

# Programmation des automates

## Utilisation du GRAFCET et du GEMMA

### **Objectif**

*Etablir le GRAFCET de fonctionnement d'un système automatisé à partir d'un cahier des charges, d'un GEMMA ou d'un autre mode de description temporelle.*

### **Pré-requis**

- Technologie des systèmes automatisés (principe, organisation, fonctionnement)
- Les bases du GRAFCET (principe, lecture, écriture, adaptation...)

### **Savoirs associés**

- Lecture du GEMMA

Le Site



ENSEIGNER L'ELECTROTECHNIQUE ET L'ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE

# Sommaire

## I. Domaine d'application du GRAFCET

## II. Définition du GRAFCET

Structure graphique du GRAFCET et interprétation associée

L'étape

La transition

Les réceptivités

Règles de construction

Les actions associées

*Les actions continues*

*Les actions conditionnelles*

*Les actions mémorisées*

*Combinaison d'actions conditionnelle*

Les Macro-étapes

## III. GRAFCET hiérarchisés

## IV. Règles d'évolution du GRAFCET

## V. GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts)

## Travail personnel

## Autocorrection

Le Site

ENSEIGNER L'ELECTROTECHNIQUE ET L'ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE

## GRAFCET

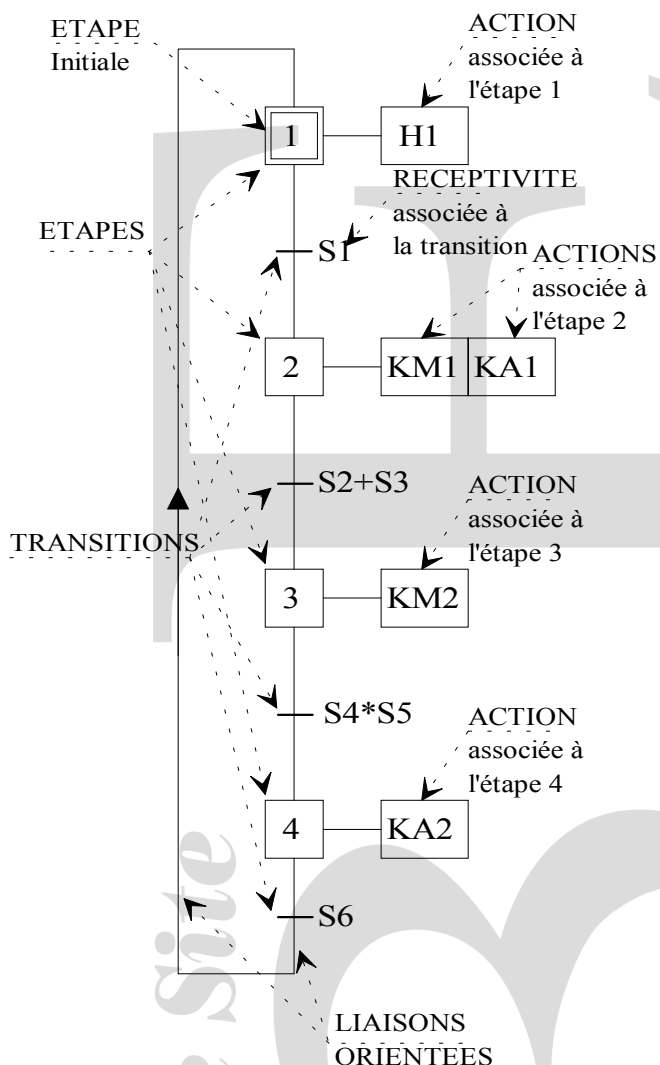
- GRA : Graphe
- F : Fonctionnel de
- C : Commande
- E : Etape
- T : Transition

## SFC

- S : Sequential
- F : Fonction
- C : Chart

**DEFINITION :** C'est un diagramme de description du comportement déterministe de la partie commande d'un système automatisé.

### REPRESENTATION



Il se compose :

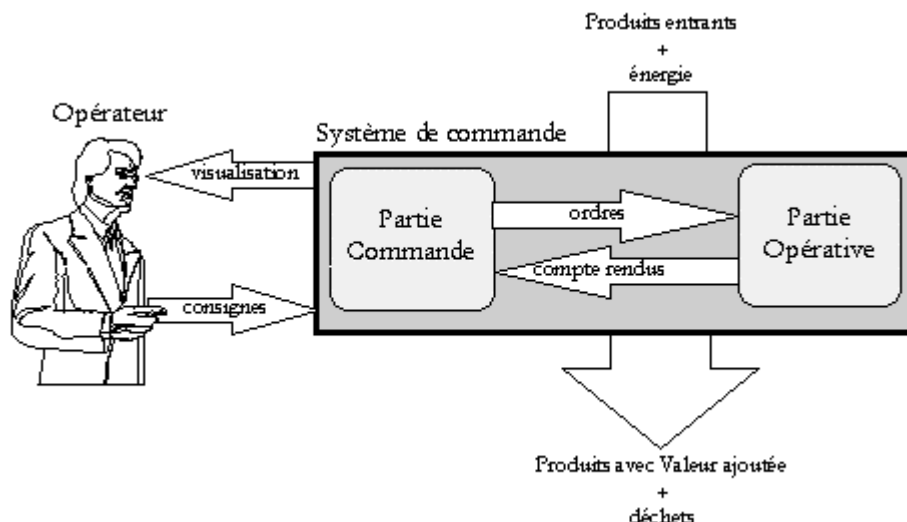
-D'ETAPES, auxquelles sont associées les actions à réaliser

-De TRANSITIONS, sous forme de variables ou d'équations auxquelles sont associées des réceptivités

-De LIAISONS ORIENTÉES, reliant les étapes aux transitions, les transitions aux étapes et donnant un déroulement du cycle dans le sens vertical de haut en bas

## I. Domaine d'application du GRAFCET

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Etape Transition), également appelé Diagramme Fonctionnel en Séquence ou Sequential Function Chart, permet "...l'établissement des descriptions de la fonction et du comportement des systèmes de commandes en établissant une représentation graphique indépendante de la réalisation technologique..."



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

Plus pragmatiquement, le GRAFCET est destiné à représenter des automatismes logiques séquentiels, c'est à dire des systèmes événementiels dans lesquels les informations sont de type booléennes (tout ou rien) ou peuvent s'y ramener (numériques). Le GRAFCET est utilisé généralement pour spécifier et concevoir le comportement souhaité de la partie commande d'un système de commande mais il peut également être utilisé pour spécifier le comportement attendu de la partie opérative ou bien de tout le système de commande.

Destiné à être un moyen de communication entre l'automaticien et son client, le GRAFCET est un outil utilisé pour la rédaction du cahier des charges d'un automatisme. Cependant un des points forts du GRAFCET est la facilité de passer du modèle à l'implantation technologique de celui-ci dans un automate programmable industriel. Le GRAFCET passe alors du langage de spécification au langage d'implémentation utilisé pour la réalisation de l'automatisme. On parle ainsi de grafjets de spécification et de grafjets de réalisation. Les chapitres suivants seront donc consacrés à la définition du GRAFCET et à son utilisation en tant que langage d'implémentation.

## II. Définition du GRAFCET

Lorsque le mot GRAFCET (en lettre capitales) est utilisé, il fait référence à l'outil de modélisation. Lorsque le mot grafcet est écrit en minuscule, il fait alors référence à un modèle obtenu à l'aide des règles du GRAFCET.

Le GRAFCET permet de construire des modèles ayant une structure graphique (représentation statique) à laquelle on associe une interprétation (Elle correspond à l'aspect fonctionnel du grafcet). De plus, ce modèle possède un comportement dicté par des règles d'évolution (représentation dynamique), complétées pour l'implémentation par des algorithmes d'application de ces règles.

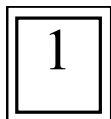
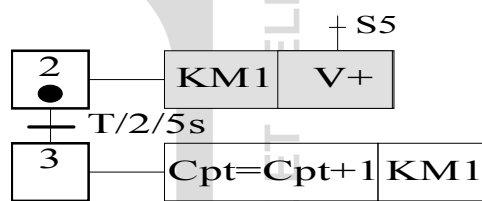
### Structure graphique du GRAFCET et interprétation associée

Une structure de grafcet est un graphe cyclique composé alternativement de transitions et d'étapes, reliées entre elles par des liaisons orientées (ou arcs orientés). Des actions peuvent être associées aux différentes étapes.

#### L'étape

L'étape symbolise un état ou une partie de l'état du système. Elle caractérise un comportement invariant (dans le sens de reproductible) du système considéré.

On symbolise l'étape par un carré, identifié par un repère (en général un nombre). L'étape possède deux états distincts : active (en général se représente par un jeton dans l'étape) et inactive. Une variable d'étape est associée à chaque étape (en général repéré par  $X^*$ , ou  $*$  est l'identificateur de l'étape). Cette variable (booléenne) a pour valeur le 1 logique lorsque l'étape associée est active, et pour valeur le 0 logique lorsque celle-ci est inactive. L'ensemble des étapes actives d'un grafcet constitue la situation de ce grafcet à l'instant considéré.



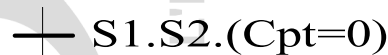
Une étape peut être initiale, et est alors active au début du processus de commande (les étapes non initiales sont alors inactives). On repère une étape initiale grâce à un doublement du symbole d'étape. L'ensemble de ces étapes caractérise le comportement initial de la partie commande.

On peut associer une interprétation à une étape grâce à une action. C'est un ordre vers la partie opérative du système. Lorsqu'une étape est active alors l'action associée est exécutée, lorsque l'étape est inactive l'action associée ne s'exécute pas.

#### La transition

La transition permet de décrire l'évolution possible de l'état actif d'une étape à une autre. C'est elle qui va permettre, lors de son franchissement, l'évolution du système : elle représente une possibilité de changement d'état du système.

On symbolise la transition par un tiret horizontal.



On peut associer une interprétation à la transition grâce à une réceptivité (ou condition de transition). C'est une information provenant de la partie opérative et/ou de l'état du système et qui détermine si l'évolution correspondante à la transition est possible ou non. Si la réceptivité n'est pas précisé, alors cela signifie qu'elle est toujours vraie (équivalent à " $= 1$ " au sens logique).

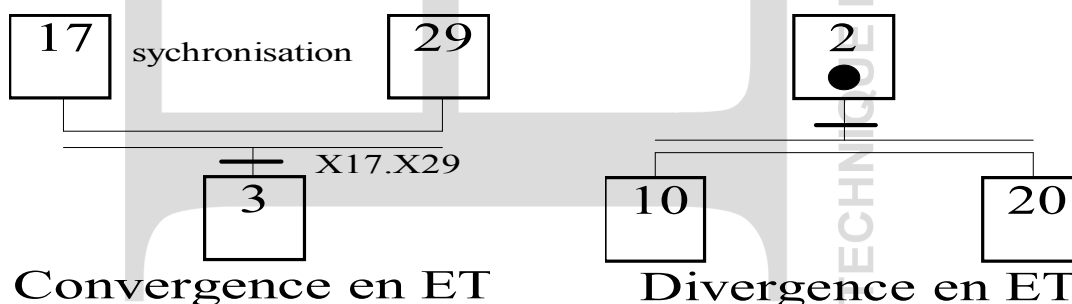
## Les réceptivités

Une réceptivité est associée à chaque transition (l'absence de réceptivité est en fait la réceptivité toujours vrai). C'est une condition qui détermine la possibilité ou non d'évolution du système par cette transition.

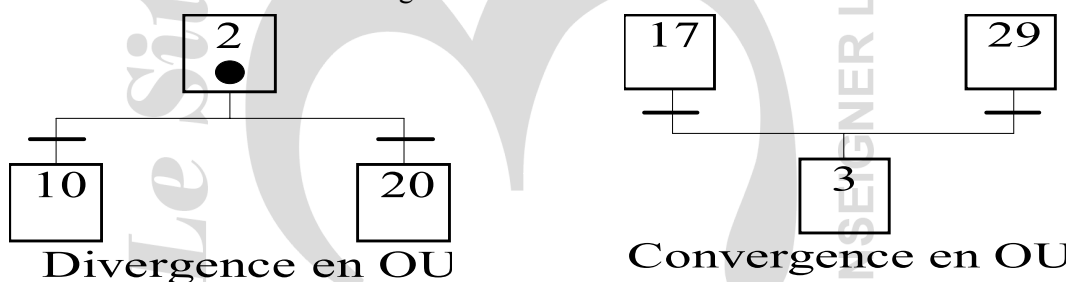
Une réceptivité s'exprime comme étant une expression booléenne ou numérique (dans l'exemple ci-contre la transition  $\dashv S1.S2.(Cpt=0)$  est validée si les variables binaires S1 et S2 sont à 1 et si la variable numérique Cpt est à 0) écrite à l'aide des variables d'entrées booléenne ou numérique, des variables d'étapes  $X_i$ , des variables internes à l'automate, des opérateurs logiques et, ou, non, =, >, etc auquel on peut rajouter les opérateurs front montant et front descendant (notés respectivement  $\uparrow$  et  $\downarrow$ ). Ces opérateurs permettent d'introduire le concept d'événement. Ils expriment le changement d'état d'une variable booléenne.

