

GEMMA :

Guide d'Etude

des Modes de Marches et d'Arrêts

1. Introduction :

Dans les études faites précédemment (le Grafcet), le cahier des charges était volontairement réduit à sa plus simple expression, c'est-à-dire, à ce que l'on appelle les *spécifications fonctionnelles*. Celles-ci permettent de décrire le fonctionnement attendu du système à une situation de production normale, pendant laquelle il n'y a pas d'incident, nous appellerons *grafcet de fonctionnement normale* (GFN).

Cependant, les systèmes automatisés sont pratiquement sujets de pannes, de réparations et d'arrêts. Ces situations inévitables dans la vie d'une usine et conduisant aux modes de marches particuliers, doivent être considérées lors de la conception et au cours de l'exploitation de chaque automatisme.

Les exemples typiques de modes de marches particuliers sont : vérification manuelle étape par étape, préparation pour mise en route, et arrêt d'urgence à la suite d'une défaillance.

2. Pourquoi le GEMMA :

Le GEMMA (acronyme de Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt) est un guide graphique (document graphique) permettant de sélectionner et de décrire simplement les différents états de marches et d'arrêts, ainsi que les possibilités d'évoluer d'un état à un autre. Il a été créé parce qu'il y avait un grand besoin d'avoir un vocabulaire commun et précis. Le GEMMA permet d'avoir une approche guidée de l'analyse des modes de marches et d'arrêts.

Le GEMMA permet le recensement et la description des différents états du système automatisé, de la mise en route à la production normale. Il précise les procédures à mettre en oeuvre après analyse d'une anomalie ou un défaut de fonctionnement.

Pour une machine donnée, les modes de marches et d'arrêts doivent être choisis et compris de toutes les personnes chargées d'intervenir.

Un GEMMA est établi pour chaque machine lors de sa conception, puis utilisé tout au long de sa vie : réalisation, mise au point, maintenance, modifications, réglages... Dans ses principes et dans sa mise en oeuvre, le GEMMA doit donc être connu de toutes les personnes concernées par les automatismes, depuis leur conception jusqu'à leur exploitation.

3. Les concepts de base :

Comme le montre le schéma ci-dessous, le GEMMA est composé de deux grandes parties :

- **Partie commande hors énergie** : Cette zone du GEMMA, située à l'extrême gauche, correspond à l'état inopérant de la partie commande. Elle ne figure que pour la forme. Dans cet état, la partie opérative n'est pas sous le contrôle de la partie commande. La partie opérative peut être en énergie ou hors énergie. La sécurité est garantie par les choix technologiques, la procédure de mise en énergie de la partie opérative, ...
- **Partie commande en énergie et active** : cette zone permet de décrire ce qui se passe lorsque la partie commande (P.C.) fonctionne normalement. Elle couvre la quasi-totalité du guide graphique. Cette partie va nous permettre de définir les différents modes de marches et d'arrêt de notre machine ainsi que les conditions de passage d'un mode à l'autre. Elle est subdivisée en trois zones ou en trois familles de procédures :
 - **Famille A** : Procédures d'arrêt et de remise en route de la partie opérative : une installation ne peut fonctionner indéfiniment. Il s'avère nécessaire de l'arrêter (**à partir du pupitre de commande**) de temps à autre pour des raisons **normales** indépendantes du système :
 - Fin de journée,
 - Pause,
 - Manque d'approvisionnement ...

- **Famille D** : *Procédures de défaillance* de la partie opérative : il est rare qu'un système fonctionne sans incident durant toute sa vie. Il faut envisager qu'il aura des défaillances prévisibles ou imprévisibles.

On regroupera dans cette famille tous les modes conduisant à un état d'arrêt du système pour des raisons intérieures au système, autrement dit, à cause de défaillances de la partie opérative.

Les procédures de la famille D ont pour objectif de limiter au maximum les conséquences ou risques pour le personnel ou matériel.

- **Famille F** : *Procédures de fonctionnement* : on regroupe dans cette famille tous les modes ou états qui sont indispensables à l'obtention de la valeur ajoutée.

Notons que l'on ne produit pas forcément dans tous les modes de cette famille. Il peut s'agir de :

- Procédures préparatoire à la production de la valeur ajoutée
- réglages, tests ... qui sont néanmoins indispensables à la production de la valeur ajoutée.

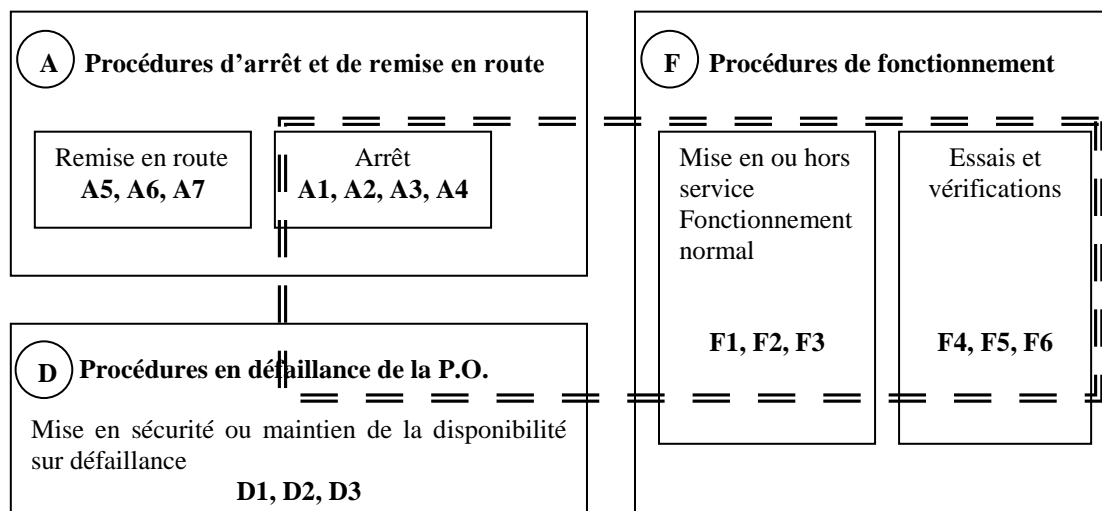


Fig 1. Les familles et les sous-familles de procédures.

Une distinction supplémentaire est faite parmi ces trois familles de procédures. On distingue la zone de production de la zone hors production par un double encadrement de la zone de production en pointillés. La zone de production se trouve à cheval sur les trois types de procédures.

4. Les « rectangles-états » :

Sur le guide graphique GEMMA (voir page suivante), chaque mode de marche ou de procédure en défaillance peut être décrit à l'intérieur d'une case du GEMMA appelée **rectangle-état** prévus à cette fin. Ce dernier traduit un état du système à un moment donné de son évolution.

La position d'un rectangle-état sur le guide graphique définit :

- Son appartenance à l'une des 3 familles, procédure de fonctionnement, d'arrêt ou de défaillance.
- Le fait qu'il soit « en » ou « hors production ».

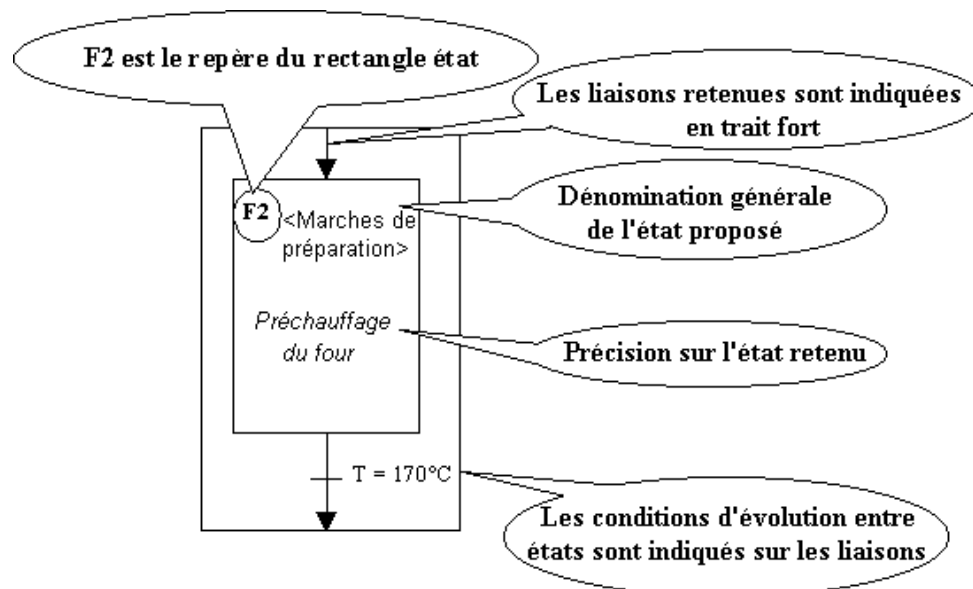


Fig 2. Représentation d'un rectangle-état.

D'autre part, le but d'une machine étant de produire de la valeur ajoutée, on distingue, à l'intérieur de ces trois familles de procédures, la zone de production de la zone de non production. Cette zone est à cheval sur les trois familles de procédures. Chaque zone est subdivisée en rectangles d'états ou procédures (voir feuille GEMMA).

5. GEMMA : les modes de marches et d'arrêts

Le guide graphique GEMMA porte les « rectangles-états » dans lesquels seront exprimés les différents états de marches et d'arrêts pris par la machine.

En pratique, pour une machine donnée, on ne choisira parmi les états proposés par le guide que ceux qui sont nécessaires, et on précisera le nom de chacun des états retenus, à l'intérieur du rectangle-état correspondant.

Pour effectuer ce choix, il est nécessaire de bien comprendre la signification de chacun des états de marches et d'arrêts proposés par le guide graphique.

5.1. Famille F « Procédure de fonctionnement » :

On regroupe tous les états du système automatisé qui sont indispensables à l'obtention de la valeur ajoutée (fabrication d'un produit, contrôle, stockage, teste, réglage, etc.).

La sous famille **F1**, **F2**, **F3** assure la mise en/ou hors service de la production normale. L'autre famille **F4**, **F5**, **F6** permet les essais et les vérifications avant ou après le passage en production normale.

- 5.1.1. **F1** « Production normale » : dans cet état le système produit normalement. C'est l'état pour lequel elle a été conçue. C'est à ce titre que le rectangle-état a un cadre particulièrement renforcé. On peut souvent faire correspondre à cet état un grafcet que l'on appelle grafcet de base.
- 5.1.2. **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.
- 5.1.3. **F3** « Marche de clôture » : c'est l'état nécessaire pour certaines machines d'atteindre une certaine position avant un arrêt prolongé : d'être vidées, nettoyées, etc., en fin de journée ou en fin de série.
- 5.1.4. **F4** « Marche de vérification dans le désordre » : Cet état permet la vérification dans le désordre des différents actionneurs du système automatisé sans respecter l'ordre de production normale.
- 5.1.5. **F5** « Marche de vérification dans l'ordre » : Cet état permet la vérification dans l'ordre de production normale des différents actionneurs du système automatisé. Cet état permet de faire évoluer le cycle de production normale tâche par tâche. Dans cet état la machine est en production ou hors production.
- 5.1.6. **F6** « Marche de test » : Les machines de contrôle, de mesure, de tri ..., comportent des capteurs qui doivent être réglés ou étalonnés périodiquement.

5.2. Famille A « Procédure d'arrêt » :

On regroupe tous les états du système automatisé qui traduisent un arrêt pour des raisons extérieures au système. Ce sont les arrêts normaux.

- 5.2.1. **A1** « Arrêt dans l'état initial » : C'est l'état dans lequel se trouve la machine avant de passer en production normale (état repos). Il correspond un peu à l'état initial d'un **grafcet** : c'est pourquoi, comme une étape initiale, ce rectangle-état est entouré d'un double cadre.
- 5.2.2. **A2** « Arrêt demandé en fin de cycle » : Cet état permet de conduire le système à un arrêt en fin d'un cycle de production. Le système va continuer de produire et s'arrêter lorsque le cycle de production sera terminé. Cet état est utilisé lorsque l'on souhaite réalimenter en matière première un système par exemple. A2 est donc un état transitoire vers l'état A1.
- 5.2.3. **A3** « Arrêt demandé dans un état déterminé » : Cet état permet de conduire le système à un arrêt en position autre que la fin de cycle. Il permet par exemple d'arrêter le système dans un état permettant une intervention sur le système. C'est un état transitoire vers l'état A4.
- 5.2.4. **A4** « Arrêt obtenu » : le système est alors arrêté en une autre position que la fin de cycle.
- 5.2.5. **A5** « Préparation pour remise en route après défaillance » : c'est dans cet état que l'on procède à toutes les opérations (dégagement, nettoyages, ...) nécessaires à une mise en route après une défaillance. Dans cet état l'opérateur intervient en général manuellement pour dégager, nettoyer ou vider le système.
- 5.2.6. **A6** « Mise de la PO dans l'état initial » : La machine étant en A6, on remet manuellement ou automatiquement la partie opérative en position pour un redémarrage dans l'état initiale.
- 5.2.7. **A7** « Mise de la PO dans un état déterminé » : La machine étant en A7, on remet la partie opérative en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

5.3. **Famille D** « Les procédures en défaillances » : Les procédures en défaillance définissent les états que devra avoir la partie opérative en cas de défaillance. Ils sont au nombre de **trois**. Ces rectangles d'état

permettent de gérer les défaillances du système tel que par exemple l'arrêt d'urgence. Les états de défaillance sont les états de défaillance de la **PO**.

- 5.3.1. **D1** « Arrêt d'urgence » : Cet état permet de gérer le système lors d'un arrêt d'urgence. On y prévoit non seulement les arrêts, mais aussi les cycles de dégagements, les procédures et précautions nécessaires pour éviter ou limiter les conséquences dues à la défaillance.
- 5.3.2. **D2** « Diagnostic et ou traitement de défaillance » : Cet état permet à la maintenance de diagnostiquer l'origine de la défaillance et d'envisager le traitement approprié qui permettra le redémarrage du système après traitement de la défaillance.
- 5.3.3. **D3** « Production tout de même » : il est parfois nécessaire de continuer la production après défaillance du système : on aura alors « un production dégradée », ou une « production forcée », ou une production aidée par des opérateurs non prévus en « production normale ».

6. Sélection des modes et des évolutions :

Pour utiliser le GEMMA, il faut commencer dans un premier temps de regarder chacun des rectangles-états et se demander quels sont ceux qui s'appliquent à l'automatisme qui est analysé. Il faut donc envisager tous les états possibles. Si le mode proposé est retenu, il sera précisé en langage littéral de fonctionnement propre à la machine (langage machine) dans le rectangle-état. Si au contraire le mode proposé n'est pas nécessaire pour la machine, une croix est portée dans le rectangle-état, pour bien signifier qu'il n'est pas retenu.

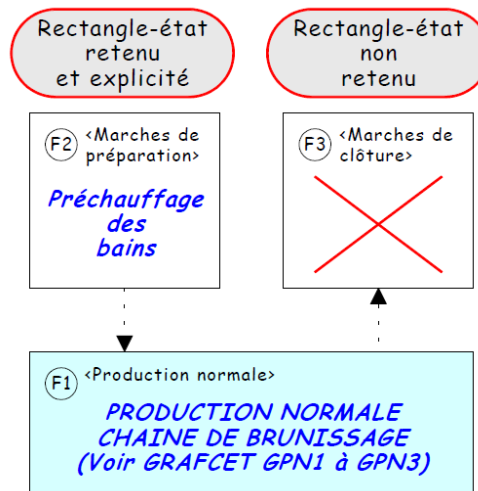


Fig : Le rectangle-état F2 est retenu, le rectangle-état F3 n'est pas retenu.

Deux états essentiels, définis dès le début de l'étude, se retrouvent sur toutes les machines :

- L'état A1, dit <Arrêt dans état initial>, ou <état repos> de la machine.
- L'état F1, mode de <Production normale> pour lequel la machine a été conçue.

En partant de chacun des deux états essentiels, A1 et F1, on recherche les évolutions vers les autres états. On se demande d'abord quelle évolution suivre lors du démarrage. Le choix est :

- A1 → F1 : démarrage sans marche de préparation ;
- A1 → F2 → F1: démarrage avec marche de préparation.

Ce qui permet de répondre à la question suivante : « une marche de préparation est-elle nécessaire ? »

Ensuite, on se demande quelle évolution suivre lors de l'arrêt normal de production. Le choix est alors :

- F1 → A2 → A1 : arrêt en fin de cycle sans marche de clôture ;
- F1 → F3 → A1 : arrêt avec une marche de clôture ;
- F1 → A3 → A4 : arrêt dans un état autre que la condition initiale.

