



Plan & notes

I. Approche structurée des systèmes automatisés

- Concept et objectifs d'une analyse SADT (Structured Analysis and Design Technique)
- Actigrammes et datagrammes
- Formalisme de SADT

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité et surveillance
- GRAFCET de conduite et d'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

III. Guide des Etudes de Modes de Marches et d'Arrêts (GEMMA)

- Présentation du guide
- Structure du GEMMA
- Définition des procédures : de fonctionnement, d'arrêt et en défaillance
- Utilisation pratique du GEMMA

Cours (Chapitre II) GRAFCET HIERARCHISES

Module:

*Systemes automatisés industriels
Avancée*

Présenté par Dr Abdelhakim Idir

abdelhakim.idir@univ-msila.dz

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité et surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

RAPPEL GRAFCET

Apprendre

Le **GRAFCET** (**GRA**phe **Fonctionnel** de **Com**mande par **Et**apes et **Transitions**) ou **SFC** (**Se**quential **Fon**ction **Ch**art) est un outil **graphique** qui décrit les différents comportements de l'évolution d'un **automatisme** et établit une correspondance à caractère séquentiel et combinatoire entre :

- Les **ENTREES**, c'est-à-dire les **transferts d'informations** de la **Partie Opérative** vers la **Partie Commande**,
- Les **SORTIES**, **transferts d'informations** de la **Partie Commande** vers la **Partie Opérative**.

Apprendre

C'est un **outil graphique puissant, directement exploitable**, car c'est aussi un **langage pour la plupart des API** existants sur le marché. Lorsque le mot **GRAFCET** (en lettre capitale) est utilisé, il fait référence à l'outil de **modélisation**. Lorsque le mot **grafcet** est écrit en minuscule, il fait alors référence à **un modèle** obtenu à l'aide des règles du **GRAFCET**. (Exemple : J'ai utilisé le **GRAFCET** pour concevoir cette machine, jette un coup d'œil sur le **grafcet de sécurité** et dit moi ce que tu pense).

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité et surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

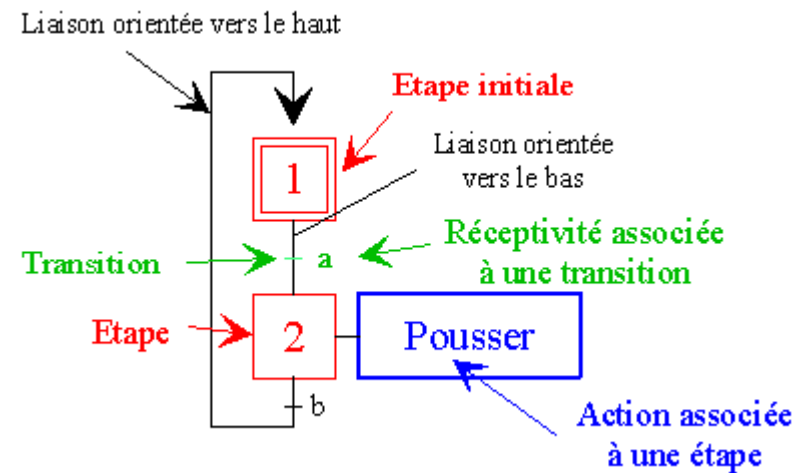
RAPPEL GRAFCET

Apprendre

Le GRAFCET comprend :

- ❑ des **étapes** associées à des actions ;
- ❑ des **transitions** associées à des **réceptivités** ;
- ❑ des **liaisons orientées** reliant étapes et transitions.