## Règles de construction

- On relie étapes et transitions, qui doivent strictement alterner, grâce à des arcs orientés. Par convention, étapes et transitions sont placées suivant un axe vertical. Les arcs orientés sont de simples traits verticaux lorsque la liaison est orientée de haut en bas, et sont munis d'une flèche vers le haut lorsque la liaison est orientée vers le haut.
- Si plusieurs étapes doivent être reliées vers une même transition, alors on regroupe les arcs issues de ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée convergence "en et". Des étapes de synchronisations sont souvent indispensables avant la convergence "en et" car la durée des différentes branches est très rarement synchrone.



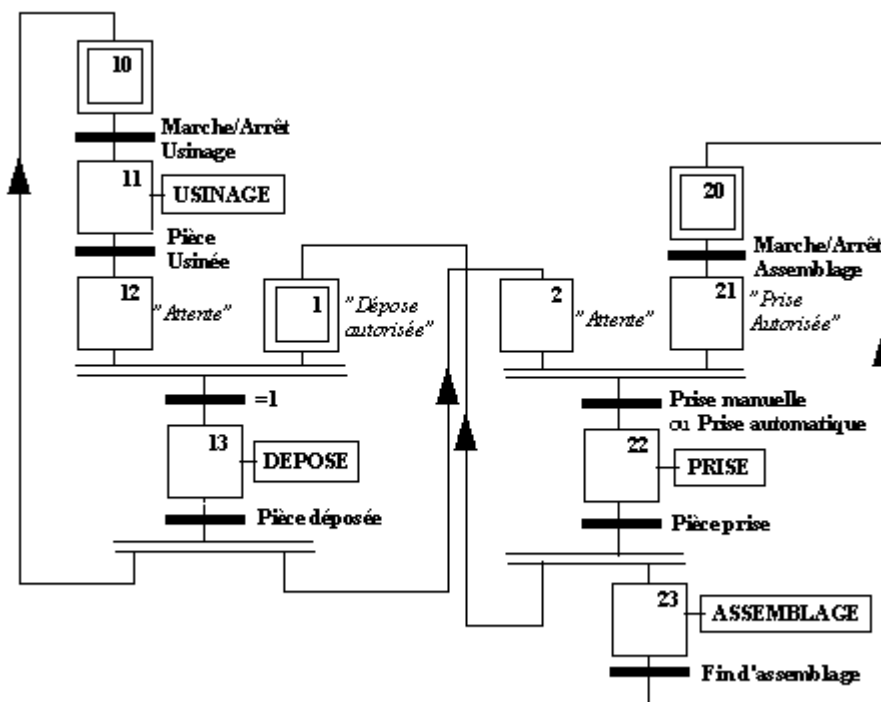
- Si plusieurs étapes doivent être issues d'une même transition, alors on regroupe les arcs allant vers ces étapes à l'aide d'une double barre horizontale appelée divergence "en et".
- Lorsque plusieurs transitions sont reliées à une même étape dans le sens "vers étape" (respectivement dans le sens "d'étape"), on regroupe les arcs par un simple trait horizontal et l'on parle de convergence "en ou" (respectivement de divergence "en ou"). Les transitions lors d'une divergence "en ou" doivent avoir un caractère exclusif. Cela



peut apparaître dans la réceptivité ou sur la partie opérative elle-même.

- On parle d'étape avale (respectivement d'étape amont) à une transition lorsque cette étape est avant (respectivement après) la transition au sens de la liaison orientée. De même on parlera de transition amont et de transition avale à une étape.

La figure ci-dessous montre un exemple de grafcet de spécifications construit en respectant ces différentes règles.



(Les mots en italique figurent à titre indicatif : ils donnent une indication sur l'utilité de l'étape correspondante)

### Les actions associées

On a vu qu'une action pouvait être associée à une étape. Les actions servent à émettre des ordres vers la partie opérative. Une action est une sortie du système logique que nous modélisons. Ces actions peuvent être de trois type :

- Les actions continues,
- Les actions conditionnelles, qui peuvent classées en :
  - à action conditionnelle simple,
  - à action conditionnelle retardée,
  - à action conditionnelle limitée dans le temps.
- Une action mémorisée.

#### Les actions continues

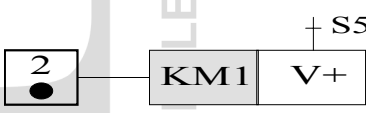
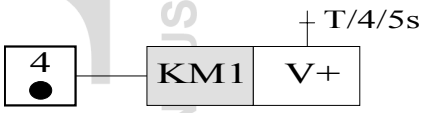
la sortie S correspondante est vrai tant que l'étape associée est active. Lorsque l'étape devient inactive la sortie est émise à faux.



#### Les actions conditionnelles

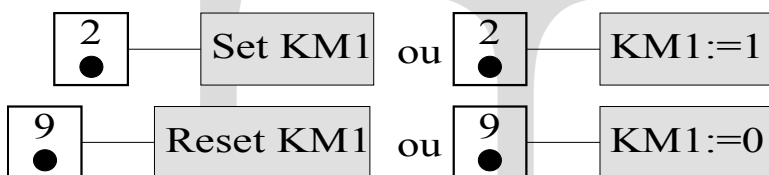
Une action conditionnelle n'est exécutée que si l'étape n associée est active et si la condition associée est vraie. Cette condition est une expression dont le résultat est booléen. On fait

apparaître dans le cadre de l'action attaché à l'étape, le caractère conditionnel qui peut être de trois types :

- Type C (Condition) : Une action conditionnelle simple dont l'exécution de l'action est soumise à une condition ici la variable S5 (représentation normalisée ci contre). 
- Type D (Delay) : Une action conditionnelle retardée sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition s'écrit : "t1/Xn/d" avec d, délai associé au retard (représentation normalisée ci contre). 
- Type L (Limited) : Une action conditionnelle limitée dans le temps sur l'étape n est une action conditionnelle où la condition s'écrit avec : "non(t1/Xn/d)" avec d, durée associée à la limitation temporelle (représentation normalisée idem ci-dessus avec non(T/4/5s)).

### Les actions mémorisées

Une étape à action mémorisée permet de mettre la sortie correspondante dans un état spécifié lors de son activation. Sa désactivation ne remet pas la sortie associée à son état d'origine : le passage dans un autre état de cette sortie devra être décrit explicitement par une autre étape. Ainsi la mémorisation à l'état vrai d'une sortie se symbolise par la lettre S (set) et la mémorisation à l'état faux par la lettre R (reset) dans le cadre de l'action attachée à l'étape.



### Combinaison d'actions conditionnelle

Il est possible de combiner plusieurs types d'action conditionnelle. On fait alors apparaître dans le cadre indiquant la nature de l'action, les différents symboles caractérisant l'action.

Remarque : Le signe de mémorisation peut se décrire par une notation fléchée. Ainsi  $\uparrow S2$  signifie "mémoriser la sortie 2 à l'état vrai",  $\downarrow S3$  signifie "mémoriser la sortie 3 à l'état faux". Aucun risque de confusion n'est possible avec la notation fléchée pour les fronts montants et descendants utilisés dans les réceptivités puisque cette notation porte sur les sorties et non sur les entrées).

### Action d'étapes simultanément actives

Lorsqu'une même action est appelée par plusieurs étapes actives simultanément, alors la valeur de la sortie associée est la disjonction (ou logique) des différentes valeurs données par les différentes étapes. En particulier si cette sortie est émise à vrai par une seule étape alors sa valeur sera vrai.

### Les Macro-étapes

Le concept de macro-étape permet des descriptions par niveau de détail successifs. Ainsi plusieurs niveaux de représentation peuvent être mis en oeuvre. Le premier niveau exprimant globalement la fonction à remplir sans se soucier de tous les détails superflus qui seront décrits dans les niveaux suivants, correspondant à une analyse plus fine. Finalement le dernier niveau pourra être celui correspondant à l'implémentation de la partie commande dont on spécifie le comportement.



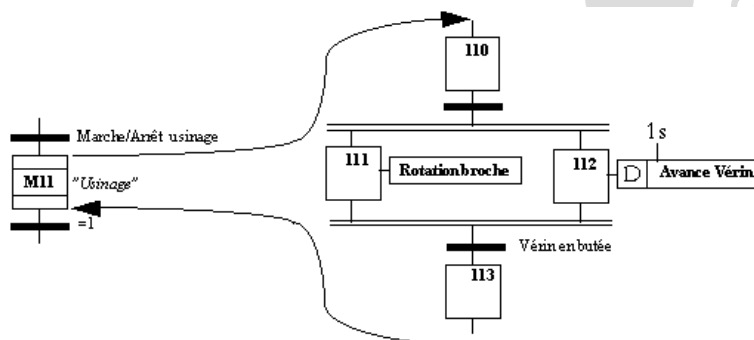
### Définition

Une macro-étape est l'unique représentation d'un ensemble unique d'étapes et de transitions nommé macro-expansion. L'expansion de la macro-étape commence par une seule étape d'entrée et se termine par une seule étape de sortie.

On représente une macro-étape à l'aide de double barre dans le symbole d'étape. On repère une macro-étape à l'aide d'un identificateur commençant par la lettre M.

Lors de l'interprétation d'un grafcet (programmation), on remplace les macro-étapes par leur macro-expansion afin de pouvoir appliquer les règles d'évolution du GRAFCET. Une macro-étape sera dit "active" si au moins une étape de l'expansion est active.

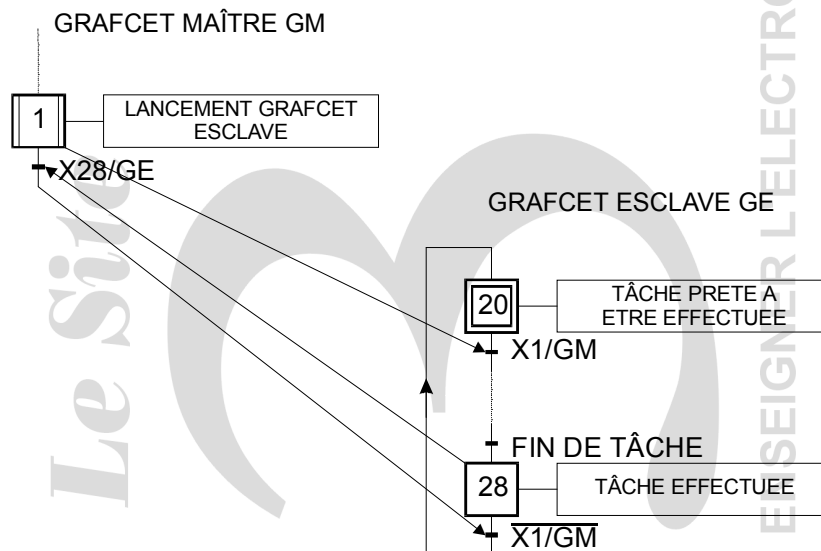
Il n'y a pas d'action associée à une macro-étape cependant on peut faire figurer un commentaire donnant une indication de la fonction réalisée par la macro-étape.



## III. GRAFCET hiérarchisés

### Définitions

Les GRAFCET hiérarchisés forment une structure de type maître esclave (père fils) dans laquelle le GRAFCET maître donne des ordres à un ou plusieurs GRAFCET esclaves (on parle alors de GRAFCET de tâche ou de sous programme GRAFCET) et les GRAFCET esclaves renvoient un accusé d'exécution en fin de tâche. A la différence d'une macro-étape les GRAFCET de tâche peuvent être appelés de différents endroits du GRAFCET maître. Cependant ils exécuteront une nouvelle tâche seulement lorsqu'ils auront terminé celle en cours.

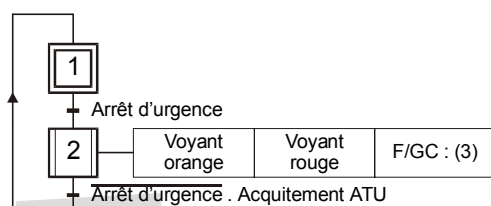


## Fonctionnement

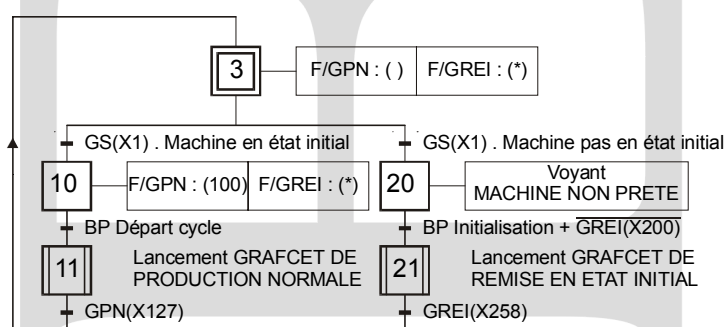
La double barre verticale indique qu'un ordre est donné à un GRAFCET esclave d'exécuter sa tâche. Cela se traduit par la présence de la réceptivité X1/GM en transition de départ du GRAFCET de tâche. Lorsque le GRAFCET de tâche est terminé il renvoie un accusé d'exécution. Cela se traduit par la présence de la réceptivité X28/GE en transition de tâche effectuée. Le GRAFCET maître vient ensuite repositionner la tâche à l'étape 20 afin qu'elle puisse à nouveau être lancée.