Ce qui permet de répondre aux questions suivantes :

- Une marche de clôture est elle nécessaire ?
- Un arrêt dans un état autre que la condition initial est-il nécessaire?

Puis, on se demande quelle évolution suivre lors d'une défaillance de l'automatisme. Un grand nombre de choix est disponible :

- F1 → D3 : défaillance légère permettant une marche de production tout de même ;
- D1 → D2 → A5 → A7 → A4 → D3 : arrêt d'urgence puis évolution pour production tout de même (défaillance légère impliquant l'arrêt d'un poste) ;
- D1 → A5 → A6 → A1 : arrêt d'urgence puis évolution pour un arrêt en condition initiale (défaillance majeure) ;
- D1 → A5 → A7 → A4 : arrêt d'urgence puis évolution pour un arrêt dans le même état que lors de l'apparition de l'arrêt d'urgence (défaillance mineure) ;
- D1 → D2 → A5 → A6 → A1 : arrêt d'urgence avec diagnostic et traitement, puis évolution pour un arrêt en condition initiale (défaillance majeure) ;
- D1 → D2 → A5 → A7 → A4 : arrêt d'urgence avec diagnostic et traitement, puis évolution pour un arrêt dans le même état que lors de l'arrêt d'urgence (défaillance mineure).

Ce qui permet de répondre aux questions suivantes :

- *quel genre de défaillance peut affecter l'automatisme ?*
- *y-a-t-il des défaillances pour lesquelles on peut réussir de produire tout de même de façon sécuritaire ?*
- *qu'elle doit être le comportement de la machine en arrêt d'urgence ?*
- *la machine est elle suffisamment compliquée pour exiger un diagnostic élaboré ?*
- *suite à une défaillance, la machine doit elle être retournée en condition initiale ?*
- *suite à une défaillance, la machine peut elle être remise en marche en repartant de l'état ou elle était lors de l'apparition de l'arrêt d'urgence ?*

7. Conditions d'évolution entre modes de marches et d'arrêts

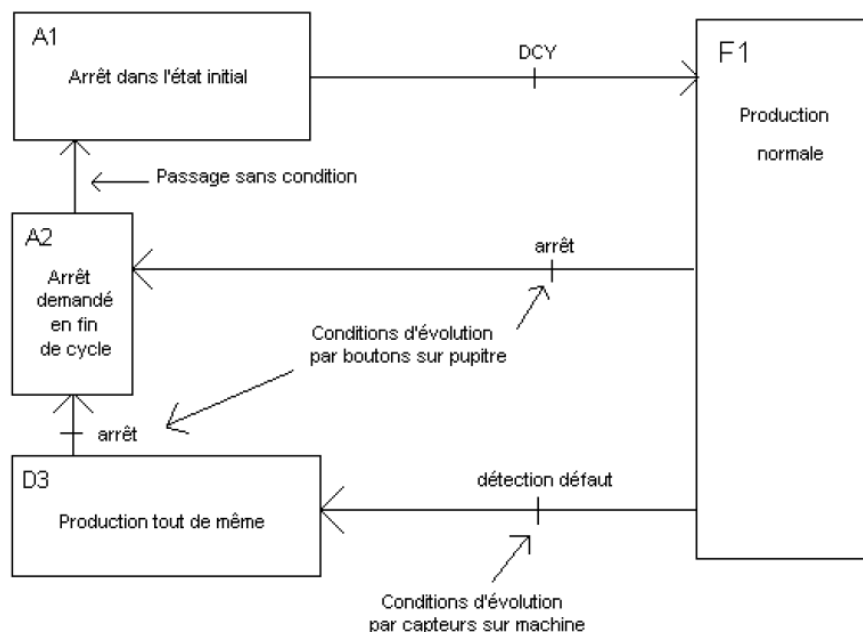
Les modes de marches et d'arrêts ayant été sélectionnés et explicités, il convient de préciser le passage d'un état à l'autre.

L'élaboration de ces conditions de passage rend possible **la conception du pupitre de commande** (action de l'opérateur) et de prévoir éventuellement **des capteurs supplémentaires** sur la machine, de compléter le grafset, etc.

Le passage d'un état à un autre s'effectue de deux façons :

- *soit avec une condition d'évolution* : la condition peut être liée à l'action sur un bouton du pupitre de commande, ou à l'actionnement d'un capteur situé sur la machine.

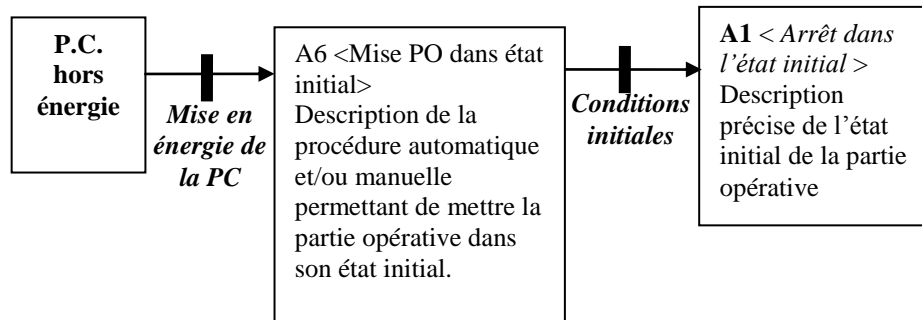
- *soit sans condition d'évolution* : dans certains évolutions entre états, l'écriture d'une condition n'apporterait aucune information utile : c'est le cas lorsque celle-ci est évidente (exemple, passage de A2 à A1), ou parce que l'état atteint dépend de l'intervenant.



8. Exemples types de GEMMA :

8.1. Boucle PC hors énergie – A6 - A1 :

Cette « boucle » opérationnelle correspond au démarrage de la machine.



8.2. Les marches de production :

8.2.1. Marche de production à cycles répétés :

Après l'information de départ donnée par l'opérateur, les cycles se succèdent sans nouvelle intervention de celui-ci. L'arrêt doit être demandé par l'opérateur. Ceci correspond à la boucle A1 – F1 - A2 (boucle de fonctionnement normal) : Arrêt – Fonctionnement normal – Demande d'arrêt – Arrêt – Fonctionnement normal etc.

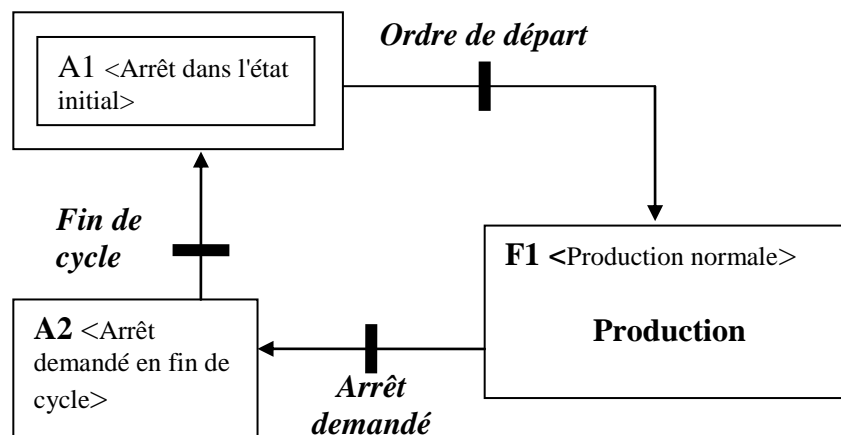


Fig 3. GEMMA d'une machine avec marche de production à cycles répétés.

8.2.2. Marche de production cycle par cycle : L'information départ doit être réalisée à la fin de chaque cycle.

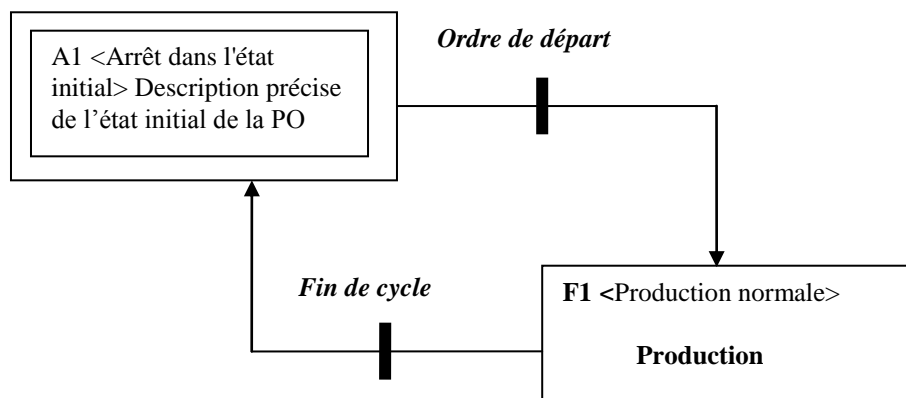


Fig 4. GEMMA d'une machine avec marche de production cycle par cycle.

8.2.3. GEMMA d'une machine exigeant une marche de préparation et une marche de clôture :

Si une machine nécessite une marche de clôture, par exemple pour vider un convoyeur à la fin de la journée, il faut prévoir un signal demandant l'exécution de la marche de clôture. La machine ayant le GEMMA de la figure 5 peut être arrêtée en fin de cycle pour une courte période (sans vider le convoyeur) avec le signal ACY. Donc la condition initiale de ce GEMMA c'est que la machine soit en condition initiale, avec un convoyeur vide ou plein. Cela explique que pour la mise en route, il faut vérifier si le convoyeur est plein ou vide pour savoir si la marche de préparation est nécessaire.

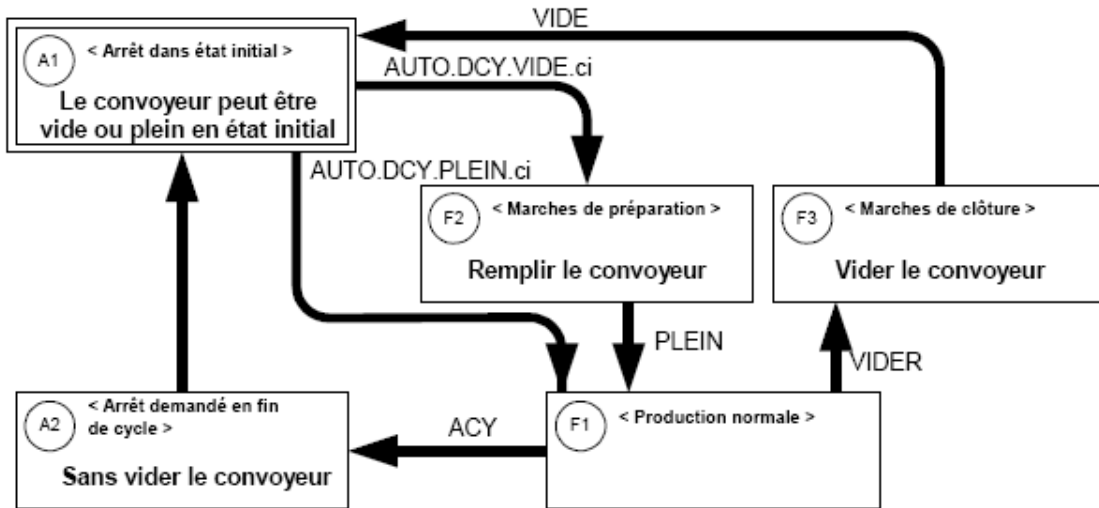


Fig 5. GEMMA d'une machine avec marche de préparation et marche de clôture.

8.3. Les marches de vérification :

8.3.1. Dans l'ordre de cycle :

Cette marche étape par étape a pour but de vérifier la conformité du déroulement du cycle en prenant en compte toutes les conditions réelles d'une marche de production, le déroulement s'effectuant sous le contrôle permanent de l'opérateur.

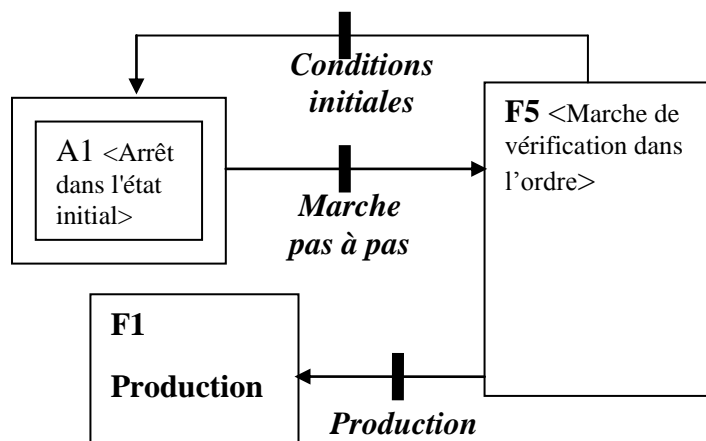


Fig 5 : GEMMA d'une machine avec marche de vérification dans l'ordre de cycle.

8.3.2. Dans le désordre :

Dans ce mode, l'opérateur peut actionner les actionneurs dans l'ordre qu'il le désire. Par contre, il existe toujours un risque que l'opérateur ne remette pas la machine en condition initiale. Donc du rectangle-état F5, il faut repasser **obligatoirement** par le rectangle-état A6 pour que cette remise en condition initiale ait lieu.

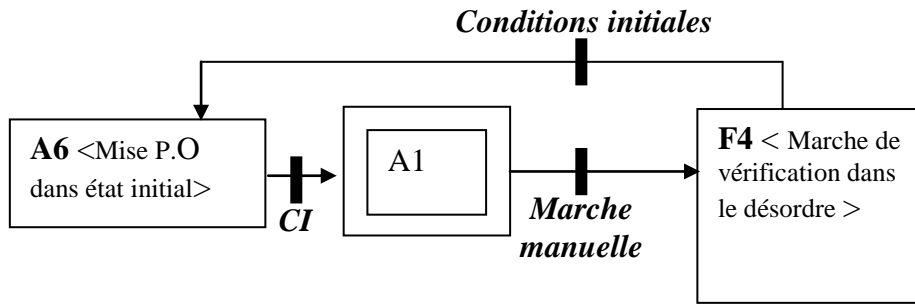


Fig 6. GEMMA d'une machine avec marche de vérification dans le désordre.

8.4. Les arrêts normaux :

8.4.1. Arrêt normal en cours de cycle :

L'étape en cours termine son action et la machine s'arrête avant l'enclenchement de l'étape suivante (arrêt en une position donné du cycle).

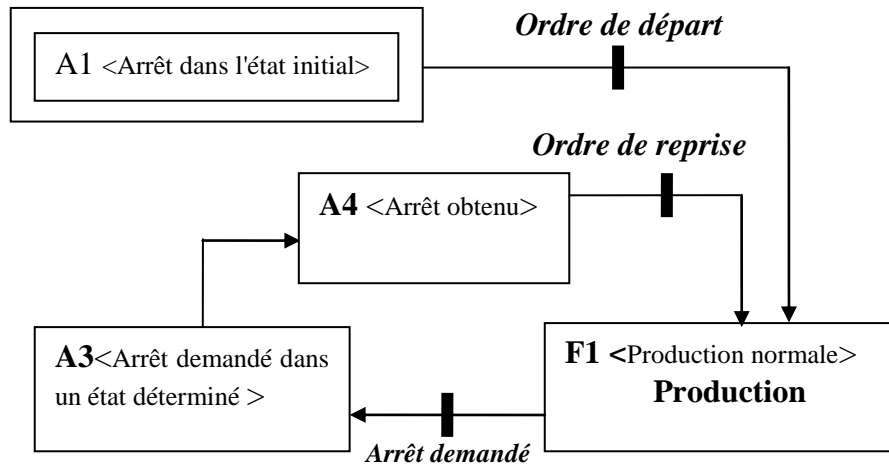


Fig 7. GEMMA d'une machine avec arrêt normal en cours de cycle.

8.4.2. Arrêt normal en fin de cycle :

Quel que soit le moment d'émission de la demande d'arrêt, la machine s'arrête en fin de cycle.

