
6.

GEMMA

Pierre Duysinx

Université de Liège

Année académique 2021-2022

Introduction

- Qu'est que le GEMMA?
 - Guide d'Etude des Modes de Marche et d'Arrêt
 - Le GEMMA est un outil graphique qui permet de mieux définir *les modes de marche et d'arrêt* d'un système automatisé et de les prévoir dès la conception du système
 - Le document fait partie du dossier technique de la machine et se présente sous la forme d'une « check list».
 - Tout comme le GRAFCET, le GEMMA est un outil d'aide à l'analyse.
 - Le GEMMA complète le GRAFCET.

Introduction

■ SITUATION

- Réalisation de machines automatiques
 - De plus en plus complexes
 - Offrant de plus en plus de sécurité
 - Avec de plus en plus de souplesse d'emploi
- Machines = carrefour entre différentes compétences et différents métiers

■ BESOINS

- ⇒ Besoin d'**outils méthodes** utilisant des concepts clairement définis et facilitant la conception, la réalisation et l'exploitation des machines automatiques
- ⇒ Besoin d'un **vocabulaire précis**
- ⇒ Besoin d'une **approche guidée et systématique** pour tout prévoir dès l'étude, pour envisager les conséquences sur la PO et la PC

Les concepts de base

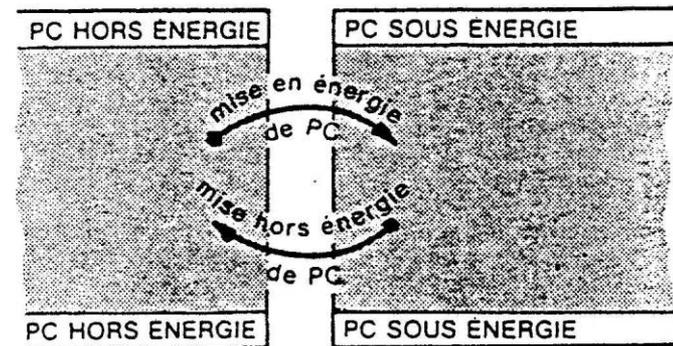
■ MÉTHODE DE TRAVAIL

- On commence par recenser les *modes* ou *états* de fonctionnement du système en utilisant des critères clairement définis et indépendants à la fois du type de système et de la technologie de commande.
- On établit des liaisons possibles entre ces modes ou états
- Détermination des conditions d'évolution d'un mode à l'autre.
- On en déduit le GRAFCET complété afin de terminer la définition des spécifications de la partie commande, y compris le pupitre et les capteurs supplémentaires.

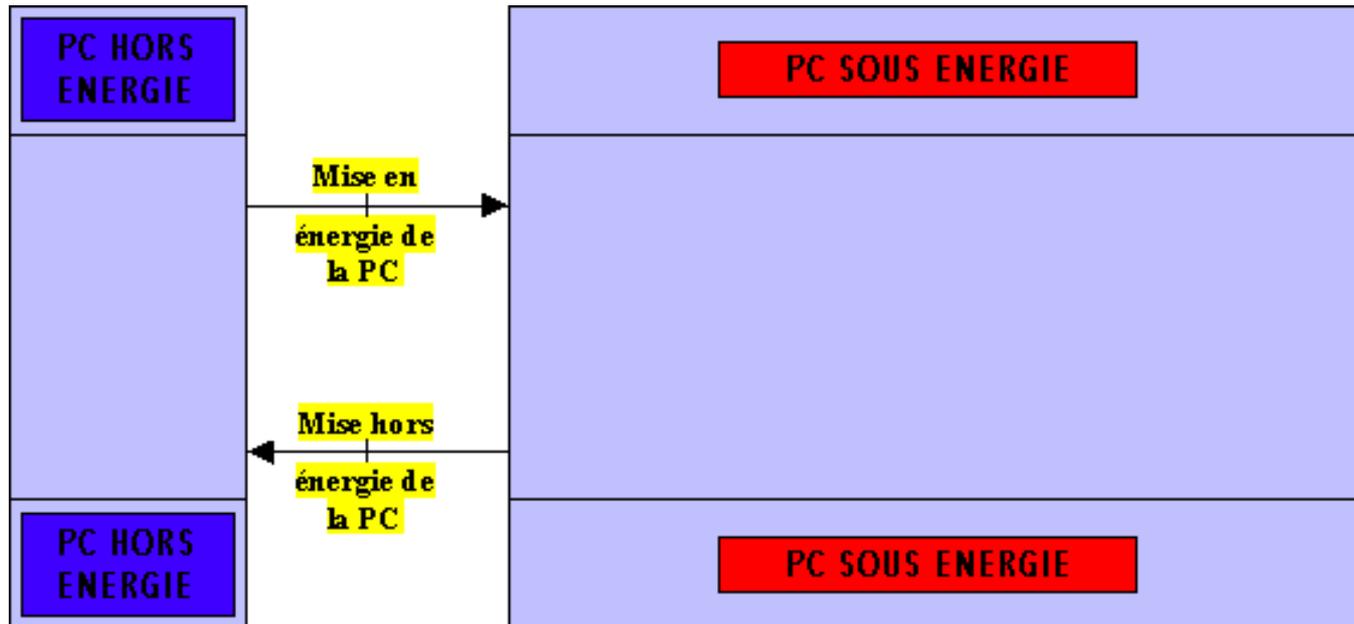
Concept 1: les MMA vus par une partie commande en ordre de marche

■ Rappels

- Partie opérative = tout ce qui n'est pas l'automatisme
 - Mécanismes, capteurs, actionneurs, dispositifs divers du système,
 - Tout ce qui relève de l'environnement du système (opérateurs humains aussi)
- Partie commande = tout ce qui assure le contrôle
- Les modes de marche et d'arrêt concernent le système, c'est-à-dire la partie opérative + la partie commande, **mais vus par la partie commande**.
- On fait l'hypothèse que **la partie commande est en ordre de marche**, même si la partie opérative est hors état d'énergie ou en défaut ou à l'arrêt.

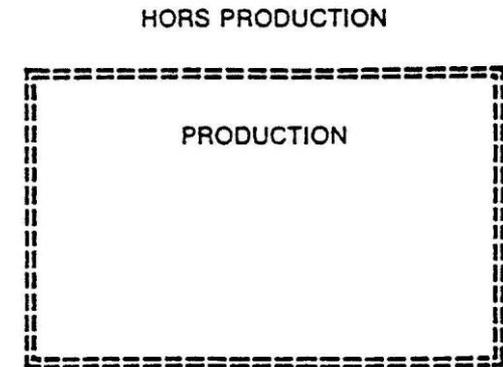


Concept 1: les MMA vus par un partie commande en ordre de marche

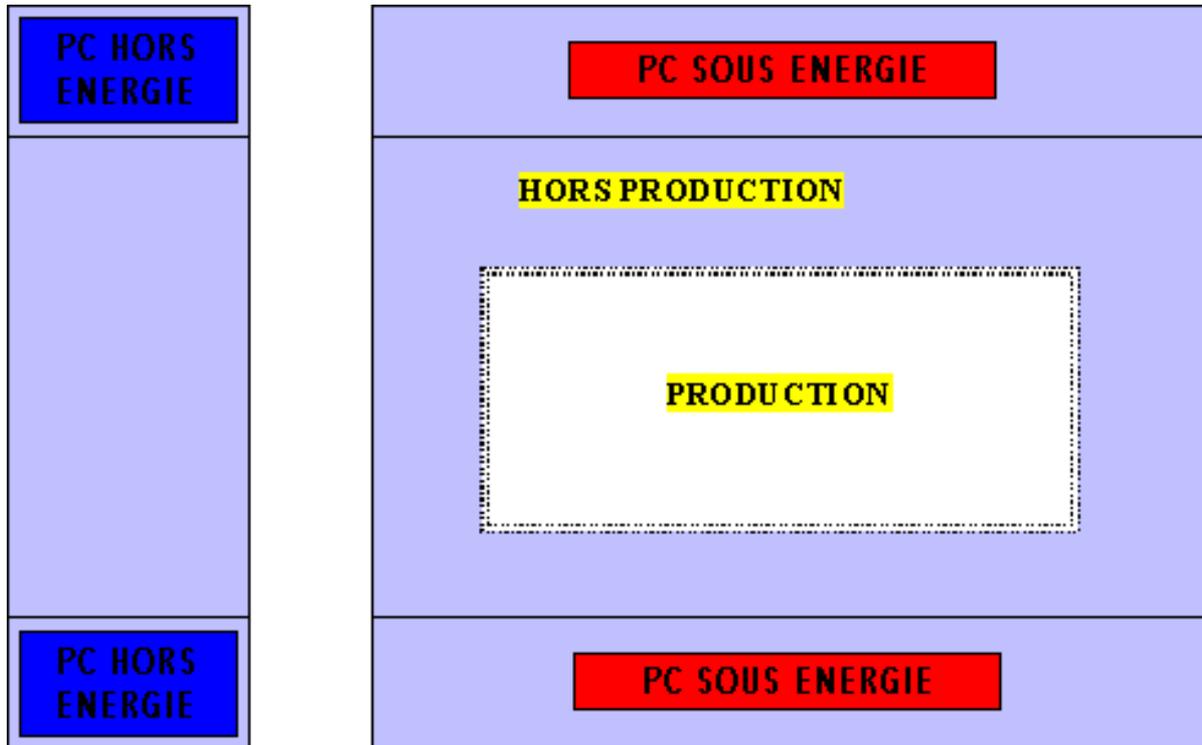


Concept 2: le critère « production »