### GRAFCET HIERARCHISES

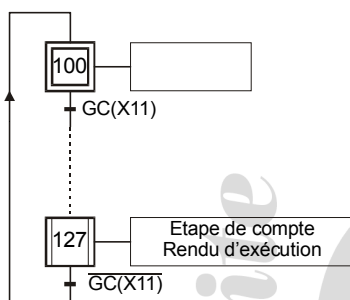
#### GRAFCET DE SECURITES : GS



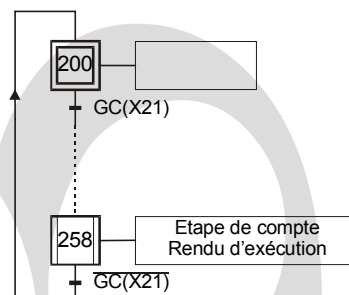
#### GRAFCET DE CONDUITE : GC



#### GRAFCET DE PRODUCTION NORMALE : GPN



#### GRAFCET DE REMISE EN ETAT INITIAL : GREI



On peut noter sur cet exemple un forçage du GRAFCET de conduite à son étape initiale F/GC : (3) en cas d'arrêt d'urgence. Cela entraîne l'extinction du GRAFCET de production normale F/GPN : () et le figeage du GRAFCET de remise en état initial F/GREI : (\*). Le GRAFCET de production normale est réinitialisé à l'étape 10 du GRAFCET de conduite

F/GPN : (100) tandis que le GRAFCET de remise en état initial est maintenu figé. En cas d'arrêt d'urgence pendant une procédure de remise en état initial celle-ci se trouve stoppée mais sa situation est mémorisée. Son état mémorisé est restitué lorsque le bouton d'arrêt d'urgence est relâché et que l'on appuie sur l'acquiescement d'arrêt d'urgence. La procédure de remise en état initial reprendra alors là où elle avait été stoppée (voir réceptivité entre 200 et 201).

## IV. Règles d'évolution du GRAFCET

Un grafset possède un comportement dynamique dirigé par cinq règles, elles précisent les causes et les effets du franchissement des transitions.

### Règle 1 : Situation initiale

La situation initiale d'un grafset caractérise le comportement initial de la partie commande vis-à-vis de la partie opérative, de l'opérateur et/ou des éléments extérieurs. Elle correspond aux étapes actives au début du fonctionnement : ces étapes sont les étapes initiales (doublement du symbole d'étape).

### Règle 2 : Franchissement d'une transition

Une transition est dite validée lorsque toutes les étapes amont (immédiatement précédentes reliées à cette transition) sont actives.

Le FRANCHISSEMENT d'une transition se produit :

- lorsque la transition est validée.
- **ET** que la réceptivité associée à cette transition est vraie

### Règle 3 : Evolution des étapes actives

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

### Règle 4 : Evolution simultanée

Plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies.

### Règle 5 : Activation et désactivation simultanée d'une étape

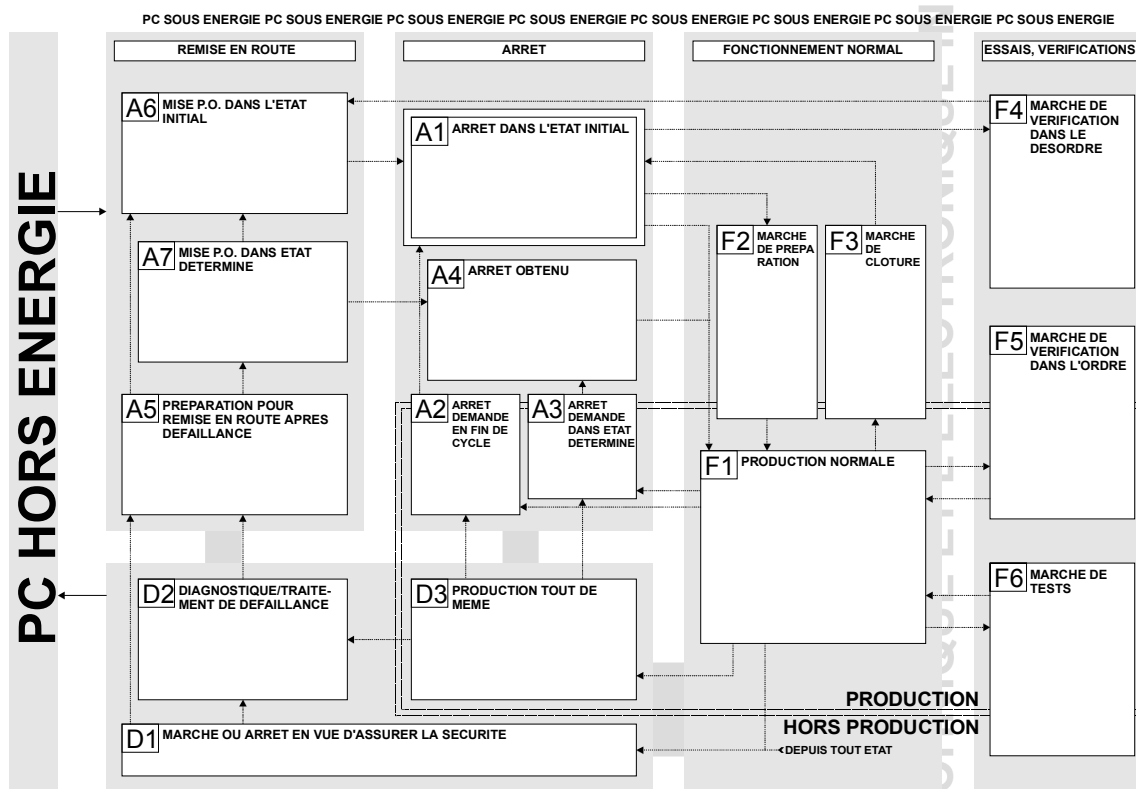
Si au cours du fonctionnement la même étape est simultanément activée et désactivée elle reste active. On évite ainsi des commandes transitoires (néfastes au procédé) non désirées.

Il est important de noter que :

- la durée de franchissement d'une transition est très petite (temps de cycle automate) mais non nulle. Ainsi si deux transitions successives (séparées par une étape) ont pour réceptivité le même front d'une variable, alors il faudra deux fronts de cette variable pour franchir les deux transitions.
- Le GRAFCET fait l'hypothèse d'un monde asynchrone : deux événements non corrélés ne peuvent survenir simultanément.

## V. GEMMA (Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts)

Le GEMMA se présente sous forme d'un guide graphique qui propose des modes de marches et d'arrêts types, parmi lesquels on choisit selon les besoins de la machine. Il se lit comme un GRAFCET avec ses étapes et ses liaisons orientées. La représentation étant déjà figée il suffit d'utiliser les parties utiles à notre cas. Les liaisons orientées portent des transitions et des réceptivités décrivant les conditions de passage d'un état à un autre. Les rectangles états dans la zone «Production» correspondent à des modes de marches pour lesquels la machine produit.



### Familles de procédures

F - Procédures de fonctionnement qui regroupent les états de fonctionnement. marches indispensables à la production. Notons qu'on ne produit pas forcément à tous les états de fonctionnement. Ils peuvent être préparatoires à la production, servir aux réglages, aux tests...

**F1 « Production normale » :** Dans cet état la machine produit normalement. On peut souvent faire correspondre un GRAFCET de production normale (G. P. N.)

**F2 « Marche de préparation » :** Cet état est utilisé pour les machines nécessitant une préparation préalable à la production normale - préchauffage, remplissage de la machine etc.

**F3 « Marche de clôture » :** C'est l'état nécessaire pour certaines machines devant être vidées, nettoyées etc., en fin de série ou en fin de journée.

**F4 « Marche de vérification dans le désordre » :** Cet état permet de vérifier certaines fonctions sans respecter l'ordre du cycle.

**F5 « Marche de vérification dans l'ordre » :** Dans cet état, le cycle peut être exploré au rythme voulu par l'opérateur ; selon le cas la machine produit ou non.

**F6 « Marche de tests » :** Cet état permet les opérations de réglage ou d'étalonnage.

A - Procédures d'arrêts qui regroupent les arrêts normaux et les procédures de remise en route.

**A1 « Arrêt dans l'état Initial »** : C'est l'état repos de la machine. Il correspond en général à l'étape initiale du GRAFCET.

**A2 « Arrêt demandé en fin de cycle »** : Lorsque l'arrêt est demandé, la machine continue à produire jusqu'à la fin du cycle. A2 est donc un état transitoire vers A1.

**A3 « Arrêt demandé dans un état déterminé »** : La machine continue de produire jusqu'à un arrêt en une position autre que la fin du cycle : c'est un état transitoire vers A4.

**A4 « Arrêt obtenu »** : La machine est alors arrêtée en une autre position que celle de la fin du cycle.

**A5 « Préparation pour remise en route après défaillance »** : C'est dans cet état que l'on procède à toutes les opérations nécessaires à une remise en route après défaillance.

**A6 « Mise PO dans état Initial »** : Dans cet état on remet manuellement ou automatiquement la PO en position pour un redémarrage dans l'état initial.

**A7 « Mise PO dans état déterminé »** : On remet la PO en position pour redémarrer dans une position quelconque.

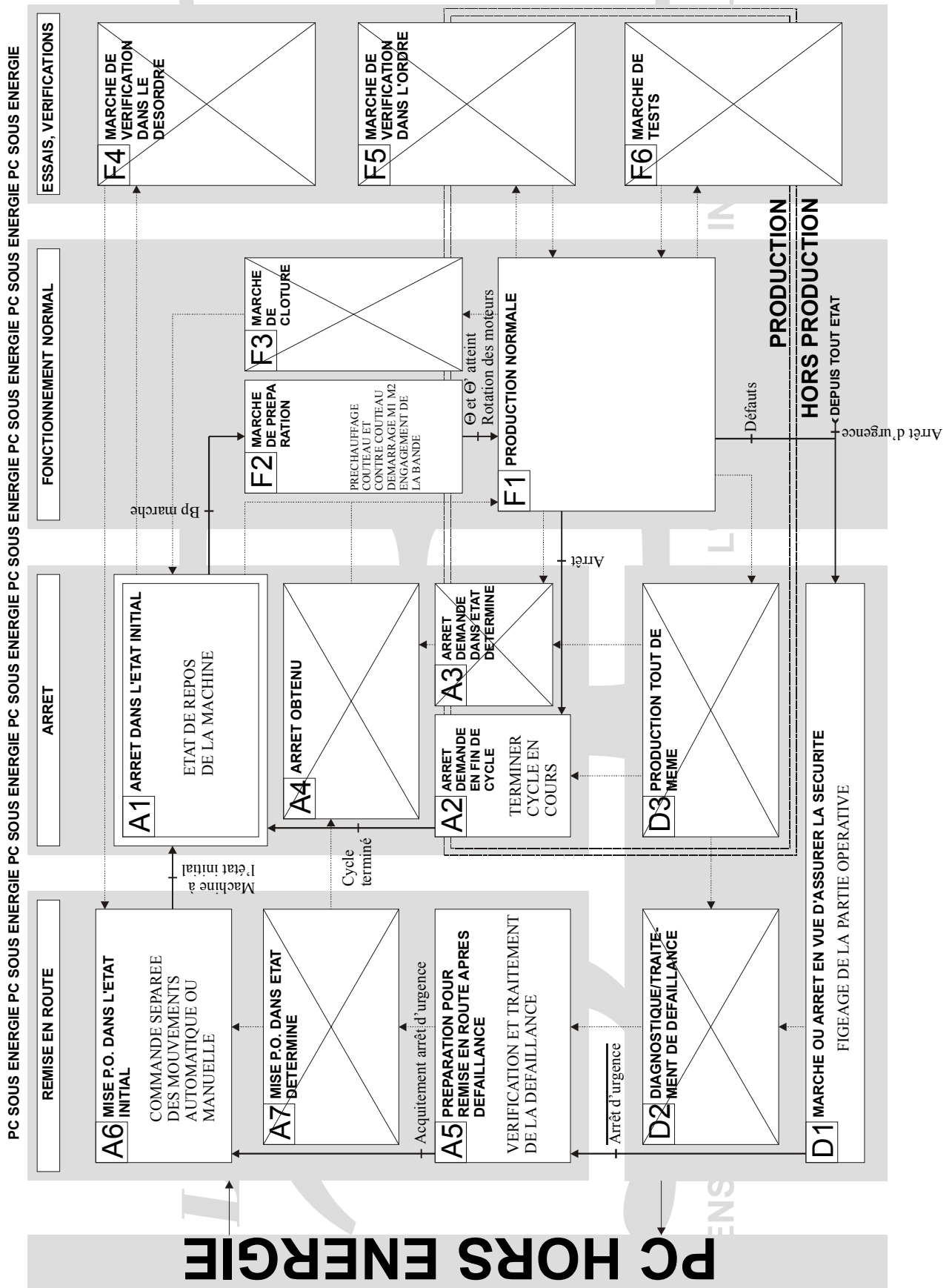
D - Procédures de défaillances qui regroupent les états de défaillances, pris en cas de défaillance de la Partie Opérative.

**D1 « Marche ou arrêt en vue d'assurer la sécurité »** : C'est l'état pris lors d'un arrêt d'urgence: on y prévoit les arrêts mais aussi les cycles de dégagements et les procédures évitant les conséquences de la défaillance.

