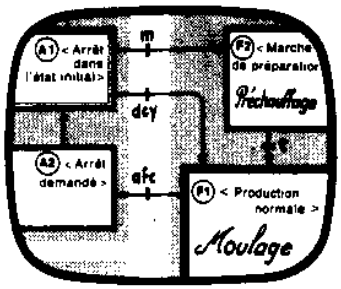
GEMMA



Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts

Le GEMMA est un « outil-méthode » permettant de mieux définir les Modes de Marches et d'Arrêts d'un système industriel automatisé.

Il est constitué pour l'essentiel d'un Guide Graphique qui est rempli progressivement lors de la conception du système.

On commence par recenser les « Modes » ou « Etats » de fonctionnement du système en utilisant des critères clairement définis, indépendants à la fois du type de système étudié et de la technologie de commande.

On établit ensuite les liaisons possibles entre ces « Modes » ou « Etats », en explicitant les conditions d'évolution.

Le document ainsi établi matérialise l'analyse détaillée des Modes de Marches et d'Arrêts du système : **le GEMMA est un outil d'aide à l'analyse.**

Il reste alors à en déduire le GRAFCET « complété » afin de terminer la définition des spécifications de la Partie Commande, y compris le pupitre et les capteurs supplémentaires éventuellement nécessaires : **le GEMMA est un outil d'aide à la synthèse du cahier des charges.** Enfin, ce document accompagne la vie du système : **le GEMMA est un outil d'aide à la conduite de la machine, à sa maintenance ainsi qu'à son évolution.**

Le GEMMA est le résultat d'une recherche collective. C'est une proposition susceptible d'être améliorée par un approfondissement de la réflexion et par son application sur le terrain. Il est au service de tous, que tous participent à son évolution !

Sommaire

PAGE

Pourquoi un Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts	3
GEMMA : les concepts de base	4
GEMMA : les états de Marches et d'Arrêts	6
GEMMA : 1re exemple introductif : banc d'essai pour transmission cardan	8
GEMMA : 2e exemple introductif : machine à remplir et à boucher	10
GEMMA mise en œuvre :	14
GEMMA : vers le GRAFCET complété	20
GRAFCET : traitement des arrêts d'urgence	24
GEMMA : limites et extensions possibles	25
le GEMMA parmi les Outils méthodes	26
GEMMA : évolution de l'outil	28
ADEPA : Agence nationale pour le Développement de la Production Automatisée	29
ADEPA : rayonnement « outils méthodes-outils matériels » ; conférences-stages	30

Pourquoi un Guide d'Étude des Modes de Marches et d'Arrêts ?

Le besoin d'outils-méthodes

L'automatisation de la production exige la réalisation de machines automatiques de plus en plus complexes mais en même temps offrant plus de sécurité et une plus grande souplesse d'emploi.

Par ailleurs, un système automatisé est un carrefour : pour le concevoir, le réaliser, le mettre au point, le réparer, le faire évoluer, des hommes ayant des compétences et des motivations diverses doivent se comprendre.

Par conséquent, le Développement de la Production Automatisée passe par la création, la promotion et la pratique d'outils-méthodes utilisant des concepts clairement définis et facilitant la conception, la réalisation et l'exploitation des machines automatiques.

Ressenti d'abord au niveau de la description du fonctionnement, ce besoin d'outils-méthodes a donné naissance au GRAFCET (1). Des outils-méthodes complémentaires se révèlent maintenant nécessaires.

(1) Voir brochure ADEPA : « LE GRAFCET ».

Le besoin d'un vocabulaire précis

Dans le domaine des Modes de Marches et d'Arrêts, le vocabulaire pratiqué est imprécis et parfois même contradictoire : il conduit à des incompréhensions graves.

Par exemple, très utilisés des praticiens, les termes « MARCHE AUTOMATIQUE, SEMI-AUTOMATIQUE, MANUELLE », recouvrent des notions toutes relatives (2) : selon son expérience et son environnement, chaque technique, chaque Société et chaque individu leurs donnent des significations différentes.

(2) Ainsi, une Marche semi-automatique sera souvent considérée comme une Marche automatique pour des systèmes moins complexes.

Par ailleurs, la liste des termes utilisés pour dénommer les Modes de Marches s'allonge sans pour autant apporter d'idée unificatrice (3).

Par conséquent, pour que toutes les personnes concernées se comprennent, il est indispensable de définir un vocabulaire précis en le rattachant à des critères fondamentaux, indépendants du genre de l'équipement et de la technologie de réalisation.

(3) Quelques termes utilisés, à titre d'exemple : Marche « pas à pas », Marche « coup par coup », Marche « d'intervention », Marche « réglage », Marche « cycle par cycle », ... Arrêt « d'urgence », Arrêt « figeage », Arrêt « fin de mouvement », Arrêt « à l'étape »...

Le besoin d'une approche guidée

Le plus souvent, lors de l'étude d'un système automatisé, les besoins en Modes de Marches et d'Arrêts sont peu ou mal exprimés. Après réalisation du système, c'est alors au prix de modifications et tâtonnements coûteux qu'il faut répondre à ces besoins essentiels.

Le concepteur a donc besoin d'une approche guidée et systématique, du genre « check-list », pour tout prévoir dès l'étude et envisager les conséquences, tant pour la partie opérative que pour la partie commande du système à réaliser.

Le GRAFCET permet une expression précise de certains Modes de Marches et d'Arrêts. Seul, il ne permet cependant pas l'approche systématique et globale nécessaire.

Le GEMMA :

Pour les Modes de Marches et d'Arrêts, le GEMMA répond à ces besoins : c'est un outil-méthode qui définit un vocabulaire précis, en proposant une approche guidée systématique pour le concepteur : le guide graphique GEMMA.

GEMMA : les concepts de base

Le GEMMA constitue une méthode d'approche des Modes de Marches et d'Arrêts, fondée sur quelques concepts de base matérialisés par un Guide graphique.

La démarche proposée comporte 2 temps :

1 - le recensement des différents modes envisagés, et la mise en évidence des enchaînements qui les relient;

2 - la détermination des conditions de passage d'un mode à l'autre.

Commençons par découvrir les concepts de base du GEMMA.

Concept n° 1

Les modes de Marches sont vus par une partie commande en ordre de marche

Tout système peut être décomposé fonctionnellement en 2 parties qui coopèrent : la **partie opérative** et la **partie commande** ①

Les Modes de Marches ou d'Arrêts concernent le système, c'est-à-dire l'ensemble « Partie opérative » + « Partie commande », mais **tels qu'ils sont vus par la partie commande.**

Par conséquent, ceci suppose que la partie commande est en ordre de marche, avec tous ses organes convenablement alimentés, même si la partie opérative est hors énergie, ou en défaut, ou à l'arrêt ②.

Le Guide graphique GEMMA est donc constitué de 2 zones :

— une zone correspondant à l'état inopérant de la partie commande (PC) → elle ne figure que pour la forme;

— une zone permettant de décrire ce qui se passe lorsque la partie commande (PC) fonctionne normalement → c'est la zone qui couvre la quasi-totalité du guide graphique.

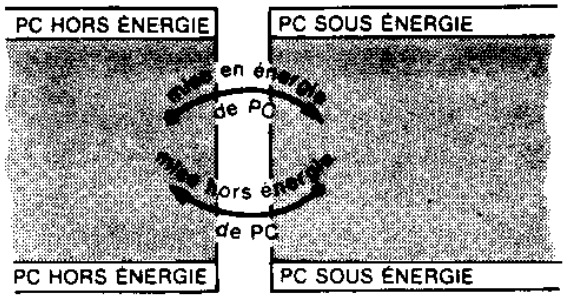
La mise sous énergie et dans un état initial de la partie commande permet de franchir la frontière entre les 2 zones.

On trouve alors la partie opérative (PO) hors ou sous énergie.

On peut franchir la frontière dans l'autre sens par coupure d'énergie sur PC.

① On entendra ici par « partie opérative », tout ce qui n'est pas l'automatisme en cours d'étude (que l'on appellera « partie commande »). La partie opérative peut donc inclure, outre les mécanismes ou dispositifs divers du système, tout ce qui relève de l'environnement du système (opérateurs humains ou autres parties commande).

② Nous nous limitons volontairement à cette hypothèse d'une description vue d'une partie commande en ordre de marche, comme étant de loin la plus fréquente et surtout la moins complexe à aborder. Ceci revient à écarter les cas des parties commande à sécurité passive ou tolérant des pannes, ainsi que les interventions humaines directement sur la partie opérative sans que, par un capteur, la commande en soit informée.



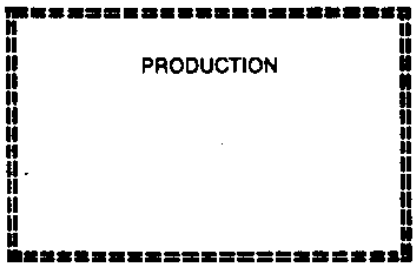
Concept n° 2

Le critère "Production"

Un système industriel automatisé est conçu fondamentalement pour produire une certaine valeur ajoutée. C'est la justification principale de la construction du système.

Cette production de valeur ajoutée peut être très variée : modification des produits, contrôle, manutention, stockage, et cependant, l'expérience montre qu'on peut toujours la caractériser pour un système donné de façon précise et unique.

Ce sera donc notre premier critère : on dira que le système est « en production » si la valeur ajoutée pour laquelle le système a été conçu est obtenue, on dira que le système est « hors production » dans le cas contraire.



Concept n° 3

Les 3 grandes familles de Modes de Marches et d'Arrêts

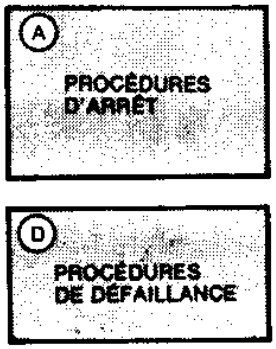
On peut classer en 3 grandes familles les Modes de Marches et d'Arrêts d'un système automatisé :

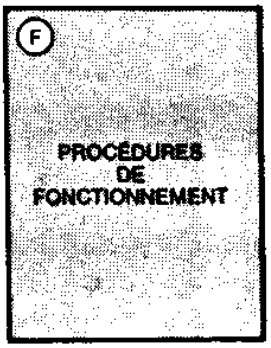
1 - Famille (F)

On groupe dans cette famille tous les Modes ou Etats qui sont indispensables à l'obtention de la valeur ajoutée, ou, autrement dit, tous ceux sans lesquels on ne sait pas techniquement ou fonctionnellement obtenir la valeur ajoutée pour laquelle la machine est prévue.

Ces modes sont regroupés dans le guide graphique dans une zone F « Procédures de **F**onctionnement ».

Notons que l'on ne « produit » pas forcément dans tous les modes de cette famille : ils peuvent être préparatoires à la production, ou servir aux réglages ou aux tests par exemple. Ils n'en demeurent pas moins indispensables : on ne sait pas faire du moulage en coquille sans préchauffer l'outillage (marche de préparation), ni effectuer des opérations d'usinage sans réglages ni contrôles périodiques.





2 - Famille (A)

Une machine automatique fonctionne rarement 24 heures sur 24 : il est nécessaire de l'arrêter de temps à autre, pour des raisons **extérieures** au système, tout simplement parce que la journée est finie, ou bien par manque d'approvisionnement, par exemple.

L'expérience montre qu'il est souvent délicat de concevoir les équipements automatiques pour qu'ils arrêtent correctement le processus qu'ils contrôlent.

On classera dans cette famille tous les Modes conduisant à (ou traduisant) un état d'arrêt du système pour des raisons extérieures. Ils sont regroupés dans une zone A « procédures d**A**rrêt » du guide graphique.

Notons qu'on peut produire en étant dans une procédure d'arrêt, si cet arrêt est demandé à la fin d'une opération, par exemple.

3 - Famille (D)

Il est rare qu'un Système fonctionne sans incident pendant toute sa vie : il est indispensable de prévoir les défaillances.

