

V . ANALYSE DES FONCTIONS

ETUDE DE CAS N°1 : POSTE DE TRIAGE

1 - MISE EN SITUATION

Le système à concevoir est un poste de triage installé à la sortie d'une unité de production de tubes en carton de différents diamètres.

- Son but : mettre les tubes à disposition du poste de découpe chargé de la mise à longueur en fonction de la demande.
- Le principe : la pesée d'un tube à l'entrée du poste de triage permet d'identifier son type (un type par diamètre).
- Il existe sept types de tubes.
- Ils se présentent au poste de triage dans un ordre aléatoire.

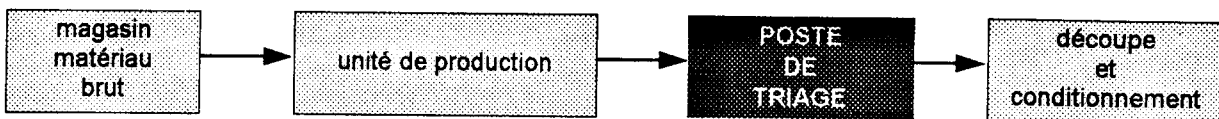


figure B-20

1 - 1. Définition de la fonction principale

Cette activité ne doit jamais être négligée. Elle évite par la suite des explications redondantes. Par ailleurs, l'idée que le client se fait du projet peut être à la fois précise s'il s'agit de son métier (expérience et habitudes) et pourtant confuse car aucune nouvelle machine ne peut réellement s'apparenter *a priori* à une machine existante.

Dans le cas étudié, la fonction principale est de :

transférer les tubes de type (i) vers l'emplacement (i)



figure B-21

Remarquons que l'expression de cette fonction se limite volontairement à quelque chose d'extrêmement général pour l'instant.

1 - 2. Inventaire des critères

	critère	niveau
tube	diamètre extérieur (paroi = 5 mm)	30,40,50,60,70,80,90 mm
	longueur	unique : 1000 mm
transfert	cadence	10 tubes/minute
environnement	robot (saisit les tubes à la sortie du poste de triage)	6 axes
	nombre de tubes de chaque type à stocker	maxi 8 tubes par type

2 - LE CAHIER DES CHARGES TECHNIQUE

2 - 1. Représentation sous forme texte

Avant de procéder à la conception mécanique, il convient, pour les systèmes dynamiques, de décider de son principe de fonctionnement sous l'aspect temporel. En effet, plusieurs options peuvent être retenues. En voici trois variantes.

a) Première variante :

« Si un tube se présente au poste de triage, il est pris en compte et orienté vers sa destination à condition qu'aucun autre tube ne soit en cours de triage » ; on peut dire que *les cycles de triage se font alors successivement*.

b) Deuxième variante :

« Si un tube se présente alors qu'un cycle de triage est déjà en cours, ce nouveau tube est pris en compte immédiatement, sans attente de la fin du cycle en cours » ; *deux ou plusieurs triages* (le nombre reste à définir) *peuvent alors avoir lieu en même temps*, avec la limite suivante : deux tubes de même type ne peuvent pas être triés en même temps.

c) Troisième variante :

Le type de fonctionnement est le même que pour la deuxième variante, mais *le triage simultané de deux tubes de même type est cette fois autorisé*.

Ces solutions sont de complexité variable, très probablement de coût variable. Il paraît clair que le choix hâtif de l'une ou l'autre de ces solutions peut conduire par la suite à des remises en cause du cahier des charges, pour raison de budget ou de contraintes technologiques. Le choix du principe de fonctionnement ne doit donc être fait que conformément à l'expression d'un réel besoin.

Les descriptions des trois variantes ci-dessus peuvent rapidement devenir confuses et sujettes à interprétation dès que le problème n'est plus aussi simple. Il sera donc profitable, pour la bonne compréhension du cahier des charges, et avant de définir la solution retenue, d'accompagner ce texte par un élément graphique exempt de toute ambiguïté. Les trois variantes sont donc présentées maintenant sous la forme de grafjets.

2 - 2. Représentation sous forme Grafjet

a) Première variante : triages successifs

La structure de grafjet qui montre très explicitement qu'un seul cycle de triage peut être exécuté à la fois est celle avec divergence en OU, appelée structure à sélection de séquence. Le grafjet de la figure B-22 montre effectivement qu'un seul des cycles de transfert peut avoir lieu en même temps.

A propos

Sur ce grafjet, le transfert d'un tube (i-1) est en cours. Qu'est-ce qui empêche le démarrage du transfert du tube de type (i+1) alors qu'il est présent à l'entrée du poste de triage ? (la réceptivité correspondante est vraie)

Réponse

Rappelons que pour qu'une transition soit franchie, il faut deux conditions : la réceptivité doit être vraie (ceci est bien le cas) ET la transition doit être validée (et ceci n'est pas le cas). Pour que la transition en question soit validée, il faut que l'étape précédente soit active (Xa), ce qui ne sera le cas que lorsque le transfert en cours sera terminé (réceptivité « transfert terminé » vraie).

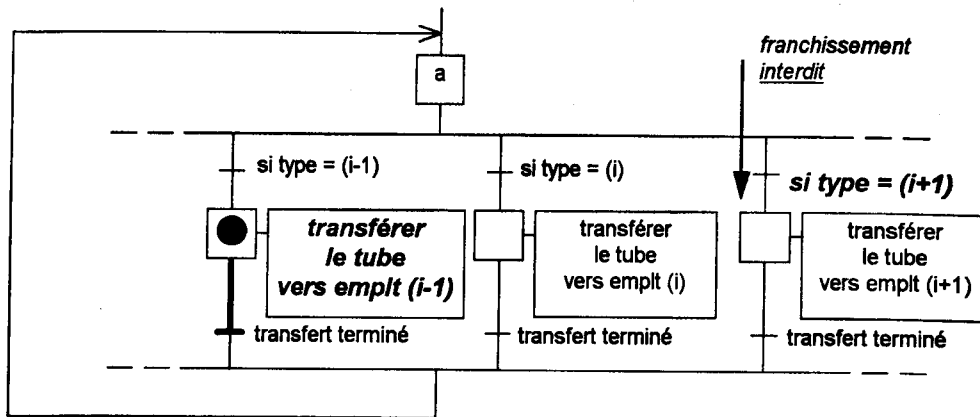


figure B-22

b) Deuxième variante : triages simultanés avec limite imposée

A propos

La première variante nécessite une structure à sélection de séquence car il s'agit effectivement de sélectionner une et une seule séquence. Peut-on directement (hâtivement) en déduire que pour obtenir des triages simultanés, il convient d'utiliser une structure de grafcet à séquences simultanées ? (divergence en ET)

Réponse

Bien que la formulation de la question le laisse supposer, une telle structure n'est absolument pas adaptée. En effet, les séquences simultanées sont systématiquement toutes actives en même temps. Dans notre problème par contre, seules quelques-unes des séquences sont actives à la fois, ou même une seule. De plus, elles ne démarrent pas en même temps.

La simultanéité des séquences est immédiatement perceptible lorsque chaque type de tube est traité par un grafcet spécifique, tel que représenté ci-dessous. Ainsi, toutes les étapes étant actives dès le démarrage, c'est l'indépendance des différents cycles qui est mise en évidence. On notera que deux tubes de même type ne peuvent pas être triés en même temps.

