'issue d'une étape, le GRAFCET va évoluer vers deux séquences distinctes, et va réaliser simultanément les actions associées à chacune de ces séquences.

5.4.2 Divergence en ET



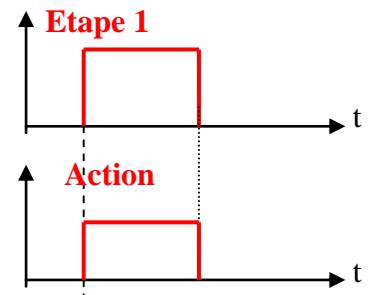
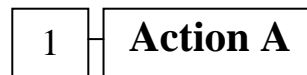
5.4.3 Convergence en ET



5.5 Actions associées aux étapes.

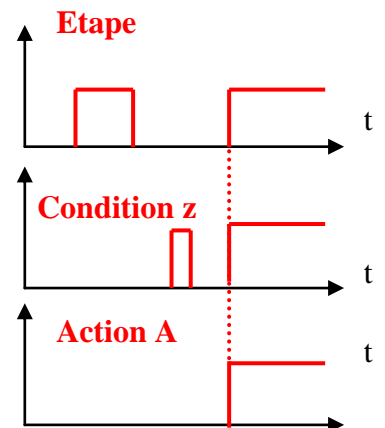
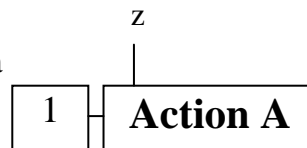
5.5.1 Action continue

L'action sera exécutée pendant tout le temps où l'étape sera active



5.5.2 Action conditionnelle

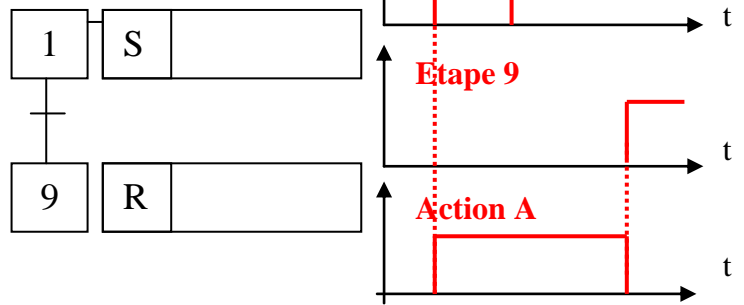
L'action sera exécutée si l'étape est active et si la condition associée à l'étape est vraie



5.5.3 Action mémorisée

L'action se déroule sur plusieurs étapes. Le début de l'action et sa fin sont indiqués sur deux étapes distinctes

S : SET : Mise à 1
R : RESET : Mise à 0



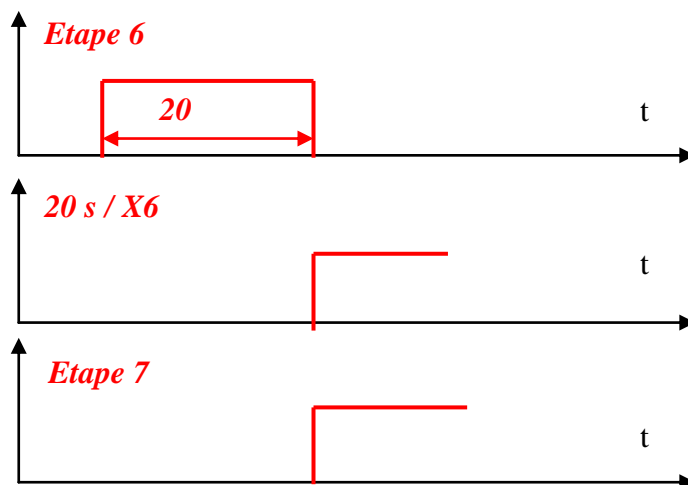
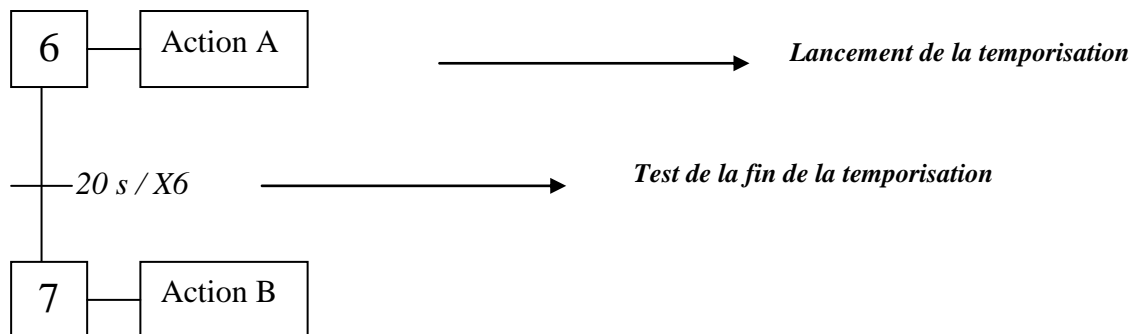
5.6 Activation d'une temporisation

L'activation d'une temporisation est une action, donc elle sera associée à une étape.

5.6.1 Test de la fin d'une temporisation

Le test de la fin d'une temporisation est une fonction logique (0 ou 1). Elle sera donc associée à une réceptivité, donc à une transition.

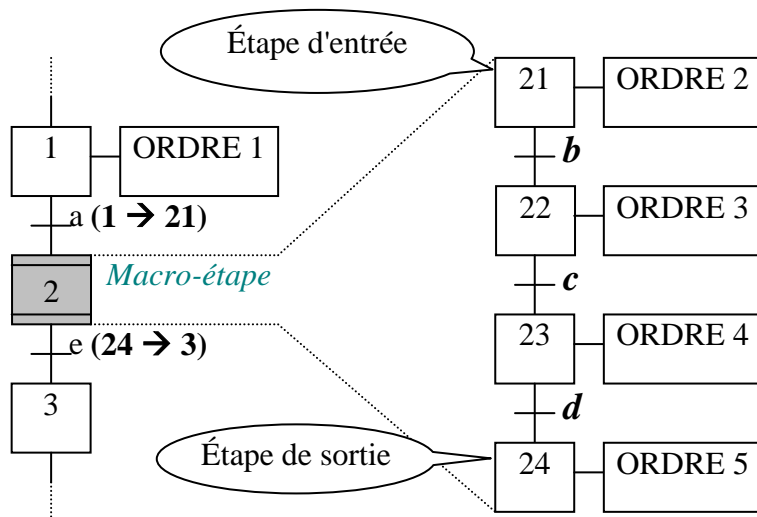
5.6.2 Repérage d'une temporisation dans un grafcet



5.7 Macro-étapes

Une macro-étape est le résumé de la représentation d'un ensemble d'étapes et de transitions, afin de ne pas surcharger le GRAFCET. L'ensemble de la macro-étape est défini dans le graphisme d'expansion de la macro-étape.

L'utilisation de macro-étapes dans un GRAFCET permet d'en simplifier la représentation et évite en particulier les séquences linéaires trop longues.



Dans toute macro-étape, l'étape d'entrée est celle dont la transition est celle de la macro-étape. La transition de sortie de la macro-étape est celle de la dernière étape.

Une macro-étape peut comporter elle-même d'autres macro-étapes.

5.8 Tâches

Grâce à cette représentation, on peut avoir une **approche progressive** pour les **problèmes complexes**.