On regroupera dans cette famille tous les modes conduisant à (ou traduisant) un état d'arrêt du système pour des raisons **intérieures** au système, autrement dit, à cause de défaillances de la partie opérative. Ces modes sont représentés dans une zone D « procédures en **D**éfaillance » du guide graphique.

On a écarté d'emblée les cas de défaillance de la PC, pour lesquels on considère qu'on ne peut rien dire, dans la majorité des cas.

Les "rectangles-états"

Sur le guide graphique GEMMA (voir page suivante), chaque Mode de Marche ou d'Arrêt désiré peut être décrit dans l'un des « rectangles-états » prévus à cette fin.

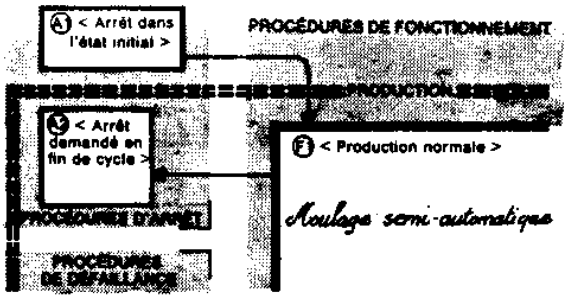
La position d'un rectangle-état sur le guide graphique définit :

— 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 ».

Le rectangle-état porte une désignation de Marche ou d'Arrêt utilisant un vocabulaire ne pouvant prêter à confusion : c'est à dessein qu'ont été écartées, pour ces dénominations générales, les expressions communément utilisées pour dénommer les Modes de Marches ou d'Arrêts (voir page 3), qui sont souvent comprises différemment de chacun.

Par contre, ces expressions usitées pourront être employées dans le « langage machine », précisant dans le cadre des « rectangles-états » les Modes de Marches ou d'Arrêts pour une machine déterminée. Par exemple, dans le « rectangle-état » < Production normale >, on trouvera la précision : « moulage semi-automatique ».



Citons des exemples :

- L'état F1, < Production normale >, est celui pour lequel la machine a été conçue. Représenté par un grand rectangle renforcé, il se trouve bien entendu dans l'intersection des zones « procédures de fonctionnement » et « en production ».
- L'état A2, < Arrêt demandé en fin de cycle > est représenté par un rectangle dans l'intersection des zones « procédures d'arrêt » et « en production ». En effet, dans cet état, la machine continue encore de produire, bien que l'arrêt soit demandé.
- L'état A1, < Arrêt dans l'état initial >, est représenté par un rectangle dans la zone « procédures d'arrêt » et hors de la zone « production », puisque la machine est maintenant arrêtée.

GEMMA : les états de Marches et d'Arrêts

Le Guide graphique GEMMA (voir ci-dessous) porte les « rectangles-états » dans lesquels seront exprimés les différents états de Marcheslet 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 : c'est l'objet de ce chapitre.

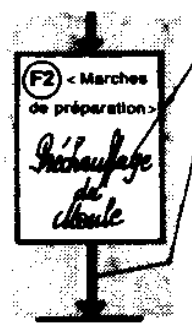
UN « RECTANGLE-ÉTAT » TYPE

F2 est le repère du « rectangle-état ». F signifie que l'état proposé fait partie des procédures de Fonctionnement. (A pour procédures d'Arrêt, et D pour procédures en Défaillance).

< Marche de préparation > est la dénomination générale de l'état proposé. Les <—> indiquent l'emploi du « langage général » ①

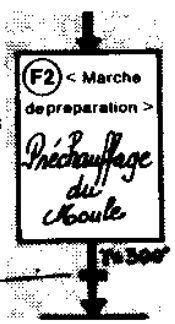
Les principales possibilités de liaisons d'état à état sont suggérées.

UTILISATION D'UN « RECTANGLE-ÉTAT »



I - L'état est retenu pour la machine. Il est précisé dans le « langage machine » ①. Les liaisons retenues sont indiquées en traits forts.

II - Les conditions d'évolution entre états sont indiquées sur les liaisons.



① Le « langage général » est celui proposé par le guide graphique : il s'applique à toutes les machines et systèmes automatisés. Le « langage machine » est celui qui est communément pratiqué pour la machine particulière que l'on considère.
« Langage général » et « langage machine » se complètent dans chaque « rectangle-état », pour obtenir une définition précise et claire pour tous, des modes de Marches et d'Arrêts.

LES ÉTATS (F)

Ce sont les états de marches situés dans la zone « procédures de Fonctionnement » du guide graphique GEMMA.

F1 < Production normale >
Dans cet état, la machine 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.
Remarque : à cet état ne correspond pas nécessairement une marche automatique.

F2 < Marche de préparation >
Cet état est utilisé pour les machines nécessitant une préparation préalable à la production normale : préchauffage de l'outillage, remplissage de la machine, mises en routes diverses, etc.

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

F4 < Marche de vérification dans le désordre >
Cet état permet de vérifier certaines fonctions ou certains mouvements sur la machine, sans respecter l'ordre du cycle.

F5 < Marche de vérification dans l'ordre >
Dans cet état, le cycle de production peut être exploré au rythme voulu par la personne effectuant la vérification, la machine pouvant produire ou ne pas produire.

F6 < Marche de test >
Les machines de contrôle, de mesure, de tri..., comportent des capteurs qui doivent être réglés ou étalonnés périodiquement : la < Marche de test > F6 permet ces opérations de réglage ou d'étalonnage.

LES ÉTATS (A)

Situés dans la zone « procédures d'Arrêt de la partie opérative », ces états correspondent à des arrêts normaux ou à des marches conduisant à des arrêts normaux.

A1 < Arrêt dans l'état initial >
C'est l'état « repos » de la machine. Il correspond en général à la situation initiale du GRAFCET : c'est pourquoi, comme une étape initiale, ce « rectangle-état » est entouré d'un double cadre.
Pour une étude plus facile de l'automatisme, il est recommandé de représenter la machine dans cet état initial.

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

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

A4 < Arrêt obtenu >
La machine est alors arrêtée en une autre position que la fin de cycle.

A5 < Préparation pour remise en route après défaillance >
C'est dans cet état que l'on procède à toutes les opérations (dégagements, nettoyages,...) nécessaires à une remise en route après défaillance.

A6 < Mise P.O. dans état initial >
La machine étant en A6, on remet manuellement ou automatiquement la Partie Opérative en position pour un redémarrage dans l'état initial.

A7 < Mise P.O. dans état déterminé >
La machine étant en A7, on remet la P.O. en position pour un redémarrage dans une position autre que l'état initial.

LES ÉTATS (D)

Ce sont les états de Marches et d'Arrêts situés dans la zone « procédures ou Défaillances » de la partie opérative.

D1 < Arrêt d'urgence >
C'est l'état pris 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.

D2 < Diagnostic et/ou traitement de défaillance >
C'est dans cet état que la machine peut être examinée après défaillance et qu'il peut être apporté un traitement permettant le redémarrage.

D3 < Production tout de même >
Il est parfois nécessaire de continuer la production même après défaillance de la machine : on aura alors une « production dégradée », ou une « production forcée », ou une production aidée par des opérateurs non prévus en < Production normale >.

7

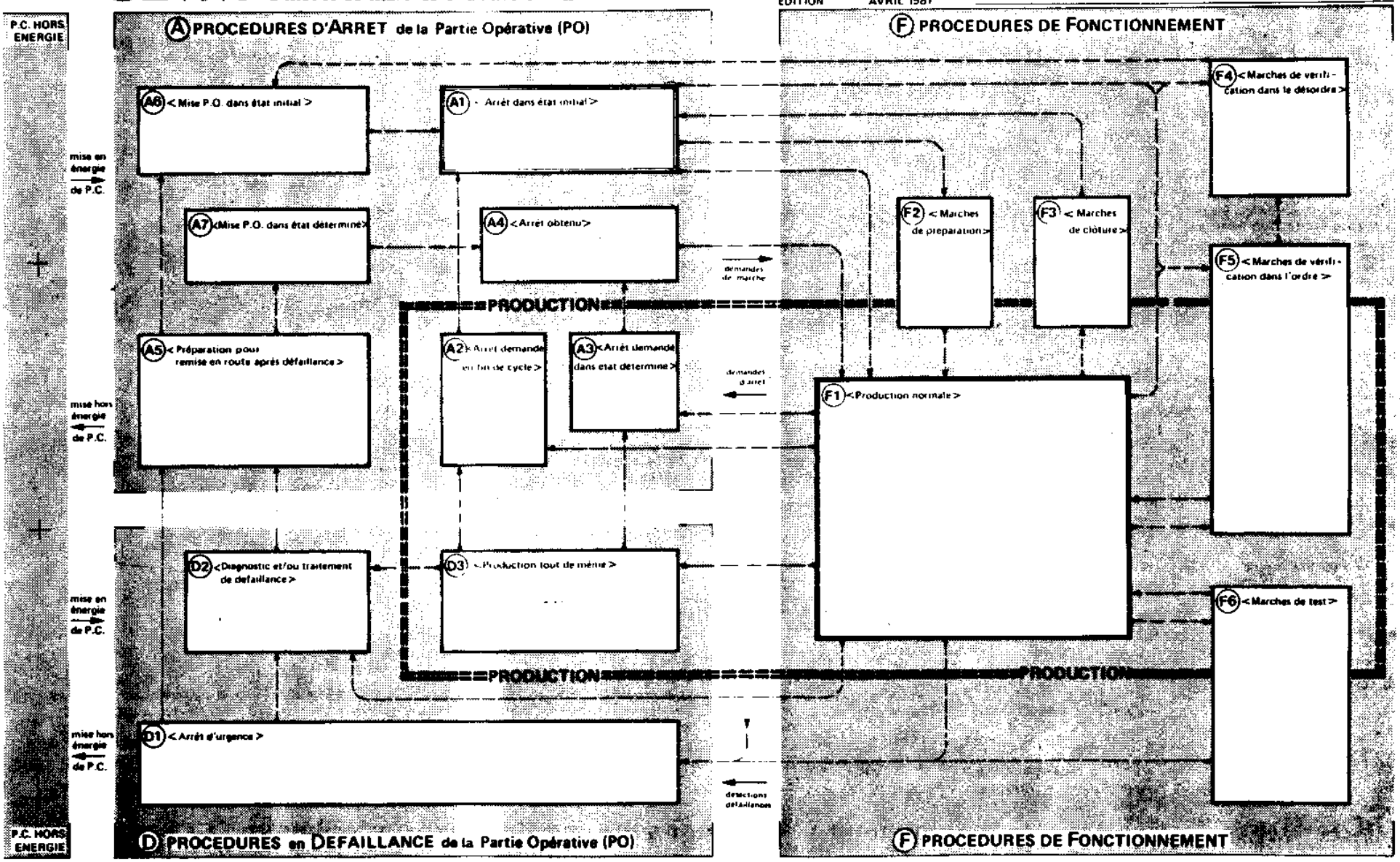
GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

ADEPA

LEGENDE
P.O = Partie Opérative
P.C = Partie Commande

EDITION AVRIL 1981

Références de l'équipement

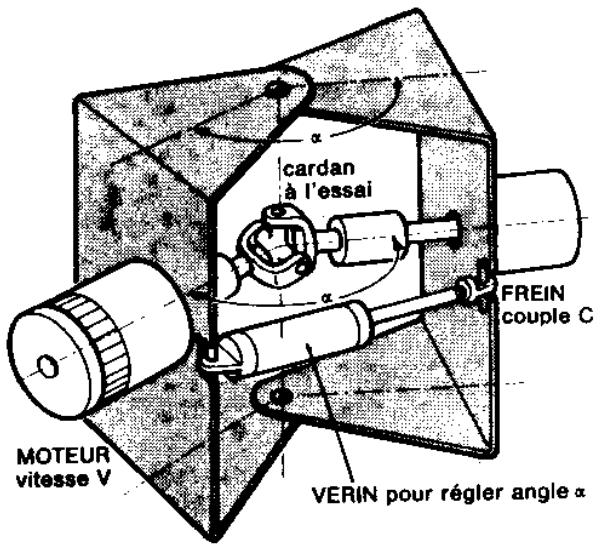


GEMMA : 1er exemple introductif - banc d'essai pour transmissions cardan d'après CETIM Saint Etienne

La machine :

Entièrement automatique, ce banc d'essai est conçu pour simuler le travail de transmissions cardan pour véhicules.