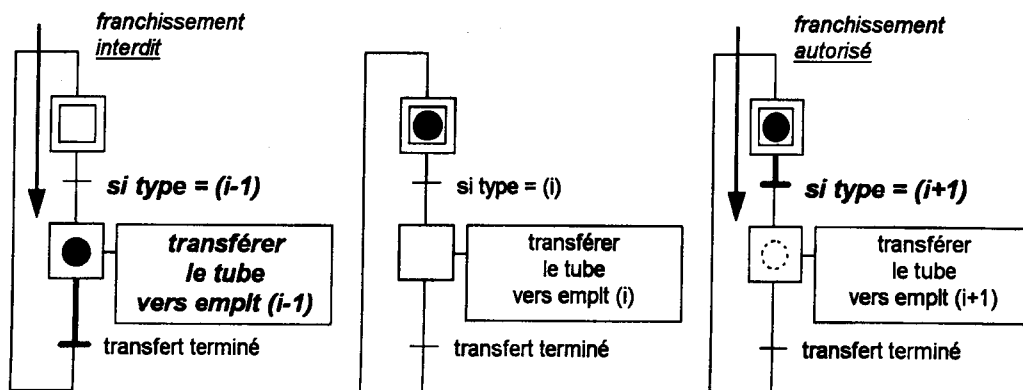


figure B-23

A propos

Réponses

- Quelles sont les règles qui permettent à deux de ces grafquets (ou davantage) d'évoluer en même temps ?
- Il s'agit de nouveau des règles de franchissement des transitions. Tous les grafquets débutent par une étape initiale, active au démarrage du système. Toutes les transitions qui les suivent immédiatement sont validées, il suffit alors que l'une ou plusieurs des réceptivités deviennent vraies, à n'importe quel moment, pour que les grafquets correspondants évoluent et provoquent les cycles de transfert appropriés.
- Quelle règle empêche le triage d'un tube dont un type identique est en cours de triage ?
- Sur le grafcet de gauche, on voit que l'étape initiale n'est plus active, la première transition n'est donc pas validée. Que la réceptivité associée à cette transition soit vraie ou non ne change alors rien à la situation. Mais dès que le transfert en cours est terminé et que ce grafcet est réinitialisé, un nouveau cycle peut immédiatement démarrer.

c) Troisième variante : triages simultanés sans la limite imposée

Afin d'autoriser le triage simultané de deux ou de plusieurs tubes de même type, on écrit les grafjets suivants. Attention, la *structure* globale des grafjets est identique à celle de la variante précédente, seul le *vocabulaire* utilisé est différent. Cette fois, les grafjets sont réinitialisés dès que le cycle de triage correspondant a démarré et ils sont donc constamment prêts pour entrer de nouveau en fonctionnement.

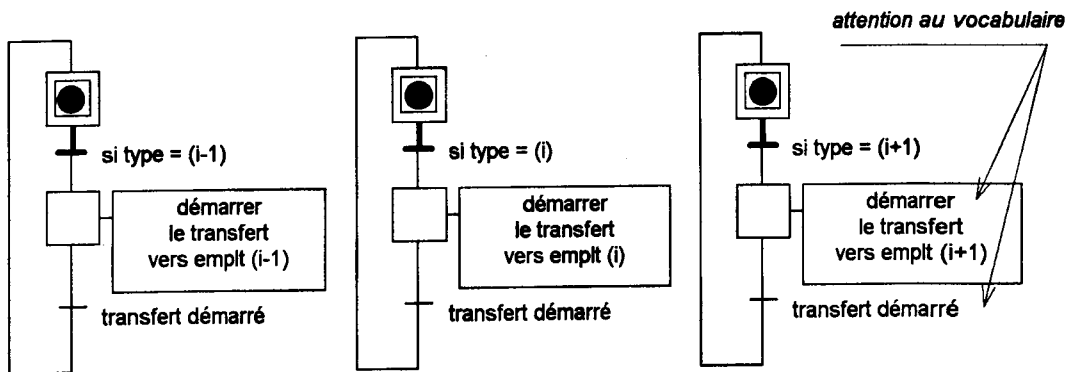


figure B-24

A propos

Sur ces grafjets, combien de temps les étapes qui font démarrer les transferts restent-elles actives ?

Réponse

Cette question ne se pose pas dans ce cas précis, ces grafjets n'étant pas destinés à la programmation. Cependant, si cela était le cas, ce temps d'activation dépendrait de l'algorithme d'interprétation du grafjet au moment du codage du grafjet dans le langage de l'automate, ou de l'algorithme intégré dans l'automate. Cette durée varie de quelques microsecondes (le temps d'exécution de quelques instructions) à quelques millisecondes (le temps de scrutation du programme) selon la manière de rédiger le programme.

2 - 3. Validation d'une solution

Parmi les trois variantes proposées, il convient de choisir celle dont les coûts d'étude et de réalisation seront les moins élevés en proposant un équipement strictement conforme au besoin réel. Le critère essentiel est dans ce cas *la cadence à respecter*. Sans les démontrer, nous admettrons les idées suivantes :

- le système le plus simple est le moins coûteux,
- la cadence d'un système de production dans son ensemble est celle de son maillon le plus lent (le goulot d'étranglement).

Pour la suite, nous posons comme hypothèse que l'étude du système de production complet vérifie que *la cadence autorisée par la première version, la plus lente mais aussi la plus simple, est compatible avec le fonctionnement global*.

Fonctionnement retenu : 1^{ère} variante (cycles successifs)

3 - PRINCIPES TECHNIQUES

Le cahier des charges commun aux parties opérative et commande étant validé, les conceptions du mécanisme et de l'automatisme peuvent être menées parallèlement.

Décrivons brièvement les choix relatifs au principe mécanique.

3 - 1. Schéma d'ensemble

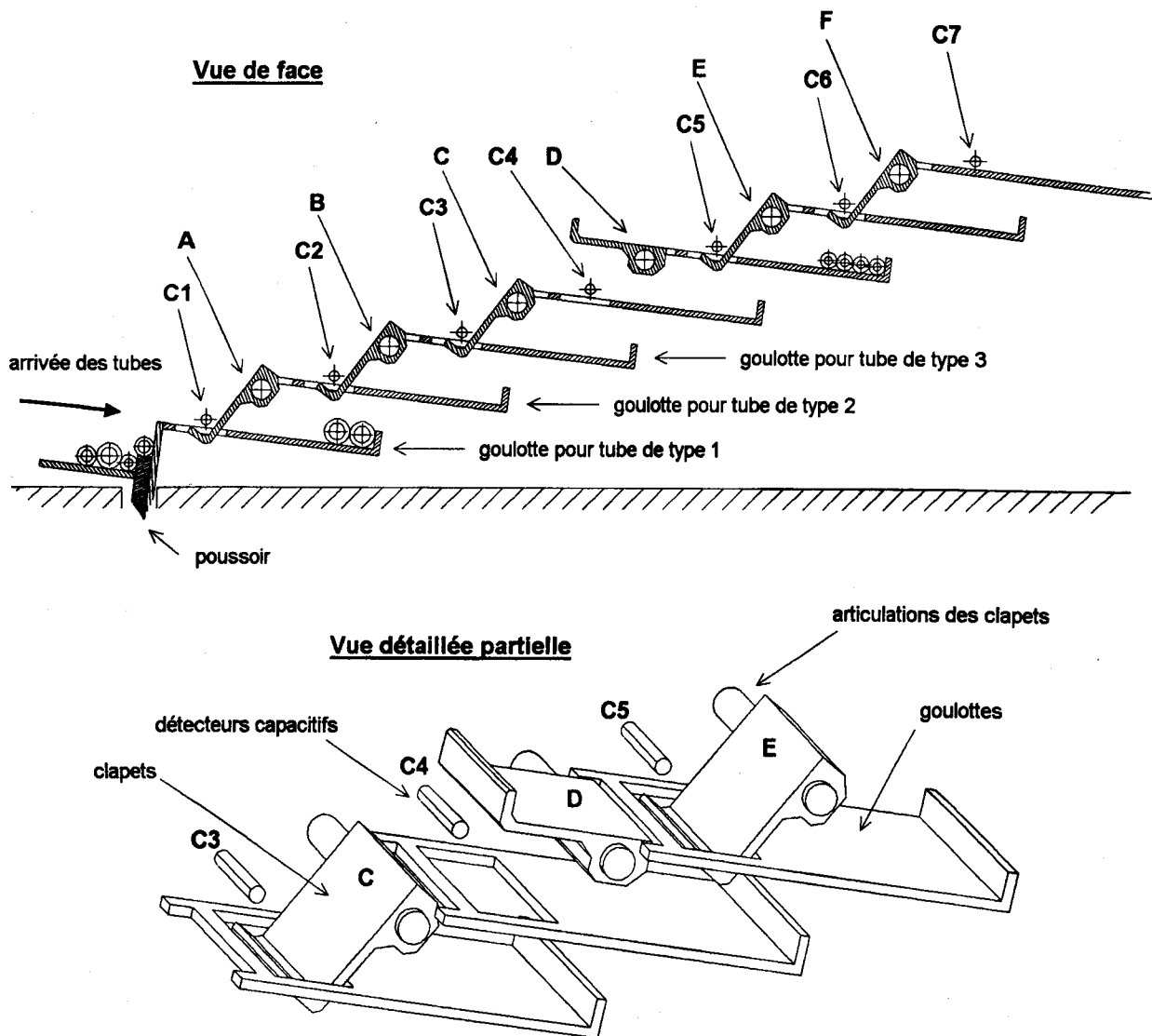


figure B-25

Les figures sont représentées alors qu'un tube de type 4 est en cours de triage : le poussoir élève le tube vers la première goulotte et le clapet n°4 est déjà soulevé.