- Système industriel = production de valeur ajoutée: modification du produit, contrôle, manutention, stockage...
- Système en production si la valeur ajoutée pour laquelle il est conçu est obtenue
- Système hors production sinon
- Deux zones dans le GEMMA
 - Production
 - Hors Production



Concept 2: le critère « production »

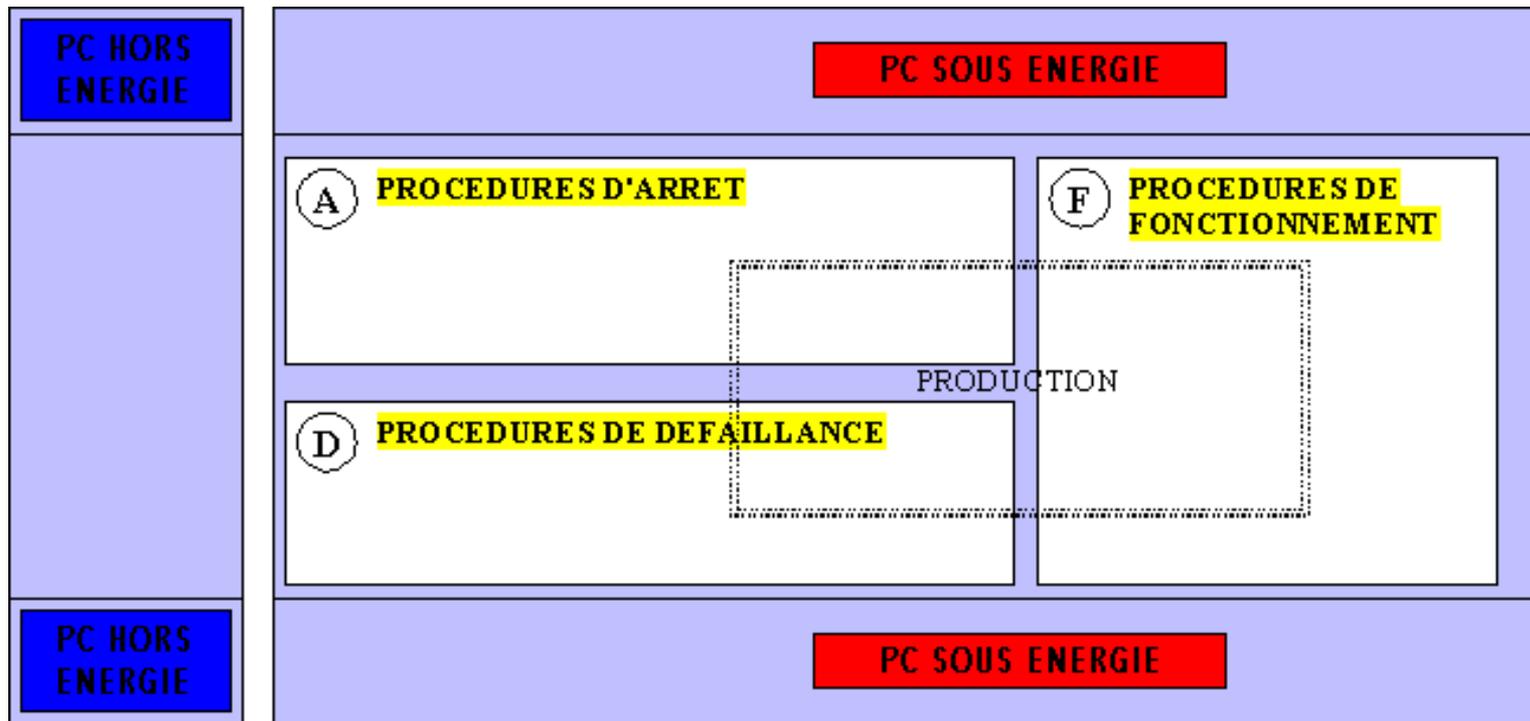


Concept 3: les 3 grandes familles de modes marche arrêt

- A: Procédures d'arrêt
 - Regroupe tous les modes obligeant à un arrêt du système pour des raisons **extérieures** à celui-ci
 - Remarque: On peut produire dans une procédure d'arrêt
- D: Procédures de défaillance
 - Regroupe tous les modes obligeant à un arrêt du système pour des raisons **intérieures** à celui-ci (dysfonctionnement de la PO)
- F: Procédures de fonctionnement
 - Regroupe tous les modes de marche nécessaires à la production
 - Y compris les modes préparatoires à la production

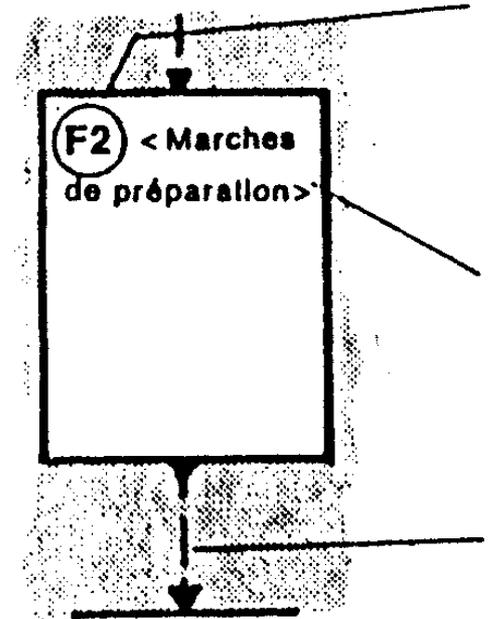


Concept 3: les 3 grandes familles de modes marche arrêt



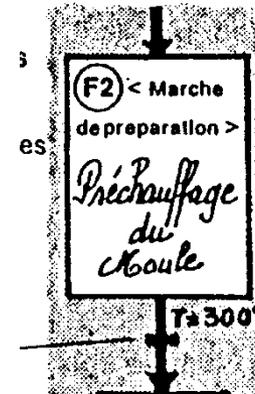
Les rectangles états

- Sur le GEMMA, chaque mode de Marche ou d'Arrêt désiré peut être décrit dans l'un des «rectangles états » prévus à cette fin.
- Le GEMMA porte des rectangles états dans lesquels sont exprimés les différents états de Marche et d'Arrêts
- La position du rectangle état sur le guide graphique définit:
 - Son appartenance à l'un des 3 familles: procédures de fonctionnement (F), d'arrêt (A) ou de défaillance (D)
 - Le fait qu'il en ou hors production
- Désignation du rectangle utilisant un vocabulaire ne pouvant prêter à confusion
 - Ex: Marche de préparation