La transmission cardan est montée sur une armature articulée permettant de lui donner l'angle α souhaité grâce à l'action d'un vérin hydraulique.



Un moteur fait tourner la transmission à la vitesse V souhaitée, et un frein permet de la solliciter avec le couple C voulu.

Les 3 facteurs ainsi maîtrisés pour tester la transmission cardan sont donc : — l'angle α
— la vitesse V
— le couple C

Très longs, les essais tournent 24 h sur 24, selon un programme enregistré sur bande magnétique, donnant à tous moments les valeurs de la vitesse V, du couple C, et de l'angle α pris par la transmission au long d'un parcours type : démarrages, virages, arrêts,... Périodiquement, le programme demande une dépose et un contrôle de la transmission avant d'autoriser la poursuite des essais.

Utilisation du GRAFCET :

Dans cet exemple assez particulier, la production étant assurée uniquement par la lecture d'un programme, le GRAFCET n'a pas été utilisé. Nous verrons dans l'exemple suivant les rôles respectifs du GRAFCET et du GEMMA. Cette application a été choisie comme 1er exemple introductif pour faire comprendre plus rapidement l'intérêt du GEMMA dans une première approche.

Utilisation du GEMMA :

Afin de faire tout de suite découvrir au lecteur l'objectif poursuivi, nous présentons ici directement le GEMMA final (voir ci-dessous).

A partir du Guide Graphique présenté à la page précédente, ce GEMMA a été en fait obtenu en deux temps :

1 - Sélection des Modes de Marches et d'Arrêts, en utilisant les « rectangles états » et en définissant les liaisons.

2 - Recherche des conditions d'évolution entre états, en parallèle avec la définition du pupitre de commande.

Pour ce premier exemple, contentons-nous d'expliquer les choix effectués, sans suivre dans le détail la méthode d'obtention.

L'état FI, <Production normale>, est la mise en œuvre du programme enregistré, pour déroulement de l'essai.

Cet état FI est atteint depuis l'état initial AI, par la frappe du mot « exécution » sur le clavier du pupitre (I), la traversée de l'état F2 qui permet une mise à l'heure, puis la mise sur « auto » du sélecteur de marche et l'action sur le bouton « marche ».

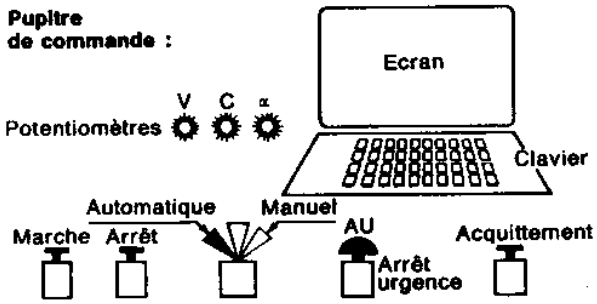
A tout moment, l'arrêt de la machine peut être provoqué manuellement par passage dans les états A3 et A4, en agissant sur le bouton « arrêt » du pupitre.

Lorsque le programme demande l'opération de dépose et de contrôle de la transmission, un signal « fin de série essais » nous conduit en A2, puis en A4 lorsque l'arrêt est obtenu. Après contrôle et remontage, il suffit d'agir sur le bouton « marche », le sélecteur de marche étant en « auto », pour repartir en FI avec la série suivante d'essais dans le programme.

(1) Le pupitre de commande comporte un clavier et un écran, afin de permettre l'écriture des programmes sur cassette.

(2) On remarquera que, à partir du guide graphique (voir page précédente), le « rectangle-état » F4 a été obtenu par le regroupement des « rectangles-états » F4 et F5 d'origine. De telles adaptations du guide graphique donnent souvent la souplesse nécessaire pour l'appliquer à des exemples très difficiles.

Pupitre de commande :



Lorsque les essais sont terminés, un signal « Fin essais » nous conduit en A2, puis en AI, la cassette étant terminée.

Lorsque la machine s'écarte de plus de 10% des valeurs demandées par le programme pour V, C ou α, nous passons en D3, <Production tout de même>. Les essais continuent, mais défaut et heure sont affichés sur l'écran. Lorsqu'un opérateur survient, il peut alors arrêter la machine vers A3 ou acquitter et revenir en FI.

Atteinte par la sélection « manuel », la <Marche de vérification> F4 permet au choix :

— de vérifier le fonctionnement des asservissements de V, C et α, par affichage des performances mini et maxi, à l'aide des potentiomètres prévus au pupitre;

— de procéder à des vérifications de comportement par des essais prolongés avec consignes fixes V, C et α; dans ce cas, la marche de vérification est productive puisqu'elle essaie la transmission : elle est donc située dans le rectangle « en production » (2).

S'il y a action sur le bouton d'Arrêt d'Urgence AU, ou s'il y a dépassement de V ou C maximum autorisés pour la transmission essayée, nous passons en D1, <Arrêt d'Urgence> ce qui provoque : coupure énergie PO et freinage. En D2, l'heure et la raison de l'arrêt sont affichés. Lorsqu'un opérateur survient, il peut alors agir sur le bouton « arrêt » pour passer en A5, remettre les consignes à zéro et, par action sur le bouton acquittement, passer en A7 pour redémarrer depuis A4.

Au travers de cet exemple, le lecteur peut commencer à percevoir les objectifs et résultats du GEMMA. La méthode de mise en œuvre sera plus explicite dans les pages suivantes.

9

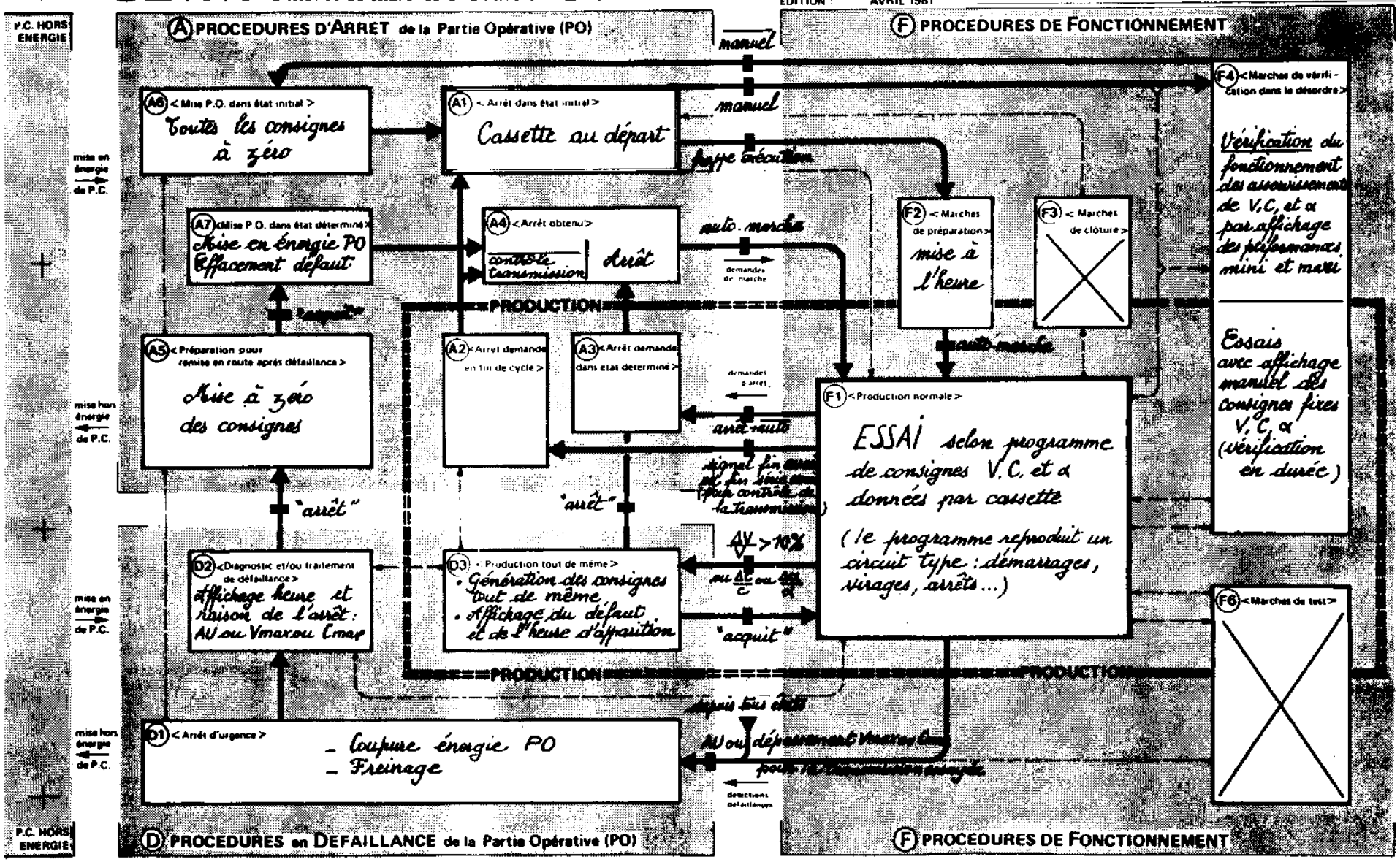
GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

ADEPA

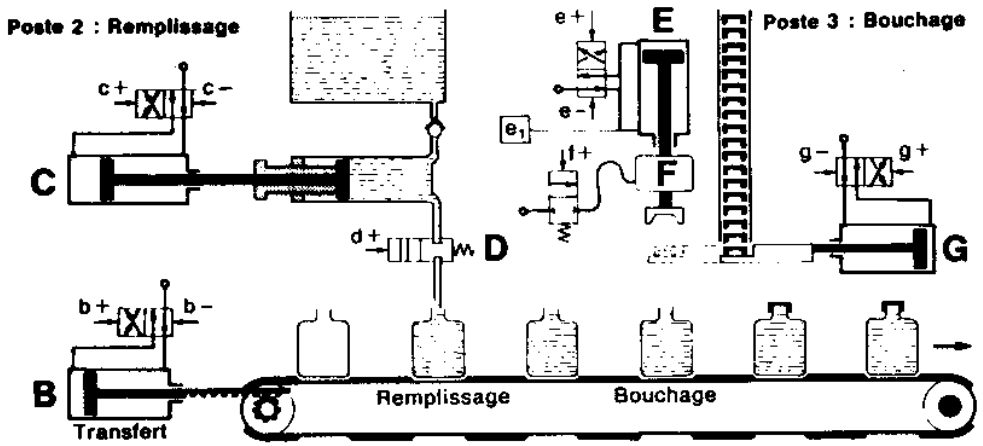
LÉGENDE
P.O. = Partie Opérative
P.C. = Partie Commande

ÉDITION : AVRIL 1981

Références de l'équipement
Banc d'essai pour transmissions cardan



GEMMA : 2e exemple introductif - machine à remplir et à boucher -



Les capteurs

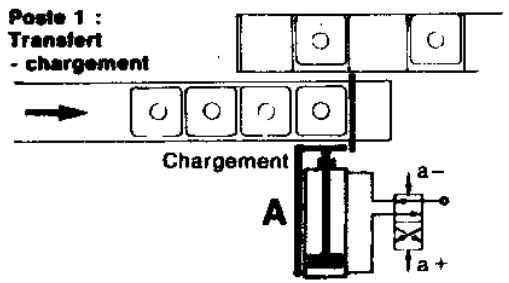
Ces capteurs permettent la « Production normale » et interviennent dans le GRAFCET de BASE ci-dessous.

Chaque vérin est muni d'un capteur fin de course.

Exemple : pour vérin A, capteurs a_+ et a_-, a_+ étant actionné à l'état repos de la machine.

Le vérin E est équipé d'un capteur à chute de pression e_1, détectant l'arrêt du vérin en butée en un point quelconque de sa course.