**D2 « Diagnostic et ou traitement de la défaillance »** : C'est dans cet état que la machine est examinée et dépannée.

**D3 « Production tout de même »** : On continue à produire après défaillance; on aura alors une production forcée ou aidée par des opérateurs non prévus en production normale.

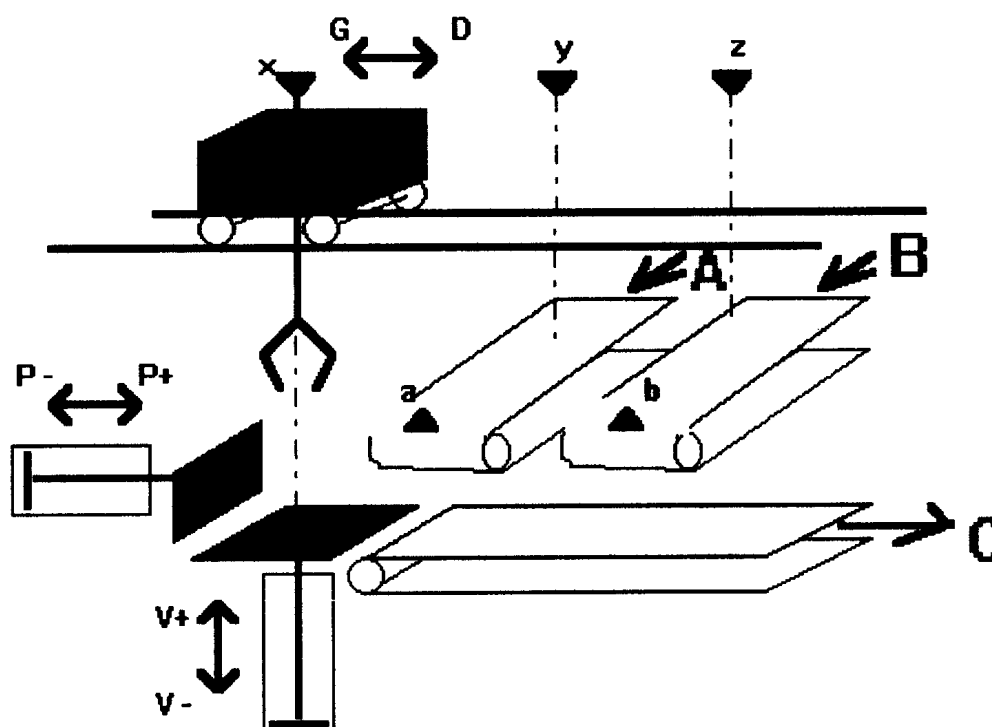
Vous trouverez sur la page suivante un exemple de GEMMA sur la coupeuse de bande de pâte à papier (voir texte série 04).



## Travail personnel

### 1. Chariot.

Soit un chariot se déplaçant sur deux rails (action D vers la droite, G vers la gauche). Il comporte une pince pouvant prendre une pièce (action PP, fin quand fpp) s'il se trouve sur le tapis A (capteur y) et qu'une pièce est présente (capteur a) (idem en z si b). Puis il va en X, pose la pièce (action DP, fin quand fdp) sur le plateau supposé en position haute (fv+). Celui-ci descend (action V-, jusqu'à fv-), un second vérin pousse la pièce (action P+, fin quand fp+), puis le pousseur recule en fp-, le plateau remonte en fv+. Le tapis de sortie C est supposé toujours en mouvement. Les tapis A et B sont commandés par des systèmes non traités ici. La position initiale du chariot est en face du capteur y.



1. Effectuer d'abord un Grafcet linéaire comprenant une seule voie d'arrivée A.
2. Puis l'améliorer en prévoyant les retours des actionneurs en temps masqué (attention toutefois de ne pas endommager le pousseur).
3. Puis prévoir deux tapis d'alimentation A et B (en cas de pièces en a ET b, prendre celle en a).
4. Puis prévoir une priorité tournante (en cas de conflit, prendre la voie qui n'a pas été servie la fois précédente) attention, si plusieurs pièces arrivent sur la même voie et aucune sur l'autre, ne pas bloquer le système.
5. Puis modifier la règle de priorité en donnant en cas de conflit la priorité à celui qui n'en a pas profité lors du dernier conflit.

## **2. Entreprise de presse (adapté d'un sujet de BTS).**

### **MISE EN SITUATION**

Le support de cette étude est une entreprise de presse fabriquant un grand journal. Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'un de ses dérouleurs situé en tête de l'unité de fabrication.

### **DESCRIPTION DE L'UNITE DE FABRICATION**

Cette unité comprend trois sous systèmes

- Sous système d'alimentation composé des dérouleurs alimentant en papier la rotative.
- Sous système d'impression composé de groupes « offset » permettant chacun l'impression couleur, recto verso, de plusieurs pages simultanément.
- Sous système de mise en forme du journal, une refendeuse, plieuse, découpeuse, fournit le journal sous sa forme définitive.

Les questions porteront sur le sous système 1 ( alimentation ), et plus particulièrement sur l'un de ses dérouleurs.

### **CAHIER DES CHARGES FONCTIONNEL**

( Objectifs visés par le constructeur )

Le dérouleur doit alimenter en papier d'une façon continue la rotative. Celui-ci est livré sous la forme de rouleaux pouvant atteindre 1150 mm de diamètre, 2000 mm de hauteur. L'épaisseur du papier est variable. Le dispositif doit assurer le collage de la fin de la bobine avec le début d'une autre, de façon automatique, lorsque la bobine en cours de dévidage se termine. Le collage peut également être demandé à n'importe quel moment par l'opérateur, lorsqu'il y a eu erreur sur la qualité du papier par exemple.

La traction sur le papier doit être conservée constante, elle doit être réglable en fonction de la qualité et du grammage de celui-ci.

La vitesse du papier peut atteindre 600 m/mn et de ce fait permet l'alimentation des rotatives de grande production.

### **DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT**

#### **GESTION DES OPERATIONS**

Le séquençement des opérations est géré par un automate qui reçoit les informations de l'opérateur et des différents capteurs.

Ces capteurs sont aussi bien des contacts de fin de course que des capteurs magnétiques ou optiques.

Il y a également quatre codeurs incrémentaux identiques ( C1, C2, C3, C4 ), délivrant 360 impulsions par tour.

C1 renseigne en permanence l'automate sur la vitesse du papier demandée par la rotative.

C2 indique la vitesse de la bobine en cours de dévidage.

C3 indique la vitesse périphérique de la bobine de remplacement pendant l'opération de collage.

C4 est l'homologue de C2.

#### **PHASES DU CYCLE DE TRAVAIL**

##### **Phase 1**

La bobine I est chargée depuis le niveau du sol ou à partir d'un chariot de manutention affleurant le sol.



## Phase 2

La bobine I est amenée dans sa position de déroulement, c'est à dire dans la zone permettant de charger la bobine II.

- Engagement de la bande de papier
- Démarrage de la rotative
- Chargement et préparation de la bobine II

La préparation consiste à mettre en place une bande d'adhésif double face (repère 2) et une étiquette métallique (repère 6). Le système de fixation 1 s'arrache au moment du collage sur la bande de papier en cours de défilement.

## Phase 3

Préparation et déclenchement de l'opération de collage

### **SEQUENCE AUTOMATIQUE DE REMPLACEMENT D'UNE BOBINE**

Dès que la bobine I atteint un diamètre min. compatible avec le temps nécessaire aux opérations suivantes, et tenant compte de la vitesse de défilement ainsi que de l'épaisseur du papier, les phases de collage se déroulent comme suit :

- Information de l'opérateur du début de l'opération de collage par un Klaxon pendant 2 secondes.
- Rotation automatique des bras porte-bobine jusqu'à 30° par rapport à la verticale.
- Descente du bras de collage ( porte brosse et scie ).
- Rotation des bras porte bobine pour approcher la bobine à 1 cm de la brosse.
- Si la bobine n'a pas été chargée par l'opérateur, il y a arrêt général de la rotative.

Dans le cas contraire, la procédure de collage s'effectue comme suit :

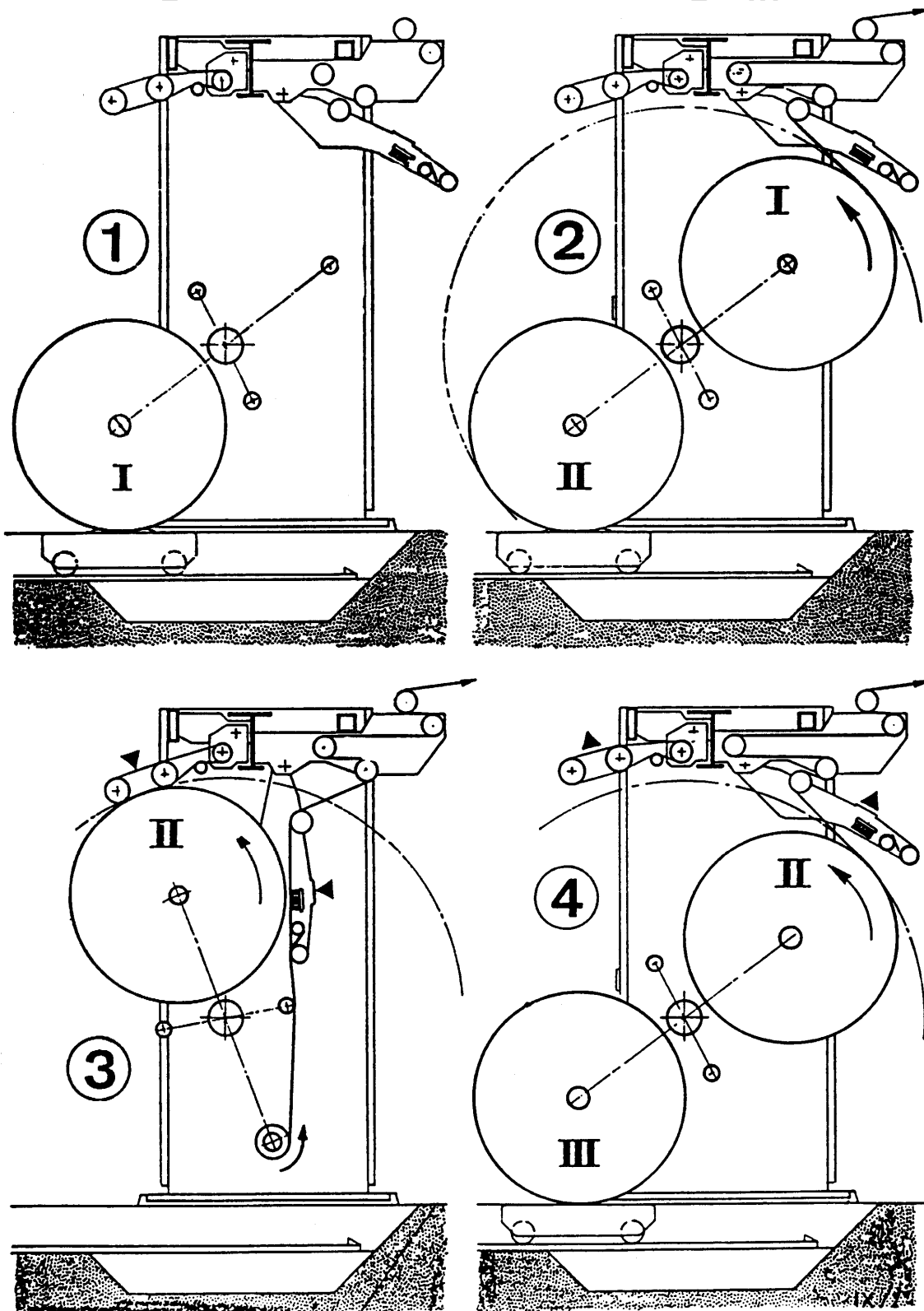
- Descente du bras d'accélération ( l'effort doit être maintenu sur ce bras pendant la phase d'entraînement ).
- Trois secondes après, démarrage du moteur qui entraîne la bobine à accélération constante.
- La mesure de la vitesse périphérique de la nouvelle bobine est donnée par le codeur C3. Celle du papier dans la rotative, par C1.
- Lorsque ces deux vitesses sont égales, l'accélération est interrompue. Il y a asservissement de la vitesse de la nouvelle bobine sur l'ancienne grâce aux informations données par C3 et C1 et temporisation pendant 3 secondes.
- L'automate, par comptage, contrôle la position angulaire de la bobine en prenant l'étiquette métallique comme origine.
- A 7°, à partir de la détection de l'étiquette métallique, la brosse est appliquée.
- A 297° la scie est appliquée pendant 2 secondes pour couper le papier de l'ancienne bobine.
- Le système de freinage est inversé ( voir IF dans le tableau des actionneurs ).
- La motorisation de la bobine est interrompue ( arrêt moteur après remontée VBA ).
- Brosse et bras de collage sont ramenés à leur position initiale.
- Mise en position finale du bras porte bobine.