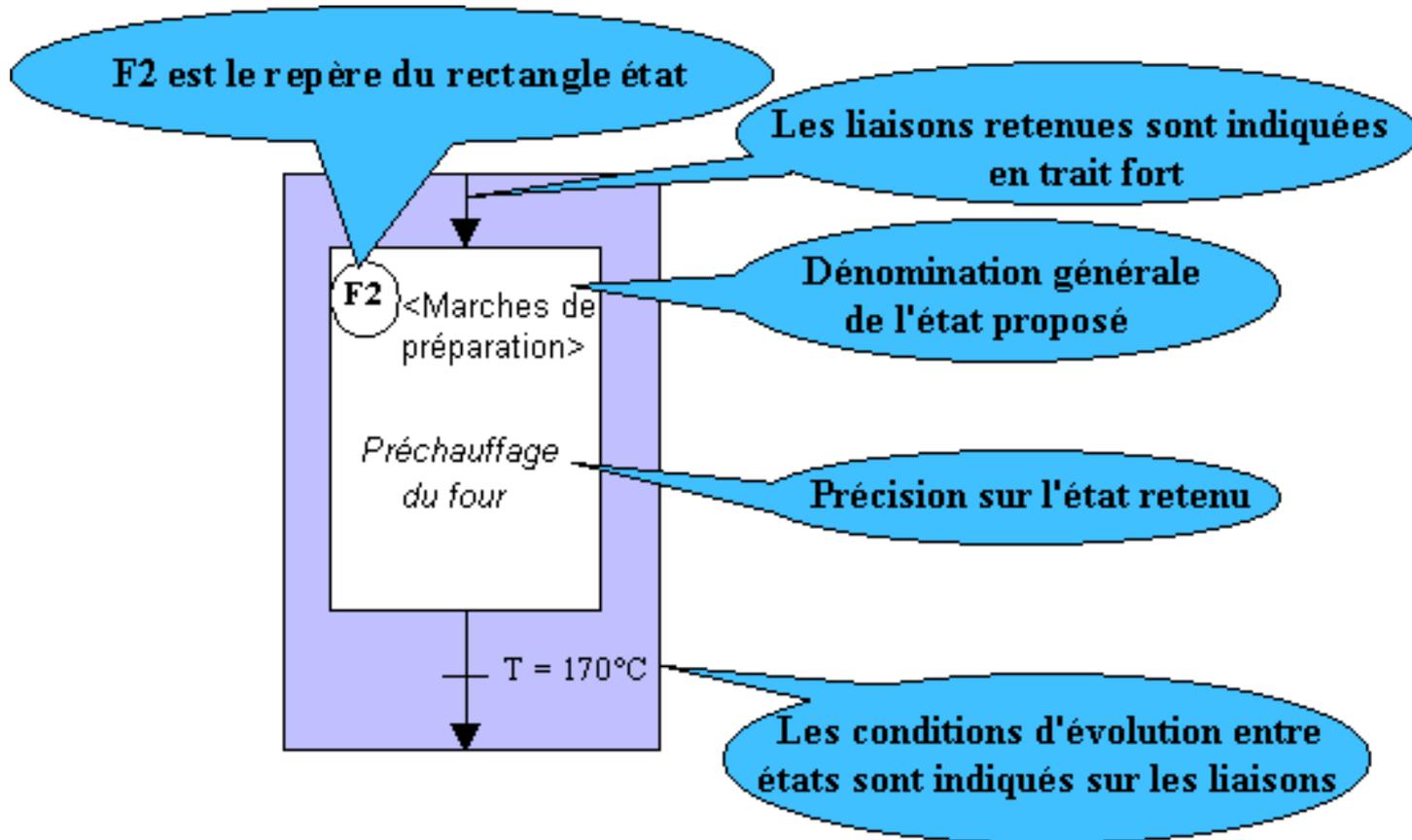


Utilisation des rectangles états

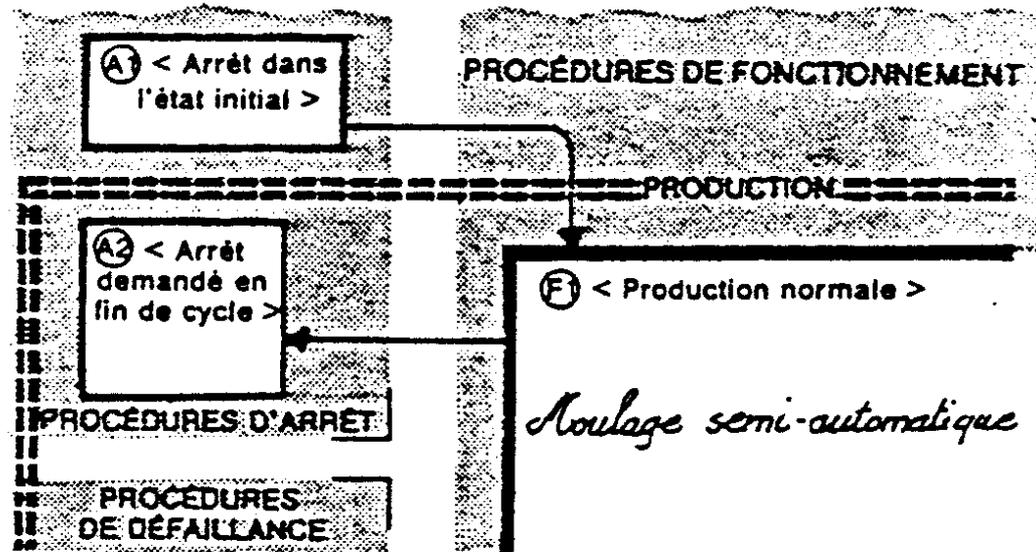
- Dans le rectangle, inscrire la procédure retenue pour l'état
 - Préciser en langage clair l'état retenu pour la machine
 - Dans un vocabulaire particulier à la machine
 - Ex: Opération d'usinage selon GRAFCET de production
- Les liaisons retenues sont indiquées en traits forts
- Les conditions d'évolution entre états sont indiquées sur les liaisons



Les rectangles états



Les rectangles états



Les rectangles-états

Aspect du guide graphique

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

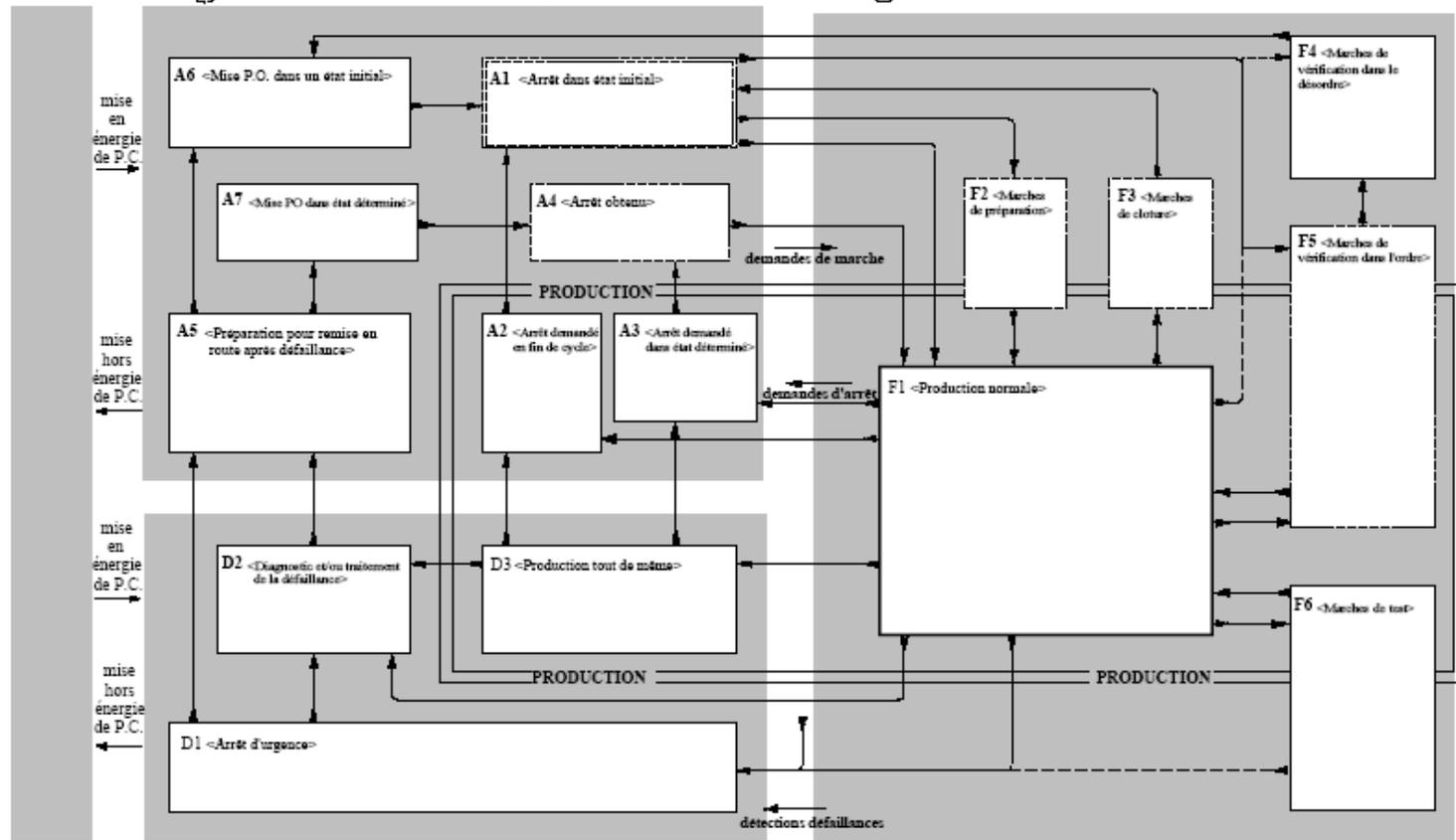
LEGENDE
 P.O. = Partie Opérative
 P.C. = Partie Commande

Références de l'équipement

P.C. HORS ENERGIE

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

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT



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

(D) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

Les états « F »

- **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.

Les états « F »

- **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.