La vanne D et le moteur F ne comportent pas de capteurs de position, car ils sont difficiles à implanter.



La machine :

Sous des formes variées, ce type de machine se rencontre souvent dans l'industrie, pour remplir automatiquement toutes sortes de contenants : flacons, bidons, boîtiers mécaniques tels des boîtes de vitesses, des réducteurs...

Les contenants sont présentés sous un poste de remplissage, puis sous un poste de bouchage.

Pour la machine ci-dessus :

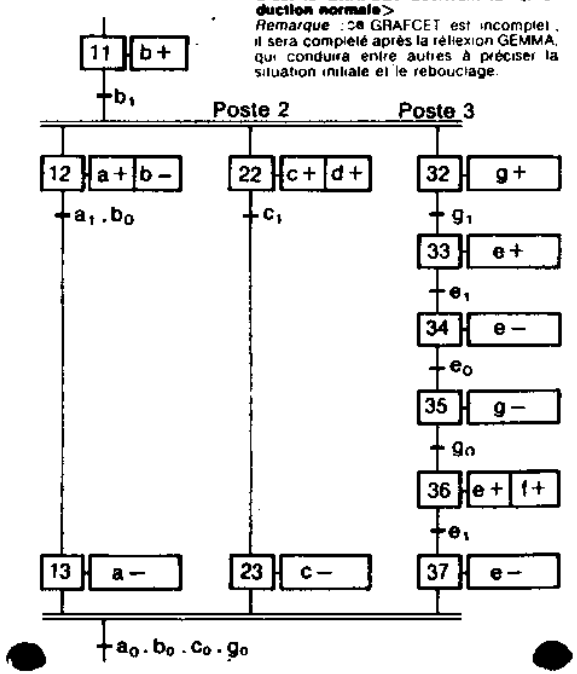
— le poste de remplissage comporte un doseur volumétrique réglable, mû par le vérin C, et une vanne de fermeture D, monostable;

— le poste de bouchage comporte un transfert de bouchon par vérin G, un moteur pneumatique F pour tourner le bouchon à visser, et un vérin d'avance E. Le vérin E avance jusqu'au bouchon présenté, recule avec ce bouchon pendant le retrait de G, puis avance à nouveau avec rotation du moteur F, pour visser le bouchon.

GRAFCET de Base

C'est le GRAFCET décrivant la <Production normale>

Remarque : ce GRAFCET est incomplet ; il sera complété après la réflexion GEMMA, qui conduira entre autres à préciser la situation initiale et le reboucliage.



Définition des Modes de Marches et d'Arrêts

Le guide graphique GEMMA ci-dessous permet la détermination des états de marches et d'arrêts nécessaires à cette machine :

A1 - La case A1, < Arrêt dans l'état initial >, représente l'état de la machine défini par le croquis ci-contre.

F1 - De la case A1, lorsqu'on met la machine en route, on passe à la case F1, < Production normale >, c'est-à-dire « Remplissage et bouchage automatiques », selon GRAFCET ci-contre.

A2 - L'arrêt de production peut être demandé en tout point du cycle. Le cycle en cours se termine, état décrit case A2.

F2 - Lorsque la machine est vide, elle doit être mise en route progressivement, chaque poste démarrant lorsque le premier bidon se présente en position : ceci est la < Marche de préparation > de la case F2.

F3 - La < Marche de clôture > de la case F3 permet l'opération inverse, c'est-à-dire l'arrêt progressif de la machine avec vidange des bidons.

D3 - Point délicat de la machine, le poste « Bouchage » est parfois défaillant. Il peut être alors décidé de produire tout de même, en bouchant manuellement les bidons au fur et à mesure de leur remplissage automatique : c'est l'objet de la case D3 : < Production tout de même >.

D1 - En cas d'arrêt d'urgence, la case D1, < Arrêt d'urgence >, est atteinte : elle prévoit un arrêt de tous les mouvements en cours, et la fermeture de la vanne D pour arrêter tout écoulement de liquide.

A5 - Après arrêt d'urgence, nettoyage et vérification sont souvent nécessaires : c'est l'objet de la case A5 < préparation pour remise en route après défaillance >.

A6 - Après toute défaillance ou toute vérification, une remise à l'état initial est nécessaire : case A6.

F4 - Pour le réglage du doseur, la vérification du distributeur de bouchons,... une commande séparée des mouvements est prévue : case F4.

F5 - Pour vérifications et mises au point, une commande semi-automatique (un seul cycle à la fois) est nécessaire pour chaque poste et pour l'ensemble : case F5, < Marche de vérification dans l'ordre >.

GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

ADEPA

LEGENDE
P.O = Partie Opérative
P.C = Partie Commande

ÉDITION AVRIL 1981

Références de l'équipement
machine de remplissage et de bouchage automatique

P.C. HORS ENERGIE

(A) PROCEDURES D'ARRET de la Partie Opérative (PO)

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

(A6) < Mise P.O. dans état initial >
par commandes séparées des mouvements

(A1) < Arrêt dans état initial >
état repos machine

(F4) < Marches de vérification dans le désordre >
Commande séparée de chaque mouvement pour vérifications et réglages

mise en énergie de P.C.

(A7) < Mise P.O. dans état déterminé >

(A4) < Arrêt obtenu >

demandes de marche

(F2) < Marches de préparation >
mise en route progressive de la machine

(F3) < Marches de clôture >
vidange progressive de la machine

(F5) < Marches de vérification dans l'ordre >
Marches semi-auto au choix :
- poste 1
- poste 2
- poste 3

PRODUCTION

(A5) < Préparation pour remise en route après défaillance >
nettoyage et vérifications.

mise hors énergie de P.C.

(A2) < Arrêt demandé en fin de cycle >
le cycle en cours se termine

(A3) < Arrêt demandé dans état déterminé >

demandes d'arrêt

(F1) < Production normale >
remplissage et bouchage automatiques

Poste 2 — Poste 3

(D2) < Diagnostic et/ou traitement de défaillance >

(D3) < Production tout de même >
si poste bouchage défaillant remplissage automatique suivi d'un bouchage manuel

(F6) < Marches de test >

PRODUCTION

mise en énergie de P.C.

depuis tous états

mise hors énergie de P.C.

(D1) < Arrêt d'urgence >
Arrêt "Figeage" et fermeture vanne D de remplissage

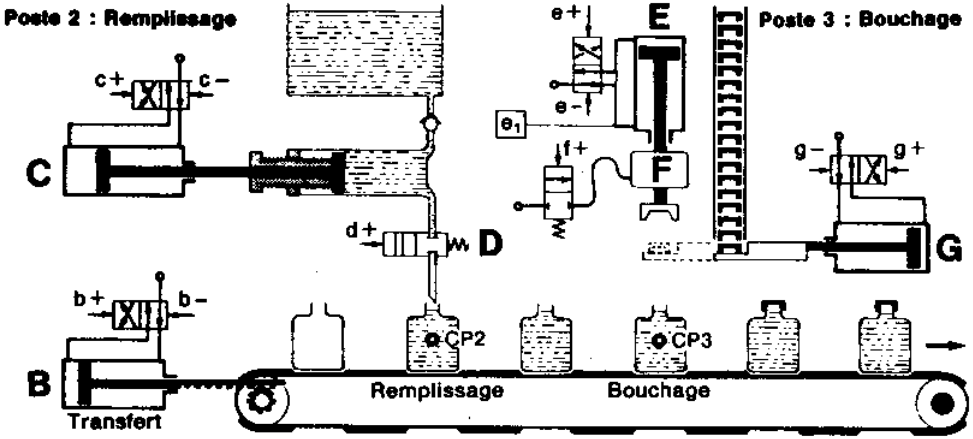
détections défaillances

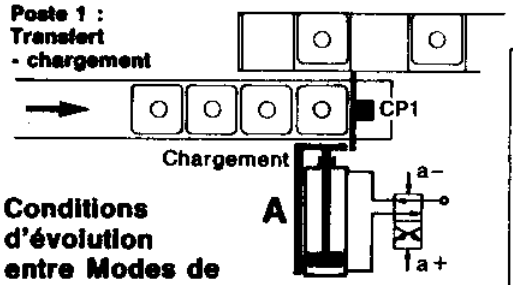
P.C. HORS ENERGIE

(D) PROCEDURES en DEFAILLANCE de la Partie Opérative (PO)

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

GEMMA : 2e exemple introductif - machine à remplir et à boucher (suite)





Conditions d'évolution entre Modes de Marches et d'Arrêts

Ces conditions d'évolution sont maintenant portées sur le GEMMA, le faisant évoluer comme montré ci-dessous.
En déterminant ces conditions d'évolution, nous prenons conscience :

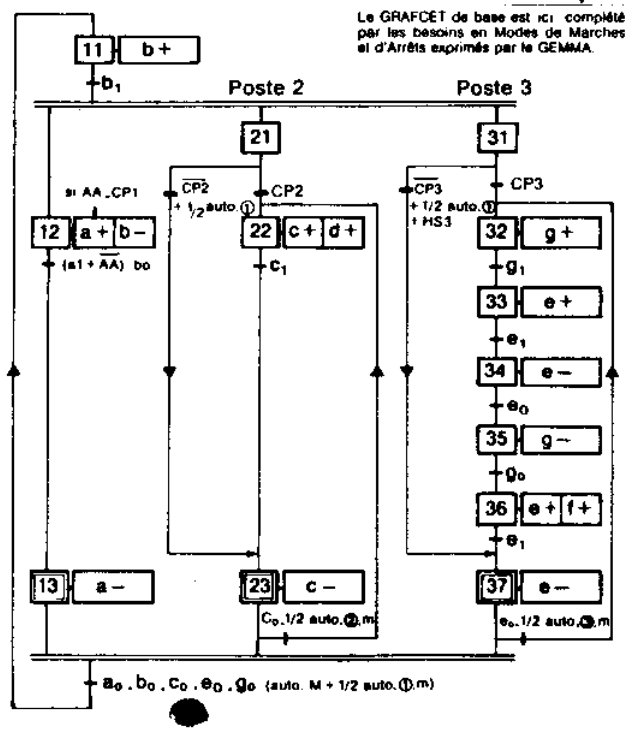
1 - de la nécessité de capteurs complémentaires détectant la présence de bidons sous chacun des postes : CP1, CP2, CP3 permettront la mise en route progressive demandée en F2 et la vidange progressive demandée en F3.

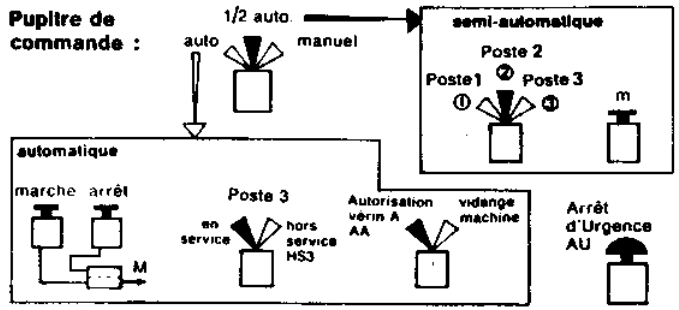
2 - des besoins au niveau du pupitre de commande : boutons fournissant les conditions d'évolution données par l'opérateur.

3 - de compléter le GRAFCET de base avec les préoccupations de Marches et d'Arrêts.

GRAFCET complété

Le GRAFCET de base est ici complété par les besoins en Modes de Marches et d'Arrêts exprimés par le GEMMA.





Sur le pupitre de commande, un sélecteur principal permet de choisir entre les options « auto », « 1/2 auto » et « manuel ».