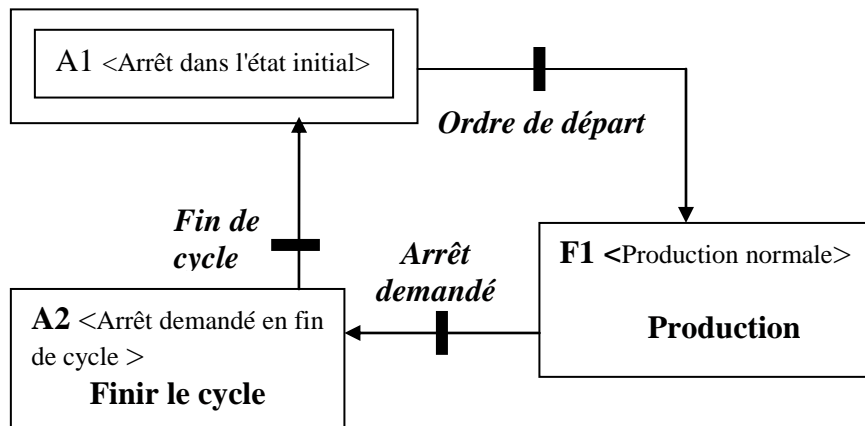


Fig 7 : GEMMA d'une machine avec arrêt normal en fin de cycle.

8.5. Les arrêts d'urgence :

Dans le cas ou un arrêt d'urgence causé par une défaillance grave est envisagé, il faut pouvoir aller au rectangle-état D1 lorsque cet arrêt d'urgence se produit. Et cela, quelque soit le rectangle-état ou la machine se situe. Pour éviter d'encombrer le GEMMA, on met simplement en évidence l'évolution de F1 vers D1 et on ajoute un symbole de regroupement avec la mention «Depuis tout état».

Après l'arrêt d'urgence, il faut préparer la machine à sa remise en route en la nettoyant ou en dégageant les pièces coincées (A5), puis remettre la partie opérative en condition initiale de façon manuelle ou par une initialisation automatisée (A6). La machine sera alors prête à être redémarrée.

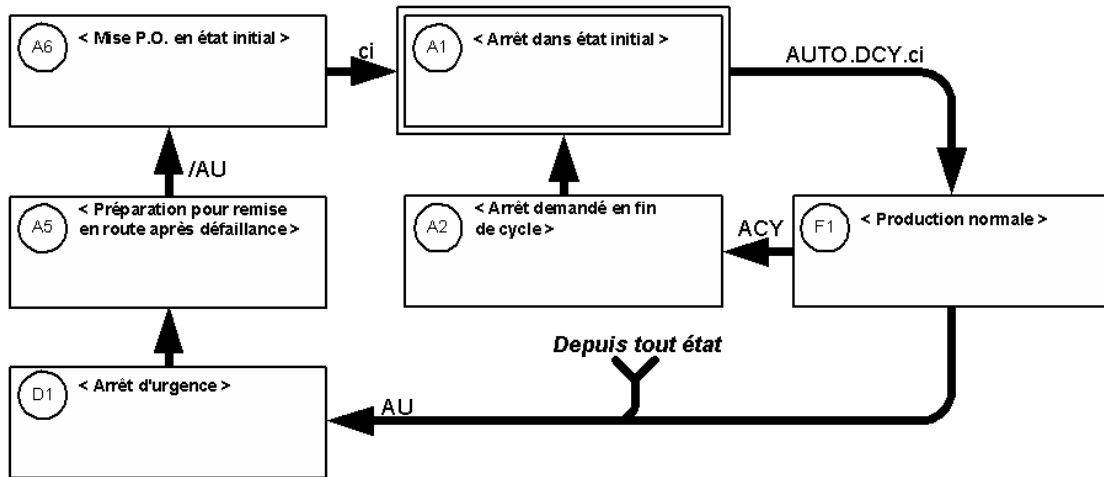


Fig 8. GEMMA d'une machine avec arrêt d'urgence.

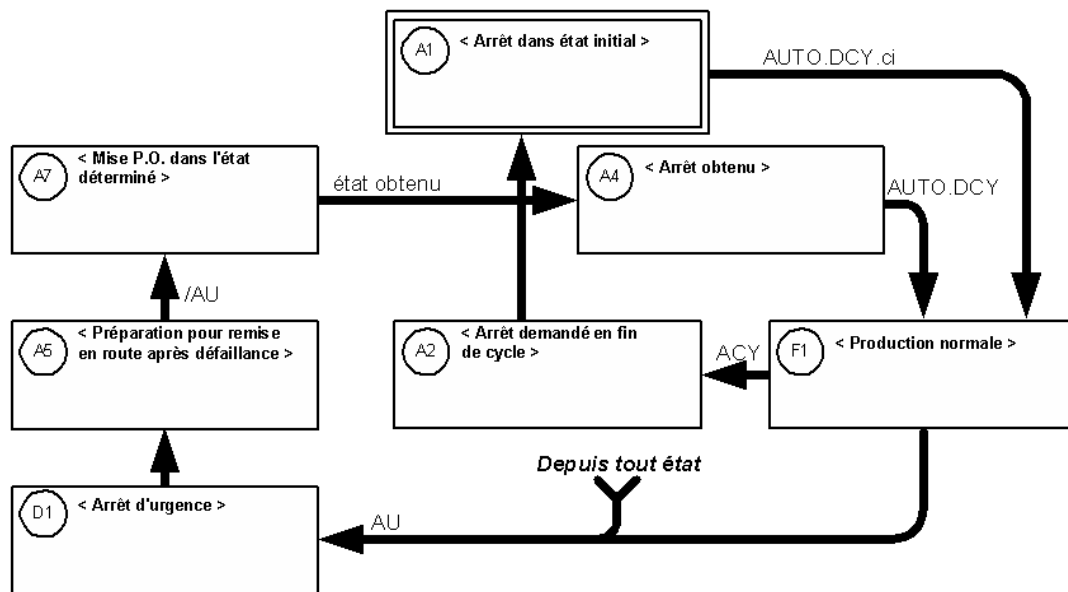


Fig 9. GEMMA d'une machine avec arrêt d'urgence et remise en route à l'état ou la machine était lors de l'arrêt d'urgence.

8.6. Les redémarrages :

En fonction de la cinématique de la machine et des conséquences physiques des choix faits précédemment, le redémarrage peut être au choix :

- Redémarrage à l'étape d'arrêt :

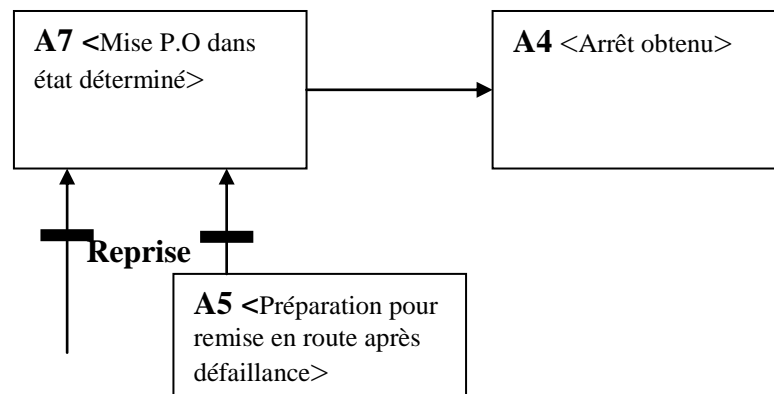


Fig 10. GEMMA d'une machine avec redémarrage à l'étape d'arrêt.

- *Redémarrage à l'étape initiale :*

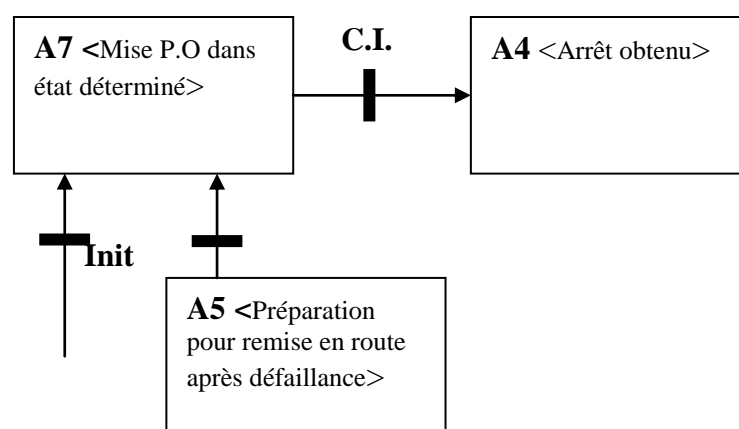


Fig 11. GEMMA d'une machine avec redémarrage à l'étape initiale.

9. Passage du GEMMA à une spécification GRAFCET :

Le passage du GEMMA vers le Grafcets conduit à une structure **multi-grafcets hiérarchisés** en utilisant les moyens de structuration définis dans la norme IEC 60848 (Macro-étape, Grafcet partiel, Structuration par forçage, Structuration par encapsulation) :

- **GRAFCET DE CONDUITE (GC)** : Grafcet gérant tous les modes marches et d'arrêts normaux. IL peut faire appel à des grafkets spécifiques (initialisation, préparation, clôture...). Le dialogue entre les grafkets est réalisé généralement par les variables internes d'étapes Xi.
- **GRAFCET DE PRODUCTION NORMALE (GPN)** : Grafcet décrivant le fonctionnement normal de production du système. Il peut faire appel à des grafkets de tâche ou de procédure. Le dialogue entre les grafkets est réalisé par les variables Xi.
- **GRAFCET DE SURETE (GS)** : Grafcet gérant les procédures de défaillance. Il est **Hiérarchiquement supérieur** à tous les autres grafkets. Cette hiérarchie est réalisée par des ordres de **Forçage**.

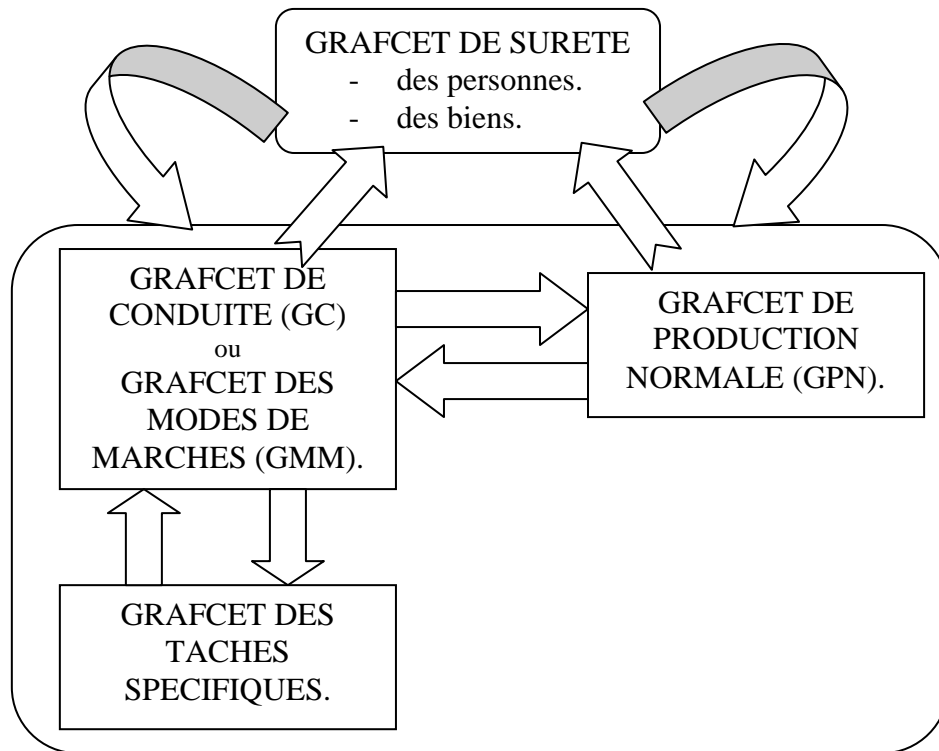


Fig 12. Réalisation de GRAFCET a partir du GEMMA.

9.1. Effet du GEMMA sur le Grafcet :

Le GEMMA affecte directement le GRAFCET de niveau 2, car il envisage tous les cas de fonctionnement autres que le fonctionnement normal qui est couvert par le GRAFCET.

Cette combinaison du GRAFCET et du GEMMA mène à deux approches possibles :

- Enrichissement du GRAFCET ;
- Découpages en tâches.

9.1.1. Elaboration du Grafcet de conduite d'un système :

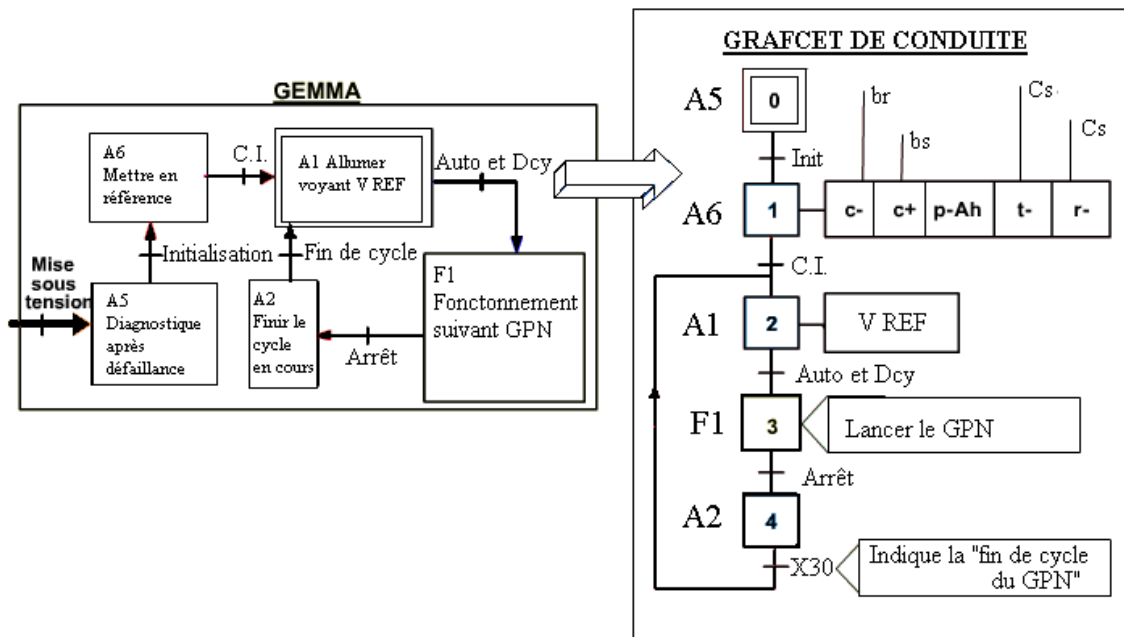


Fig 13. Elaboration de la Grafcet de conduite.

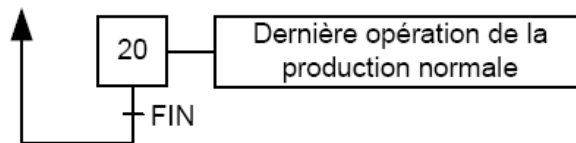
L'élaboration du grafcet de conduite (GC) ou de modes de marches (GMM) se fait en suivant le parcours GEMMA et en appliquant les règles suivantes:

- **1 rectangle-état = 1 étape + action associée.**
- **1 condition logique = 1 transition + réceptivité associée**
- **Plusieurs départ d'un rectangle état = Divergence de sélection de séquences**
- **Plusieurs arrivées sur un rectangle état = Convergence de sélection de séquences**

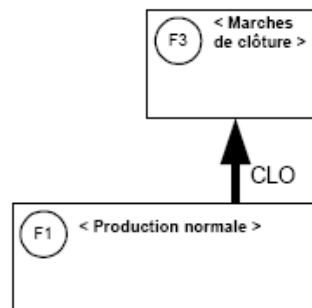
9.1.2. Enrichissement de la Grafcet :

Lorsque le GRAFCET de niveau 2 et le GEMMA sont simples, l'enrichissement du GRAFCET est une très bonne solution.

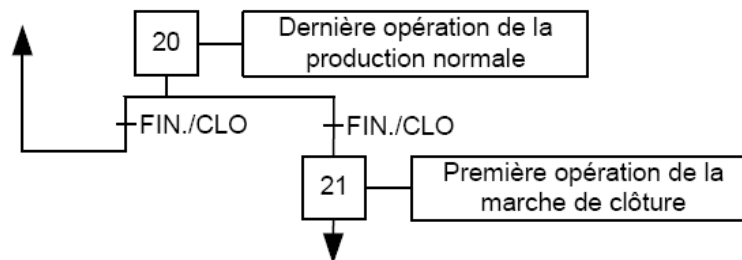
Les effets de l'enrichissement d'un GRAFCET sont simplement l'ajout d'aiguillages et d'étapes supplémentaires au GRAFCET de niveau 2. Ainsi, supposons un GEMMA dans lequel une marche de clôture est prévue et que le GRAFCET de niveau 2 de la production normale se termine ainsi avant d'appliquer le GEMMA :



Dans le GEMMA, la marche de clôture se fait si une condition (identifiée par la variable «CLO») est remplie :



Si CLO est inactif, la machine reste en production normale. Sinon, la machine exécute sa marche de clôture. Ce qui se traduit par ce nouveau GRAFCET :



Il y a donc création d'un aiguillage correspondant la décision entre : entamer le début de la marche de clôture ou poursuivre la production normale.