Apprendre



Chapitre 2

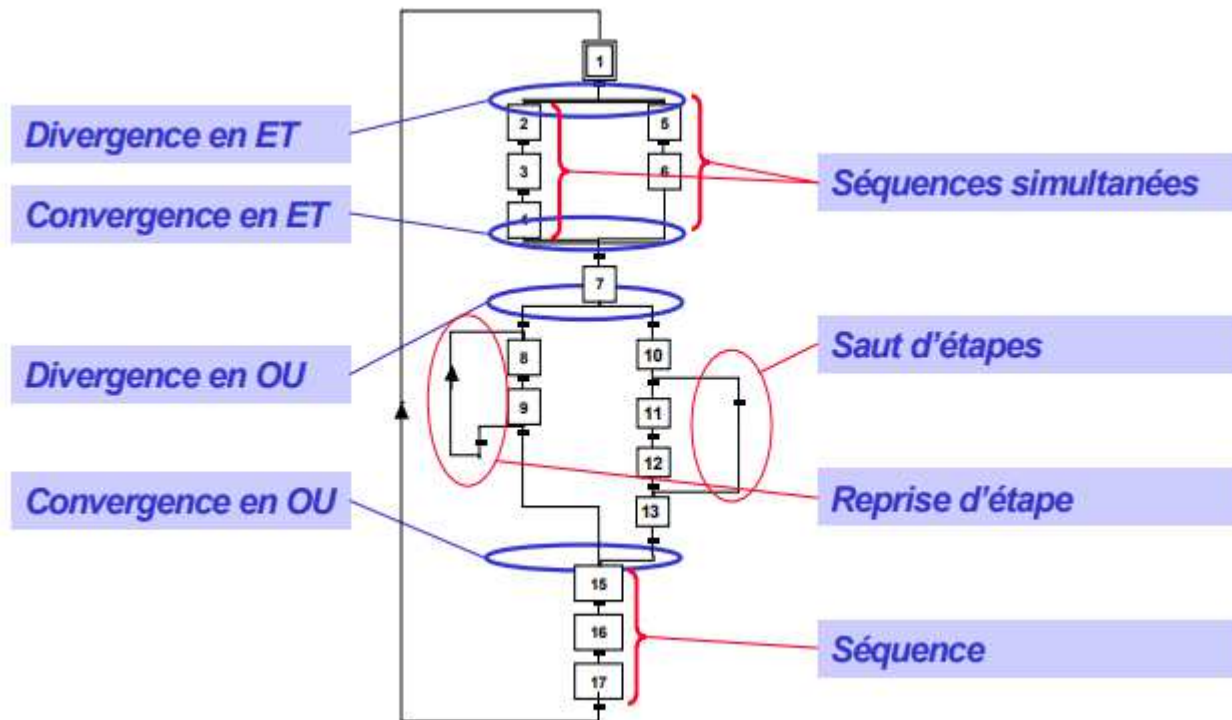
II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité et surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Apprendre

Structure de base de G7

RAPPEL GRAFCET



RAPPEL GRAFCET

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité et surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Apprendre

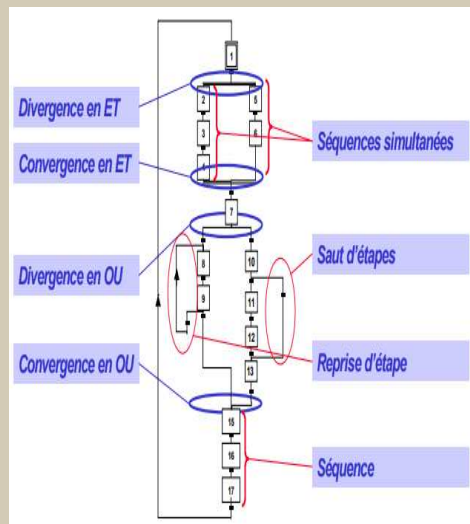
Structure de base de G7

• **Divergence en ET** : représentée par deux traits parallèles indiquant la simultanéité des deux séquences qui vont suivre. Ces deux traits sont précédés d'une transition qui, lorsqu'elle sera franchie, activera simultanément les étapes 2 et 5.

• **Convergence en ET** : Egalement représentée par deux traits parallèles, elle indique la fin d'une séquence simultanée. A noter que les étapes immédiatement au dessus (ici 4 et 6) représentent souvent des étapes d'attente à l'intérieur desquelles aucune action n'est effectuée. L'étape 6 sera rendue active si les étapes 3 et 5 sont actives et la transition vraie.

• **Divergence en OU** : Représente un choix d'évolution entre plusieurs séquences (deux ou davantage). Elle se représente graphiquement par un trait simple sous l'étape. S'il est souhaité de ne sélectionner qu'une seule évolution, toute les réceptivités associées aux transitions doivent être exclusives. C'est à dire ne pouvant pas être vraies simultanément. Cette exclusion peut être d'ordre logique dans l'écriture des réceptivités.