- A l'option « automatique » correspondent :
  — 2 boutons « marche » et « arrêt » dont l'action est mise en mémoire (signal M),
  — un sélecteur lié au poste 3 : « en service » ou « hors service » = HS3,
  — un sélecteur AA d'Autorisation du vérin A, pour permettre la vidange machine.
  Ces boutons, et les capteurs CP1, CP2 et CP3, permettent d'explorer les états A1, F1, F2, F3, A2 et D3, comme montré sur le GEMMA ci-dessous.
  Sur le GRAFCET complété, est ménagée la possibilité de sauter les étapes avec actions des postes 2 et 3 dans le cas d'absence de bidons ($\overline{CP2}$, $\overline{CP3}$), afin de satisfaire aux besoins de mise en route progressive F2, et de vidange progressive F3 si signal $\overline{AA}$.
  Les étapes avec actions du poste 3 sont également sautées si HS3 (poste 3 Hors Service), car nous nous trouvons alors en D3, production tout de même sans le poste 3.
- A l'option « semi-automatique » correspond F5, < marche de vérification dans l'ordre >, qui permet en appuyant sur le bouton m, l'exploration du cycle d'un seul poste, 1 ou 2 ou 3, en fonction de la position du sélecteur « semi-automatique » en ① ou ② ou ③.
  Sur le GRAFCET complété, les reprises d'étapes adéquates sont prévues aux postes 2 et 3 pour dérouler cette marche. Pour le poste 1, le GRAFCET est décrit complètement, mais avec saut des étapes agissantes des postes 2 et 3. C'est afin que cette marche semi-auto se déroule sans précaution particulière que les étapes initiales du GRAFCET sont 13, 23 et 37.
- A l'option « manuel » correspondent les états F4, A5 et A6, qui exigent la commande séparée des mouvements (par action directe) sur les distributeurs ou par action sur boutons s'il en est prévu.

Enfin, le bouton d'Arrêt d'Urgence AU permet de passer en D, depuis tous états.

Nota : l'Arrêt d'Urgence n'est pas ici traité sur le GRAFCET, à voir page 24 le traitement des arrêts d'urgence par GRAFCET.

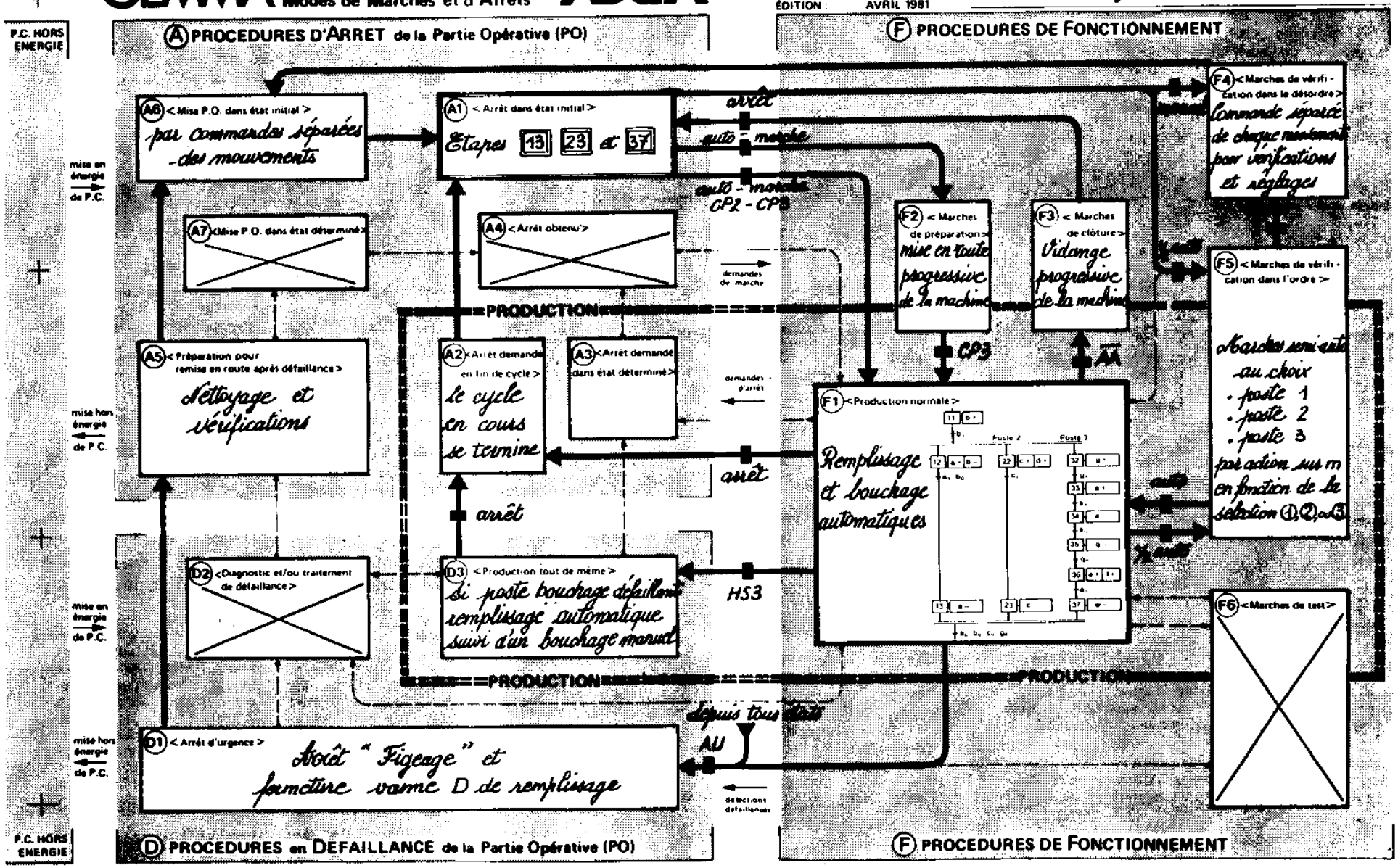
13

GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts — ADEPA

LÉGENDE
P.O. = Partie Opérative
P.C. = Partie Commande

ÉDITION : AVRIL 1981

Références de l'équipement
machine de remplissage et de bouchage automatiques.



GEMMA : méthode de mise en œuvre -

Comme nous l'avons montré, le GEMMA est non seulement une méthode systématique pour sélectionner les Modes de Marches et d'Arrêts lors de la conception d'une machine automatique, mais aussi un moyen pratique pour les présenter et les exploiter : le guide graphique de format A3, reproduit aux deux pages suivantes, est destiné à être photocopié pour servir de base à la recherche et à la mise en forme du GEMMA pour chaque application(1).

Les deux exemples introductifs que nous avons explorés nous permettent de dégager les règles pratiques pour l'emploi du GEMMA dans la conception d'un équipement automatisé.

1 - Utilisation du GEMMA pour l'étude d'une machine de production automatisée

Comme nous l'avons montré, la pratique courante de l'étude des machines de Production Automatisée n'aborde pas méthodiquement la sélection des Modes de Marches et d'Arrêts, ce qui entraîne souvent des modifications longues et coûteuses de la machine après réalisation. En mettant en œuvre le GEMMA dans l'étude, les Modes de Marches et d'Arrêts sont prévus dès la conception et intégrés dans la réalisation. Voici une séquence d'étude typique.

(I) parallèlement →
— étude du processus d'action
— définition du cycle de production (GRAFCET fonctionnel).

(II) parallèlement →
— définition de la partie opérative et des capteurs
— établissement du GRAFCET opérationnel de base.

(III) →
— mise en œuvre du guide graphique GEMMA pour la sélection des Modes de Marches et d'Arrêts avec mise en évidence des liaisons entre ces modes.

(IV) parallèlement →
— définition à l'aide du GEMMA des conditions d'évolution entre les états de Marches et d'Arrêts
— définition des fonctions du pupitre de commande
— établissement du GRAFCET complété.

(V) →
Choix d'une technologie de commande : électrique, électronique ou pneumatique, câblée ou programmée...

(VI) →
Conception du schéma ou du programme de commande dans la technologie choisie.

(1) Pour une application simple, le format A3 peut sembler superflu : on peut se contenter du guide graphique en format A4, tel qu'il est présenté à la page ci-dessous.

2 - Sélection des Modes de Marches et d'Arrêts

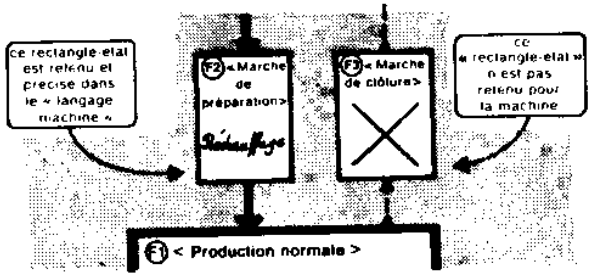
La partie opérative de la machine étant définie, ainsi que le GRAFCET du cycle de production normale, le guide graphique GEMMA est mis en œuvre, dans un premier temps, pour sélectionner et préciser les Modes de Marches et d'Arrêts nécessaires.

Deux préoccupations simultanées permettent d'aboutir facilement :

a - envisager tous les « rectangles-états » proposés par le GEMMA

Avec ses « rectangles-états », le guide graphique constitue une « check list » des différents types de Modes de Marches et d'Arrêts nécessaires en automatisation industrielle courante. Pour une machine donnée, il est donc important d'examiner le cas de chaque « rectangle-état » :

— si le mode proposé est retenu, il sera précisé en « langage machine », dans le « rectangle-état » ; au besoin, plusieurs variantes de ce mode seront distinguées ;
— si le mode proposé n'est pas nécessaire pour la machine, une croix sera portée dans le « rectangle-état », pour bien signifier qu'il n'est pas retenu.



b - rechercher les évolutions d'un état à l'autre

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

— l'état A1, dit « état initial », ou « état repos » de la machine (2),
— l'état F2, mode de « production normale », pour lequel la machine a été conçue (2).

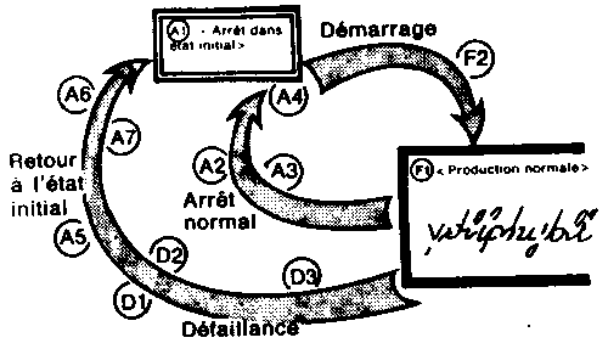
(2) Sur le guide graphique GEMMA,
— le « rectangle-état » A1 «Arrêt dans l'état initial», comporte un double cadre ▣, pour montrer sa correspondance avec la situation initiale du GRAFCET,
— le « rectangle-état » F1 «Production normale» a un cadre particulièrement renforcé, pour mettre en évidence l'importance de cet état sur toute machine.

En partant de chacun des deux états essentiels, A1 et F1, il est intéressant de rechercher les évolutions vers d'autres états, dont la nécessité est moins évidente au premier abord.

— on pourra commencer par démarrer la machine, c'est-à-dire passer de A1 à F1, en se posant la question : une « marche de préparation » F2 est-elle nécessaire ?
— on arrêtera alors la machine, au choix :
  • en fin de cycle → circuit F1 → A2 → A1
  • dans une autre position → circuit F1 → A3 → A4
— on examinera les cas de défaillance,
  • avec « Arrêt d'urgence », D1
  • avec « Production tout de même », D3
— etc.

En pratique, on mettra en évidence des boucles passant par les états A1 ou F1, et appartenant à l'une des deux familles montrées par le croquis ci-dessous :

• les boucles « démarrage - arrêt normal »
• les boucles « démarrage - défaillance - retour à l'état initial ».



Le guide graphique GEMMA permet donc une sélection des Modes de Marche et d'Arrêts pour une machine donnée ; la méthode consiste à examiner le cas de chacun des états proposés, en recherchant les évolutions d'un état dans l'autre, en particulier à partir des deux états essentiels sur toute machine, l'état initial A1 et l'état de production normale F1.

Cette sélection étant achevée et mise au net sur le guide graphique GEMMA, il y a lieu de procéder au 2e temps de l'exploitation du GEMMA : la recherche des conditions d'évolution entre les modes de Marches et d'Arrêts, expliquée aux pages suivantes.