3 - 2. Principes technologiques

- La géométrie du produit autorise son déplacement dans des goulottes par simple gravité et roulement.
- Chaque type de tube est rangé dans une goulotte spécifique. Les 7 goulottes sont superposées. Les tubes de type 1 doivent être rangés dans celle du bas, ceux de type 7 dans celle du haut.
- Les détecteurs capacitifs numérotés C1 à C7 sont sensibles au passage des tubes mais ne réagissent pas lorsqu'un clapet se soulève (en raison de la portée limitée des détecteurs choisis et du jeu important entre ces détecteurs et les clapets : voir la figure B-26).

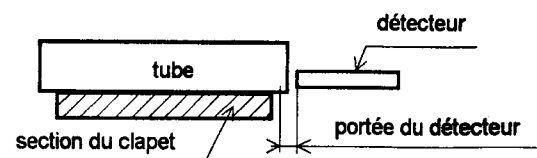


figure B-26

- Les vérins sont tous pilotés par des distributeurs monostables.
- La reconnaissance des tubes se fait par leurs masses respectives.

3 - 3. Fonctionnement du mécanisme

Lorsqu'un tube se présente, le type en est déterminé par pesage. Le clapet de la goulotte adéquate se soulève (elle laissera passer le tube lors de son arrivée) et le poussoir d'alimentation monte. Le tube est hissé de goulotte en goulotte jusqu'à ce qu'il passe en dessous du clapet qui est déjà soulevé. Le tube étant dans la bonne goulotte, toutes les actions en cours sont arrêtées (les clapets s'abaissent et le poussoir descend). Le cycle est terminé. Un nouveau cycle peut démarrer.

4 - DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

4 - 1. Grafcet de description

Le grafcet de la figure B-27 vient rapidement à l'esprit. D'excellente facture du point de vue de sa fonction descriptive, il a été élaboré intuitivement par reproduction directe du cycle.

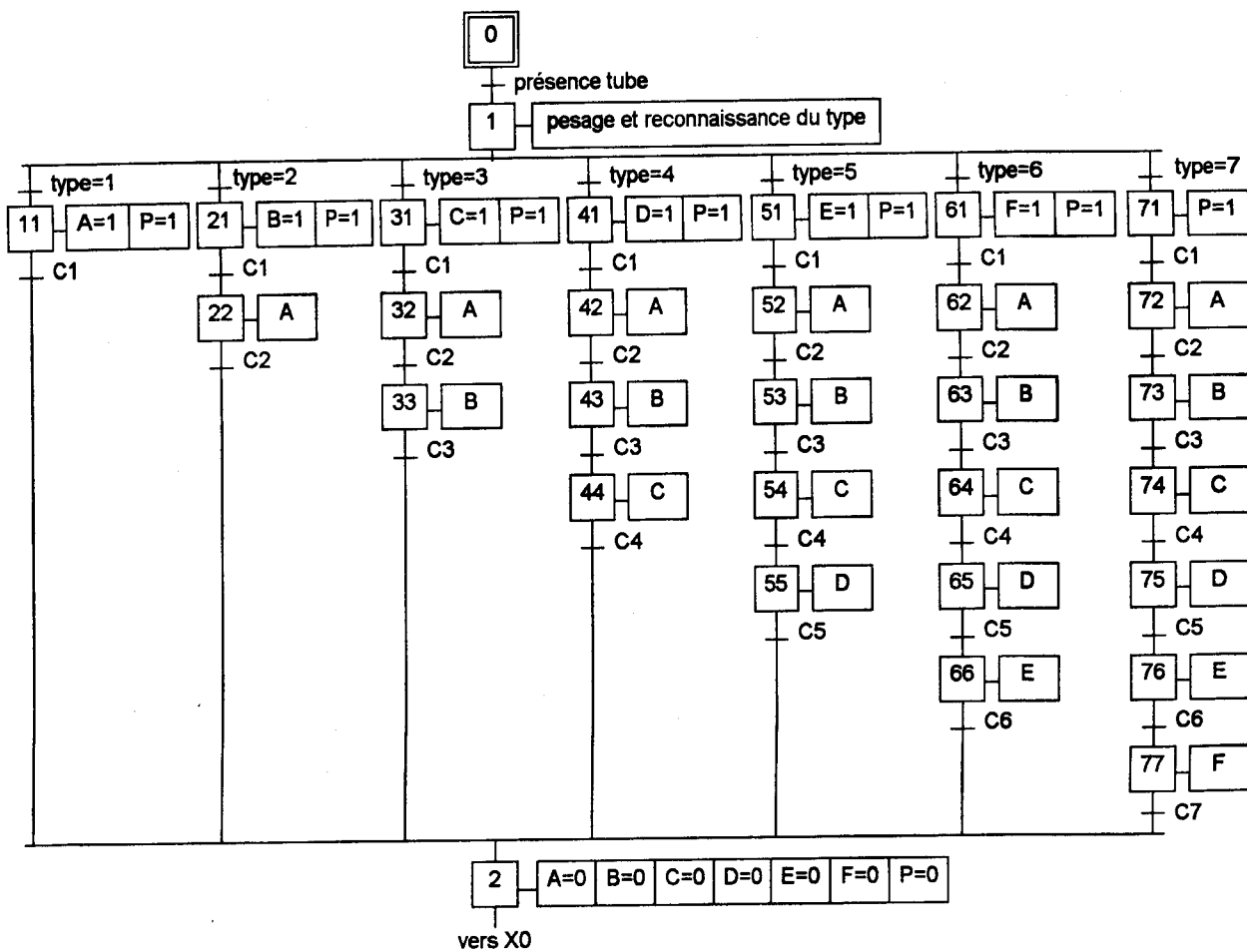


figure B-27

- A l'arrivée d'un tube, détection et reconnaissance de son type.
- Selon son type, ouverture de la goulotte correspondante, d'où la sélection de séquence dans le grafcet, et montée du poussoir.
- Dans chaque séquence, description complète du cycle d'amenée du tube vers sa goulotte de destination.

- Remise en état initial des actionneurs.
- Pour démarrer le cycle suivant, il y a soit attente de l'arrivée d'un nouveau tube, soit prise en compte immédiate du tube déjà présent.

4 - 2. Chronogramme : analyse des états des étapes

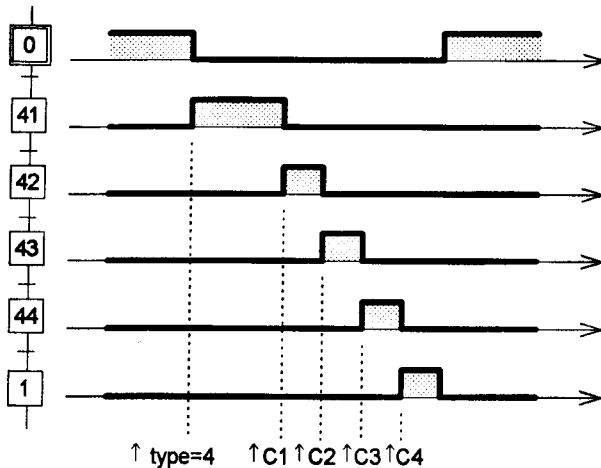


figure B-28

L'analyse de l'évolution des étapes de ce grafcet peut aisément se faire sous forme de chronogramme. Afin d'en simplifier l'expression, la figure B-28 est limitée à la représentation de la séquence qui correspond au type n°4 pour exemple.

L'aspect purement séquentiel de cette partie du grafcet est ainsi parfaitement mis en évidence.

4 - 3. Tentative de simplification en vue de la programmation

On constate immédiatement que ce grafcet entraînera de nombreuses répétitions lors de la programmation. En effet, les séquences se ressemblent. Celle d'un type de tube donné contient intégralement toutes celles des types de numéro inférieur (voir figure B-29). Seul le nom du clapet qui doit s'ouvrir dès le début du cycle varie selon le type de tube en présence. A moins de disposer d'une fonction de type *copier-coller*, il paraît naturel de vouloir faire l'économie de ces répétitions lors de la phase de programmation. Notons que le grafcet de description de la figure B-27 représente en fait le cahier des charges pour le programmeur. Le fonctionnement final doit être conforme aux attentes qui y sont exprimées, mais le programmeur décide seul de la manière d'y parvenir. Il tentera probablement de simplifier ce grafcet : l'idée consiste à n'écrire qu'une seule fois la séquence complète et à aménager ensuite des sauts d'étapes qui permettent de la quitter au moment opportun (figure B-30).