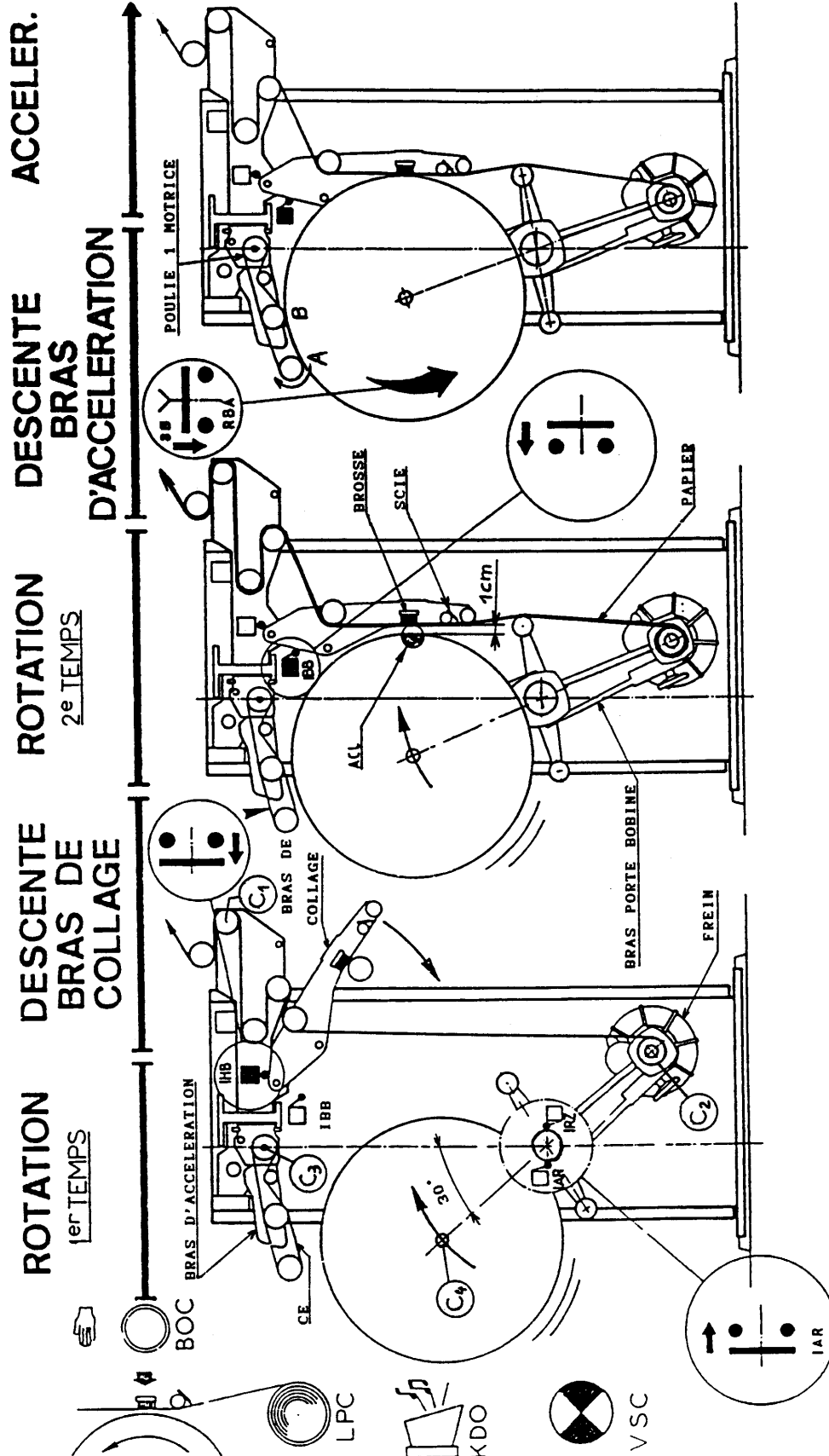
### ACTIONNEURS ET ACTIONS

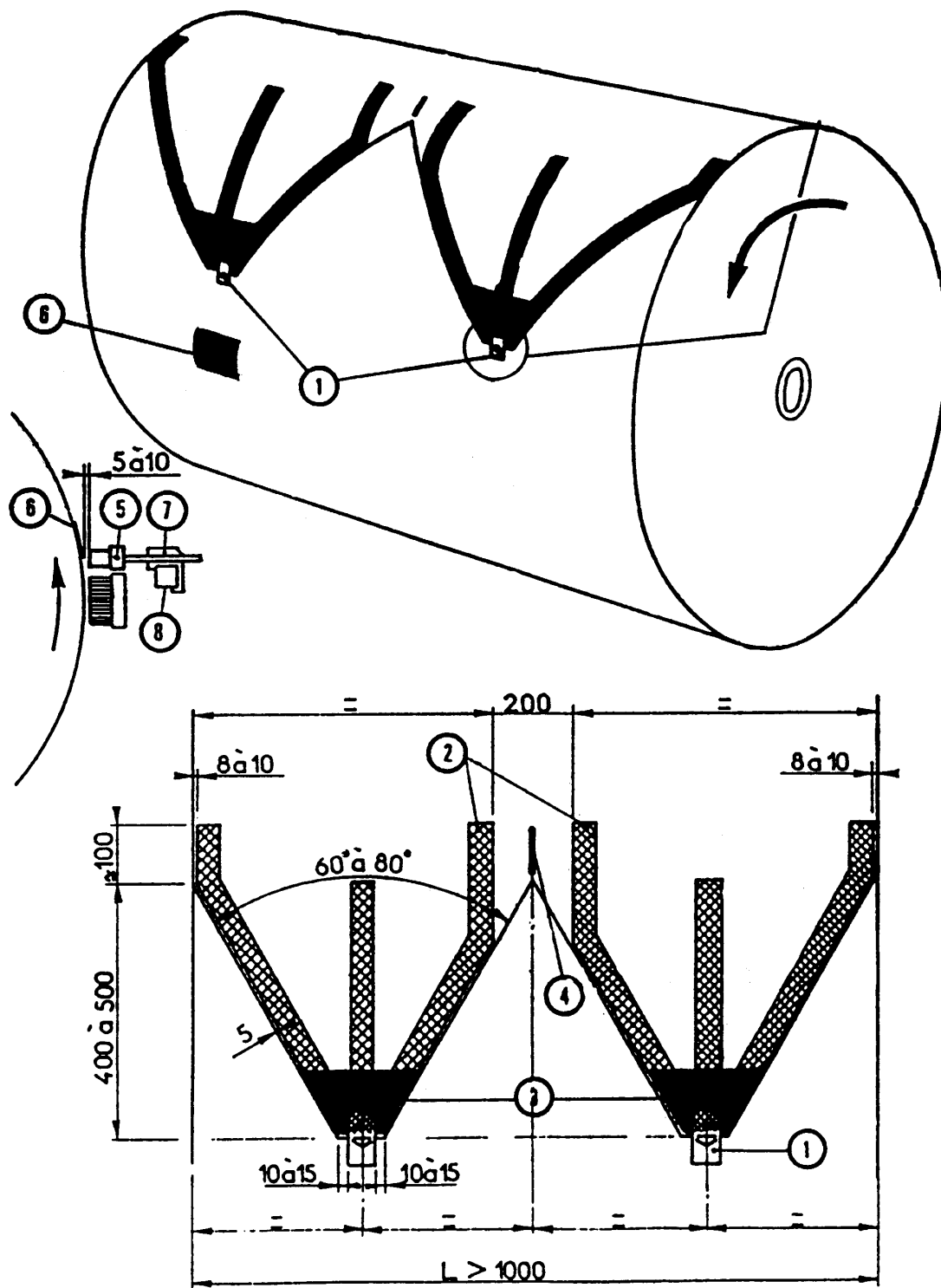
Symbole	Désignation	Rôle
KDO	Klaxon (Commande par KA1)	Avertit l'opérateur du démarrage du cycle de changement de bobine
MRB	Motoréducteur bras (Commande par KM1)	Entraîne en rotation l'ensemble des bras porte bobine
VBC	Vérin bras de collage (Commande bistable VBCd et VBCr)	Descend ou relève le bras porte brosse et scie
VBR	Vérin brosse (Commande monostable VBR)	Ce vérin est porté par le bras de collage. Il actionne une brosse qui vient presser le papier de la fin de bobine sur l'adhésif préalablement placé sur le début de la nouvelle bobine
VSC	Vérin scie (Commande monostable VSC)	Comme pour VBR, il est porté par le bras de collage. Il actionne la scie de façon à couper le papier de l'ancienne bobine juste après le collage.
VBA	Vérin bras d'accélération (Commande monostable VBA)	Vient appliquer la courroie d'entraînement CE (Voir Doc 2) sur la nouvelle bobine.
MAC	Moteur d'accélération (Commande par KM2)	Sert à la mise en vitesse de la nouvelle bobine par l'intermédiaire de la courroie d'entraînement
IF	Inversion du frein (Commande par KM3)	Sur l'axe de chaque bobine un frein à disque maintient constante la tension du papier tiré par la rotative. Ce système n'est actif que sur la bobine dévidée.
INCC	Incrémenter le compteur C	Le codeur C4 ou C2 incrémente le compteur de l'automate à partir du moment où l'étiquette métallique est détectée sur la nouvelle bobine.
RAZC	Remise à zéro du compteur C	Etiquette métallique détectée ⇒ RAZ

### LISTE DES TRANSITIONS

Symbole	Rôle
BOQ	Bouton de déclenchement (contact type F) manuel des opérations de collage.
CAQ	Déclenchement automatique du collage par l'automate (interne).
IAR	Contact de position à 30° par rapport à la verticale du bras porte bobine.
IRZ	Fin de course du bras porte bobine. Si ACL ne détecte rien avant que IRZ soit actionné, alors l'automate provoque un arrêt général. C'est le cas lorsque l'opérateur a oublié de monter une nouvelle bobine, ou si cette dernière est trop petite.
ACL	Signal fourni (contact type O-F) par un détecteur à faisceau lumineux lorsque la nouvelle bobine est à 1 cm de la brosse.
IBB	Fin de course bas du bras de collage.
IHB	Fin de course haut du bras de collage.
EGV	Signal d'égalité des vitesses généré par l'automate (interne).
DET	Signal fourni par un capteur magnétique détectant une étiquette métallique collée sur la nouvelle bobine et précédant la partie encollée.
C = X	La transition est validée lorsque le contenu du compteur est égal à X (interne).
IBR	Contact de position finale du bras porte bobine.
ACQ	Acquittement arrêt général.
ATU	Arrêt d'urgence bouton coup de poing
ICO	Bras d'accélération en position haute (non entraînant).







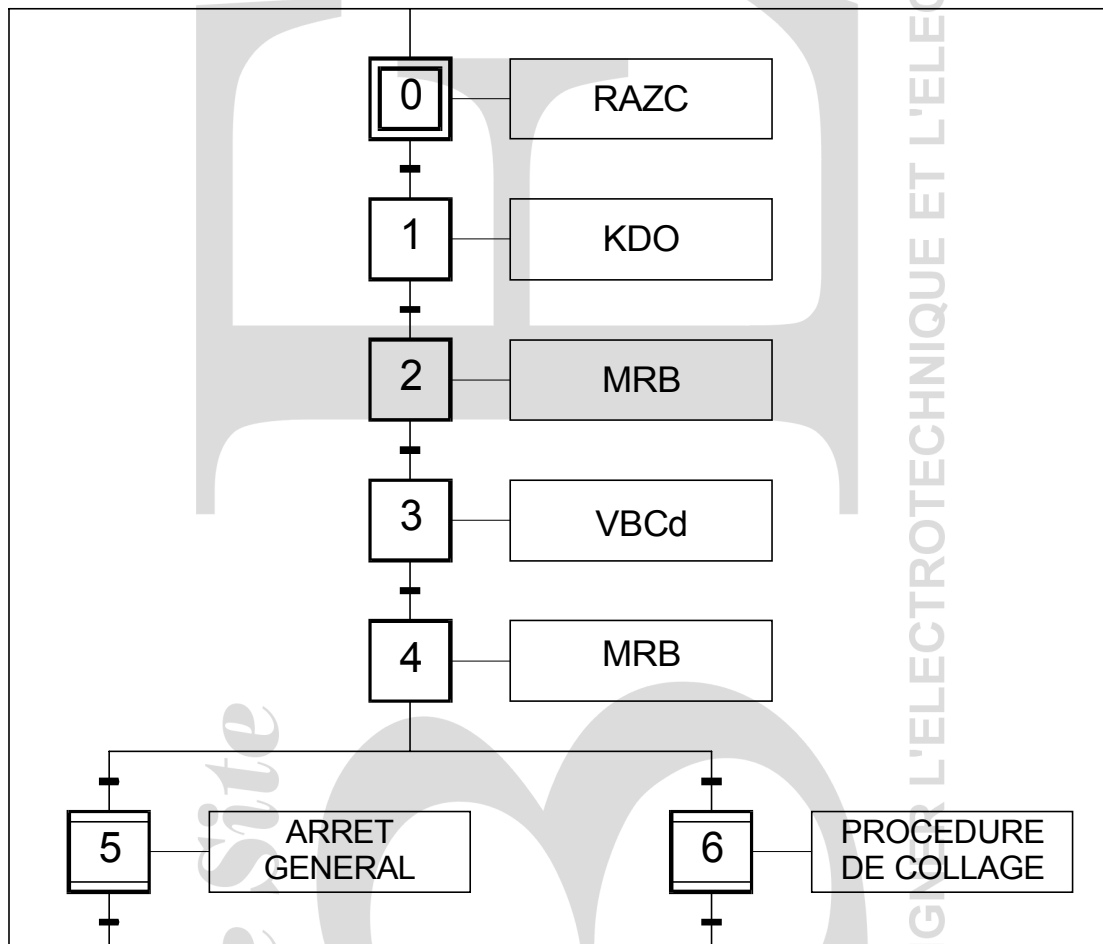
- 1 et 3 : système de fixation s'arrachant au collage des papiers en cours de défilement
- 2 : bande adhésive double face
- 4 : repère de centrage
- 5 : capteur magnétique d'étiquette métallique
- 6 : étiquette métallique de positionnement angulaire
- 7 et 8 : support réglable