Si le GRAFCET de départ est compliqué ou si le GEMMA est complexe, cette solution est moins praticable car le GRAFCET résultant devient illisible.

9.1.3. Découpage en tâches :

L'utilisation de tâches permet de simplifier le passage du GRAFCET de niveau 2 et du GEMMA à un ensemble de GRAFCET finaux, chacun ayant une fonction bien définie. Cela fait en sorte de ne pas avoir tout en un seul GRAFCET illisible.

Une fois ces tâches créées, il faut évaluer les conditions d'évolution entre elles. En effet, il est nécessaire d'éviter les problèmes dus à un manque de coordination entre les tâches.

Pour ce faire, on peut coordonner ces tâches de deux façons :

- Coordination horizontale ;
- Coordination verticale (ou hiérarchisée).

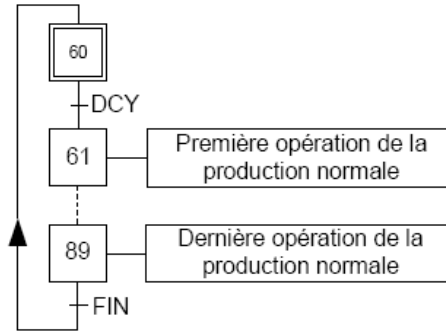
9.1.3.1. Découpage en tâches :

Cette technique de coordination entre les tâches est utilisée lorsque les conditions suivantes sont remplies :

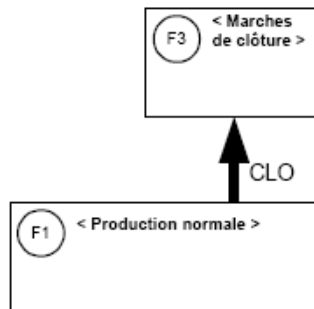
- Aucune de ces tâches n'est prééminente ;
- Le nombre de tâches est réduit ;
- Les liaisons entre les tâches sont réduites.

En coordination horizontale, une seule tâche à la fois peut être active. On compare cela avec une course relais, ou un coureur à la fois porte le relais.

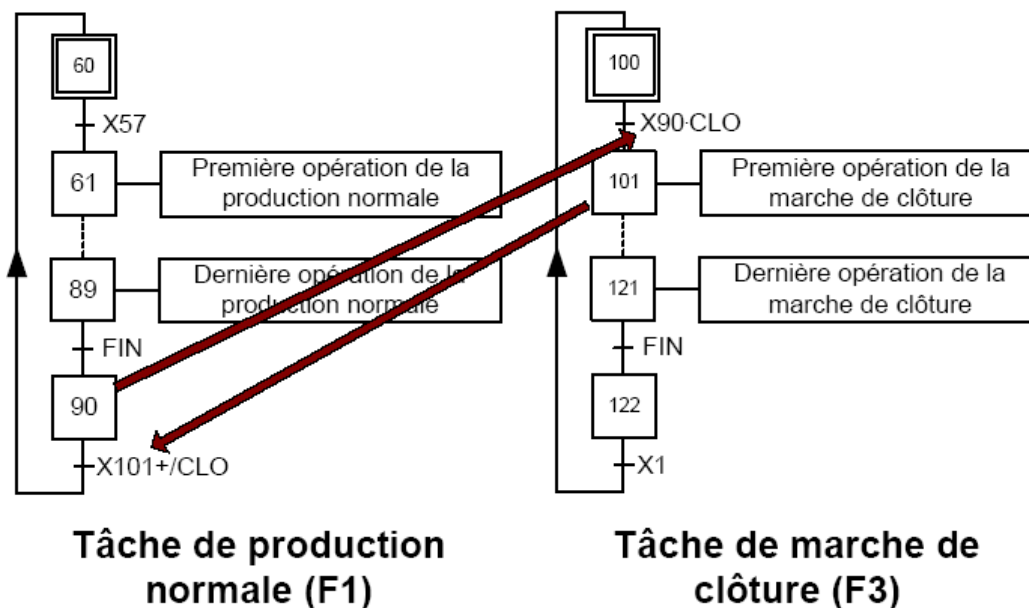
Pour montrer ce qu'il en est, prenons le GRAFCET de niveau 2 initial suivant :



Combiné avec le GEMMA suivant :



Ce qui permet d'obtenir le grafcet découpé en tâches suivant :



La tâche de production normale (F1) suit la tâche de la marche de préparation (F2) non montrée ici. Lorsque la tâche F2 est terminée, elle démarre la tâche F1.

Lorsque le capteur « CLO » est au niveau logique 1 et que la tâche F1 est à l'étape 90 (tâche F1 complétée), la tâche de la marche de clôture (F3) démarre. Cette tâche passe à l'étape 101, ce qui retourne la tâche F1 en étape d'attente (étape 60).

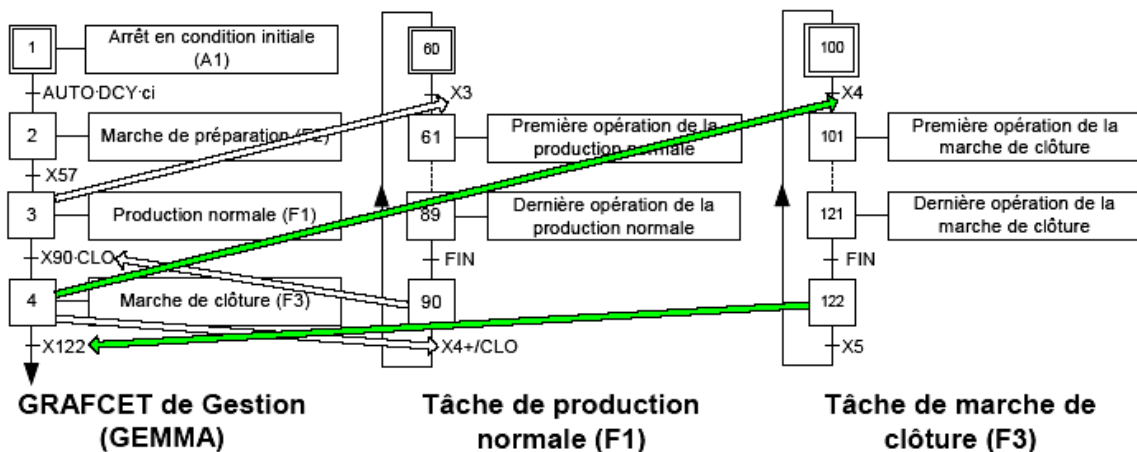
L'étape 122 marque la fin de la tâche F3 et déclenche une autre tâche non montrée...

L'exemple montre bien l'enchaînement, i.e., la coordination horizontale entre la tâche F1 et la tâche F3.

9.1.3.2. La coordination verticale :

Cette technique utilise des tâches disposées selon une structure hiérarchique. Des tâches de niveau hiérarchique supérieur gèrent un ensemble de tâches de niveau hiérarchique inférieur. Pour un automatisme donné, il peut y avoir plusieurs niveaux. Poussé à sa limite, le GEMMA génère un GRAFCET de niveau supérieur et les rectangles-états génèrent des GRAFCET de niveau inférieur.

Si on applique cette approche à l'exemple précédent, on aurait les GRAFCET suivants :



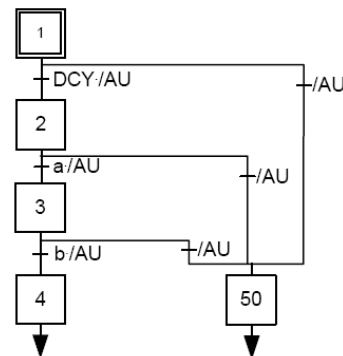
Dans cet exemple, chaque étape du GRAFCET de Gestion correspond à un rectangle-état du GEMMA. Ce GRAFCET est le maître du système. Les autres GRAFCET montrés sont deux des GRAFCET esclaves de niveau hiérarchique inférieur. Lorsque le GRAFCET de Gestion se trouve à l'étape 3 il démarre le GRAFCET de production normale (F1). Celui-ci tourne tant que le GRAFCET de Gestion reste à l'étape 3. Le signal «CLO» permet le passage du GRAFCET de Gestion à l'étape 4.

La tâche F1 est alors remise en attente (étape 60) et la tâche de la marche de clôture (F3) est démarrée. Lorsque la marche de clôture est terminée (étape 122), le GRAFCET de Gestion passe à l'étape suivante (peut-être l'étape 5) et remet la tâche F3 en attente.

9.1.4. Cas de l'arrêt d'urgence :

L'arrêt d'urgence ne peut être considéré comme une entrée quelconque. Entre autres, parce que l'arrêt d'urgence doit être câblé. Une autre raison est l'exemple d'enrichissement suivant ou l'arrêt d'urgence se traduit par une séquence d'urgence à exécuter :

Si le GRAFCET comporte un grand nombre d'étapes, cette approche devient rapidement illisible. Pour cette raison, l'arrêt d'urgence doit être traité de façon particulière pour pouvoir avoir une représentation beaucoup plus lisible.



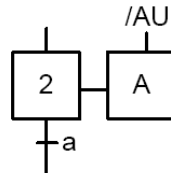
Dans un automatisme, on peut retrouver deux types d'arrêts d'urgence :

- Les arrêts d'urgence sans séquence d'urgence ;

- Arrêt par inhibition des actions ;
- Arrêt figeage.
- Les arrêts d'urgence avec séquence d'urgence.
 - Tâche d'arrêt d'urgence ;
 - Symbole de regroupement.

9.1.4.1. Les arrêts d'urgence par inhibition des actions :

Lors d'un arrêt d'urgence, on peut simplement désirer que toutes les actions soient bloquées, inhibées. Donc, toutes les actions doivent être remises au niveau logique 0 lors de l'arrêt d'urgence. Cela correspond à l'écriture suivante :

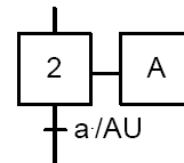


L'action A est donc conditionnelle à l'absence de l'arrêt d'urgence. Cette condition devrait être ajoutée à toutes les actions du GRAFCET.

9.1.4.2. Les arrêts d'urgence par figeage :

Certains arrêts d'urgence ont comme effet de figer le GRAFCET pour en empêcher son évolution. Ce figeage est obtenu en écrivant des réceptivités conditionnelles à l'absence de l'arrêt d'urgence. L'arrêt d'urgence entraîne un blocage du GRAFCET par non-franchissement des transitions puisque les réceptivités seront fausses. Voici un exemple d'écriture :

Ainsi, si à l'étape 2 la condition « a » est vraie et qu'il n'y a pas d'arrêt d'urgence, le GRAFCET passera à l'étape suivante. Par contre lors d'un arrêt d'urgence, la réceptivité reste fausse quelque soit « a », ce qui bloque le GRAFCET à l'étape 2.



9.1.4.3. Les arrêts d'urgence utilisant une tâche spéciale :

Dans certains cas, il faut que l'arrêt d'urgence suive une certaine séquence pour limiter les dégâts et faire certains dégagements. La sécurité d'une telle séquence doit être bien évaluée pour s'assurer qu'il n'y a aucun risque pour le personnel et le matériel.

10. Exemple machine à remplir et à boucher :

La machine à remplir et à boucher a été présentée dans la section GRAFCET à titre d'exemple d'application. La machine montrée ci-dessous est composée de trois postes.

Le poste 1 sert au transfert et au chargement. Le vérin de transfert B sert à décaler le convoyeur d'une position vers la droite. Le vérin A sert au chargement d'une nouvelle bouteille vide.

Le poste 2 sert au remplissage des bouteilles. Le vérin C actionne le piston du cylindre doseur et la vanne D sert à permettre le remplissage de la bouteille.

Le poste 3 est le poste de bouchage. Le vérin G présente un nouveau bouchon sous le dispositif de vissage composé du vérin E et du moteur F. Le vérin E et le moteur F servent au vissage du bouchon sur la bouteille.

Les figures 15 et 16 représentent respectivement, le grafcet de niveau 1 et le grafcet de niveau 2 du système.

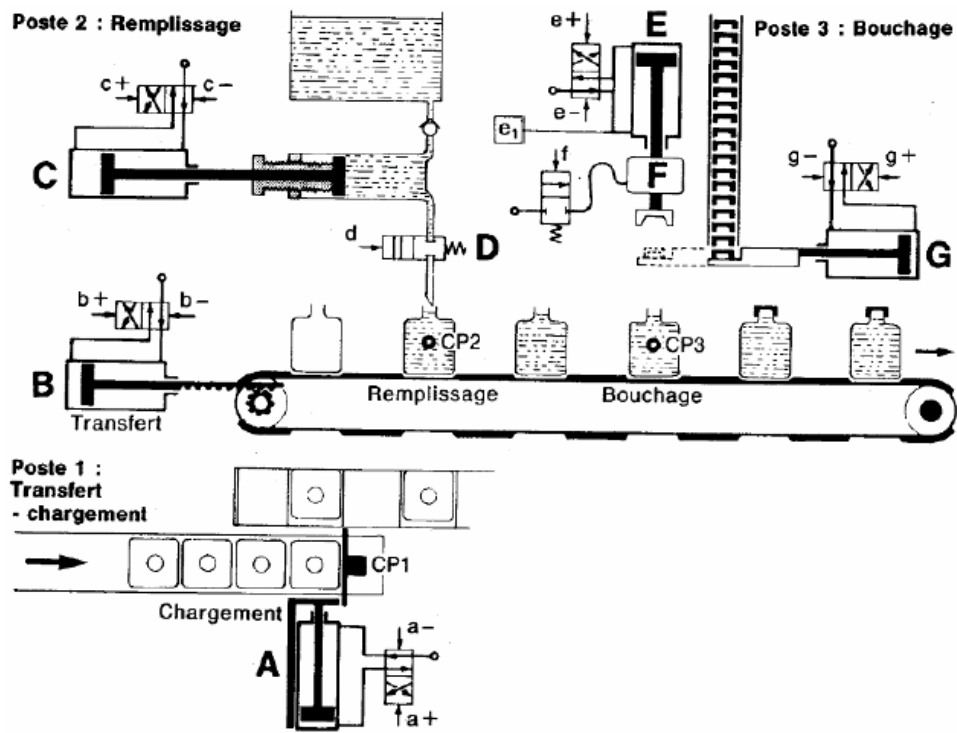


Fig. 14 : Machine à remplir et à boucher.

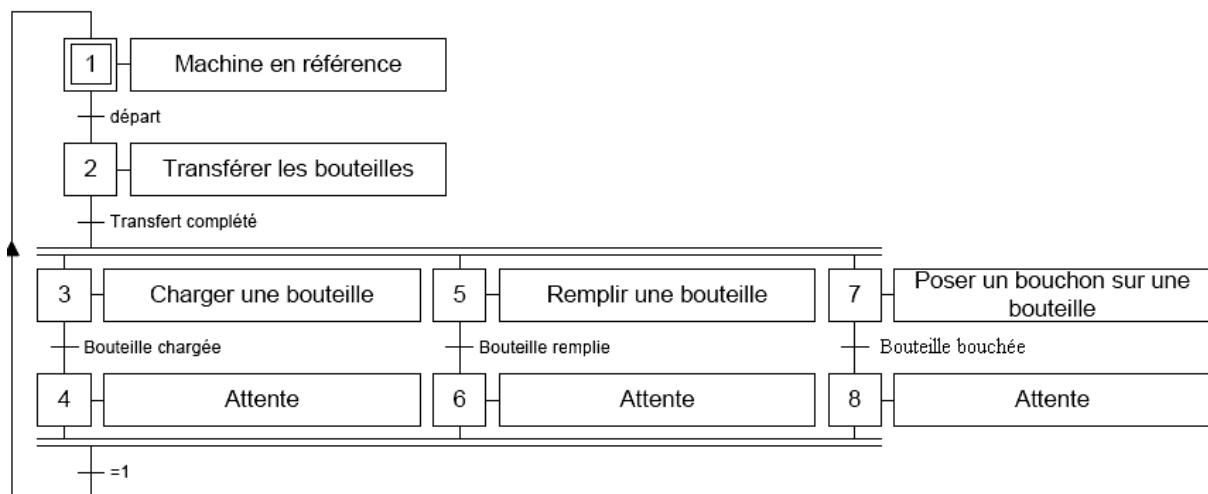


Fig. 15 : Machine à remplir et à boucher (Grafcet niveau 1).