Aspect du guide graphique

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

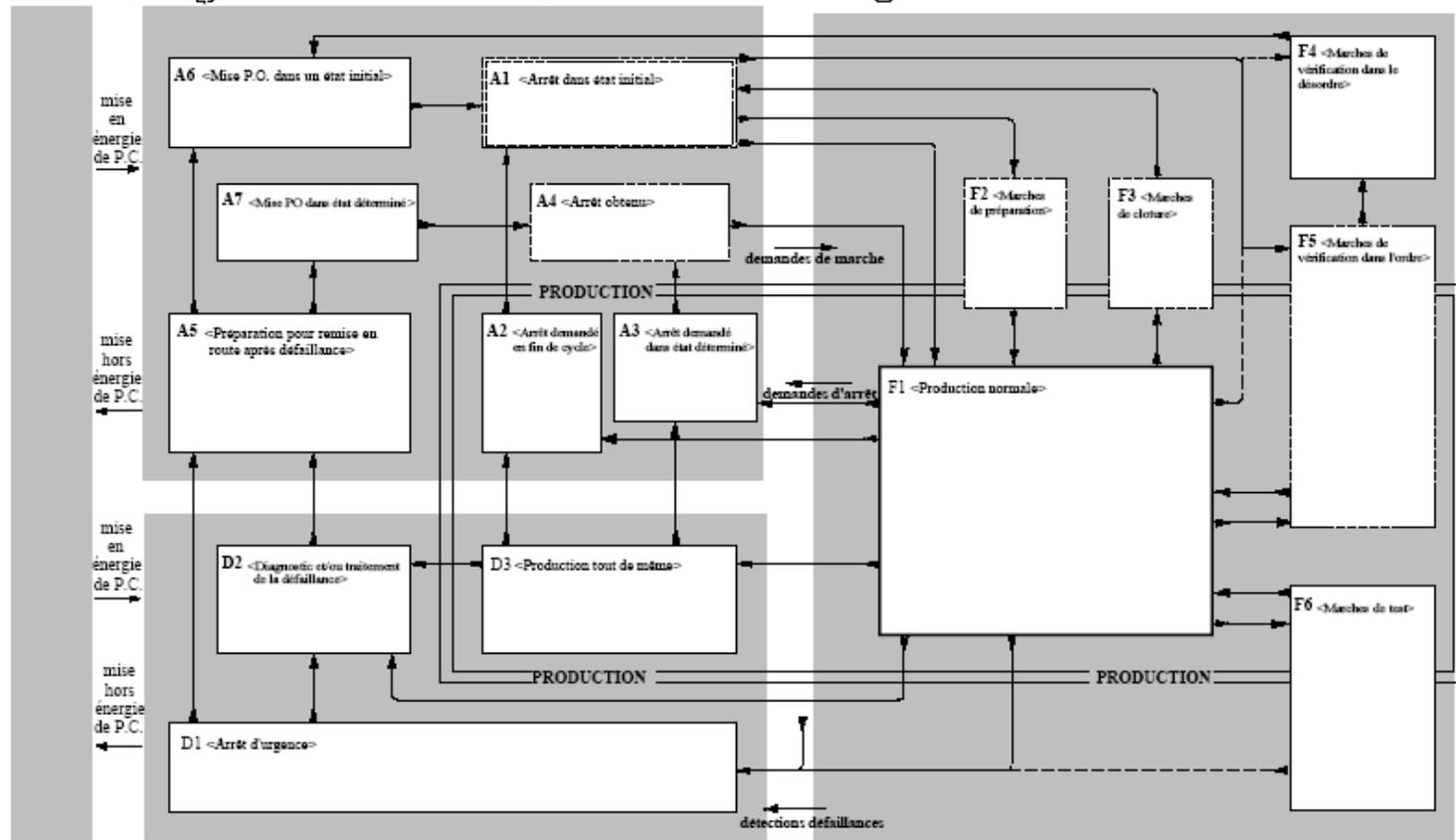
LEGENDE
 P.O. = Partie Opérative
 P.C. = Partie Commande

Références de l'équipement

P.C. HORS ENERGIE

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

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT



(B) PROCEDURES DE MARCHES de la Partie Opérative (PO)

(D) PROCEDURES DE MARCHES de la Partie Opérative (PO)

Les états « A »

- **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.

Les états « A »

- **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.

Aspect du guide graphique

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

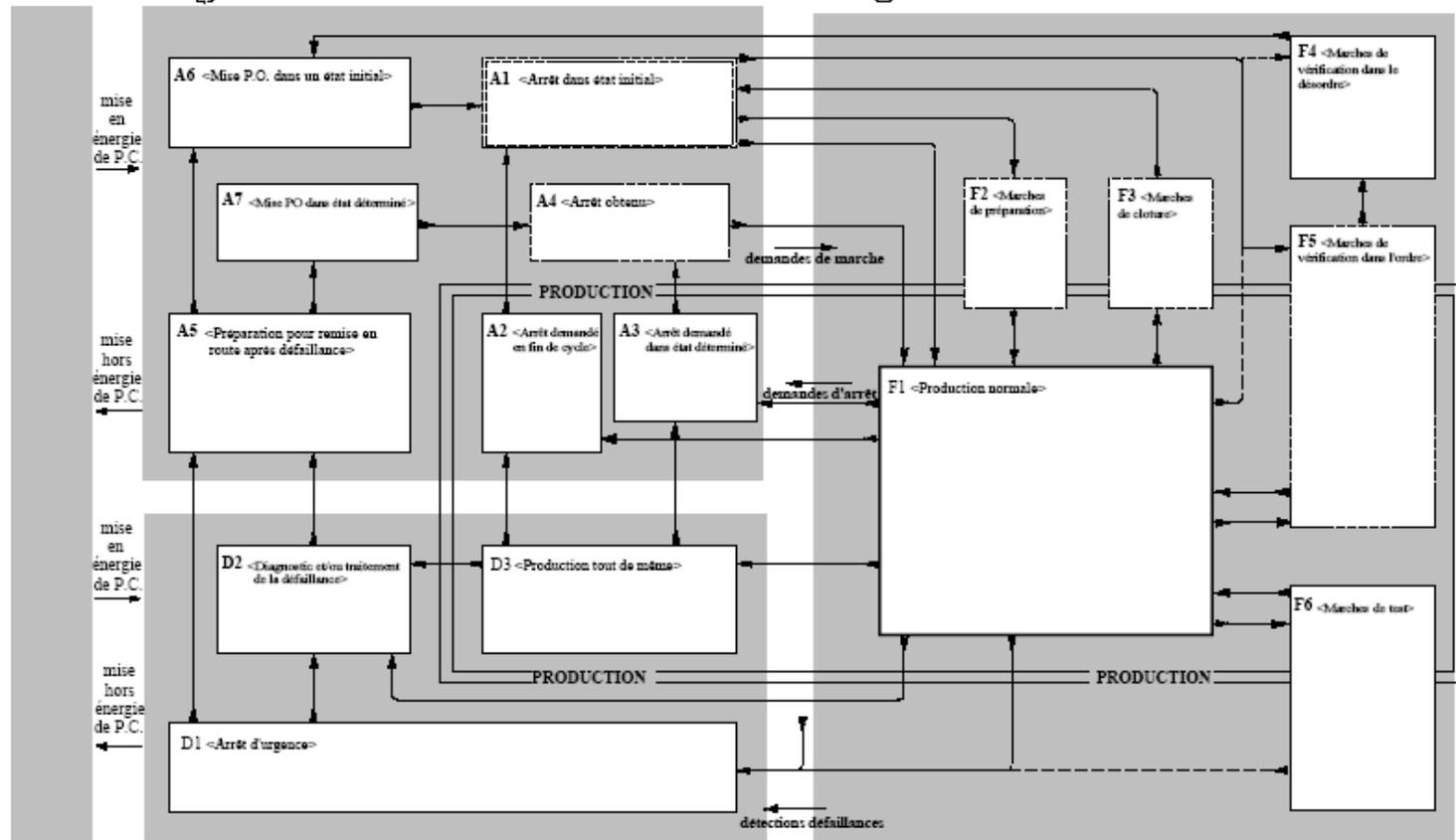
LEGENDE
 P.O. = Partie Opérative
 P.C. = Partie Commande

Références de l'équipement

P.C. HORS
 ENERGIE

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

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT



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

(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT

Etats « D »

- **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.

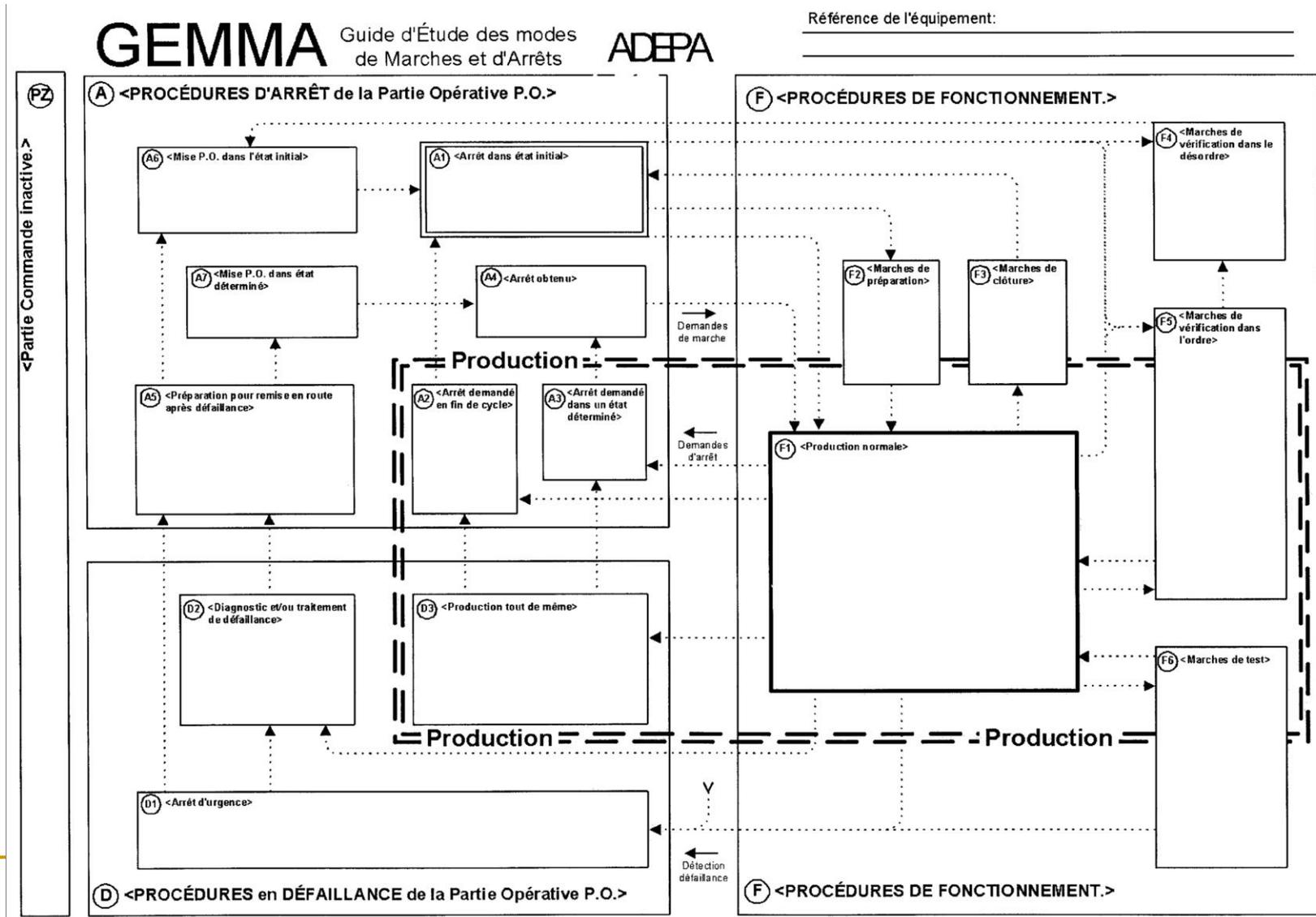
- **D2 < Diagnostic et/ou traitement de défaillance >**