### TRAVAIL DEMANDE

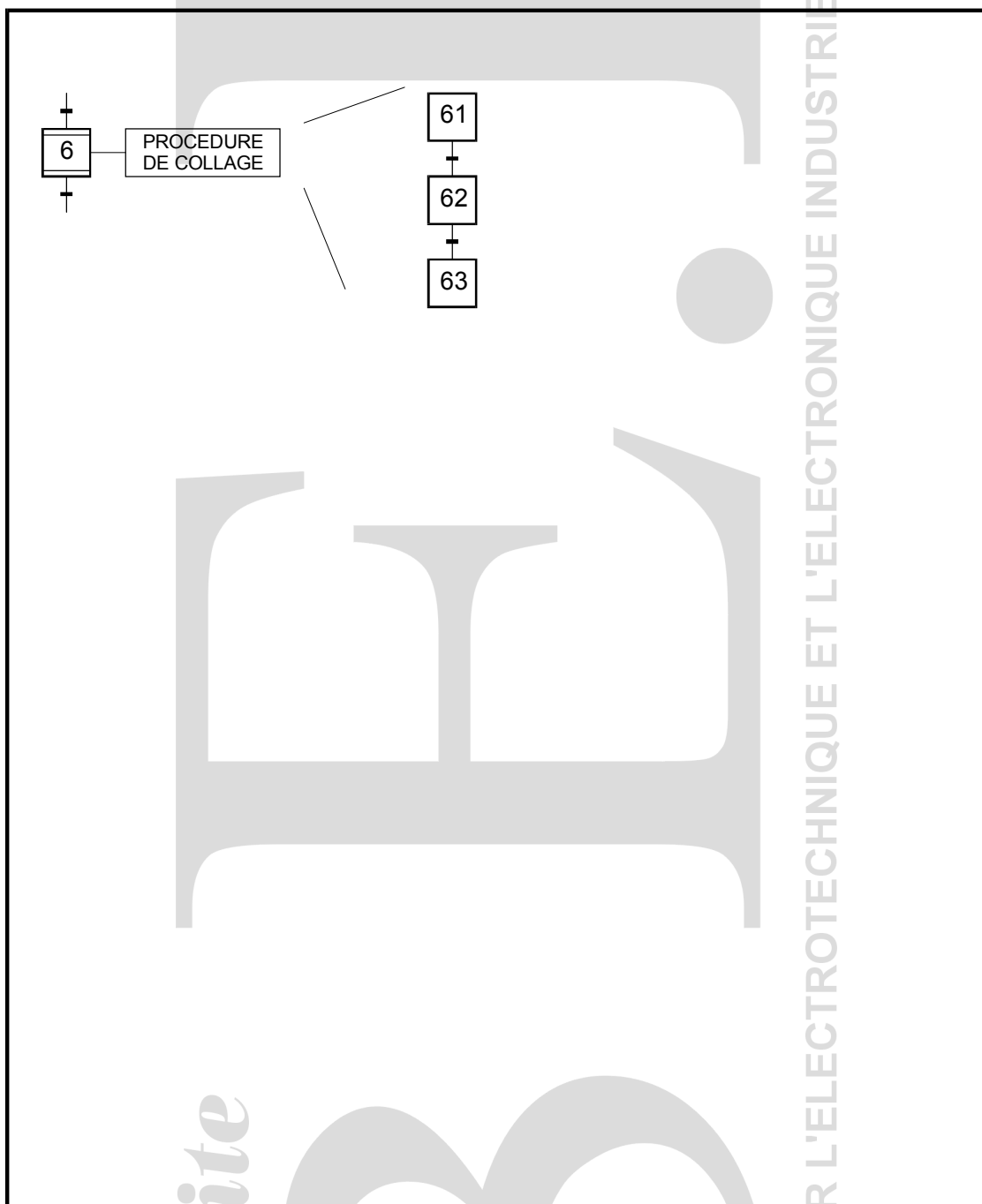
A partir de la description de la séquence automatique et du GRAFCET incomplet proposé sur le document réponse

1. Indiquer sur le document réponse les conditions de transition en utilisant les symboles de la liste des transitions.
2. Développer sur le document réponse la procédure de collage d'un point de vue partie commande en utilisant les symboles de la liste des transitions et de la liste des actions.
3. Proposer un grafcet maître d'arrêt d'urgence pendant la phase de remplacement de la bobine de papier dont le fonctionnement est le suivant :
  - En cas d'arrêt d'urgence ( ATU ) la procédure de collage est abandonnée.
  - Après l'acquiescement ( ACQ ) l'installation est remise en position initiale.
  - La procédure de collage peut alors reprendre.

### conditions de transition (document réponse)



**procédure de collage** (document réponse)



### **3. Fabrication de cacahuètes grillées (adapté d'un sujet de BTS).**

#### **MISE EN SITUATION**

Le support de cette étude s'appuie sur la fabrication de cacahuètes grillées. L'ensemble de la fabrication s'inscrit dans un projet d'entreprise de qualité totale. Des contrôles sont opérés tout au long de la fabrication jusqu'au conditionnement sous azote des cacahuètes grillées et salées, pour assurer la conservation du produit emballé.

#### **CHAUFFAGE DE L'HUILE**

Les besoins thermiques de l'usine sont assurés par de l'huile thermique produite en chaufferie. Un échangeur prélève les calories du liquide chaud venant de la chaufferie, pour les fournir à l'huile comestible et l'amener aussi près que possible de la température de cuisson des cacahuètes. Le maintien en température de la canalisation d'huile comestible entre l'échangeur et la friteuse est assuré par un ruban chauffant auto régulant. La pompe P1 est destinée à véhiculer l'huile comestible de caractéristiques variables (température, viscosité, densité...).

#### **GRAFNET FONCTIONNEL DU FLUX D'HUILE COMESTIBLE**

Un recueil d'information en vue de définir et concevoir la partie commande (partie programmation) est effectué auprès du client (expert). Le compte rendu de cet entretien est décrit ci-dessous:

##### **Procédure de remplissage et production normale**

1. L'opérateur lance un cycle de friture de cacahuètes.
2. L'huile fraîche est pompée de la cuve 101 dans la cuve 201 jusqu'au niveau haut (il ne sera pas utile de compléter le niveau de cette cuve durant le cycle décrit ci-dessous).
3. La friteuse est remplie (cuve 000) jusqu'au niveau haut (Nh cuve 000 = 1) puis légèrement vidée afin de relâcher le capteur de niveau haut (Nh cuve 000 = 0) avec cette huile fraîche.
4. L'huile comestible est chauffée à 100°C.
5. L'arrivée des cacahuètes se fait en continu dans la friteuse. Le passage dans le bain d'huile chaud s'effectue en continu.
6. La vitesse du tapis et la température de l'huile sont réglées à partir de la couleur des cacahuètes frites.
7. Le surplus d'huile, suite à l'arrivée des cacahuètes, est pompé par la pompe P3 vers la cuve 202. Le niveau dans la cuve 000 est maintenu entre Nh cuve 000 = 1 et Nh cuve 000 = 0 grâce à un capteur de niveau à hystérésis.
8. Le volume d'huile dans la cuve 000 est complété, soit par la cuve 202, soit par la cuve 201, lorsque le niveau bas de la cuve 202 est atteint (Nb cuve 202 = 1). En effet, les cacahuètes frites emmènent l'huile qui les recouvrent et cela fait baisser le niveau d'huile.

##### **Procédure de vidange**

1. L'opérateur demande la fin de l'opération de friture.
2. La pompe P1 est arrêtée et la vanne Y7 se ferme.
3. Après une demie-heure, la friteuse puis la cuve 202 sont vidangées dans la cuve 102. La contenance de la cuve 102 est suffisante pour recueillir la totalité de l'huile usagée.

##### **Sécurité de fonctionnement**

Si le couvercle de la friteuse est levé (Cff = 0) la pompe de circulation P1 ne peut pas fonctionner.

La confirmation de bon fonctionnement des pompes est assurée par un capteur de pression (pPi).

La pompe P2 est arrêtée 5 secondes après la fermeture de la vanne Y1.



L'ouverture de la vanne Y1 est retardée de 5 secondes par rapport à la validation de la mise en pression (capteur de pression pP2) de la pompe P2.

**Tableau "Convention de notation"**

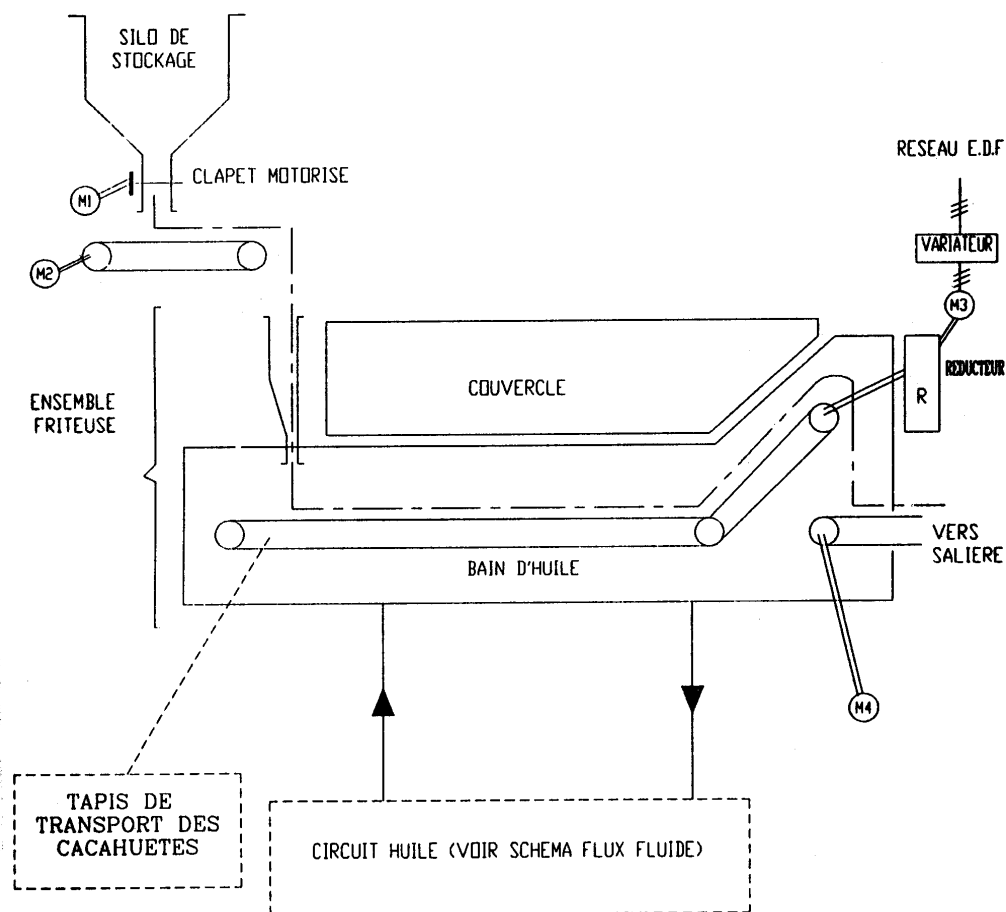
Désignation	Symbolisation - Notation
Pompe Pi	Pi
Capteur de pression à la sortie de la pompe Pi supérieur à 10 bars (sortie logique)	pPi
Ouverture de la vanne Yj	OYi
Fermeture de la vanne Yj	FYi
Capteur vanne Yj ouverte (sortie logique)	oyj
Capteur vanne Yj fermée (sortie logique)	fyj
Niveau bas de la cuve xxx	Nb cuve xxx
Niveau haut de la cuve xxx	Nh cuve xxx
Départ cycle de friture	Dcy
Ordre de fin de l'opération de friture	FF
Couvercle de la friteuse fermé (sortie logique)	CFf