GEMMA : méthode de mise en œuvre (suite) -

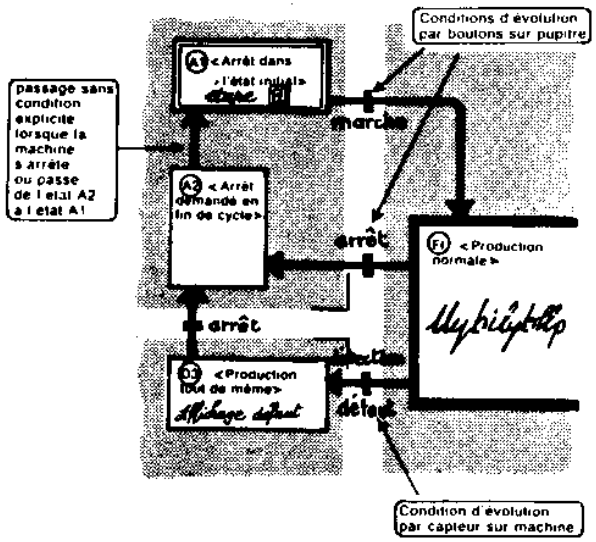
3 - Conditions d'évolution entre Modes de Marches et d'Arrêts

Ainsi personnalisé avec les Modes de Marches et d'Arrêts retenus pour la machine, le GEMMA est alors utilisé pour préciser les informations nécessaires pour passer d'un état à l'autre : c'est la mise en évidence de ces conditions de passage qui permet alors de concevoir le pupitre de commande (actions de l'opérateur), de prévoir éventuellement des capteurs supplémentaires sur la machine, de compléter le GRAFCET, etc.

On peut passer d'un état à l'autre de 2 manières :

1 - **avec une condition d'évolution** : elle est portée sur la liaison orientée entre états; 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.

2 - **sans condition explicite** : dans certaines 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 ci-dessous), ou parce que l'état atteint dépend de l'intervenant.



Avec les conditions d'évolution provenant de l'opérateur, apparaissent les besoins en boutons : le pupitre de commande peut alors être défini : boutons à 2 ou 3 positions, bistables ou monostables, etc.

Aux conditions d'évolution ne provenant pas de l'opérateur doivent correspondre des capteurs sur la machine : détecteurs de défauts, détecteurs de présence pièce, etc., dont le besoin est ainsi mis en évidence.

Enfin, avec ces éléments, le GRAFCET de base peut alors être complété de façon à donner une description précise de l'ensemble du fonctionnement de la partie commande : voir à ce sujet la page 20.

4 - Conclusion

Comme montré dans les exemples introductifs, on peut apercevoir les conséquences de l'intervention du GEMMA dans la séquence d'étude de la machine :

— pupitre, capteurs supplémentaires, GRAFCET complété, découlant de la réflexion GEMMA sont mieux prévus;

— la machine est mieux conçue, donc sa réalisation et sa mise en route se font avec moins de tâtonnements et de modifications;

— comme le GRAFCET, le GEMMA suivra ensuite la machine, servant aux dépannages ou modifications.

Remarque : unicité du Mode

Le GEMMA est conçu pour une partie commande unique pilotant une partie opérative unique. Autrement dit, on considère le système globalement, ce qui implique qu'à tout instant on est dans un mode et un seul ou, ce qui revient au même, dans un « rectangle-état » et un seul. Les conséquences de cette unicité sont expliquées à la page 25.

① La tâche de l'opérateur, à chaque cycle, peut être, par exemple, de charger la pièce, ou de la décharger, de nettoyer l'outillage, de vérifier la pièce avant ou après opérations, etc.
② L'étape initiale du GRAFCET de base ne doit pas être confondue avec l'état initiat de la machine.
③ Cette méthode peut aussi être utilisée pour des applications ne nécessitant pas de marche de préparation F2.

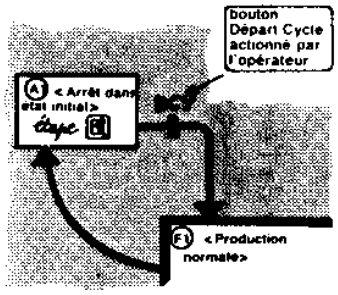
5 - Cas particulier : machines nécessitant l'intervention d'un opérateur à chaque cycle

Communément appelées « semi-automatiques », ces machines doivent être servies par un opérateur à chaque cycle. De façon à ne pas astreindre l'opérateur à suivre la cadence de la machine, il est préférable de le rendre maître de cette cadence avec un bouton qui lui permet de déclencher chaque cycle lorsque sa tâche est achevée ①.

L'intervention de l'opérateur peut être traduite sur un GEMMA, de deux manières, selon la machine :

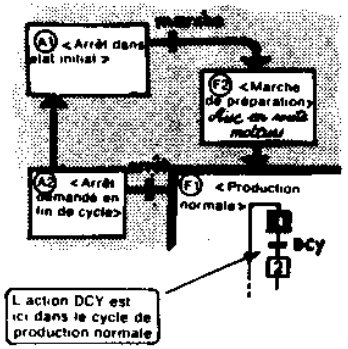
1 - Action « Départ Cycle » extérieure à F1

A chaque cycle, la machine part de l'état initial A1 et, par la condition DCY, signal « Départ Cycle » donné par l'opérateur, passe dans l'état F1. Lorsque le cycle est terminé, la machine reprend l'état A1 sans intervention de l'opérateur. Cette méthode convient lorsque tout peut être arrêté sur la machine, même lors d'une courte pause.



2 - Action « Départ Cycle » intérieure à F1

La machine est mise en route via état F2 et est alors prête à produire dans l'état F1. DCY est ici intégré dans le GRAFCET de production normale : pour produire, la machine attendra l'action de l'opérateur en restant en F1 ②. Cette méthode convient lorsqu'il faut laisser se continuer des actions (moteur, chauffage...) lors des pauses courtes ③.



GEMMA : vers le GRAFCET complété

Le GEMMA d'un Système ayant été obtenu, on dispose alors des éléments nécessaires pour établir le cahier des charges définitif de la partie commande et en particulier son GRAFCET.

L'objet de ce chapitre est de montrer comment intégrer les précisions obtenues sur les Modes de Marches et d'Arrêts, dans le GRAFCET (1) d'ensemble de la partie commande.

(1) On emploie toujours le singulier pour désigner le graphe ou l'ensemble de graphes décrivant le fonctionnement d'un automatisme, car on peut toujours passer d'une forme à l'autre tout en ne décrivant qu'un seul fonctionnement.

On appelle GRAFCET COMPLÉTÉ, le GRAFCET d'un automatisme intégrant l'ensemble des modes de marche, par opposition au GRAFCET de BASE (2) qui décrit seulement le comportement du système en mode F1 < Production Normale >.

Pour aboutir au GRAFCET COMPLÉTÉ, on peut envisager 2 types de méthodes :

1 - Enrichissement du GRAFCET de BASE.

2 - Structuration en « TACHES ».

(2) On se place ici dans le cas fréquent en production automatisée où le fonctionnement normal se prête bien à une description par GRAFCET. Si tel n'est pas le cas, l'approche GEMMA demeure utile pour l'étude de la machine (voir exemple introductif, pages 8 et 9).

1 - Enrichissement du GRAFCET de BASE

C'est la méthode utilisée dans l'exemple introductif de la machine à remplir et à boucher (cf. p. 12). A partir du GRAFCET de BASE correspondant au rectangle-état F1 < Production Normale >, on examine ce qu'il faut rajouter pour que les autres modes puissent être assurés.

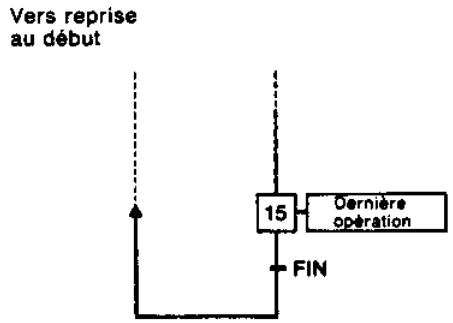
Ceci revient souvent à ajouter des « branches » ou « séquences » exclusives les unes des autres, où les conditions d'aiguillages sont les conditions de passage d'un rectangle-état à un autre.

Exemple :

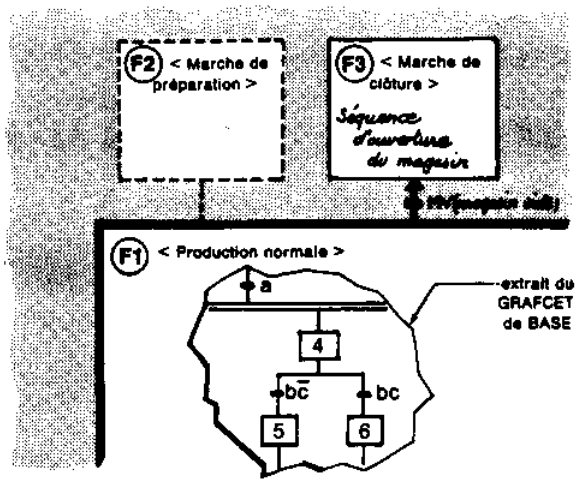
Considérons un Système doté d'une < marche de clôture > F3 constituée d'une séquence d'ouverture d'un magasin pour réapprovisionnement.

Nous trouvons les éléments suivants :

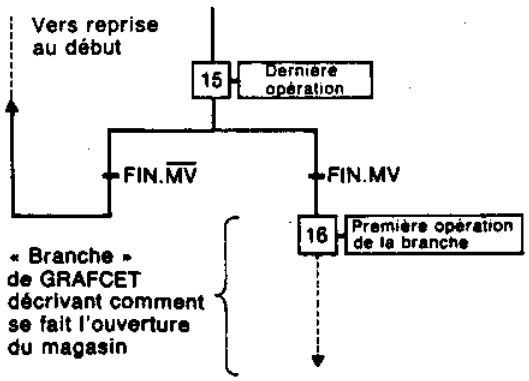
a) Extrait du « GRAFCET de BASE »



b) Extrait du GEMMA du Système



c) Extrait du GRAFCET COMPLÉTÉ
(obtenu par adjonction d'une branche au GRAFCET de BASE)



2 - Découpage en tâches

Il arrive fréquemment qu'un ou plusieurs rectangles-états autres que F1 < Production normale > exigent la mise en œuvre de cycles assez complexes justifiant pour chacun d'eux une étude séparée.

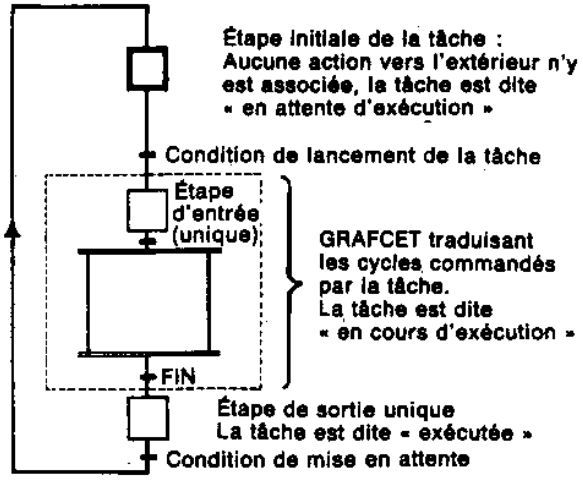
Il peut être alors intéressant de structurer chacun de ces modes, y compris F1 < Production normale > en tâches autonomes, dont on étudiera ensuite les conditions de coordination.

Le GRAFCET permet facilement de représenter une telle structuration en tâches.
L'illustration ci-contre donne une méthode possible.

Une fois que chacun des rectangles-états intéressés est décrit par GRAFCET sous forme de tâche autonome (tâche de préparation, tâche de clôture, tâche de test...) il convient d'examiner attentivement les conditions de coordination entre tâches.

Pour cela, on peut recourir à 2 types de méthodes
— coordination « horizontale »
— coordination « verticale » ou « hiérarchisée ».