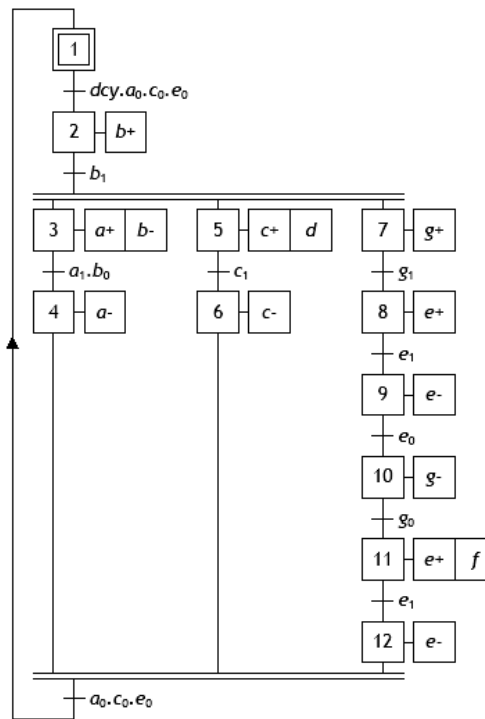


Fig. 16 : machine à remplir et à boucher (Grafcet niveau 2).

Le GRAFCET de niveau 2 assume :

- qu'il ne manque jamais de bouteilles ;
- Si une bouteille manque, on vide le liquide sur le tapis !!!
- qu'il n'y a aucun arrêt d'urgence ;
- qu'il n'y a aucune défaillance.

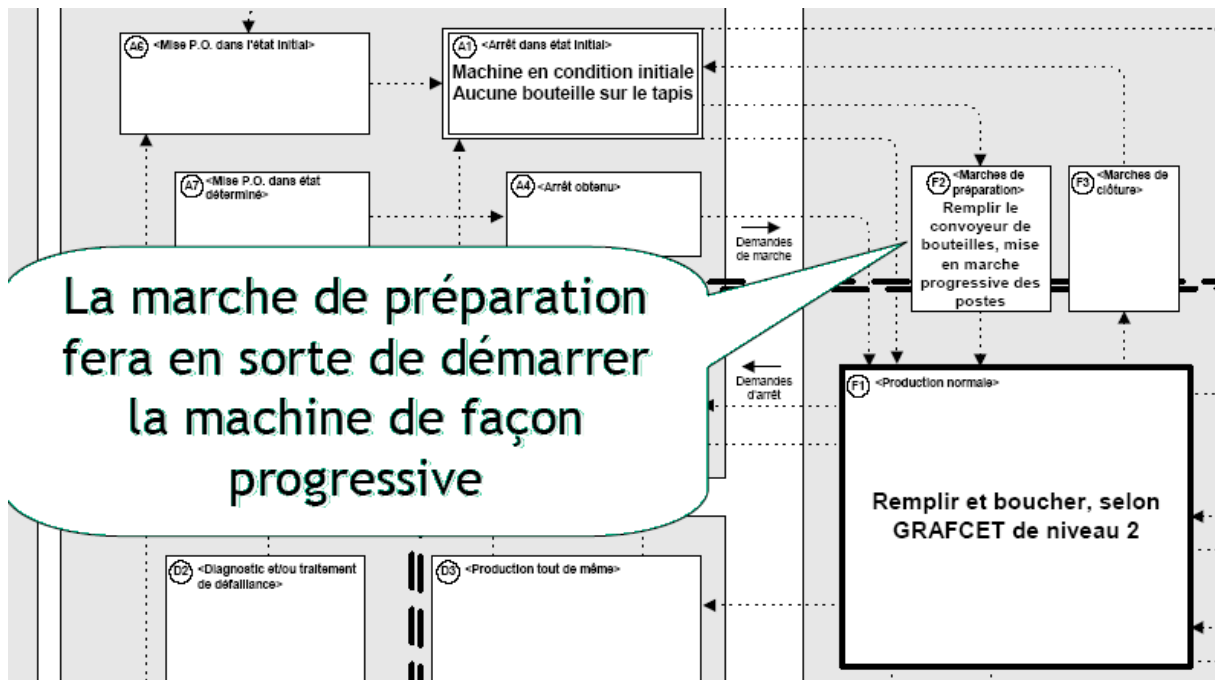


Fig. 18. GEMMA : ajout de marche de préparation.

Rectangle état F2 : Comment savoir si le tapis est plein ?

Il faut donc ajout des capteurs CP1, CP2 et CP3 (capteurs de présence de bouteilles aux postes 1, 2 et 3)

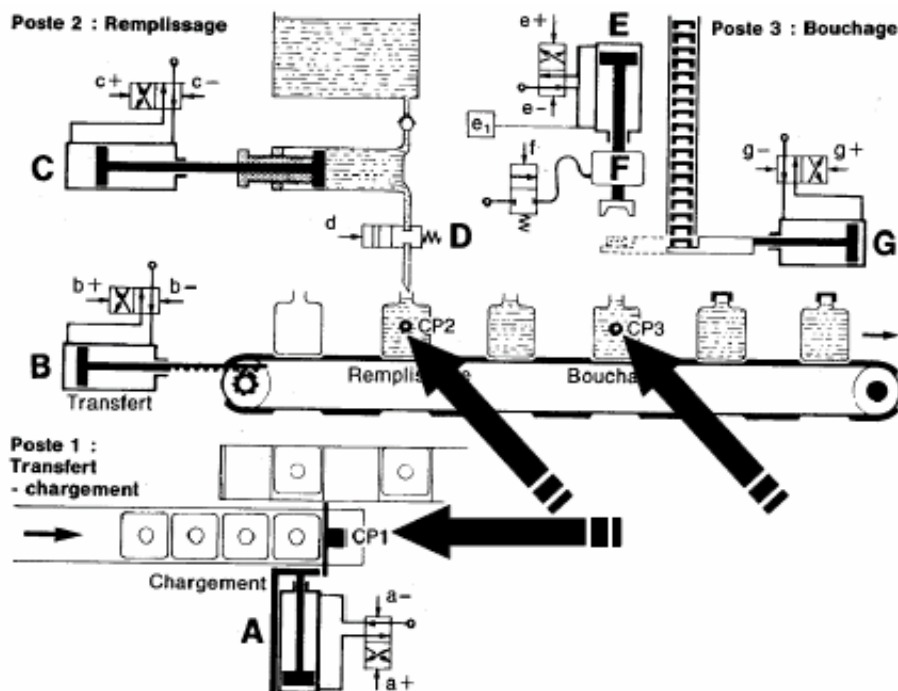
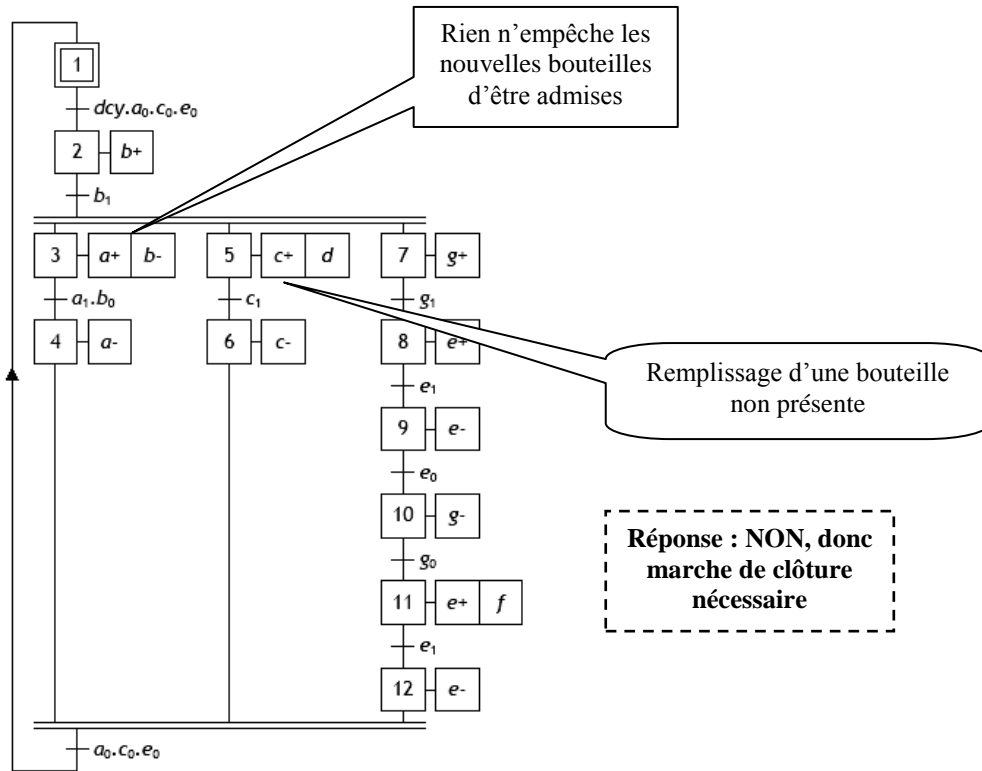


Fig. 19 : Ajout de capteur CP1, CP2 et CP3.

Question : Peut-on arrêter la machine et faire en sorte qu'il n'y ait plus de bouteilles avec le GRAFCET actuel ?



Donc il faut ajouter le rectangle état **F3** et barrer le rectangle état **A2** (car avant d'arrêter la machine il faut passer par **F3**).

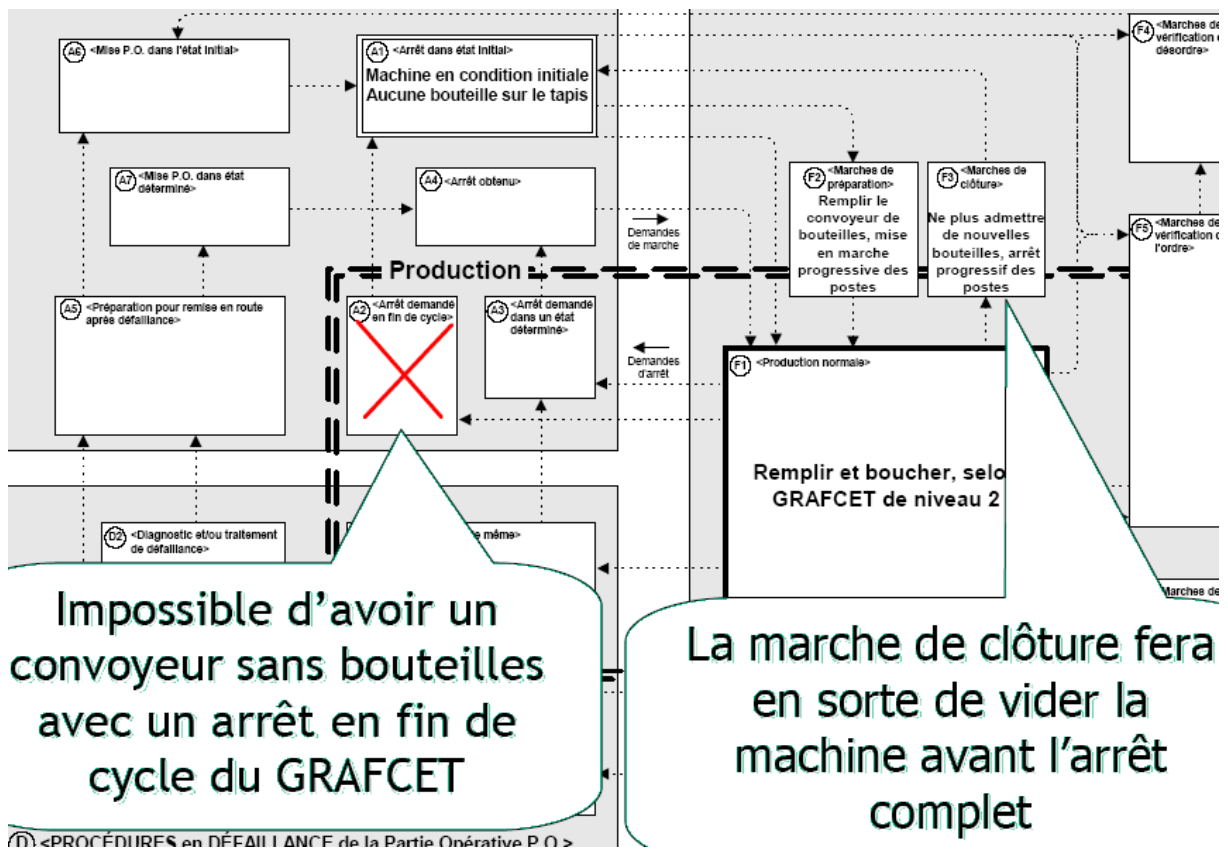


Figure 20

Question : Supposons que la machine exige 5 minutes pour se mettre en opération et une autre 5 minute pour s'arrêter. Que faire si l'opérateur doit prendre une pause de 5 minutes ? Peut-on se permettre de perdre 15 min ?

Donc il faut prévoir un arrêt de courte durée, sans vider le convoyeur. Pour ce faire, il faut terminer le cycle en cours sans vider le tapis (ajout A3) et puis arrêter la machine de courte durée (Ajouter le rectangle état A4).

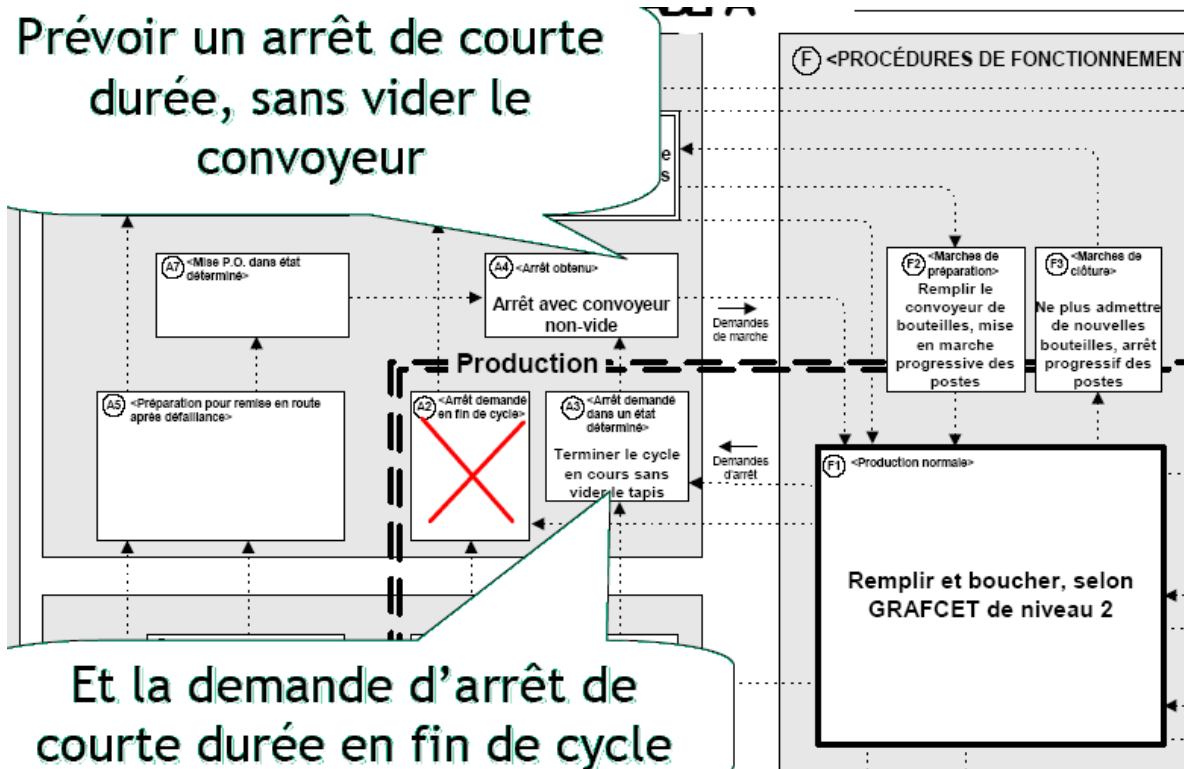


Figure 21

Arrêt de la machine suite à une panne (défaillance d'un vérin,...) ou dans le cas s'arrêt d'urgence (bouteille endommagée,...).