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 >.

Aspect du guide graphique



Exemples

- Voir notes de cours

Méthode de mise en œuvre

- | | | |
|-----------------------|--|--|
| 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 |

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

Méthode de mise en œuvre

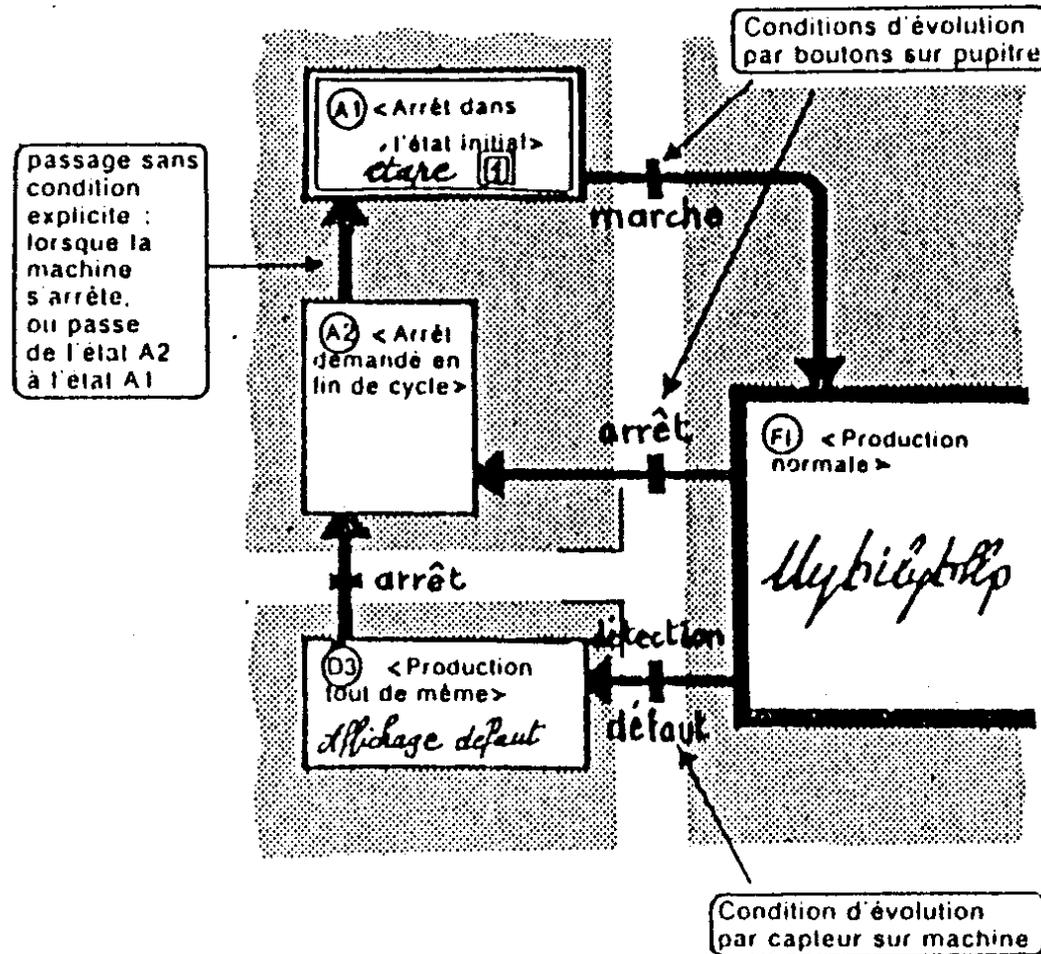
- SÉLECTION DES MODES DE MARCHÉ ET D'ARRÊT
 - La partie opérative étant définie
 - Le GRAFCET du cycle de production normal étant définis

- Procédure
 - 1° Envisager tous les rectangles états proposés par le GEMMA
 - Check list
 - 2° Rechercher les évolutions possibles d'un état vers un autre
 - Deux états essentiels:
 - A1: état initial ou au repos de la machine
 - F1: le mode de production normale
 - Mettre en évidence des boucles passants par A1 et F1 et appartenant à l'une des deux familles
 - Démarrage – arrêt normal
 - Démarrage – défaillance – retour à l'état initial

Méthode de mise en œuvre

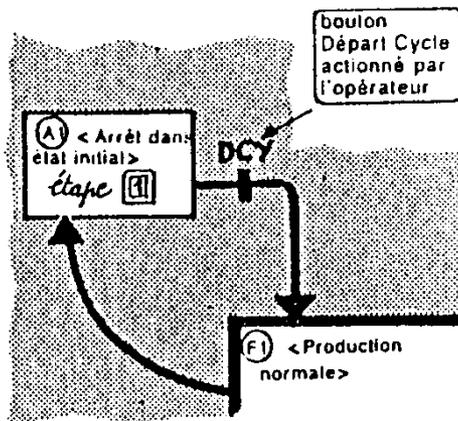
- CONDITIONS D'ÉVOLUTION ENTRE MODES DE MARCHÉ ET D'ARRÊT
 - GEMMA permet de préciser les infos nécessaires pour passer d'un état à un autre
 - Permet
 - De concevoir le pupitre de commande
 - De prévoir éventuellement de nouveaux capteurs
 - De compléter le GRAFCET
 - Passer d'un état à un autre de 2 manières
 - Avec un condition d'évolution: action sur un bouton du pupitre ou infos d'un capteur
 - Sans condition explicite: l'écriture d'une condition n'apporte rien.

Méthode de mise en œuvre

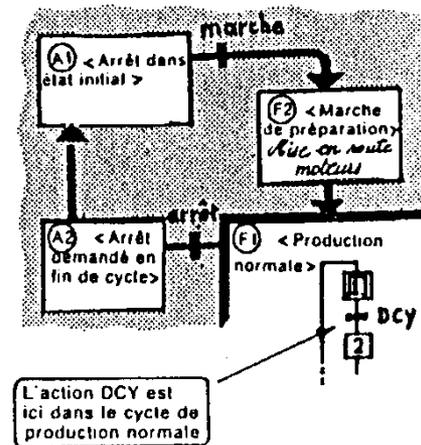


Machines nécessitant une intervention de l'opérateur à chaque cycle

- Machines semi automatiques = machines nécessitant une intervention opérateur à chaque cycle
- Intervention de l'opérateur peut se traduire sur le GEMMA de deux manières