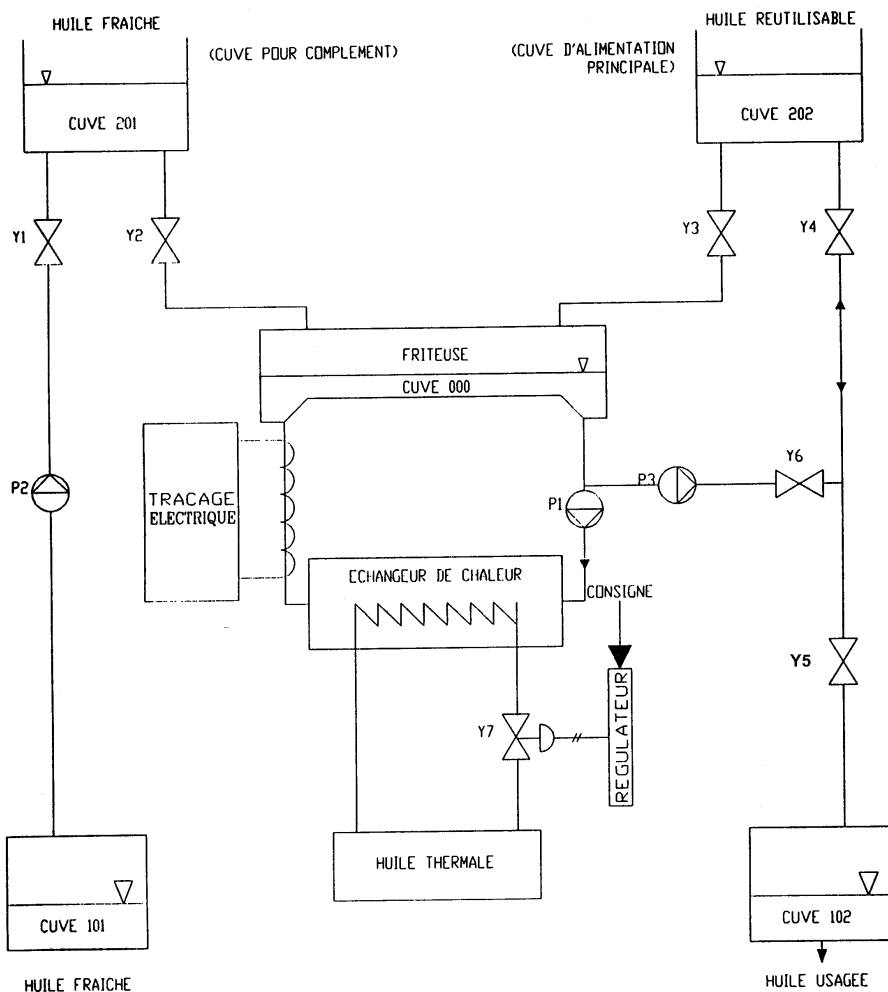
**TRAVAIL DEMANDE**

Compléter le document réponse en décrivant les expansions des deux macro-étapes

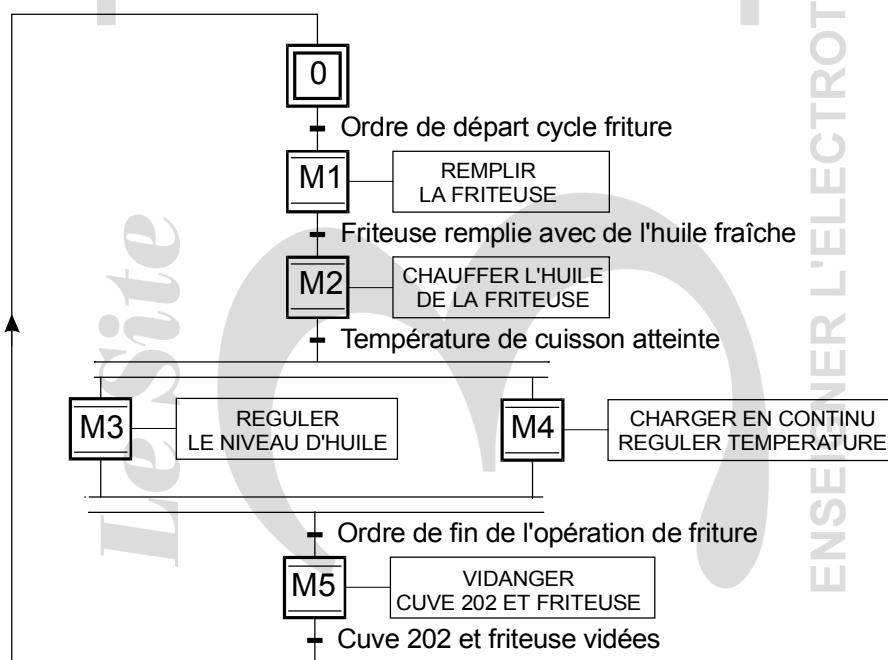
M3 - Réguler le niveau d'huile de la friteuse

M5 - Vidanger la cuve 202 et la friteuse





### GRAFCET DE PRINCIPE DE LA FABRICATION DES CACAHUETTES



## DOCUMENT REPONSE

M3 — REGULER  
LE NIVEAU D'HUILE

M5 — VIDANGER  
CUVE 202 ET FRITEUSE

30  
+ Nh cuve 000

50 — Reset: P1 — FY7

*Le Site*

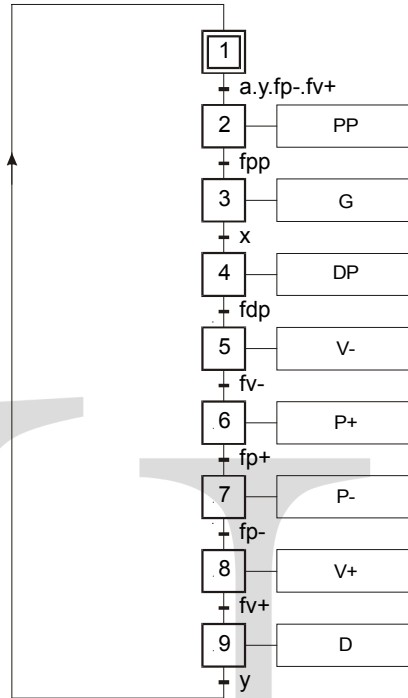


ENSEIGNER L'ELECTROTECHNIQUE ET L'ELECTRONIQUE INDUSTRIELLE

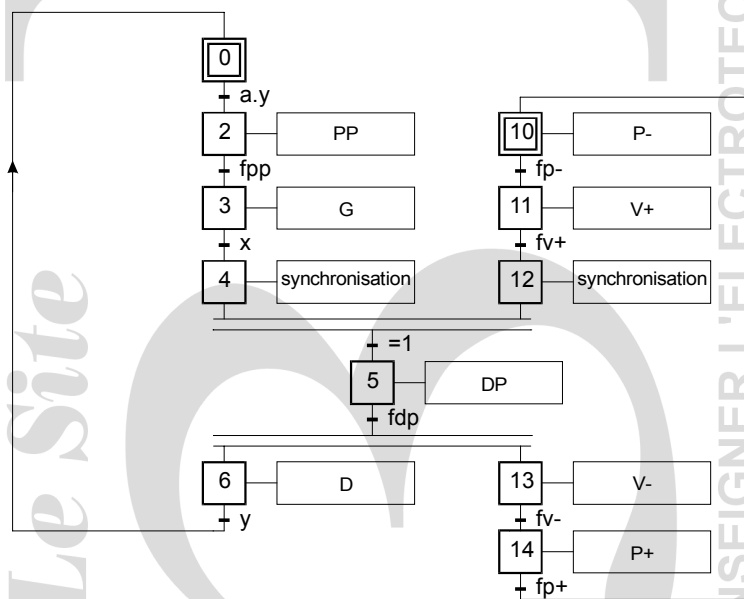
## Autocorrection

### 1. Chariot.

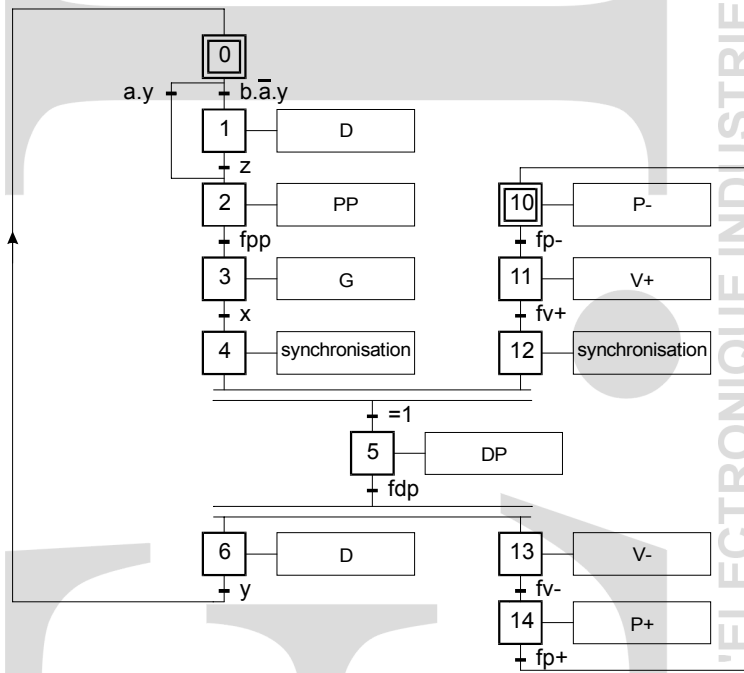
1. Effectuer d'abord un Grafcet linéaire comprenant une seule voie d'arrivée A.



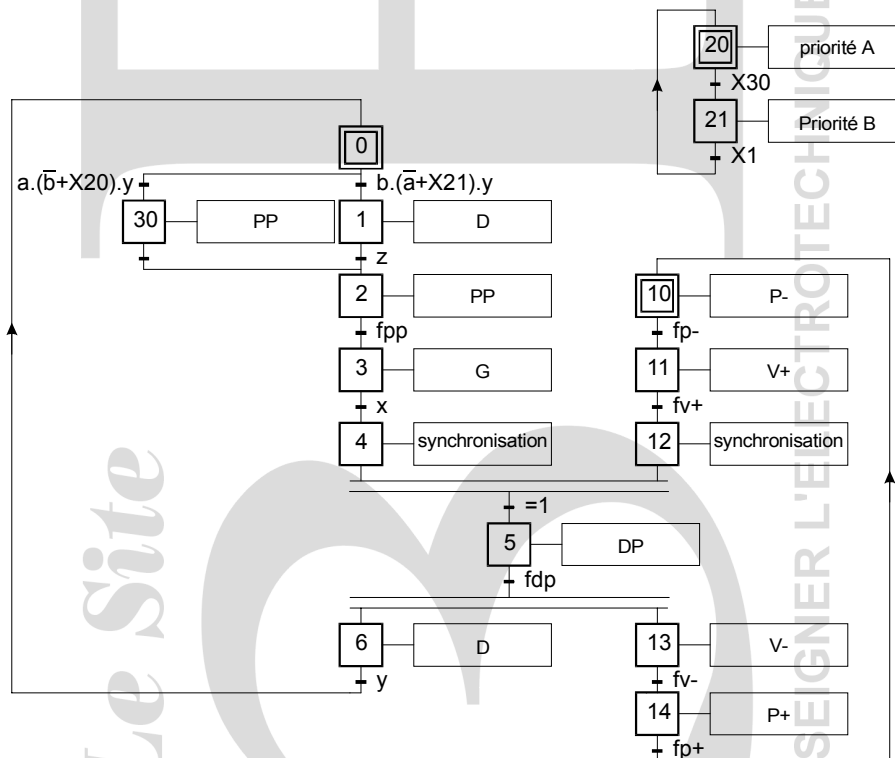
2. Puis l'améliorer en prévoyant les retours des actionneurs en temps masqué (attention toutefois de ne pas endommager le pousser).



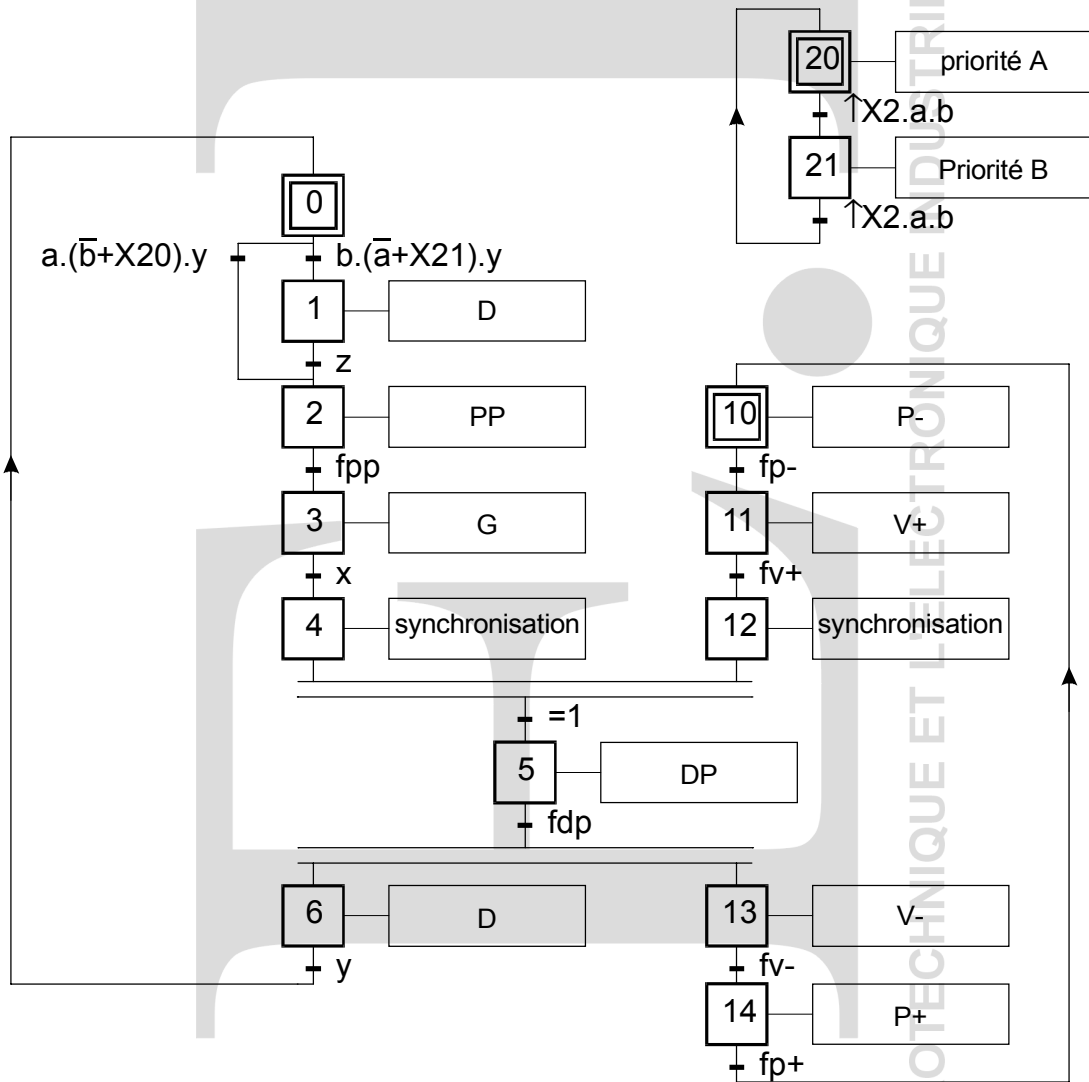
3. Puis prévoir deux tapis d'alimentation A et B (en cas de pièces en a ET b, prendre celle en a).