Convergence en OU : Représente la fin du choix d'évolution entre les différentes séquences. L'étape 15 sera active si l'étape 9 est active et la transition associée vraie OU l'étape 13 active et la transition associée vraie.



Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Le Grafcet et les modes de marche

INTRODUCTION

Jusqu'à présent, nous nous sommes intéressés essentiellement au **fonctionnement normal de l'automatisme** et à la meilleure façon de le représenter par un Grafcet. En fait, à côté de ce **fonctionnement qui constitue le coeur du cahier des charges**, viennent se greffer d'autres considérations telles que **les modes de marche, les sécurités, arrêts d'urgence, etc...**

Définition des modes de marche

Apprendre

On va indiquer maintenant **quels contrôles l'utilisateur peut exercer sur la commande du système automatisé.**

L'utilisateur peut avoir le choix entre :

- Exécuter indéfiniment le cycle de fonctionnement normal.



Marche automatique

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Le Grafcet et les modes de marche

Définition des modes de marche

Apprendre

- Exécuter unitairement le cycle de fonctionnement normal



Marche cycle par cycle

- Contrôler de manière permanente le cycle de fonctionnement normal



Marche étape par étape

- Contrôler de manière permanente chaque action



Marche manuelle

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Le Grafcet et les modes de marche

Modes de marche

☐ *Marches normales*

Apprendre

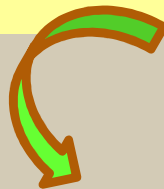
Ce sont des marches où l'intervention de l'opérateur se limite à autoriser le déroulement du cycle de fonctionnement normal:

- **Marche automatique** : Le cycle de fonctionnement normal **se répète indéfiniment jusqu'au moment où l'ordre d'arrêt est donné**. L'arrêt s'effectue alors en fin de cycle de fonctionnement normal.
- **Marche cycle par cycle** ou **semi-automatique** : Chaque cycle de fonctionnement **se déroule automatiquement** mais une **action de l'opérateur** (bouton poussoir départ cycle) **est nécessaire** pour **permettre l'exécution du cycle suivant**.

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale



Le Grafcet et les modes de marche

Modes de marche

☐ *Marches d'intervention*

Apprendre

Ce sont des marches où l'opérateur intervient directement dans le fonctionnement du système automatisé. Elles nécessitent donc de sa part **une connaissance parfaite du processus** sur lequel il aura un rôle actif.

- **Marche étape par étape** ou **marche de réglage**. Ce mode de marche est fréquemment utilisé **pour effectuer les réglages sur le processus** (**mise en route, localisation d'incident** ...). Le **cycle de fonctionnement normal se déroule étape par étape**, avec ou sans exécution des actions, le **passage d'une étape à la suivante nécessitant** une **intervention manuelle** de l'opérateur (**bouton poussoir avance**).
- **Marches manuelles** : L'exécution d'une action est alors **directement liée à un ordre manuel (bouton poussoir)**. Cette exécution est généralement asservie à certaines sécurités. La marche manuelle autorise l'opérateur à se substituer à l'automatisme.

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Le Grafcet et les modes de marche

Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

Apprendre

Chercher à représenter globalement tous les fonctionnements possibles d'un système automatisé à partir d'un seul et même grafcet est possible. Mais elle conduit à une représentation très lourde et rapidement **Inextricable** (Dont on ne peut sortir.).

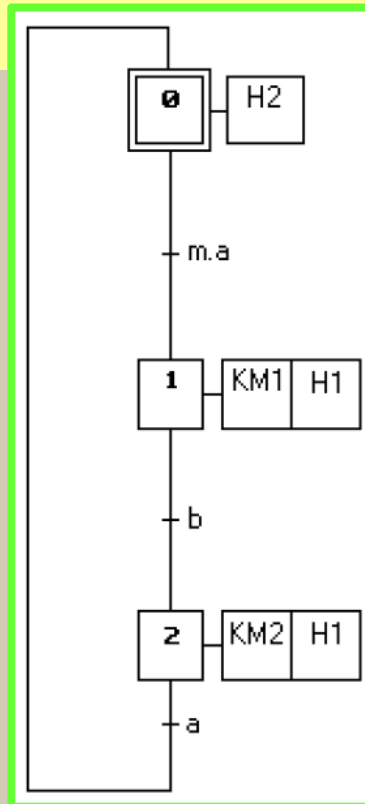
Le Grafcet et les modes de marche

Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale



- **Représentation d'un cahier des marches avec modes de marche en un seul grafcet**