Action « Départ Cycle » extérieure à F1



Action « Départ Cycle » intérieure à F1

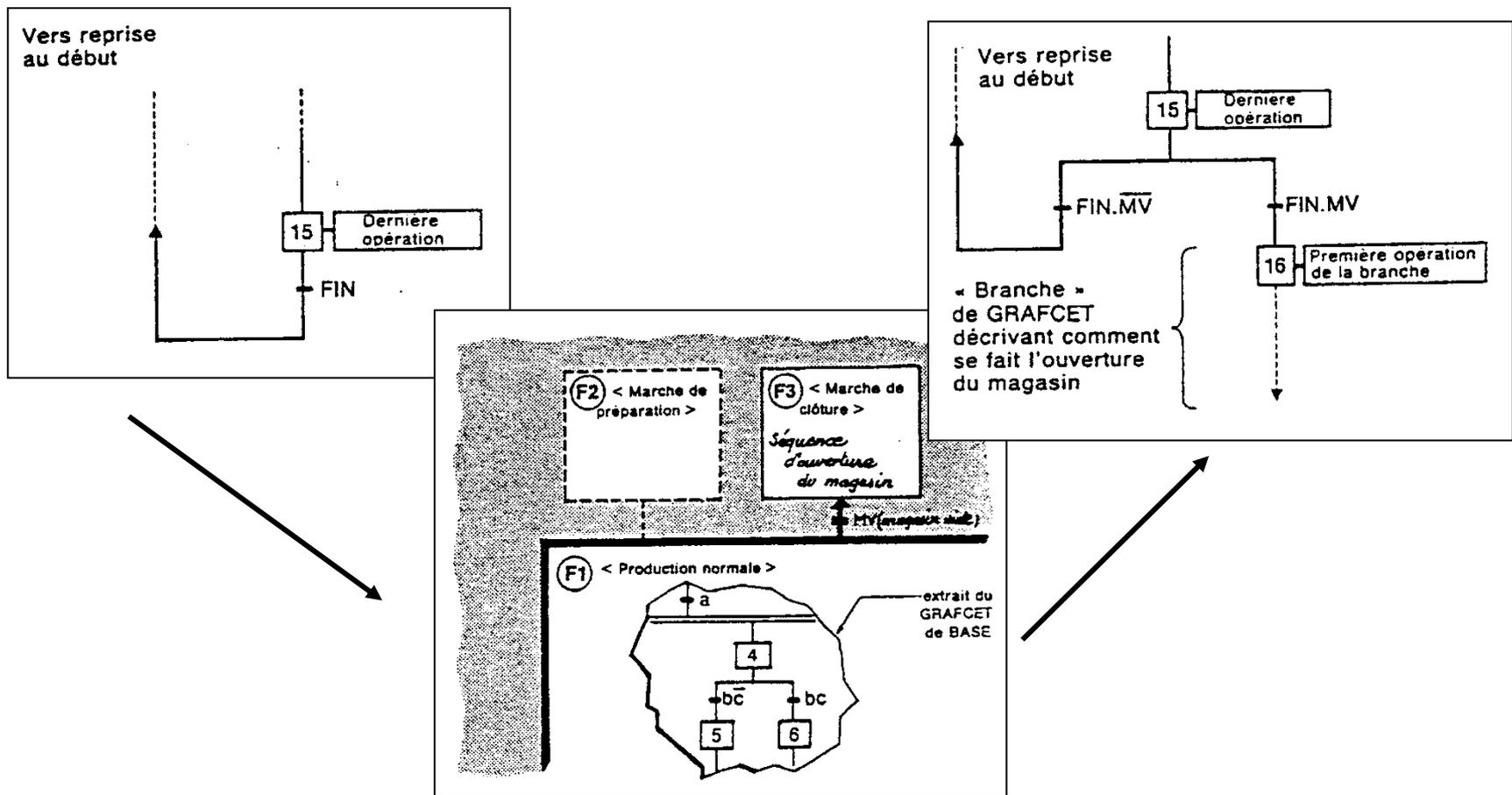
Programmation des MMA

- Comment intégrer les précisions obtenues par l'étude des Modes de Marches et d'Arrêts?
- Résultat = GRAFCET COMPLÉTÉ
- Méthodes:
 - 1° Enrichissement du GRAFCET de BASE
 - 2° Structuration en TACHES

Enrichissement du GRAFCET de BASE

- GRAFCET de BASE correspond au rectangle F1 « Production normale »
- Rajouter ce qu'il convient pour assurer les autres modes
- = ajouter des « branches » et des « séquences » mutuellement exclusives
- Les conditions d'aiguillage = les conditions de passage entre rectangles du GEMMA

Enrichissement du GRAFCET de BASE



- Exemple: rajouter une séquence d'ouverture du magasin en fin de production pour réapprovisionnement

Découpage en TACHES

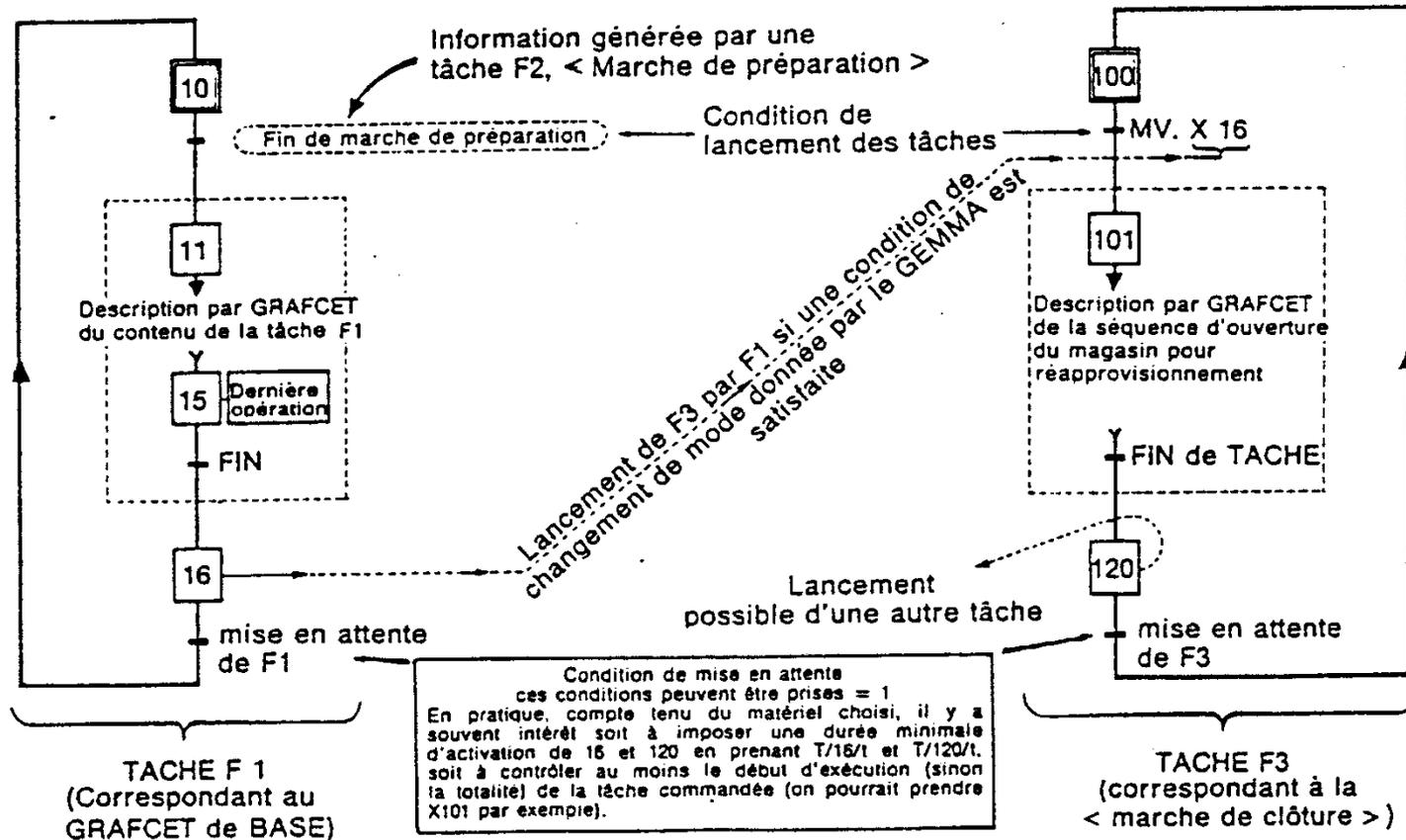
- Un ou plusieurs rectangles autres que F1 « Production normale » exigent la mise en œuvre de cycles assez complexes
- Structurer chaque mode en tâches autonomes, y compris F1 et ensuite assurer la coordination entre ces tâches
- Méthodes
 - Chaque tâche autonome = un GRAFCET
 - La coordination des GRAFCETS
 - Coordination horizontale
 - Coordination verticale

Découpage en TACHES

- **Coordination horizontale**
 - Lorsque aucune tâche n'est prééminente
 - Chacune peut lancer une autre
 - Lorsqu'il y a peu de tâches
 - Lorsque les liaisons sont limitées