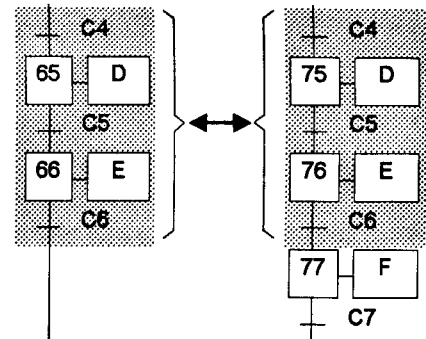


figure B-29

4 - 4. Conclusion

- Ce nouveau grafcet nécessite effectivement moins d'étapes. Par contre, les équations ainsi que la structure générale du grafcet sont plus complexes, ce qui représente une source d'erreur potentielle.
 - Le fonctionnement du système n'est pas aussi clairement exprimé que précédemment.
- En fait, le grafcet de description initial permet à celui qui l'étudie de très bien suivre le cheminement d'un tube de type donné. En vertu de sa clarté, nous allons le conserver en tant que cahier des charges de l'analyse détaillée du fonctionnement. Nous reprenons l'étude à partir de ce point et négligeons volontairement le « grafcet simplifié ».

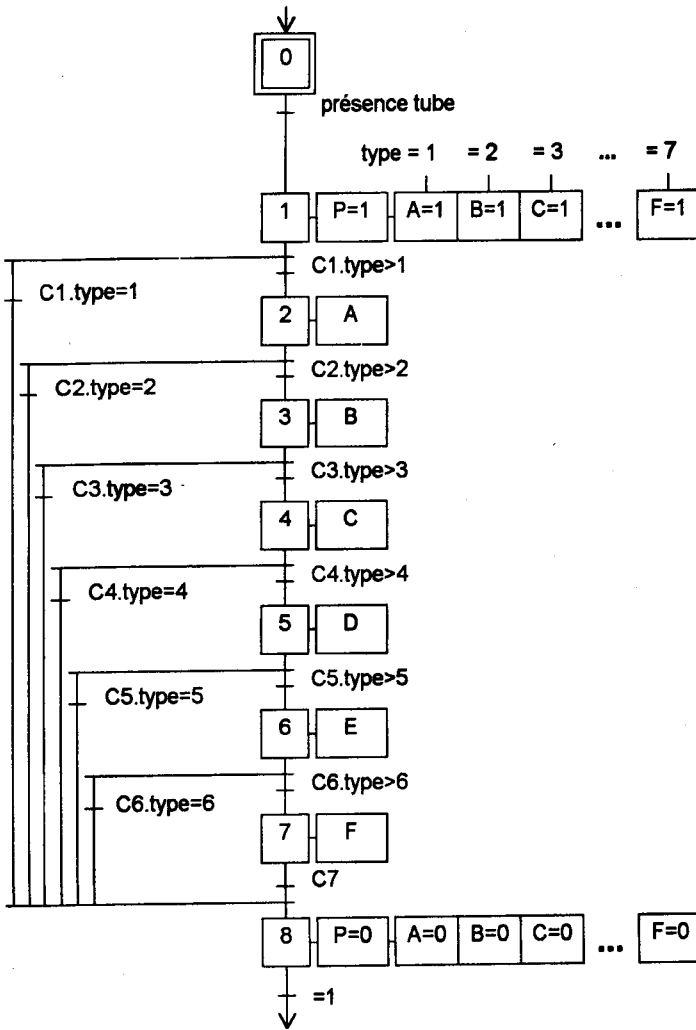


figure B-30

5 - ANALYSE DETAILLEE DU FONCTIONNEMENT

En premier lieu, ne pas oublier qu'il ne faut tracer aucune étape de grafcet avant d'avoir analysé les fonctions à réaliser par le système.

5 - 1. Inventaire des fonctions

La fonction principale a déjà été formulée. Il s'agit maintenant de la décomposer en fonctions de niveau inférieur. C'est la phase la plus délicate à réaliser. Une mauvaise décomposition entraînera un résultat aberrant.

Pour effectuer correctement cet inventaire, deux précautions doivent impérativement être prises.

- Les fonctions doivent être exprimées dans un vocabulaire qui fait abstraction des organes qui les réalisent afin d'éviter la confusion entre analyse des fonctions et analyse des organes.

- Il faut éliminer de la réflexion toute référence à la chronologie du cycle. Dans un premier temps, on aura tendance à négliger cette contrainte car elle nécessite un effort intellectuel important.

Afin de bien illustrer ce deuxième point, les fonctions seront présentées pêle-mêle comme sur la figure B-31. Toute autre représentation contient en effet *implicitement* une idée de chronologie, que ce soit un tableau, une liste ou un diagramme.

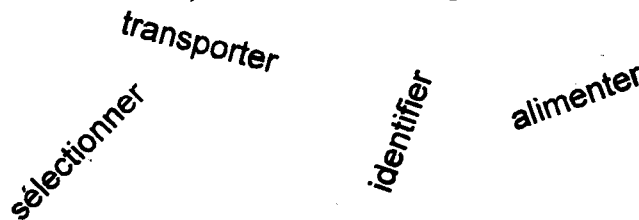


figure B-31

Pour la même raison, les fonctions sont décrites dans un ordre absolument quelconque.

a) Fonction transporter

Cette fonction démarre lorsque le tube commence à rouler sur la première goulotte, tout au début de sa trajectoire. Elle consiste à transporter le tube jusqu'à sa goulotte de destination, *quelle qu'elle soit*, et se termine lorsque le tube est arrivé dans cette position.

b) Fonction identifier

Le tube étant en place sur la balance, une pesée est effectuée et le résultat est interprété afin d'attribuer un numéro de type au tube en question.

c) Fonction alimenter

Le tube est élevé vers la première goulotte.

d) Fonction sélectionner

La goulotte correspondante au type de tube à trier est ouverte afin de permettre le passage du tube lorsqu'il se présente.

Rappel : l'expression de ces fonctions n'a fait intervenir aucun élément technologique. En effet, la description de la fonction *sélectionner* dit :

- [la goulotte] ... [est ouverte] \Rightarrow phrase purement descriptive et non :
- [le clapet est soulevé] \Rightarrow suggère le fonctionnement d'un mécanisme.

5 - 2. Inventaire des critères relatifs aux fonctions

Les critères doivent être définis en collaboration avec l'équipe chargée de la conception mécanique. Il s'agit dans ce cas d'informations qui concernent :

- les vitesses des déplacements,
- les courses et débattements,
- la précision nécessaire de la pesée...

5 - 3. Coordination des fonctions

La question des liens chronologiques entre les fonctions *ne se pose que maintenant*. La réflexion est fractionnée et limitée à ce seul point, elle est donc facilitée.

Lorsqu'un tube se présente, il doit être identifié avant toute autre chose, cela ne fait aucun doute. Par contre, plusieurs variantes peuvent être envisagées pour l'ordre d'appel des trois autres fonctions. Les impératifs sont les suivants :

- *sélectionner* et *transporter* doivent être exécutées en même temps,
- *alimenter* doit être appelée au plus tôt en même temps que *sélectionner* pour permettre le bon fonctionnement pour le triage des tubes de type 1.

Globalement, il est donc possible de provoquer l'appel de ces trois fonctions en même temps une fois l'identification terminée.

De cette analyse découle le grafcet de coordination des tâches (figure B-32). Elle permet de mettre en évidence la différence entre fonction et organe. En effet, la fonction *transporter* est, dans ce cas, enclenchée dès le début de l'alimentation ; or le premier clapet lié à la fonction *transporter* ne se mettra en mouvement que plus tard, lorsque le tube se présente devant ce clapet. La fonction est enclenchée alors que le mouvement correspondant n'a lieu qu'ultérieurement ! Ce point particulier sera encore développé lors de l'analyse du grafcet complet.