Structure générale d'une « tâche »



A - Coordination « HORIZONTALE »

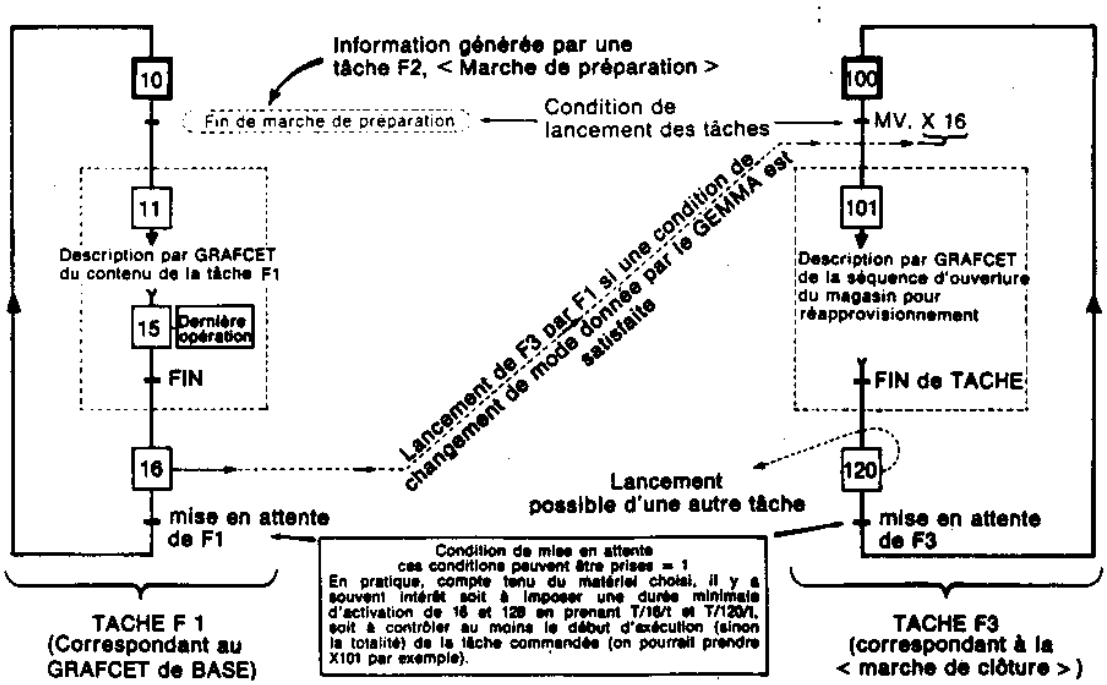
Ce procédé est intéressant lorsque aucune tâche n'est prééminente et que chacune peut en lancer une autre.

Reprenons l'exemple donné plus haut où l'on trouve une < marche de clôture > F3 que l'on structure en tâche F3. Le GRAFCET de base correspondant à F1 est également structuré en tâches.

Cet exemple montre qu'on peut facilement enchaîner les tâches selon le schéma apparaissant sur le GEMMA.

Ce procédé est cependant à réserver lorsqu'il y a peu de tâches et que les liaisons entre elles sont assez limitées. De plus, il est souhaitable qu'à tout instant une tâche et une seule soit « en cours d'exécution ».

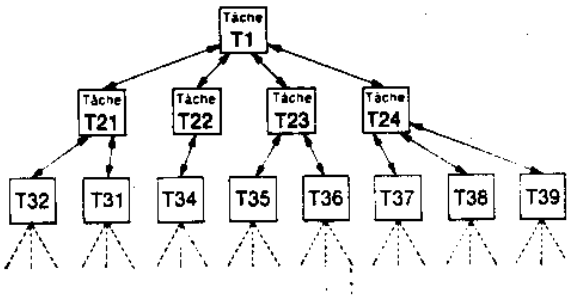
Ceci est le cas pour un système régi par un GEMMA unique, puisqu'il y a à tout instant unicité du mode.



GEMMA : vers le GRAFCET complété (suite)

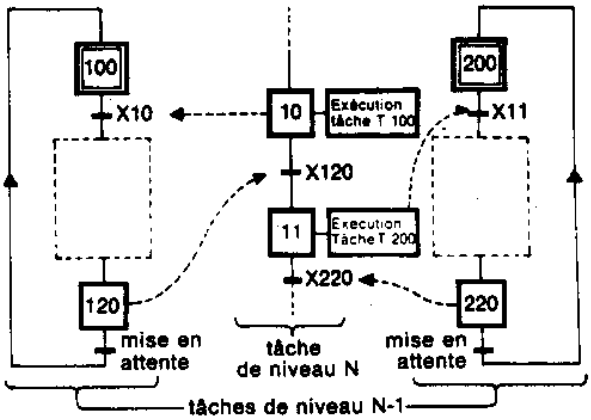
B - Coordination « Verticale » ou « Hiérarchisée »

Chacune des tâches est commandée par une tâche placée au niveau hiérarchique supérieur. De la même façon, chacune d'entre elles peut commander des tâches apparaissant alors à un niveau hiérarchique inférieur.



Cette manière d'appréhender un système est intéressante car selon le niveau « hiérarchique » où l'on se place, on peut avoir une vue globale ou au contraire locale très détaillée du système.

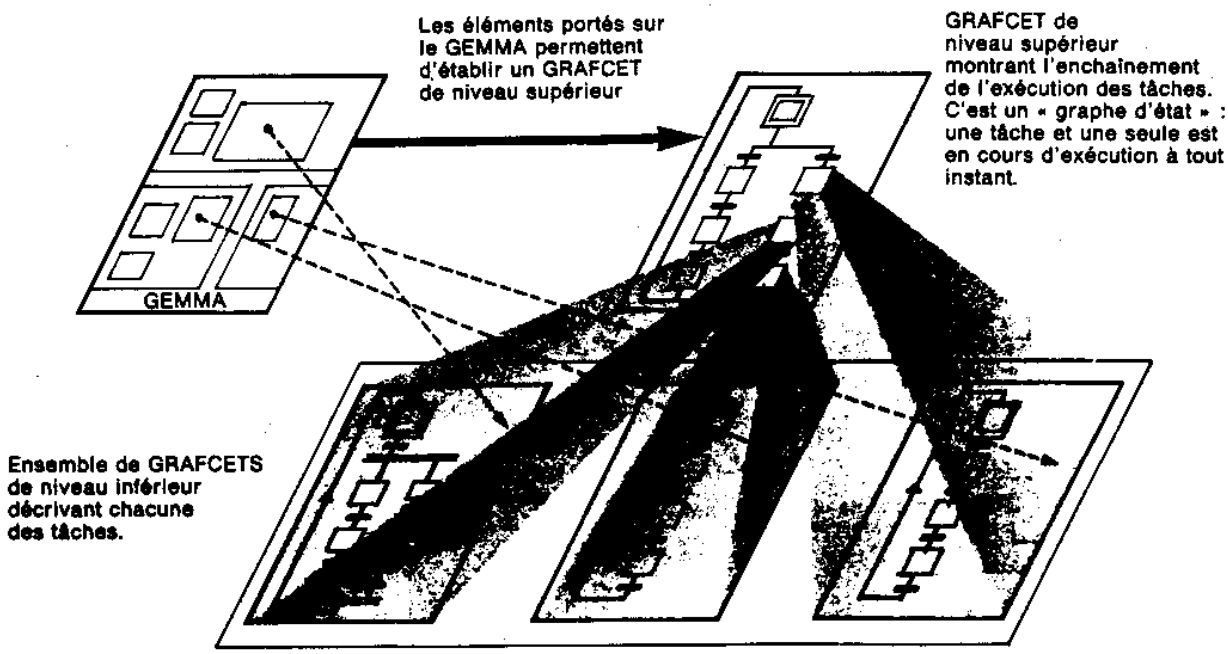
Pour une tâche de niveau donné chacune des tâches de niveau immédiatement inférieur peut apparaître comme une étape ②, qui peut, comme dans tout GRAFCET, être active ou inactivée.



② Comme il ne sagit pas exactement du même concept que dans le GRAFCET on préfère quelquefois le terme de : **macro-étape.**

Application au GEMMA

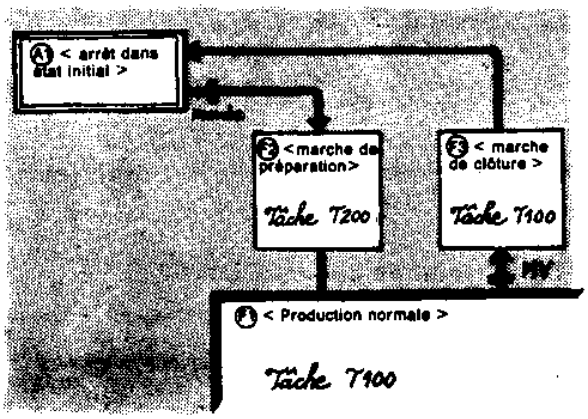
Cette méthode générale s'applique très bien au GEMMA. Dans ce cas, le GEMMA rempli apparait comme l'esquisse d'un GRAFCET de niveau supérieur. A chacun des « rectangles-états », on peut associer une étape de niveau supérieur. A cette étape pourra correspondre au niveau inférieur un GRAFCET autonome décrivant complètement la tâche.



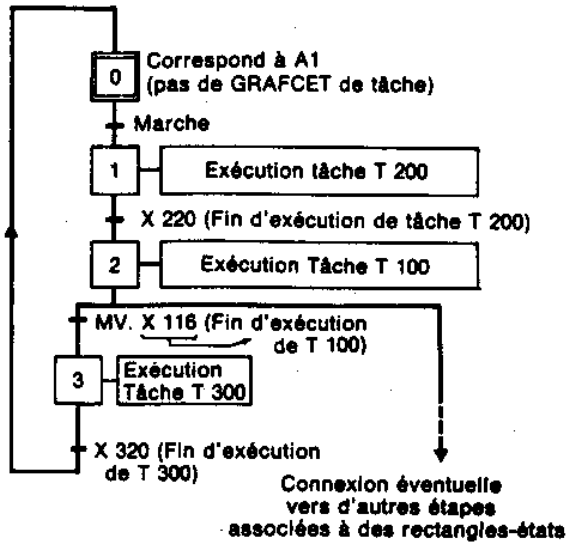
Exemple de coordination « Verticale »

Reprenons l'exemple déjà évoqué plus haut et dotons le système d'une < marche de préparation > F2 correspondant à une séquence de fermeture du magasin après réapprovisionnement. Il a de plus un mode A1, < arrêt dans état initial >. Il peut avoir d'autres rectangles-états, mais nous ne considérerons que A1, F1, F2, F3.

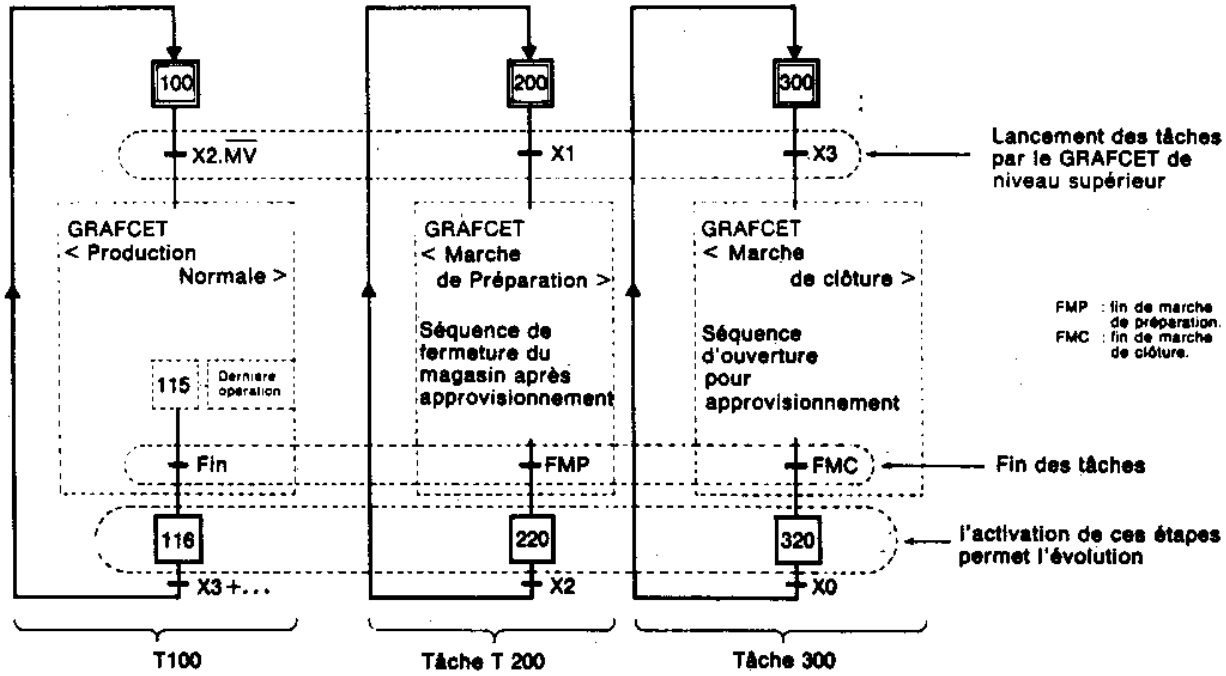
D'où l'extrait ci-dessous du GEMMA d'un système.