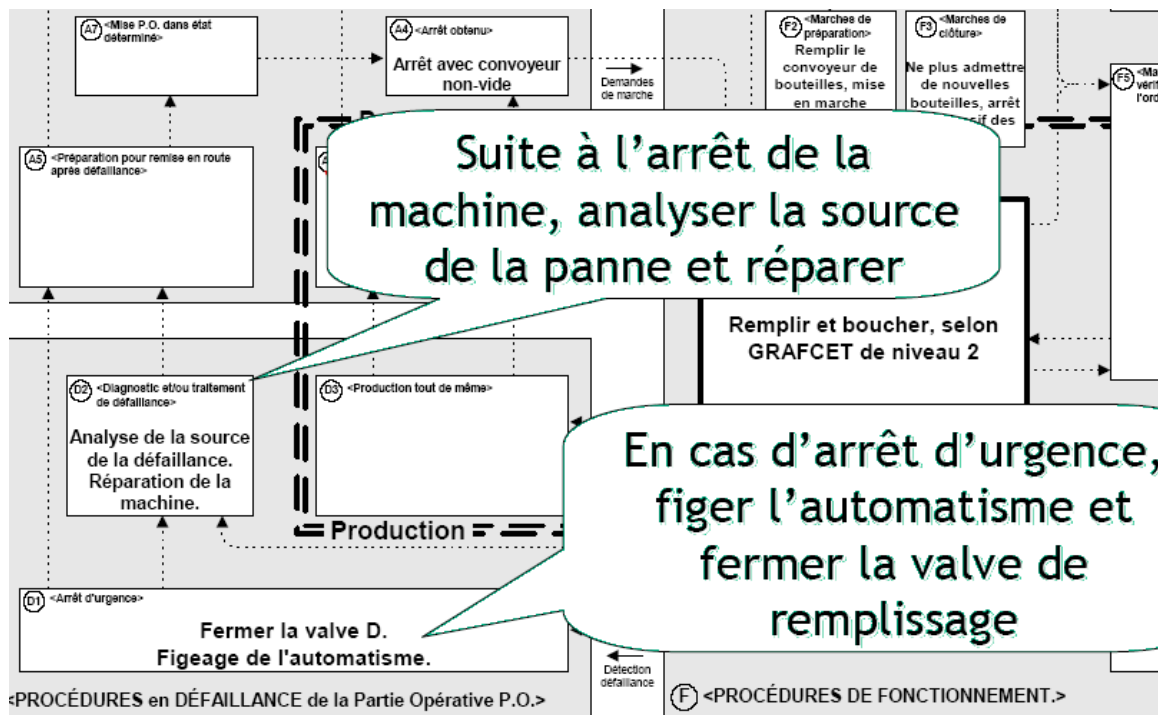
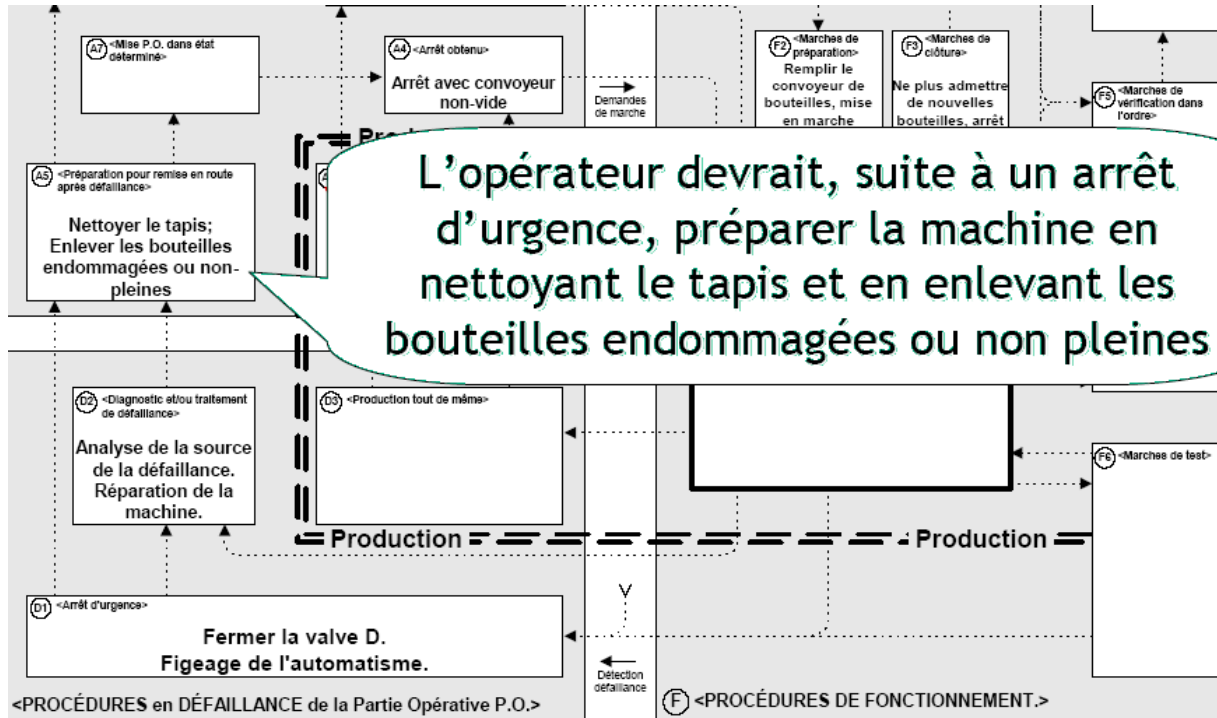


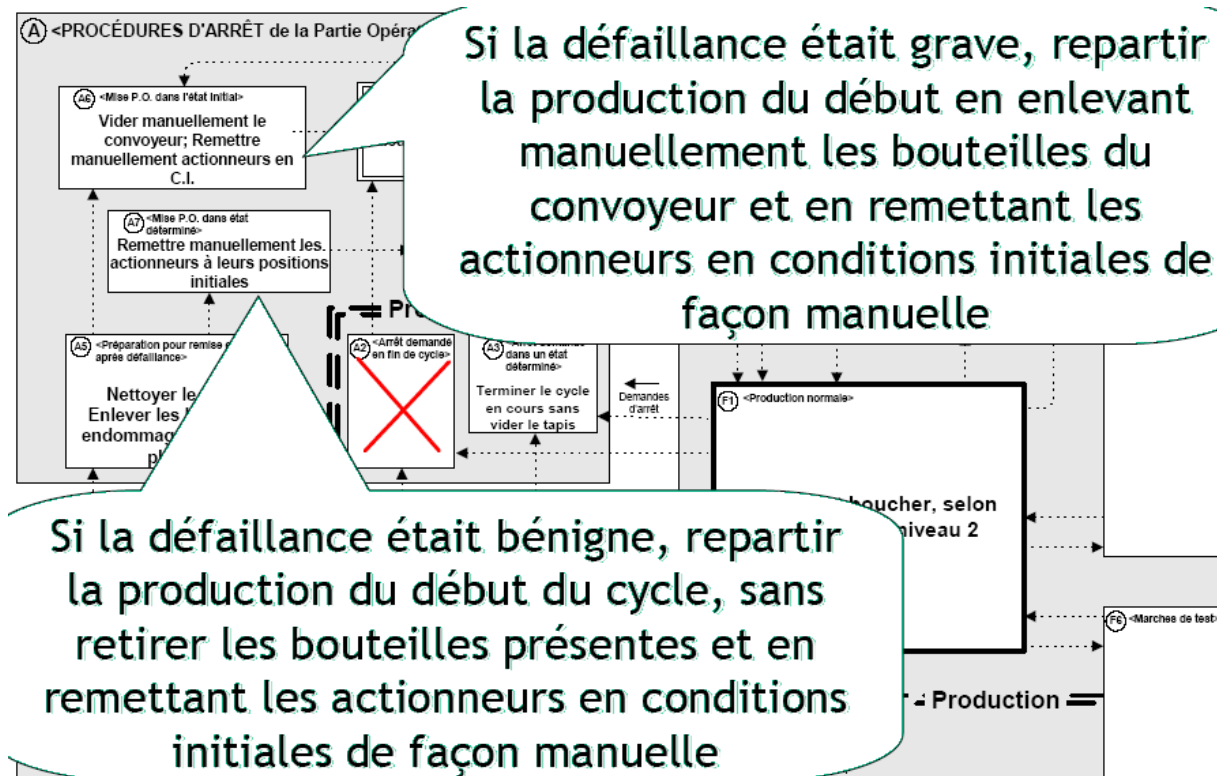
Figure 22

Question : que doit faire l'opérateur suite à un arrêt d'urgence ?



L'opérateur devrait, suite à un arrêt d'urgence, préparer la machine en nettoyant le tapis et en enlevant les bouteilles endommagées ou non pleines

Figure 23



Si la défaillance était grave, repartir la production du début en enlevant manuellement les bouteilles du convoyeur et en remettant les actionneurs en conditions initiales de façon manuelle

Si la défaillance était bénigne, repartir la production du début du cycle, sans retirer les bouteilles présentes et en remettant les actionneurs en conditions initiales de façon manuelle

Figure 24

* bénigne : une maladie bénigne est sans gravité.