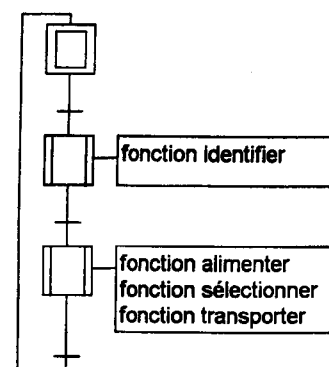


figure B-32

5 - 4. Ebauche des grafquets de tâches

Chacune des fonctions fait l'objet d'une traduction en une ébauche de grafquet de tâche. Au point où en est l'étude, seules les informations disponibles sont mises en place. Si certaines tâches ne sont pas suffisamment définies pour pouvoir être intégralement décrites, elles peuvent faire appel à un grafquet de niveau hiérarchique inférieur, complété par la suite, lorsque cela sera possible. Ceci peut être le cas d'une fonction pour laquelle la conception mécanique n'est pas encore terminée.

a) Grafquet lié à la fonction *identifier*

La pesée s'effectue lorsqu'un tube est présent à l'entrée du poste de triage, c'est-à-dire lorsque la valeur délivrée par la balance est différente de zéro. La temporisation permet la stabilisation de cette valeur avant enregistrement. Il reste à décider si ces actions sont traitées par un grafquet de tâche ou directement écrites dans le grafquet de coordination des tâches.

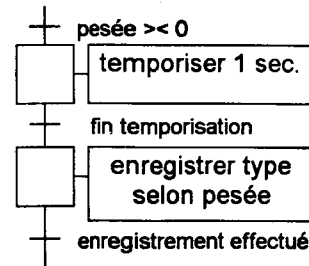


figure B-33

b) Grafquet lié à la fonction *alimenter*

Une seule action est nécessaire pour réaliser cette fonction : élever le poussoir. Le grafquet se limite à une étape unique. Il est donc inutile de prévoir un grafquet de tâche indépendant, cette action pouvant prendre directement sa place dans le grafquet de coordination.

c) Grafquet lié à la fonction *sélectionner*

Revenons au grafquet de la tâche *identifier*. En raison de sa simplicité, il a été élaboré sans méthode particulière. Mais le raisonnement présenté au § IV.3 - 10 peut s'appliquer :

- *inventaire des actions* : enregistrer, temporiser
- *ordre chronologique d'exécution des actions* : temporiser puis enregistrer
- *informations qui provoquent ces actions* : arrivée d'un tube reconnue par une pesée différente de zéro, fin de la temporisation
- *informations qui permettent l'arrêt des actions* : fin de temporisation, type de tube enregistré

La fonction *sélectionner* mérite qu'on applique cette démarche. On recommande de poser les interrogations en termes de fonctions et non immédiatement en termes d'actions.

- Inventaire des sous-fonctions

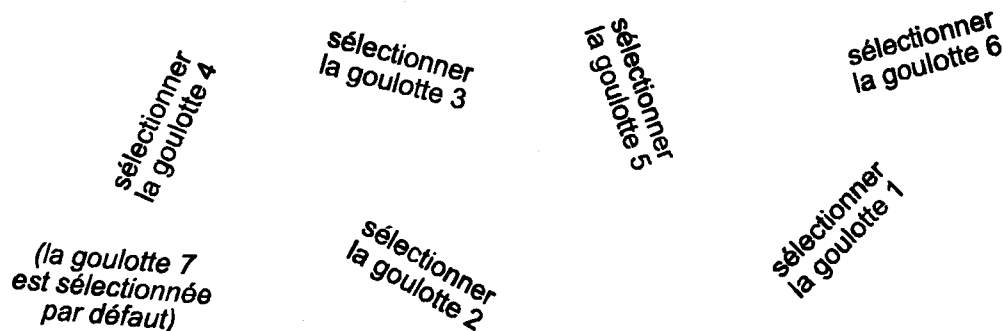


figure B-34

Les sous-fonctions sont exprimées dans un vocabulaire général sans aucune référence aux organes mis en oeuvre, et sans idée préconçue de chronologie. La figure B-34 adopte la forme déjà présentée.

- **Inventaire des actions correspondantes**

Plus aucune décomposition fonctionnelle n'a lieu, aussi traite-t-on maintenant les actions qui permettent la réalisation des fonctions.

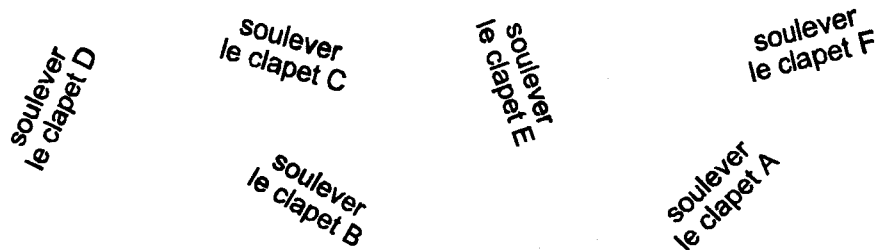


figure B-35

- **Ordre chronologique d'exécution des actions**

Lors d'un cycle de triage donné, un seul clapet se soulève pour satisfaire la fonction *sélectionner*. Selon le type de tube, il peut s'agir de n'importe lequel des clapets. Pour le cas des tubes de type 7, aucun ne se soulève. De ce fait, il n'existe aucune *séquence* d'exécution de toutes ces actions (représenter les étapes associées à ces actions les unes *en-dessous* des autres nuirait à cette idée). C'est pourquoi les étapes sont représentées les unes *à côté* des autres.

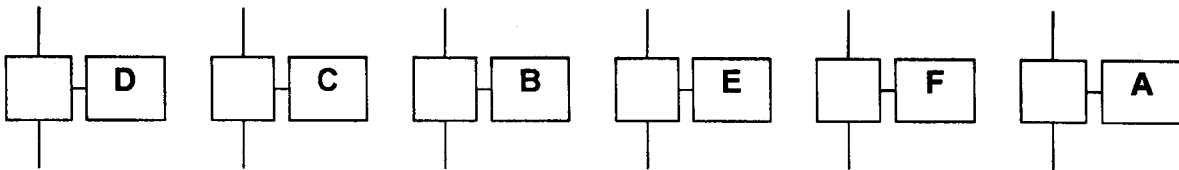


figure B-36

Cette figure représente les actions de la gauche vers la droite dans un ordre A à F quelconque afin de bien mettre en évidence cette idée de non-chronologie.

- **Les informations qui provoquent ces actions**

La sélection du clapet à soulever est directement liée au type de tube en présence, c'est la *condition logique*. Les réceptivités en amont des étapes sont d'écriture immédiate :

- [type=4] pour l'étape associée à l'action D
- [type=3] pour l'étape associée à l'action C, etc.

La *condition temporelle* (à quel moment soulever le clapet) est quant à elle gérée par le grafcet de coordination.

- **Les informations qui permettent l'arrêt des actions**

Un clapet s'abaisse dès que le tube à trier est passé en-dessous de celui-ci, c'est-à-dire sur signal délivré par le détecteur de passage correspondant.

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler que la seule fonction étudiée dans ce paragraphe est

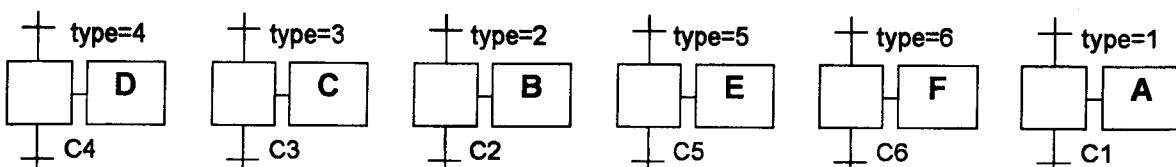


figure B-37

la *sélection* : il ne faut surtout pas tenir compte des mouvements des clapets lorsque ceux-ci interviennent pour réaliser une autre fonction (*transporter* par exemple).

Les réceptivités peuvent maintenant être complétées (figure B-37). On choisira, pour des raisons évoquées plus loin, de tracer un grafcet particulier pour chacune des actions.

- Remarque quant à la structure du grafcet

Il eût été possible de prévoir une structure avec divergence en OU (fonction exclusive) et de n'écrire alors qu'un seul grafcet (figure B-38).