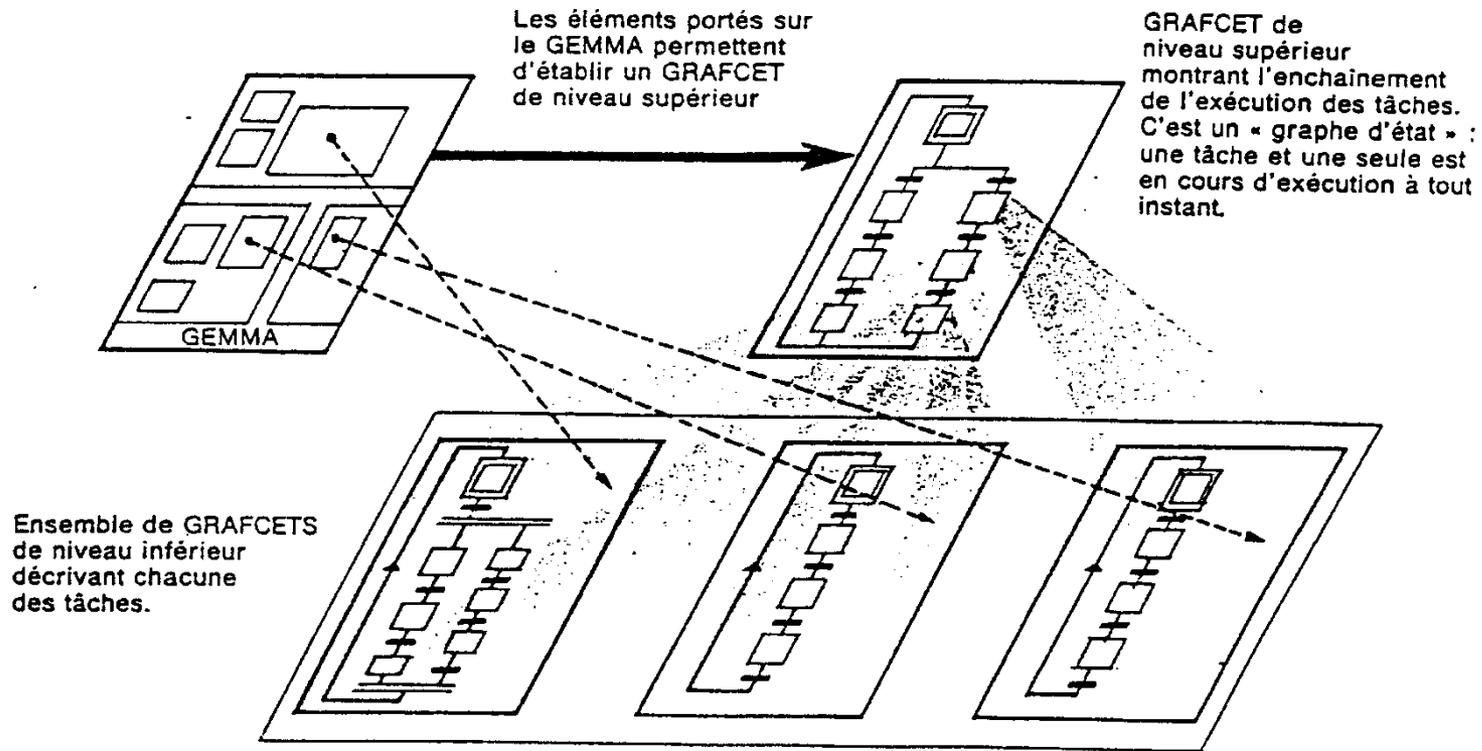
 - Attention: Une et une seule tâche en cours d'exécution à chaque instant!
- **Coordination verticale** ou hiérarchisée
 - Un GRAFCET maître assure la coordination des modes de Marches Arrêts

Découpage en TACHES



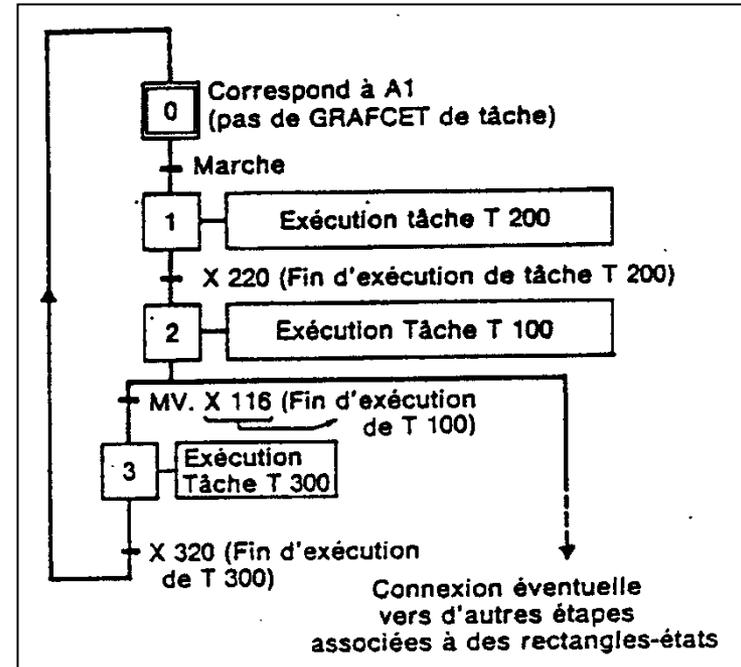
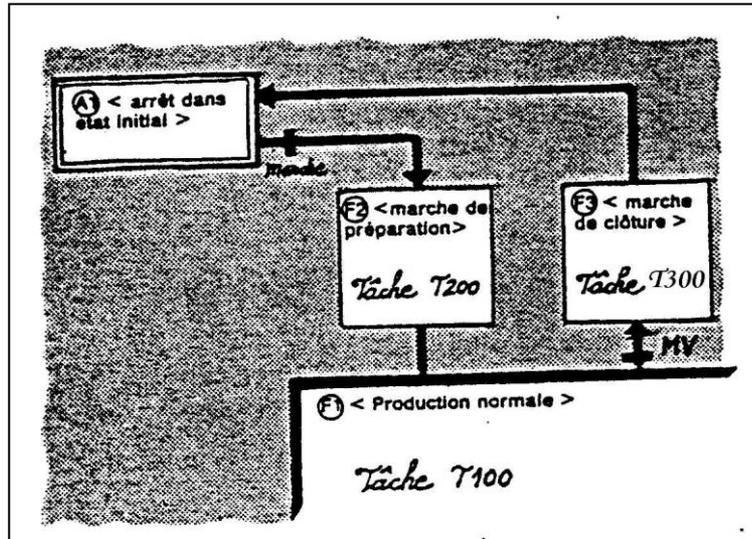
Coordination horizontale

Découpage en TACHES



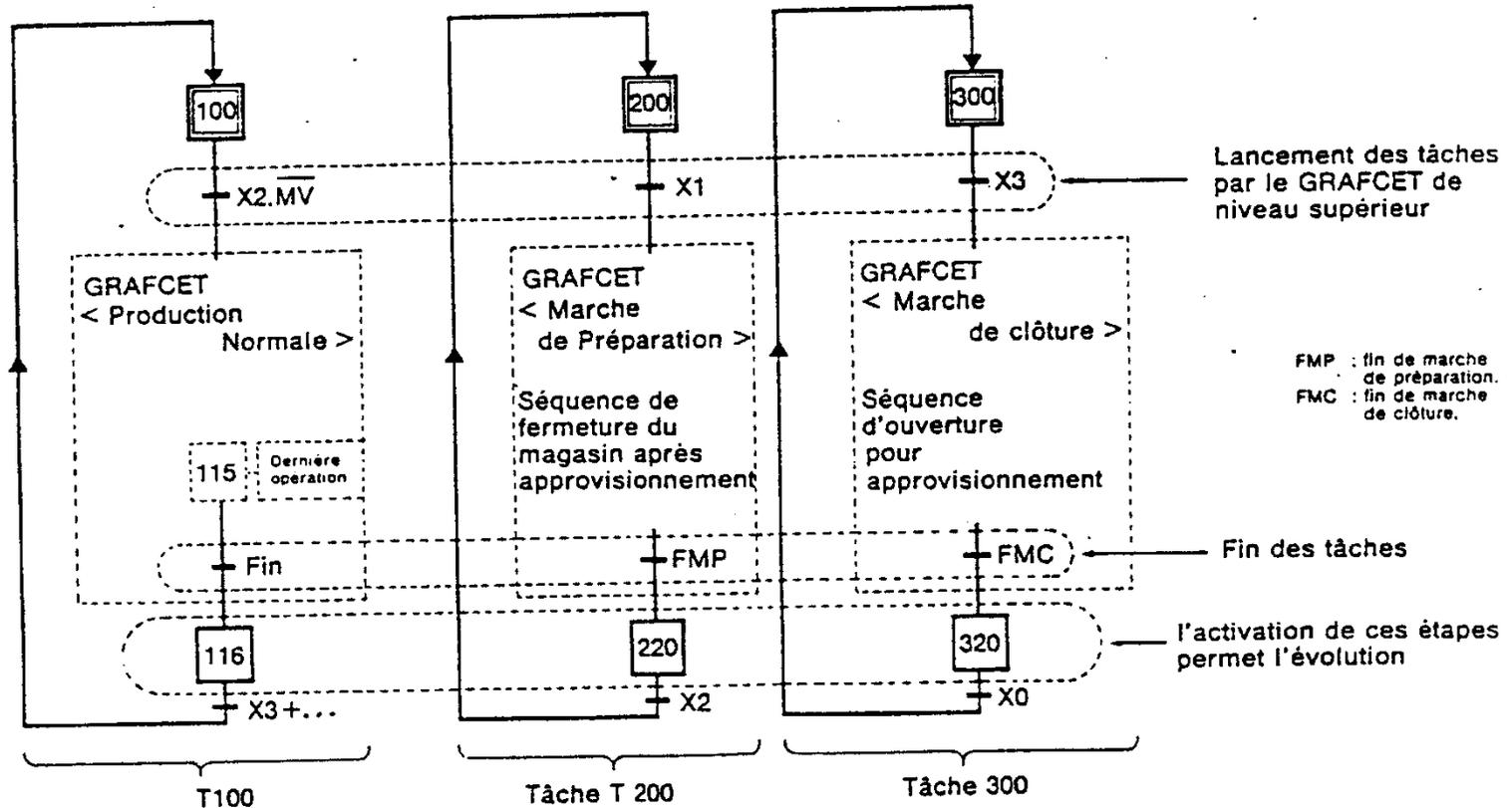
Coordination verticale ou hiérarchisée

Découpage en TACHES



Exemple de coordination verticale GRAFCET de niveau supérieur

Découpage en TACHES

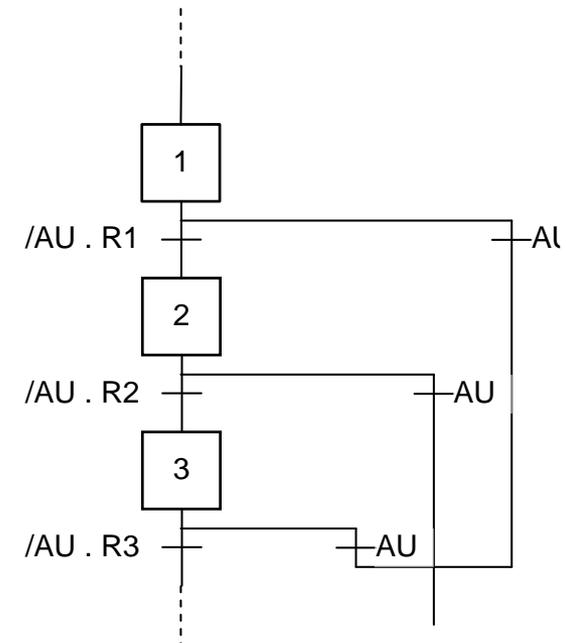


Nota : on peut imaginer plusieurs autres solutions pour assurer l'évolution de l'ensemble.