Il est alors aisé d'en déduire la partie correspondante du GRAFCET de niveau supérieur :



Vue schématisée des GRAFCETS des Tâches T 100, T 200, T 300 (de niveau inférieur).



Nota : on peut imaginer plusieurs autres solutions pour assurer l'évolution de l'ensemble.

GRAFCET : traitement des arrêts d'urgence

On sait qu'un des intérêts du GRAFCET est de n'indiquer à chaque situation que les seules circonstances qui la font évoluer.

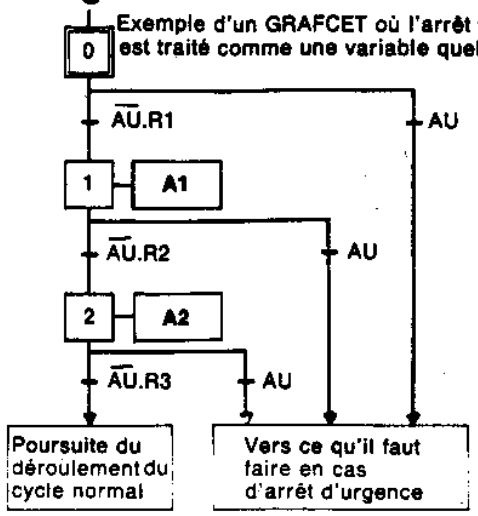
L'ARRÊT D'URGENCE devant toujours faire évoluer la situation de la partie commande, on devrait en toute rigueur le faire apparaître à chaque étape du GRAFCET.

Dès que le cas traité devient un peu important le GRAFCET devient complètement illisible. Il en découle qu'il est malaisé de considérer l'arrêt d'urgence comme une information d'entrée comme les autres. C'est de plus contraire à l'esprit même de l'urgence accordant à cet arrêt une sorte de « Super Priorité ». Pourtant il est intéressant (mais ce n'est pas toujours possible) de pouvoir formaliser le comportement attendu d'un système lors de l'apparition de l'information AU. Deux solutions peuvent être proposées :

1 - sans séquence d'urgence : le système arrête son évolution.

2 - avec séquence d'urgence : l'apparition de AU déclenche une procédure particulière.

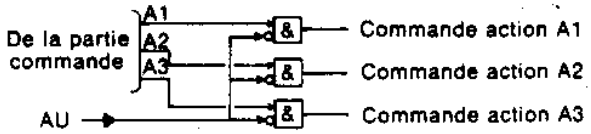
Exemple d'un GRAFCET où l'arrêt d'urgence est traité comme une variable quelconque.



1 - Sans séquence d'urgence

A - Inhibition des actions

L'apparition de AU n'arrête pas directement l'évolution de l'automatisme, mais inhibe les actions associées aux étapes. Les sorties à 1 sont ramenées à 0 ce qui entraîne généralement l'arrêt de l'évolution par non-satisfaction des réceptivités. Ceci peut être obtenu très facilement par l'insertion de fonctions inhibition dans l'interface avec la partie opérative.①



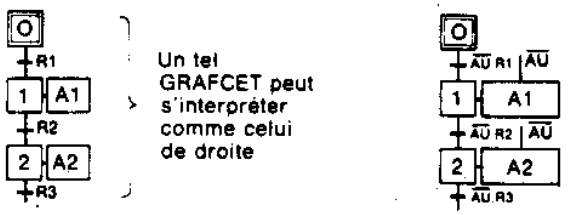
① Dans ce cas, la commande des actionneurs doit être particulièrement bien étudiée selon le type de réaction souhaitée en cas d'arrêt d'urgence.
Par exemple :
- Pour des distributeurs commandant des vérins :
  - commande monostable, si l'on désire un retour dans une position donnée.
  - commande bistable, si l'on désire un arrêt en fin de mouvement.
  - distributeurs à 3 positions, si l'on désire un arrêt sur place..
- Pour des contacteurs commandant des moteurs :
  - commande monostable.
  - câblage incluant des « surcourses » en sécurité ..

B - Figeage de l'automatisme

On suppose dans ce cas que le terme AU est en facteur implicite dans toutes les réceptivités. Dès l'occurrence de AU, aucune réceptivité ne peut prendre la valeur 1 : la situation ne peut évoluer. La disparition de AU autorise à nouveau l'évolution du cycle.②

② Notons que dans ce cas, les actions associées aux étapes actives demeurent. Les mouvements lancés se poursuivent, ce qui peut être dangereux en soi, ou bien par suite de blocage de l'évolution.

Pour décrire les procédés A et B combinés on pourra avoir la condition suivante.③



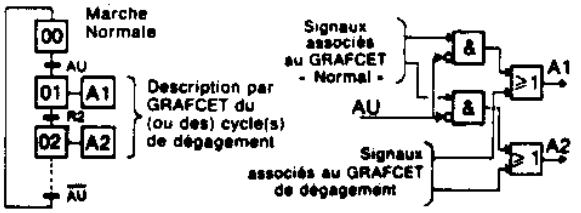
③ De nombreux matériels contiennent « par construction » cette possibilité de figeage par AU sans qu'un câblage ou qu'une programmation supplémentaire ne soit nécessaire.

2 - Avec séquence d'urgence

Diverses possibilités s'offrent : citons-en deux.

A - Adjonction d'une « tâche d'urgence »

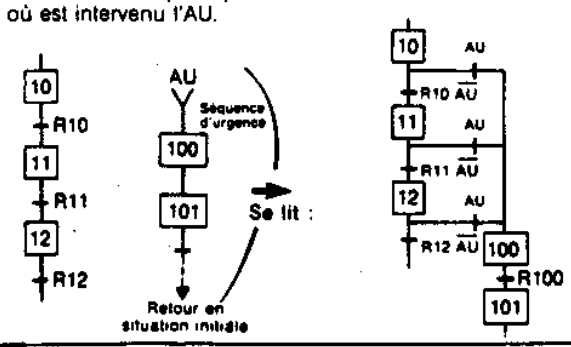
On peut ajouter une tâche (voir p. 21) non soumise aux conventions ci-dessus et qui sera lancée par AU.



Remarque :
La question des arrêts d'urgence est toujours très délicate. Les quelques lignes qui lui sont ici consacrées ne veulent pas être autre chose que des éléments de réflexion.

B - Utilisation d'un symbole de regroupement

Un symbole particulier (choisissons un « entonnoir ») permet d'éviter de tracer tous les arcs en provenance de toutes les étapes, ce qui allège le graphisme. L'inconvénient est qu'on perd la « mémoire » de la situation où est intervenu l'AU.



GEMMA : limites et extensions possibles

Rappelons tout d'abord que le GEMMA est conçu pour une partie commande unique pilotant une partie opérative UNIQUE. Autrement dit, on considère le système globalement, ce qui implique qu'à tout instant on est dans un mode et un seul, ou, ce qui revient au même, dans un RECTANGLE-ÉTAT et un seul.

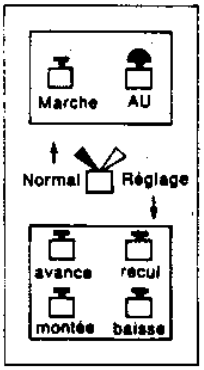
Unicité du mode : pourquoi ?

Elle permet de considérer indépendamment les unes des autres les tâches (ou actions) associées aux différents modes sans risque d'interférence fâcheuse. En effet, si plusieurs tâches étaient actives au même moment, il pourrait se trouver des cas où les ordres émis seraient contradictoires.

Exemple :

Le commutateur « NORMAL/REGLAGE » n'est pas pris en compte par la tâche F1, < Production Normale >.

S'il n'y a pas de GRAFCET de niveau supérieur associé au GEMMA interdisant l'activation du mode F4, < Marche de Vérification dans le désordre > correspondant à la marche réglage choisie (qui est souvent un simple combinatoire sur les sorties à partir du pupitre de réglage), il y a des risques de conflits sur les actions.



Dans la grande majorité des cas, l'opérateur attend d'être en A1 ou A4 avant de basculer le commutateur sur réglage. Il n'y a donc pas d'ennui jusqu'au jour où par inadvertance ce basculement est fait en cours de cycle et ce peut être l'accident...

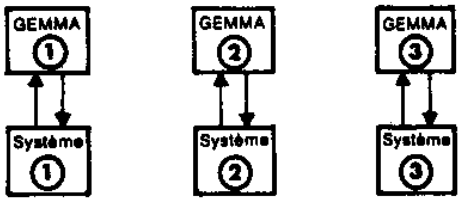
Il est donc non seulement souhaitable de respecter cette contrainte mais recommandé de placer tous les « verrous » nécessaires pour que seules les évolutions respectant l'unicité du rectangle-état actif soient possibles.

Cette contrainte devient gênante lorsque le système prend une dimension telle qu'il est difficile de le considérer comme un tout ou bien lorsque ses parties peuvent être dotées d'une certaine autonomie, l'une pouvant être à l'arrêt et les autres en marche par exemple. On peut cependant conserver l'approche GEMMA à condition d'ajouter un niveau supplémentaire comme indiqué ci-après.

Comment utiliser le GEMMA lorsqu'il n'y a plus unicité du mode ?

La restriction précédente n'étant plus satisfaite, on peut conseiller d'utiliser un GEMMA par système ou sous-système pouvant être considéré comme avant à tout instant un mode (ou rectangle-état) actif et un seul.

On a alors le schéma suivant :



Il faut alors assurer la coordination entre ces GEMMA afin d'éviter les risques évoqués plus haut. Là encore (cf. p. 21) deux possibilités s'offrent.

— Coordination « HORIZONTALE »

On écrit sur les conditions de transition entre rectangles-états de chacun des GEMMA, les rectangles-états où peuvent être les autres GEMMA.

Exemple : une machine-transfert linéaire est formée par la réunion de trois systèmes :

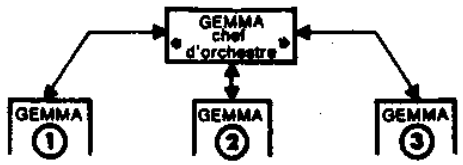
— un système A d'approvisionnement,

— un système B : machine proprement dite,

— un système C de déchargement.

Chacun des systèmes a son GEMMA : A et C peuvent être arrêtés en défaillance (états D1 ou D2). Si B continue à fonctionner avec un chargement/déchargement à la main, GEMMA B peut être en D3, < production tout de même >.

On pourra mettre pour la condition d'entrée du GEMMA B ou F1, < production normale > que GEMMA A et C soient également en F1.

— Coordination « VERTICALE »

On fait alors un « GEMMA de GEMMA ». C'est alors un ensemble hiérarchisé : les systèmes ne communiquent plus directement entre eux, mais via un GEMMA de niveau supérieur.