Afin de tenir compte du cas particulier du type 7, il convient alors soit de dessiner une branche supplémentaire, qui ne génère aucune action (pour éviter des difficultés de synchronisation avec le grafcet de coordination), soit d'inhiber l'appel de ce grafcet pour le type 7.

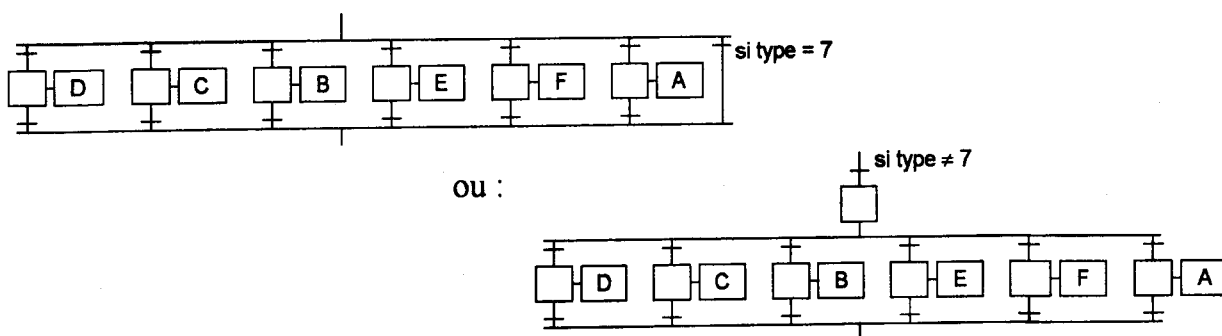


figure B-38

d) Grafcet lié à la fonction transporter

La construction de ce grafcet nécessite également une décomposition fonctionnelle. La même démarche que précédemment nous permet de nouveau de réaliser cette construction par touches successives. Cependant, le problème n'étant pas le même, il faut veiller à ne pas reproduire les réponses d'une manière automatique et irréfléchie.

- Inventaire des sous-fonctions

La fonction *transporter* avait été exprimée de la façon suivante : transporter le tube jusqu'à sa goulotte de destination, quelle qu'elle soit. Une première manière de décomposer cette fonction consisterait à considérer individuellement chaque type de tube : transporter un tube de type 1, transporter un tube de type 2, etc.

Une rapide analyse permet de conclure que les 7 séquences qui en découlent reproduiraient les 7 séquences du grafcet de description initial. En fait, cette décomposition n'est pas correcte car elle se réfère directement à la chronologie d'exécution des actions : il ne s'agirait pas de décomposition, mais de description des cycles. Les sous-fonctions ne seraient pas suffisamment isolées de leur contexte.

Un isolement complet consiste à décomposer la fonction *transporter* (qui englobe l'ensemble du processus pour déplacer un tube de son point d'origine vers son point d'arrivée) en *transports élémentaires*. Or, ces fonctions élémentaires consistent à transporter un tube seulement d'une goulotte, quelle qu'elle soit, vers la goulotte supérieure.

Afin d'éviter toute référence à un cycle quelconque, l'inventaire des sous-fonctions se fait de nouveau dans un ordre complètement aléatoire.

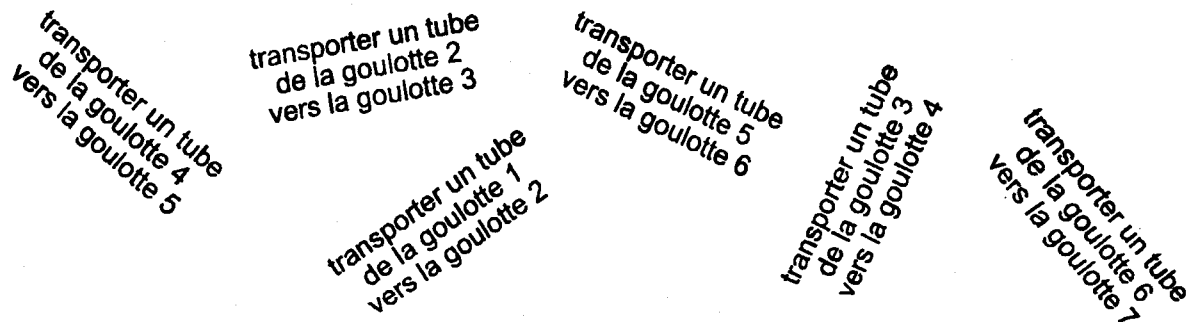


figure B-39

- Inventaire des actions correspondantes

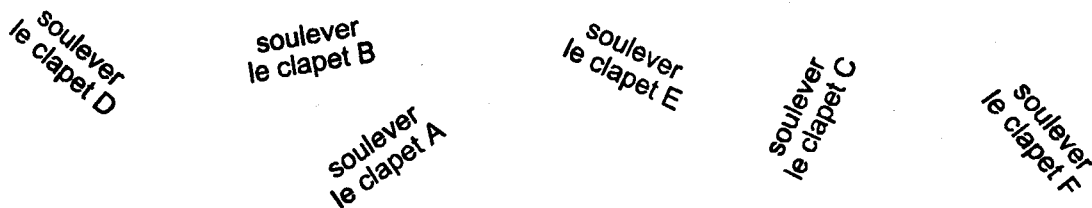


figure B-40

- Ordre chronologique d'exécution des actions

Une première approche, hâtive, peut nous conduire à imposer un séquençement figé dans l'exécution de ces actions, à savoir : d'abord soulever le clapet A, ensuite le clapet B et ainsi de suite. Il faudrait prévoir des sauts d'étapes selon le type de tube à trier. Le grafcet qui en résulterait serait similaire au grafcet de description simplifié, qui avait été rejeté. L'isolement des fonctions serait, là encore, insuffisant.

A condition donc d'isoler correctement les fonctions, on s'aperçoit qu'il est inutile en fait d'imposer une chronologie d'exécution des actions. Les étapes se représentent les unes à côté des autres et également dans le désordre afin de suggérer cette absence d'obligation de séquence.

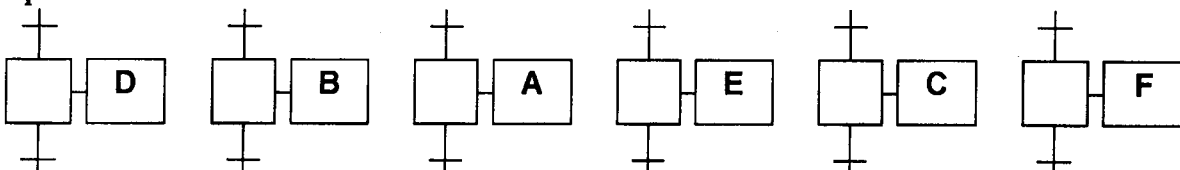


figure B-41

Au contraire du grafcet de la fonction *sélectionner*, il ne faut en aucun cas regrouper ces étapes à l'intérieur d'un même graphe en les associant par une divergence en OU car toutes ou partie de ces étapes sont activées les unes après les autres et restent actives en même temps.

Si un séquençement est pourtant perçu par l'observateur, il n'est dans ce cas qu'apparent. Le système évolue librement, et c'est seulement le déplacement du tube qui ordonne les actions à exécuter par l'intermédiaire des détecteurs de proximité.

- Les informations qui provoquent ces actions

C'est l'arrivée d'un tube sur un clapet abaissé qui provoque le mouvement de ce clapet. Il s'agit d'une *condition temporelle* qui définit l'instant d'exécution d'une action (conditions C1 à C7). A cela s'ajoute une *condition logique* : un clapet donné ne se soulève que pour transporter des tubes de type supérieur (conditions [type > 1] à [type > 6]).

- Les informations qui permettent l'arrêt des actions

Le clapet s'abaisse une fois le tube arrivé sur la goulotte supérieure. Plutôt que par un fin de course du clapet, cette condition peut être vérifiée par le détecteur de passage de la goulotte supérieure. A l'économie des fins de courses, s'ajoute une meilleure adéquation entre le problème et la solution technologique car, au contraire des fins de courses, la détection du tube lui-même répond directement au besoin.

Le grafcet, décomposé en autant de parties que de clapets, peut maintenant être complété par ses réceptivités.