4. Puis prévoir une priorité tournante (en cas de conflit, prendre la voie qui n'a pas été servie la fois précédente) attention, si plusieurs pièces arrivent sur la même voie et aucune sur l'autre, ne pas bloquer le système.



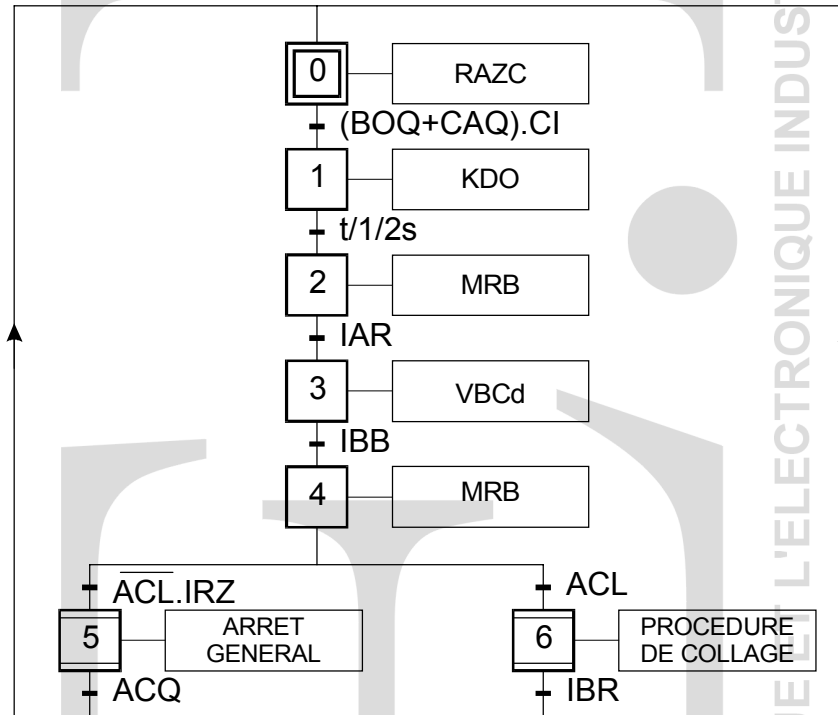
- Puis modifier la règle de priorité en donnant en cas de conflit la priorité à celui qui n'en a pas profité lors du dernier conflit.



**2. Entreprise de presse (adapté d'un sujet de BTS).**

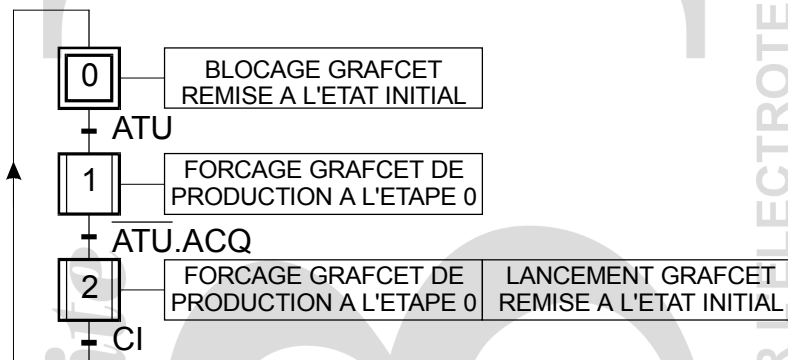
1. Indiquer sur le document réponse les conditions de transition en utilisant les symboles de la liste des transitions.

**conditions de transition**



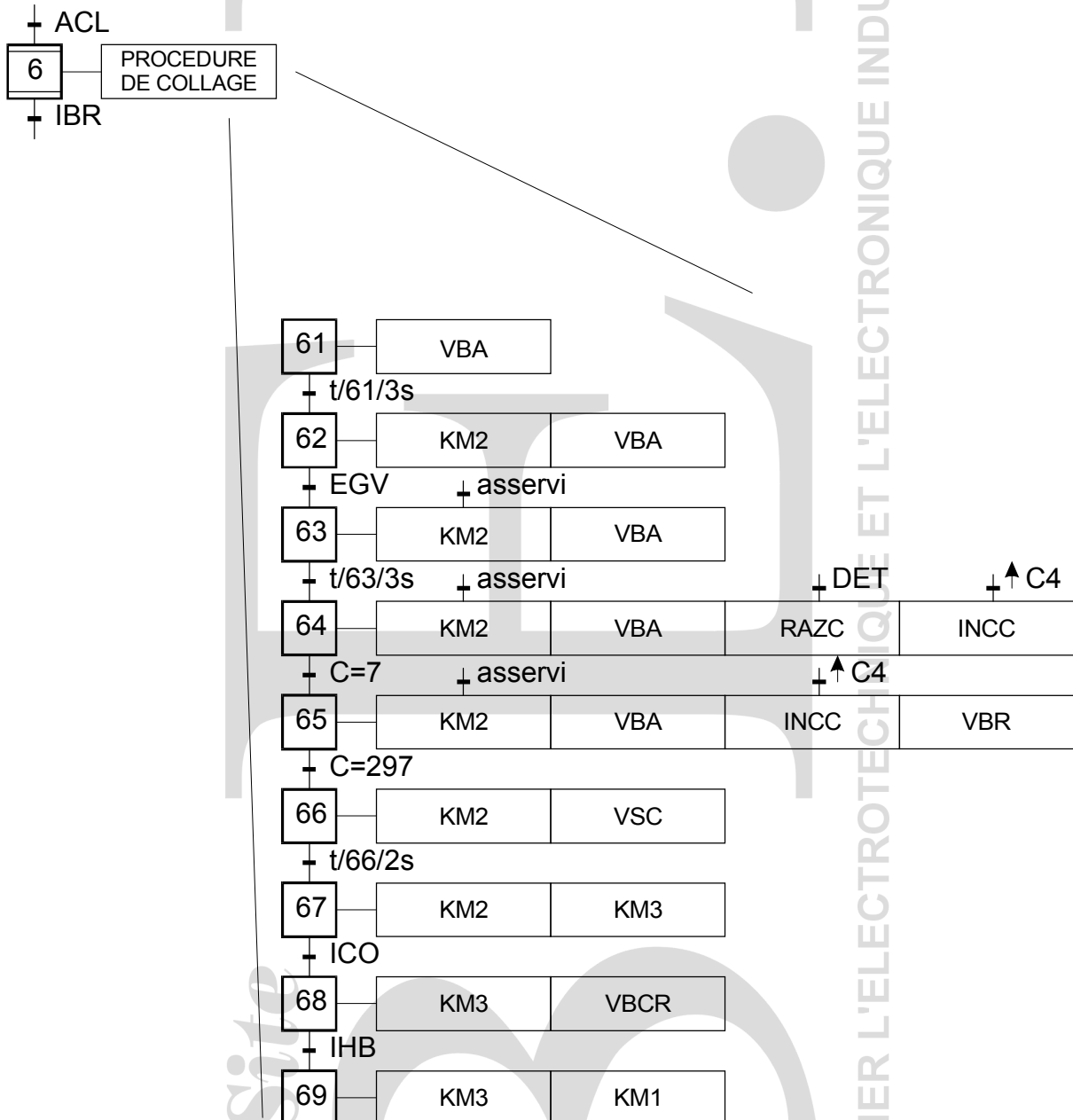
3. Proposer un grafcet maître d'arrêt d'urgence pendant la phase de remplacement de la bobine

**grafcet d'arrêt d'urgence**



2. Développer la procédure de collage d'un point de vue partie commande en utilisant les symboles de la liste des transitions et de la liste des actions.

### procédure de collage



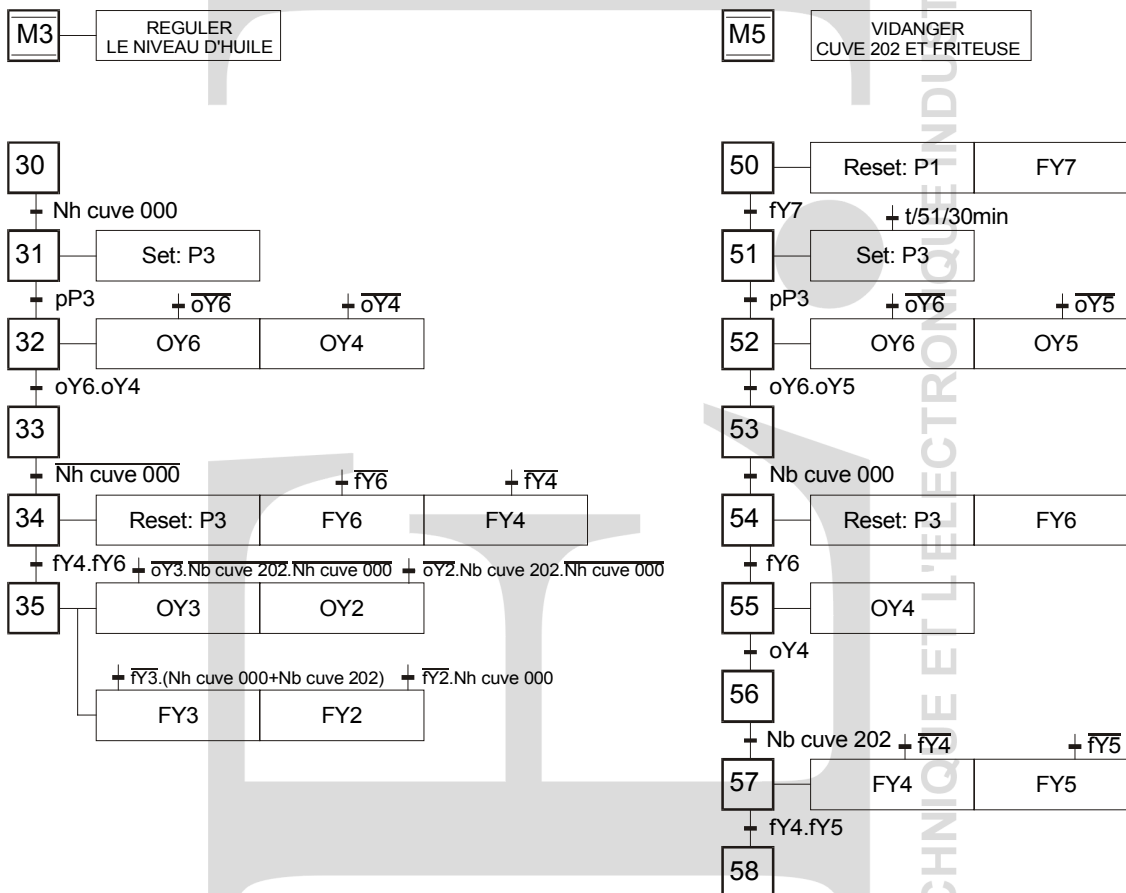


### 3. Fabrication de cacahuètes grillées (adapté d'un sujet de BTS).

Compléter le document réponse en décrivant les expansions des deux macro-étapes

M3 - Réguler le niveau d'huile de la friteuse

M5 - Vidanger la cuve 202 et la friteuse



L'étape 35 représente l'asservissement du niveau d'huile au niveau haut dans la cuve 000. Si l'on quitte le niveau haut de la cuve 000 ( $\text{non}(Nh\ cuve\ 000)$ ) et que la cuve 202 n'est pas vide ( $\text{non}(Nb\ cuve\ 202)$ ) il y a ouverture de la vanne 3 jusqu'à  $oY3$ . Lorsque le niveau haut dans la cuve 000 est atteint il y a fermeture de la vanne 3 jusqu'à  $fY3$ . Si le niveau dans la cuve 202 est insuffisant le principe de fonctionnement est le même avec la cuve 201 et sa vanne Y2.