Exemple de coordination verticale - GRAFCETs de niveau inférieur

Traitement des arrêts d'urgence

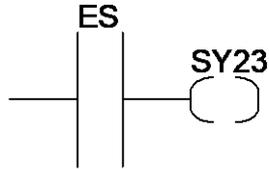
- L'AU (arrêt d'urgence) devrait apparaître à chaque étape du GRAFCET
- GRAFCET rapidement complètement illisible et inextricable
- AU pas une information comme les autres, car super prioritaire
- Important de formaliser le comportement attendu du système en cas d'AU
 - Figeage du GRAFCET et annulation des actions
 - Lancement d'une procédure d'urgence variable en fonction de la nature de l'AU
- Problème délicat de la reprise après arrêt d'urgence



Traitement des arrêts d'urgence

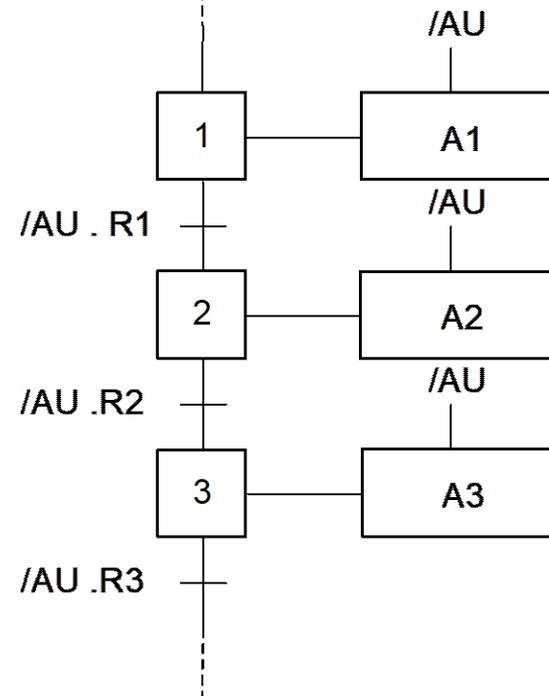
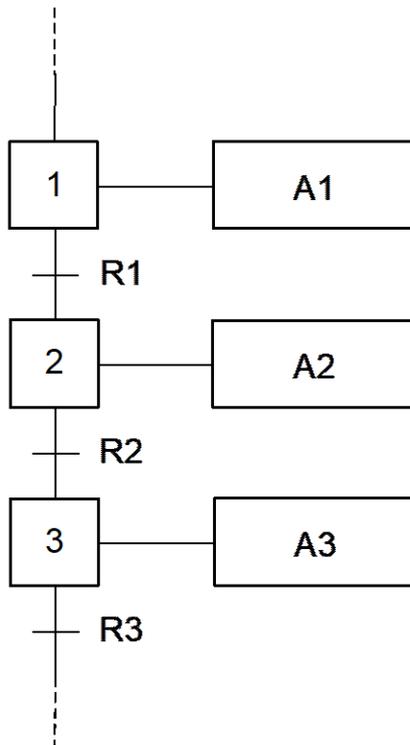
- Pour éviter des programmations explicites compliquées, les constructeurs offrent des solutions basées sur des fonctions spéciales
- Néanmoins, **pas de solutions standards**
 - Exemple: bit SY21, SY22, SY23 en TELEMECANIQUE
 - Bit SY21: initialisation du GRAFCET (activation des étapes initiales)
 - Bit SY22: remise à zéro générale du GRAFCET
 - Bit SY23: figeage du GRAFCET et l'inhibition de toutes les actions
- Moyen de relancer le GRAFCET à partir d'un état quelconque défini par le programmeur.
- Activation des étapes du GRAFCET dans la partie combinatoire en forçant à 1 les variables d'étape Xi correspondantes.

Traitement des arrêts d'urgence

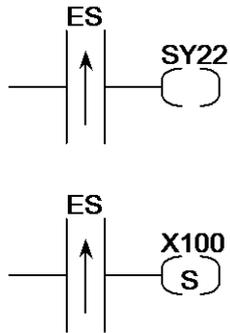


Bit SY21: initialisation du GRAFCET (activation des étapes initiales)
Bit SY22: remise à zéro générale du GRAFCET
Bit SY23: figeage du GRAFCET et l'inhibition de toutes les actions

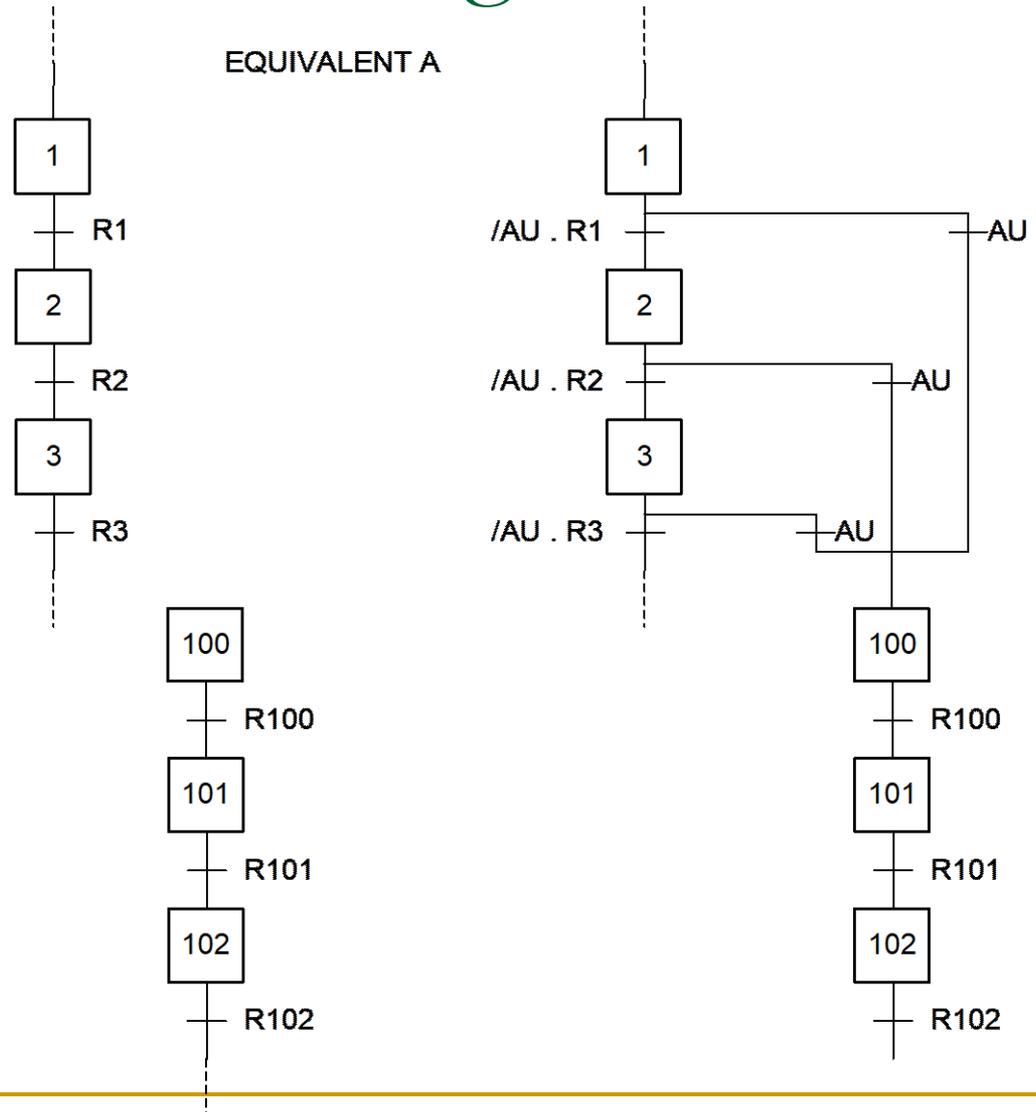
EQUIVALENT A



Traitement des arrêts d'urgence



Désactiver le GRACET
+ Séquence d'urgence



Procédure d'urgence