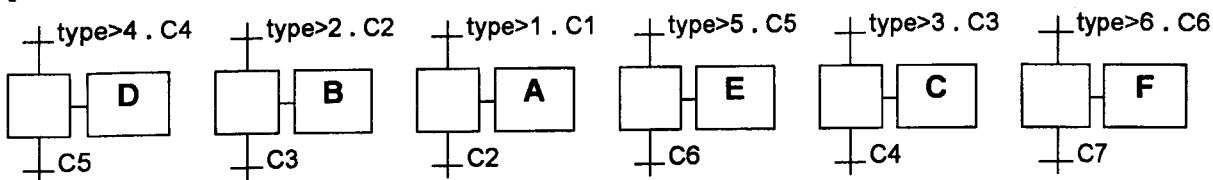


figure B-42

5 - 5. Grafcet du mode de production normale

Si du point de vue didactique il était intéressant de présenter les actions dans le désordre pendant l'étude des fonctions, on préfère les représenter dans l'ordre A à F sur ce document de synthèse (figure B-43 page suivante).

Pour faciliter la lecture des dialogues entre les grafquets, on veille à numéroter les étapes d'une manière judicieuse. En effet, la numérotation adoptée fait à chaque fois référence au type de tube. La rédaction du programme de l'automate ainsi que sa maintenance sera d'autant plus sûre.

6 - A PROPOS DU RESULTAT

a) Comparaison avec le grafcet de description initial

En raison de la simplicité de son interprétation, le grafcet de description initial reste valable tant qu'il s'agit justement de *décrire* le fonctionnement du système. Le nouveau grafcet qui a été obtenu suite à une analyse strictement fonctionnelle est quant à lui très intéressant par deux points :

- lors de la phase de programmation de l'automate,
- pour résoudre des problèmes plus complexes.

- Lors de la phase de programmation

On rappelle que les constructeurs intègrent de plus en plus dans leurs logiciels des fonctions de duplication, que ce soit de listes d'instructions, de portions de grafquets ou même de fichiers complets. Cette tendance doit nous conduire à favoriser la réalisation d'*objets* réutilisables par copie et reconfiguration.

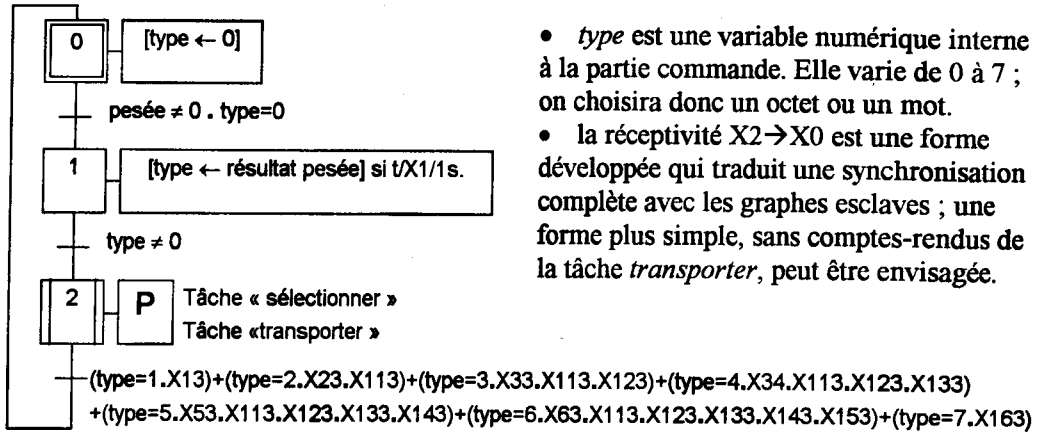
Le grafcet de la figure B-43 illustre très bien cette technique puisqu'elle permet de ne programmer en fait qu'un seul des graphes, tous étant de structure absolument identique et de surcroît tout à fait standards : une étape initiale et deux étapes normales.

- Pour résoudre des problèmes plus complexes

Si une telle méthode peut paraître un peu lourde dans le cas présent qui est assez simple, elle se justifie d'autant mieux que le problème devient plus complexe. Par exemple, si le poste de triage est constitué de 50 goulottes, ou même plus, il est très facile d'étendre le programme sans en augmenter la difficulté.

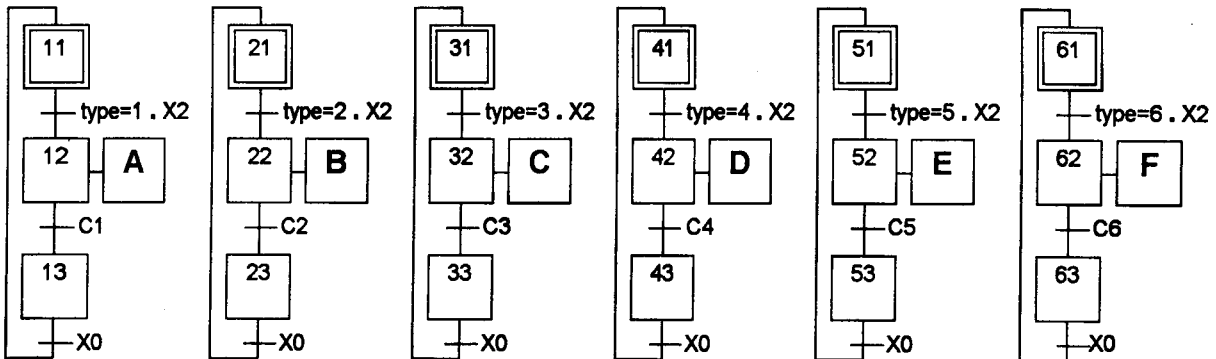
Les troisième et quatrième parties de ce livre traiteront de problèmes pour lesquels le comportement du système doit être flexible, capable de s'adapter à des situations multiples et à des cycles qui ne sont pas figés. C'est surtout dans ce cadre qu'une analyse de ce type montre tout son intérêt.

Coordination des tâches



- *type* est une variable numérique interne à la partie commande. Elle varie de 0 à 7 ; on choisira donc un octet ou un mot.
- la réceptivité X2 → X0 est une forme développée qui traduit une synchronisation complète avec les graphes esclaves ; une forme plus simple, sans comptes-rendus de la tâche transporter, peut être envisagée.

Tâche sélectionner



Tâche transporter

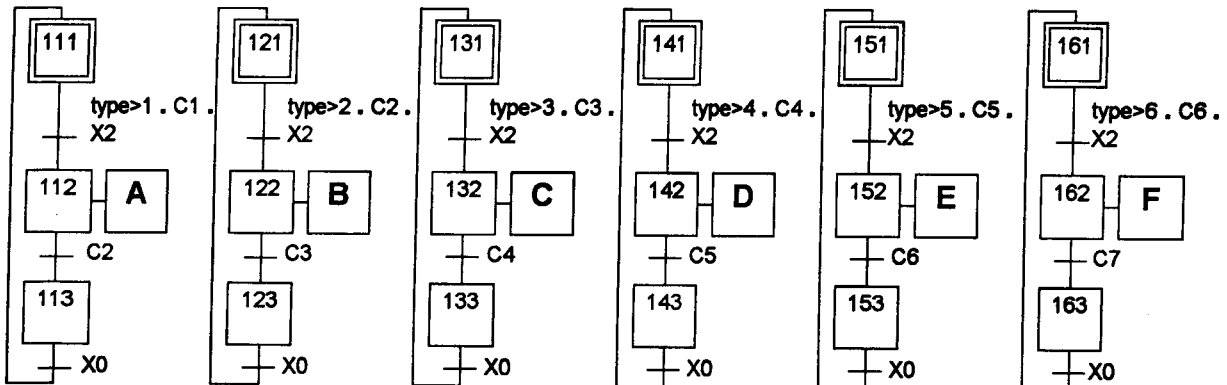


figure B-43

6 - 2. Remarques sur la tâche transporter

L'étape supplémentaire X119 qu'on peut ajouter au grafcet X111 n'améliore certes pas le fonctionnement, mais elle permet de mieux faire la distinction entre *fonction* et *action*.

L'étape X119 est activée dès l'apparition de l'ordre de départ de la fonction transporter (étape X2). Mais aucune action n'a lieu. Pour cela, il faut attendre que le tube arrive en C1, l'étape X112 étant activée seulement à ce moment-là. L'action A est alors réalisée.

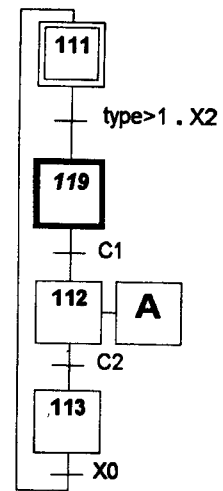


figure B-44

6 - 3. Résumé de la démarche

Le diagramme ci-dessous rappelle les différentes étapes qui ont été suivies pour développer le grafcet de production normale et il indique la place des modes de marches et d'arrêts.