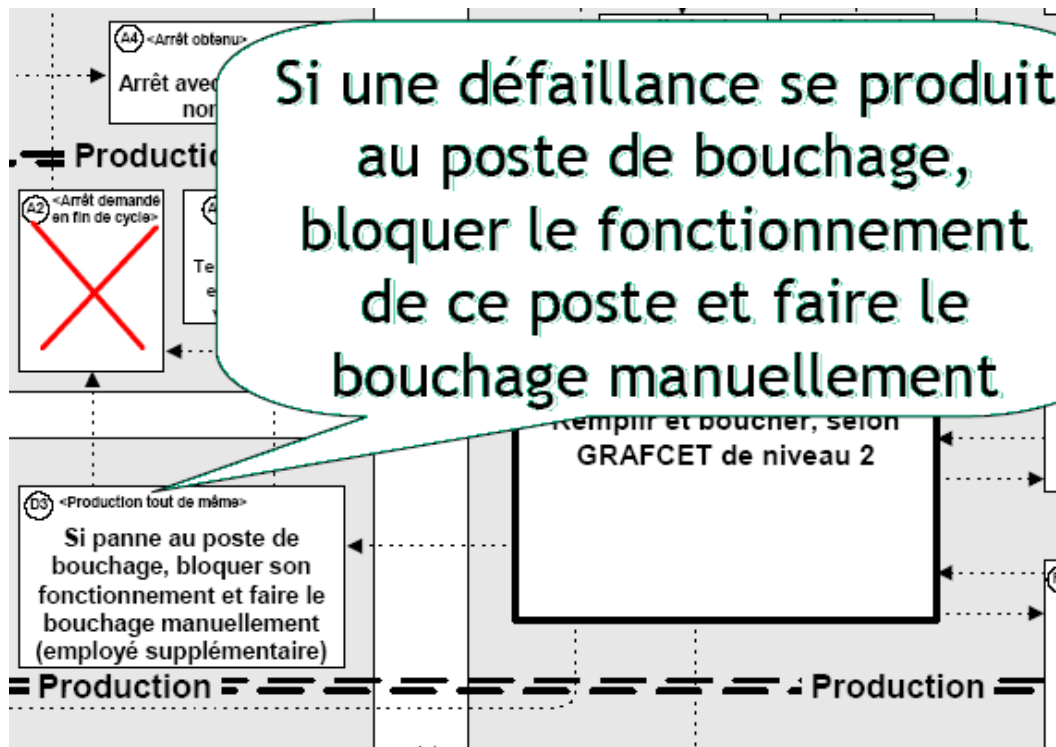


Figure 25

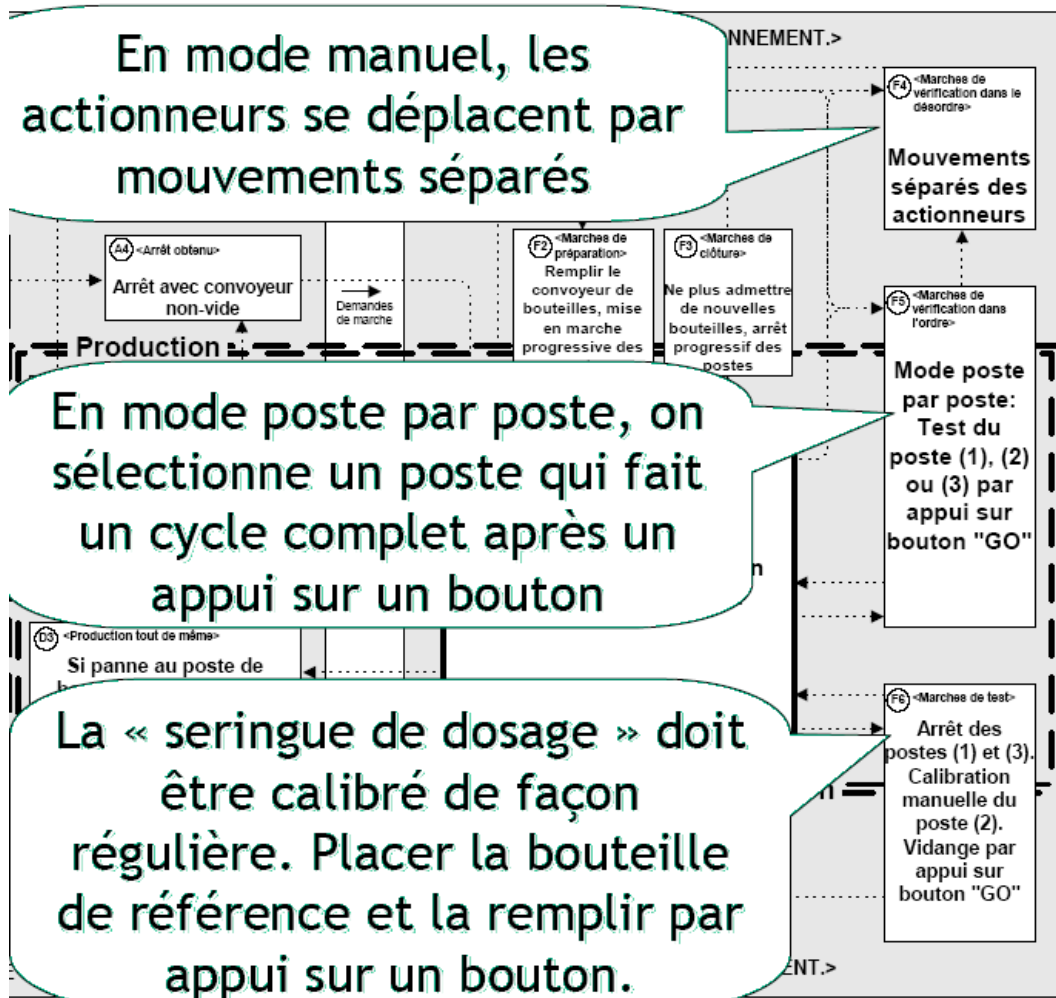
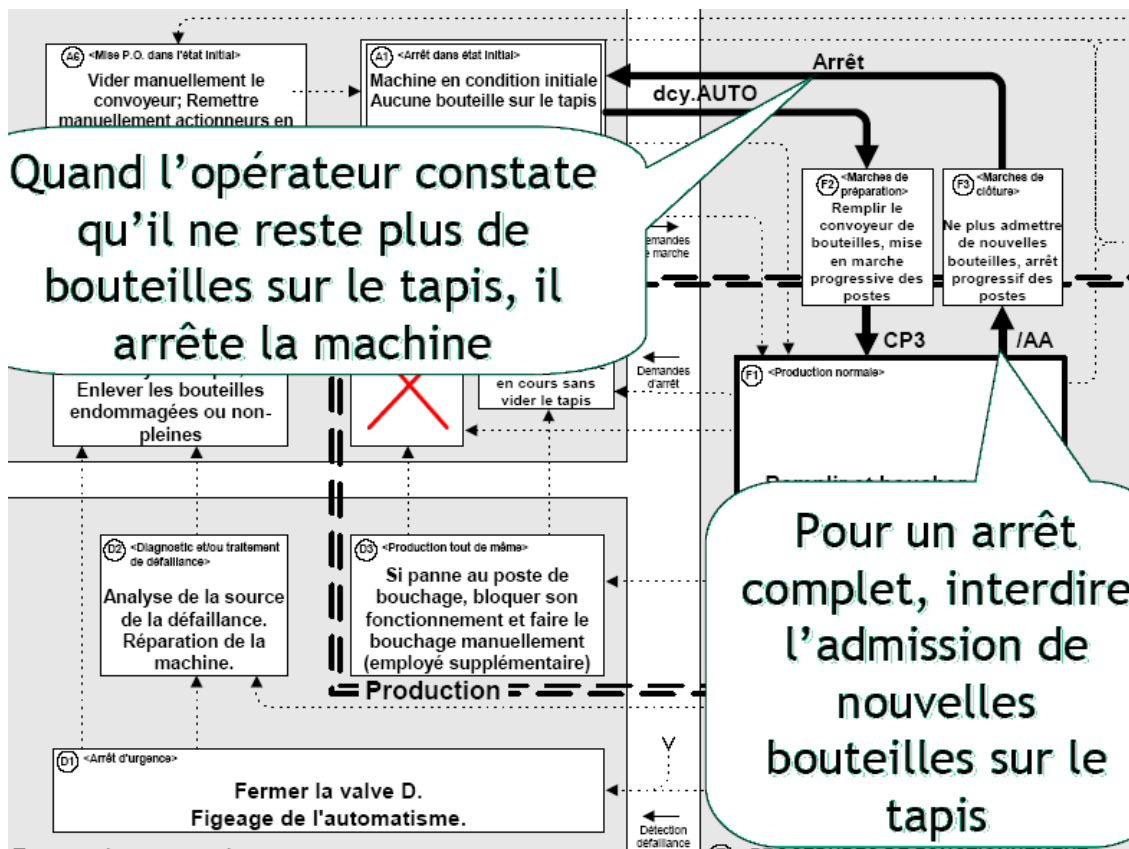
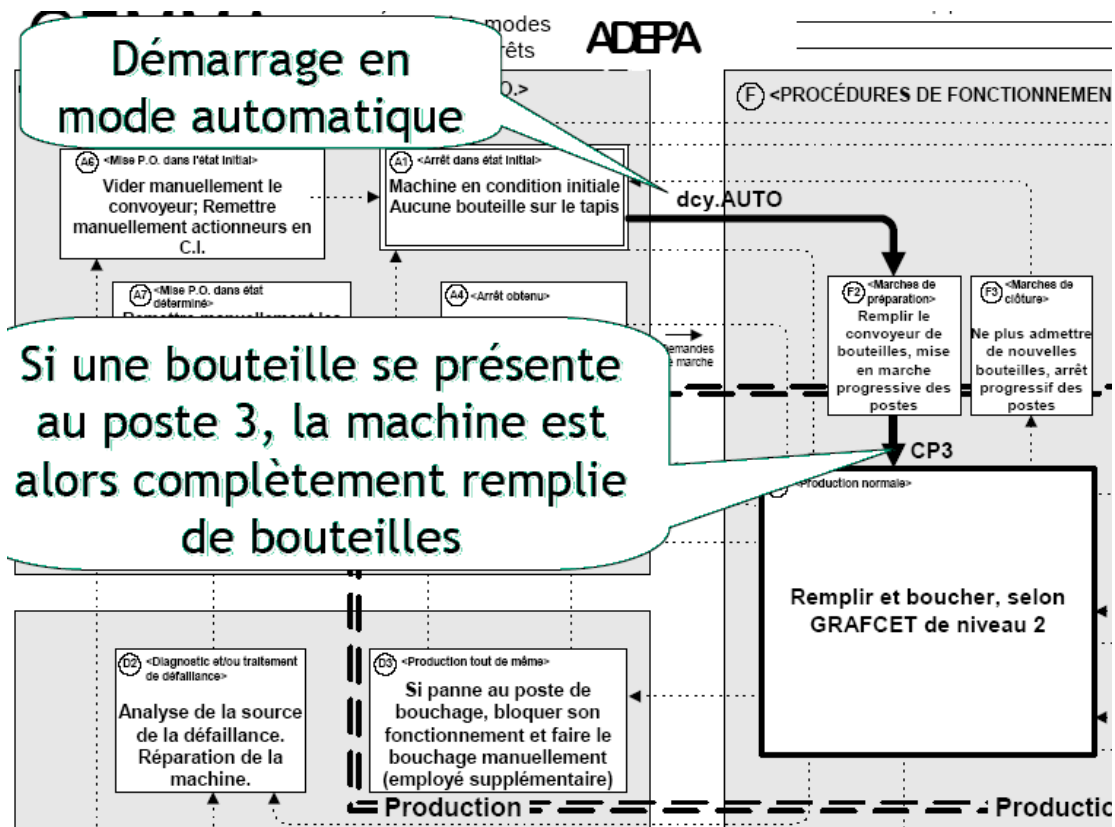


Figure 26

Après l'analyse des différents modes de marches et d'arrêts, il faut définir les réceptivités de transition entre chaque mode.



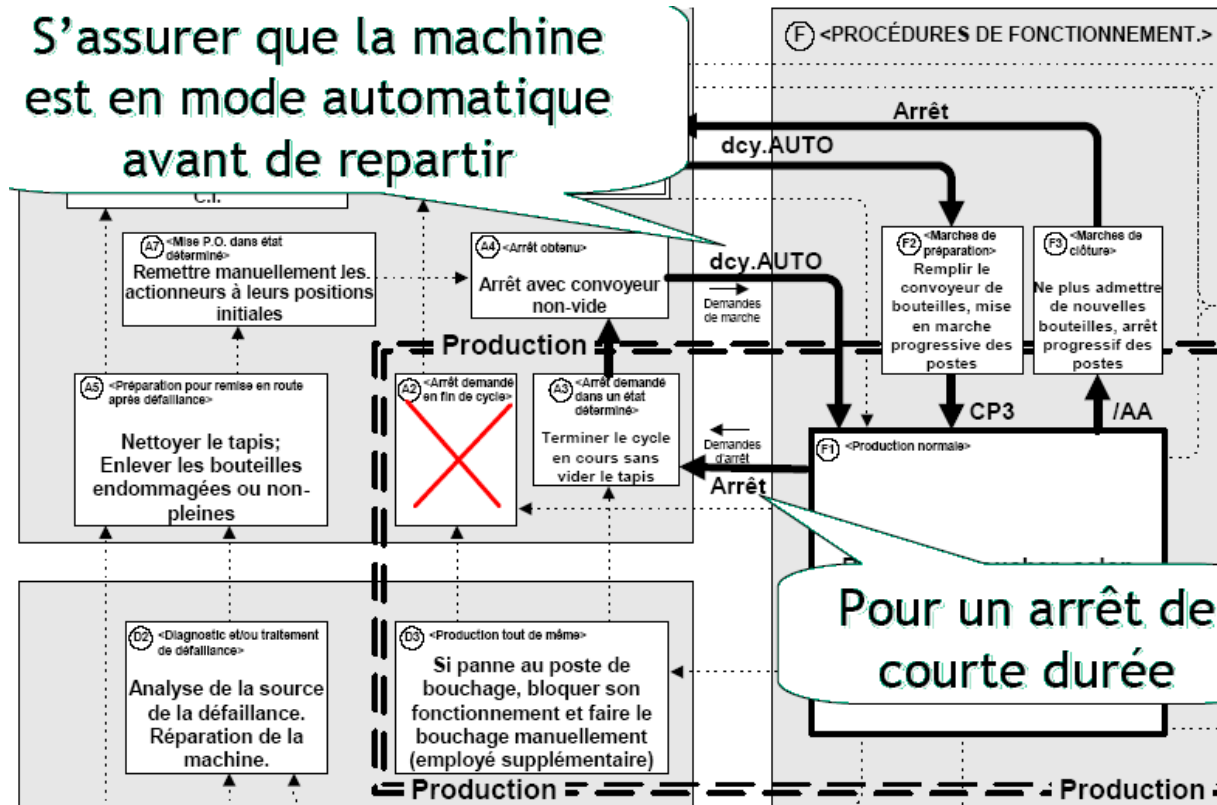


Figure 29

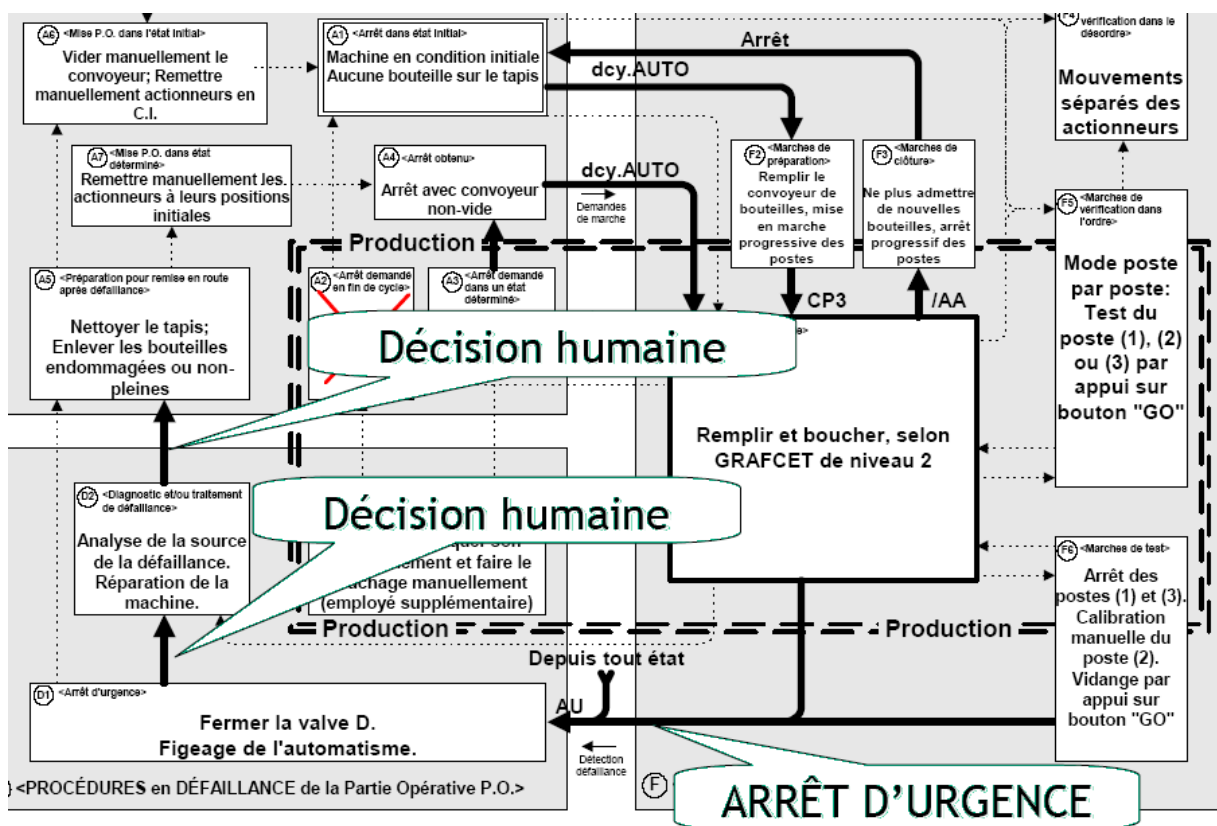


Figure 30

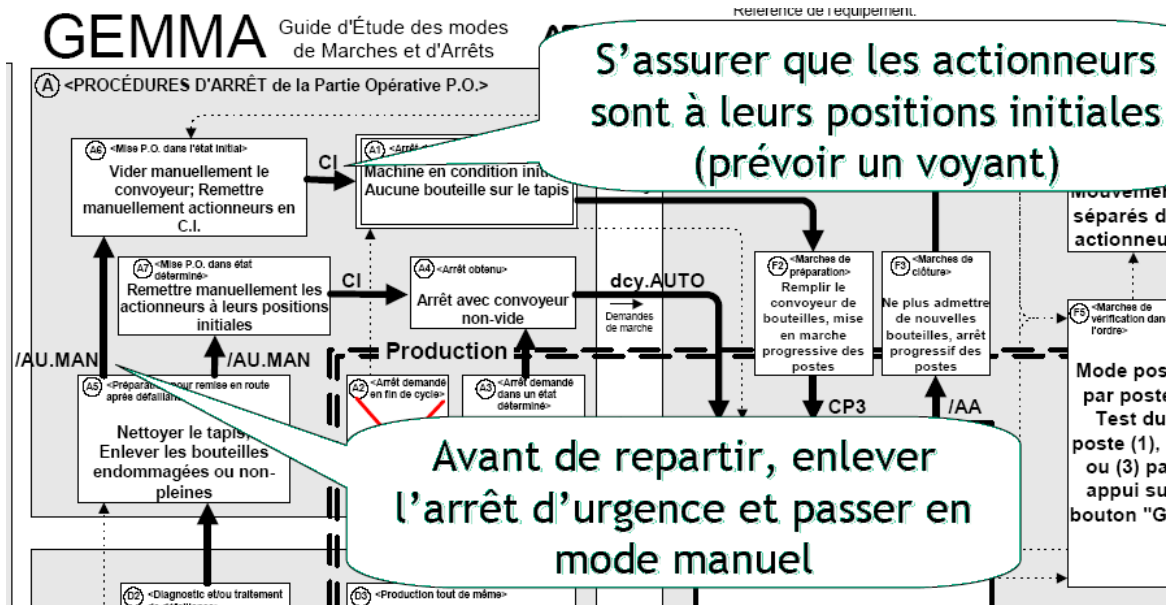


Figure 31

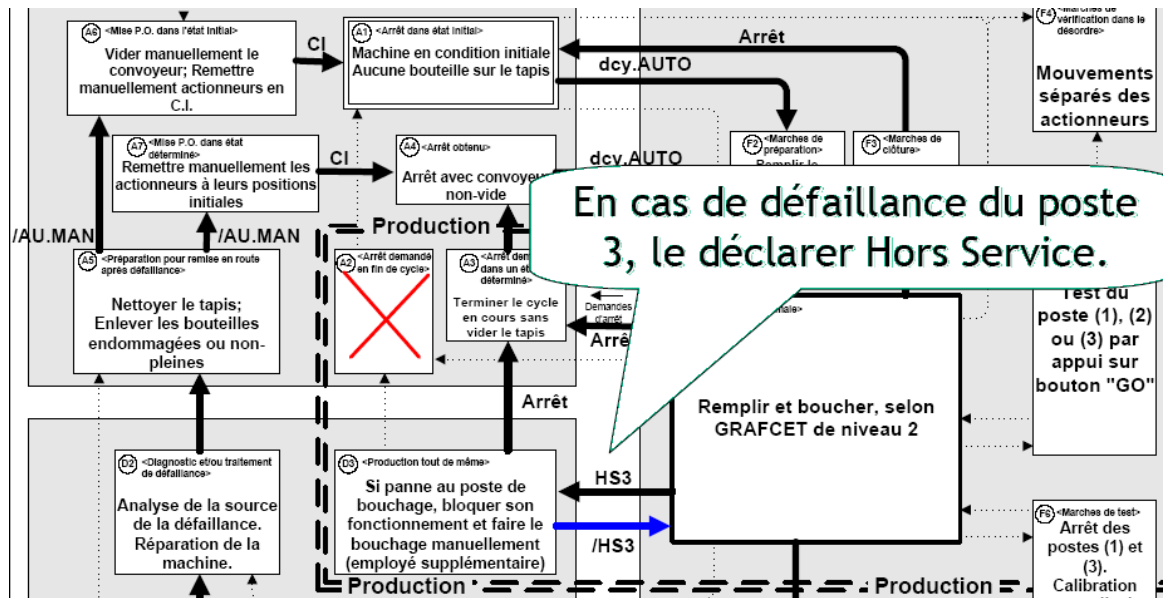


Figure 32

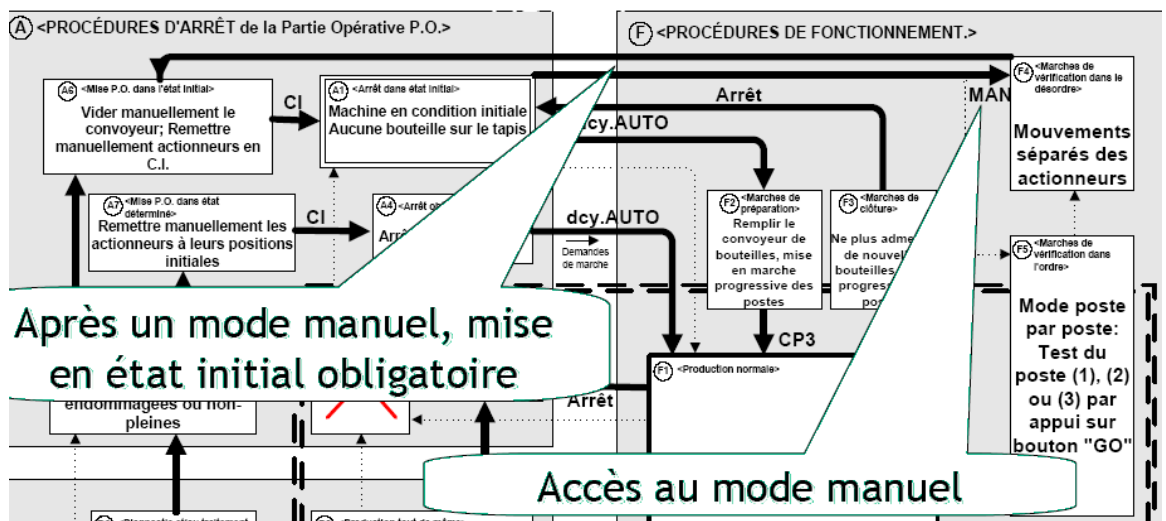


Figure 33

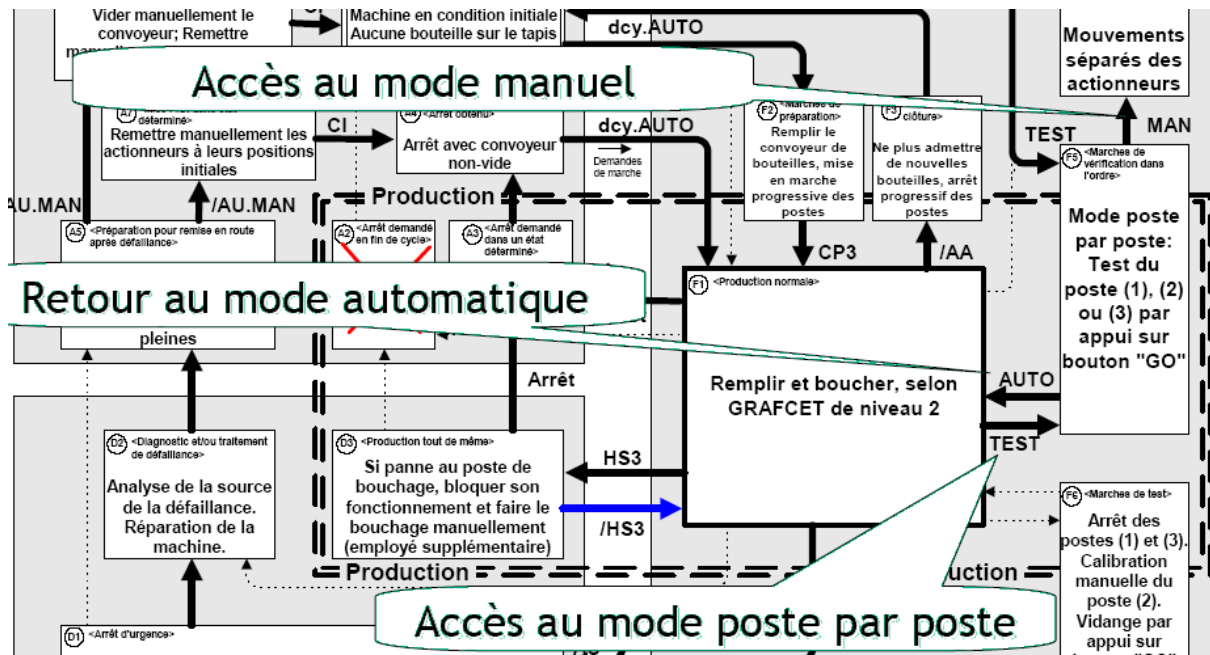


Figure 34

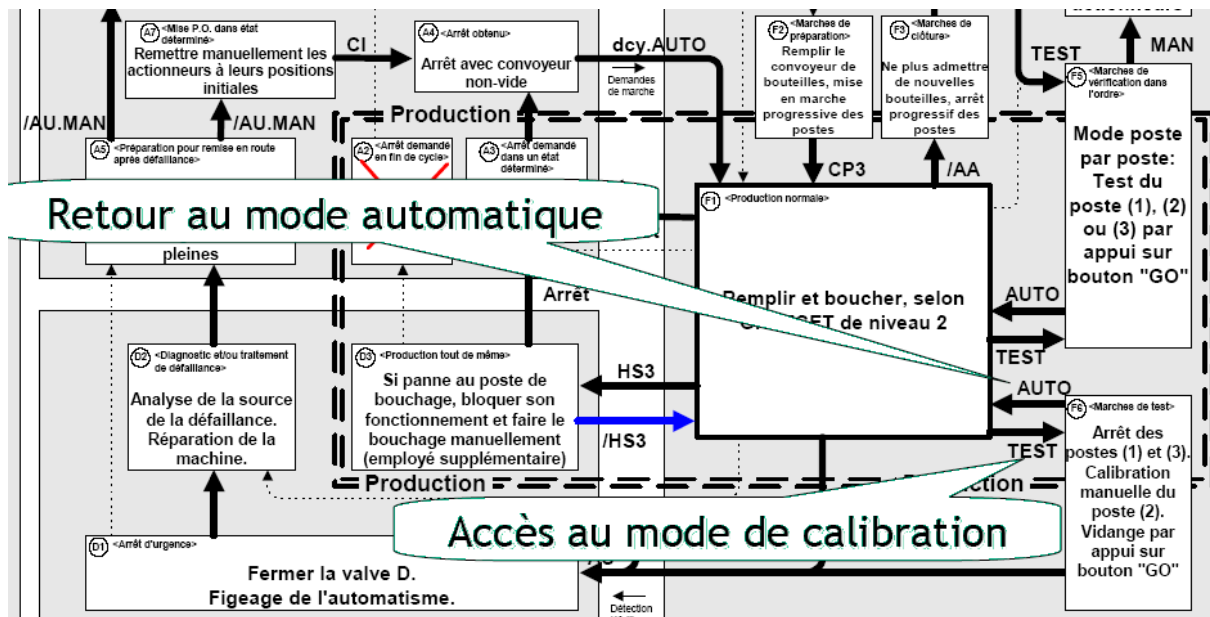
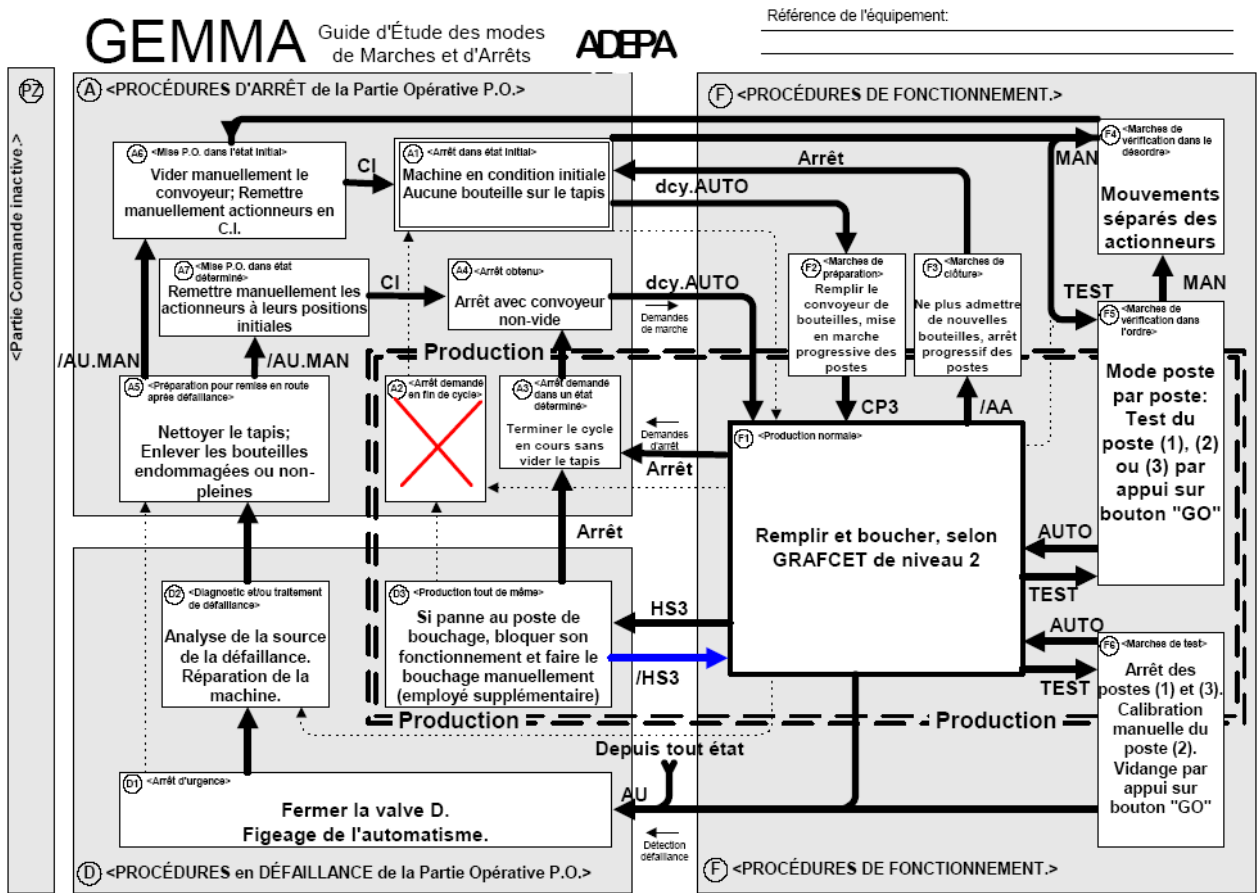
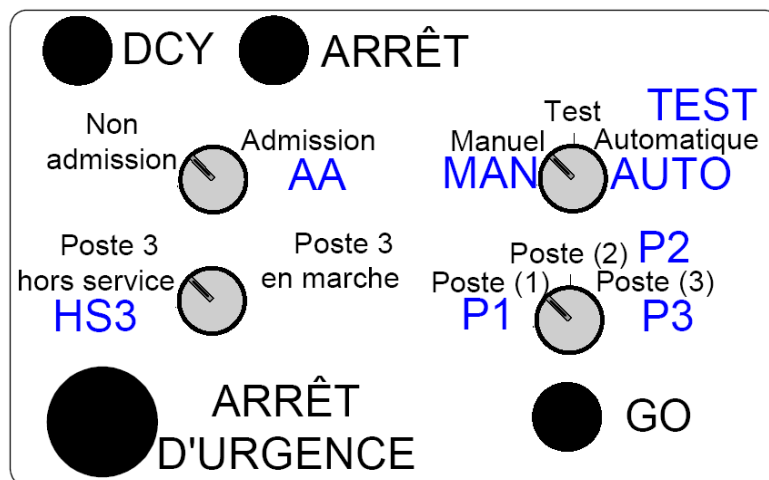


Figure 35

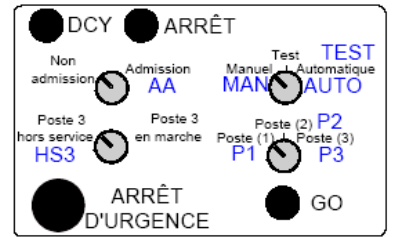
Enfin le GEMMA final avec le panneau de commande :



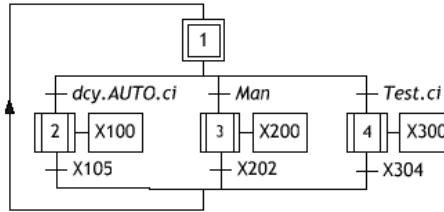
Le panneau de commande



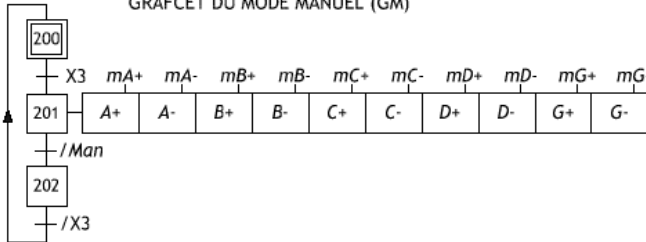
GRAFSET Final



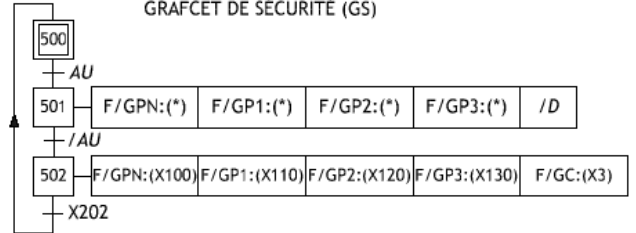
GRAFSET DE CONDUITE (GC)



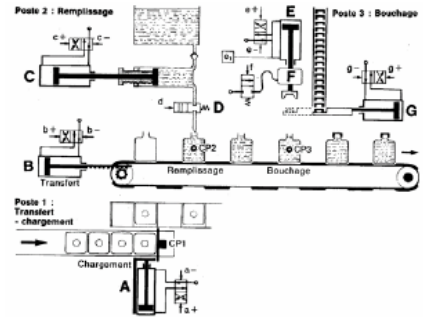
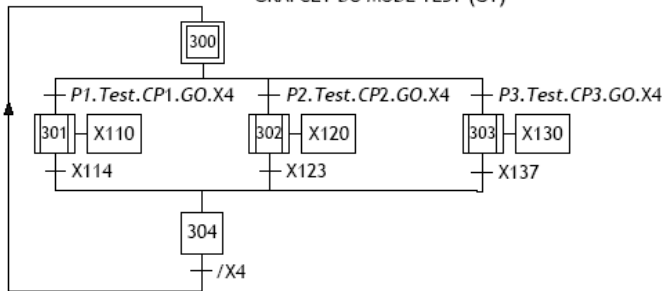
GRAFSET DU MODE MANUEL (GM)



GRAFSET DE SÉCURITÉ (GS)

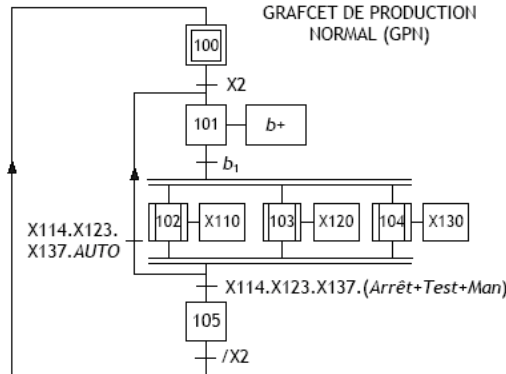


GRAFSET DU MODE TEST (GT)

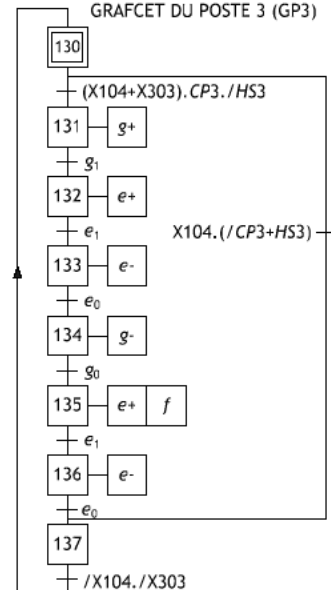


GRAFSET DE PRODUCTION NORMAL (GPN)

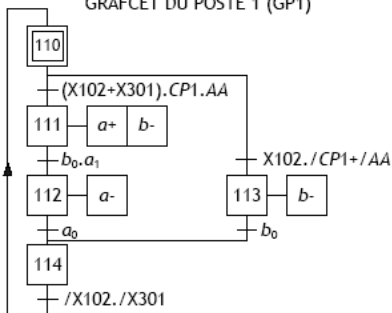
$$ci = a_0 \cdot b_0 \cdot c_0 \cdot d_0 \cdot e_0 \cdot g_0$$



GRAFSET DU POSTE 3 (GP3)



GRAFSET DU POSTE 1 (GP1)



GRAFSET DU POSTE 2 (GP2)