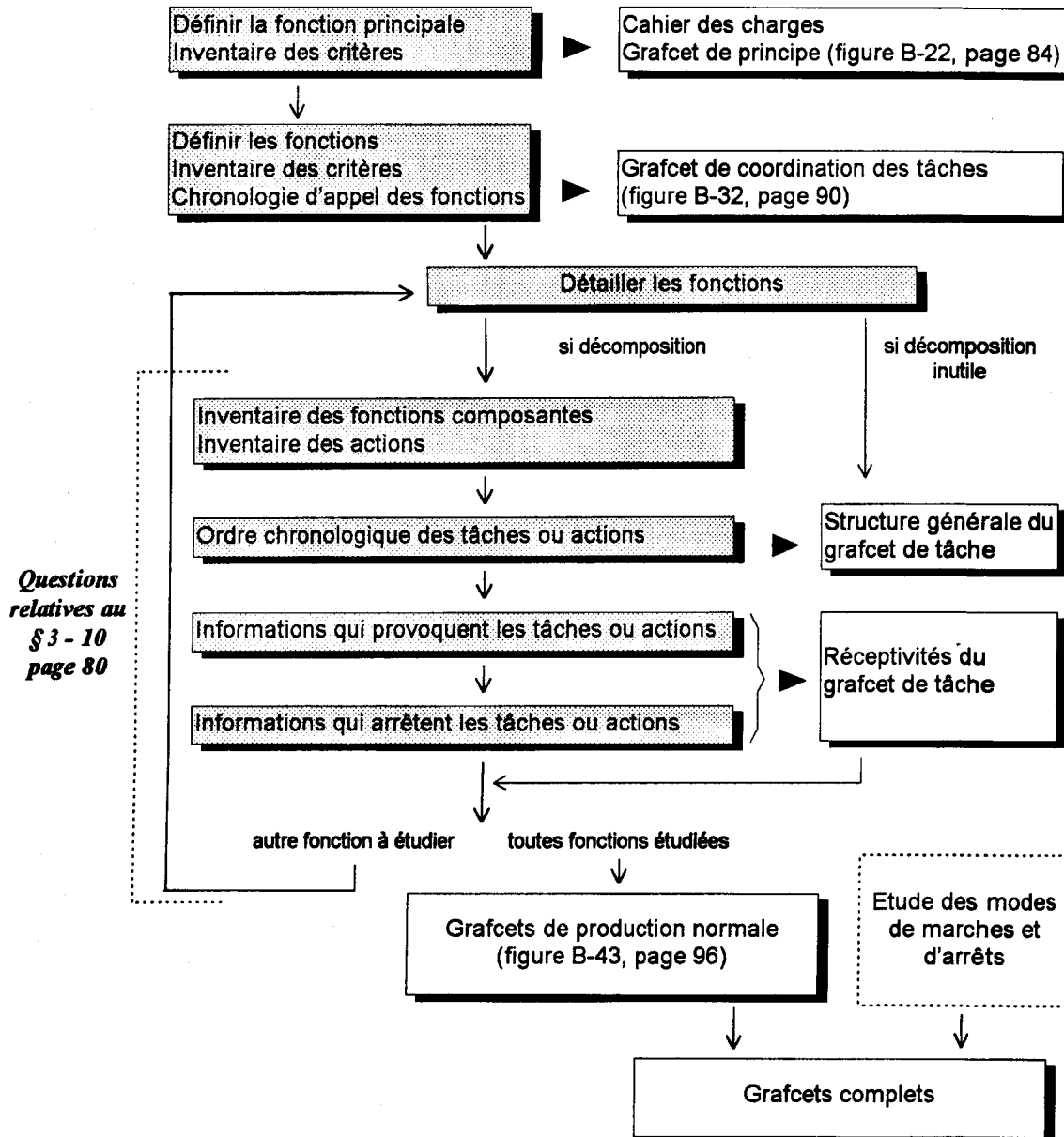


figure B-45

7 - RECAPITULATION

En référence à la représentation en Vé, la figure B-46 montre la place des différents grafquets dans la vie du système *poste de triage*. On notera que le passage d'un *niveau* à un autre ne se limite pas simplement à aménager la notation. La structure même des grafquets peut être mise en cause. Chaque graphisme a son intérêt propre.

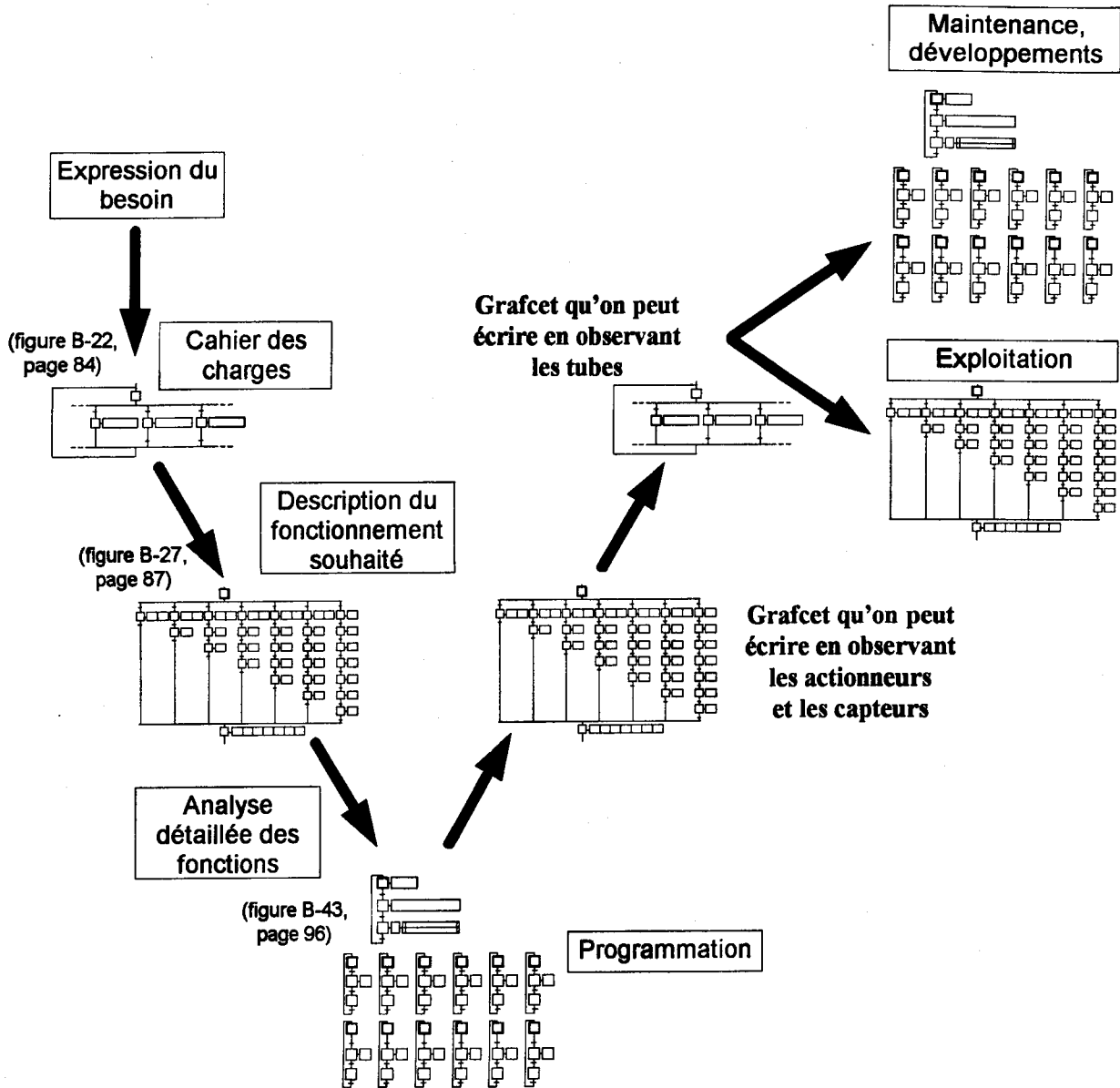


figure B-46