Cahier de Charge

Le déplacement d'un chariot entre deux capteurs (a pour le fin de course gauche et b pour le fin de course droit) est commandé par un moteur électrique à deux sens de marche (KM1 vers la droite et KM2 vers le gauche). Une impulsion sur un bouton poussoir 'm' doit provoquer un aller et retour du chariot (départ à gauche). Ce moteur est protégé par un carter (information c). Si ce carter est ouvert (fin de course c relâché), le moteur doit immédiatement être arrêté ; il peut redémarrer dès que le carter est fermé. Un voyant H1 signale l'ouverture du carter en court de cycle. La position repos du chariot en a est signalé par un voyant lumineux H2.

Travail demandé

Compléter le Grafcet à gauche correspondant au cahier des charges énoncé.

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Le Grafcet et les modes de marche

Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

□ **Représentation d'un cahier des marches avec modes de marche en un seul grafcet**

Solution

Ci-contre le Grafcet correspondant au cahier de charge énoncé plus haut.

a: Capteur de fin de course gauche

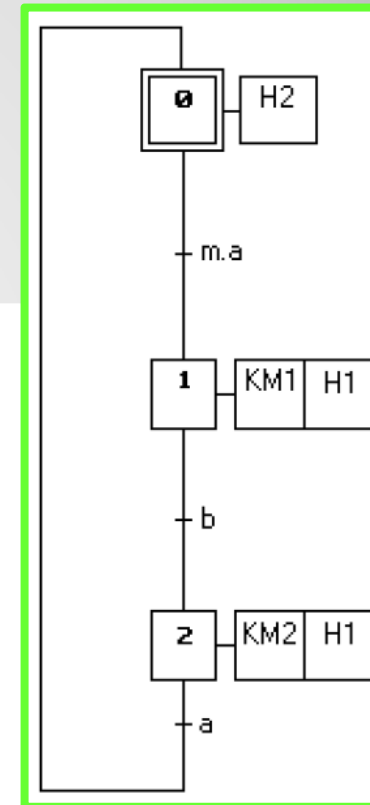
b: Capteur de fin de course droit

KM1: Moteur à droite

KM2: Moteur vers le gauche

H1: voyant signalant l'ouverture du carter en court de cycle.

H2: Voyant signalant la position repos du chariot



Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Cahier de Charge 2

Le Grafcet et les modes de marche

Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

- **Représentation d'un cahier des marches avec modes de marche en un seul grafcet**

Insertion des différents modes de marche On désire ajouter des spécifications nouvelles au cahier des charges :

Un commutateur 4 positions permet de choisir entre marche manuelle (S10), normale (S11), réglage (S12) ou arrêt (S13).

En marche normale, le cycle ne peut commencer que si le carter est fermé, le chariot étant positionné à gauche. Un second commutateur permet à l'opérateur de sélectionner la marche automatique (S14) ou cycle par cycle (S15). D'autre part, un bouton poussoir départ cycle (S1) provoque le début du cycle de fonctionnement normal qui se déroule soit une seule fois (position cycle par cycle) soit indéfiniment (position automatique).

Chapitre 2

Le Grafcet et les modes de marche

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Cahier de Charge (suite)

En marche de réglage, un bouton poussoir (S2) permet à l'opérateur d'autoriser le passage dans l'étape suivante si les conditions de sécurités sont réunies.

En marche manuelle, deux boutons poussoirs (S3) et (S4) (respectivement droite et gauche) permettent la commande manuelle des deux sens de marche du moteur si le chariot n'est pas en butée. La fermeture du carter n'est pas exigée en mode manuelle pour la commande du moteur. La marche manuelle peut débuter quelque soit la situation de l'automatisme.

En position arrêt, l'arrêt de l'automatisme ne sera effectif qu'en fin de cycle et aura pour conséquence le maintien dans l'étape initiale et l'inhibition de toute action.

Travail demandé

Compléter le Grafcet à gauche correspondant au cahier des charges énoncé.

Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

- Représentation d'un cahier des marches avec modes de marche en un seul grafcet

Le Grafcet et les modes de marche

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

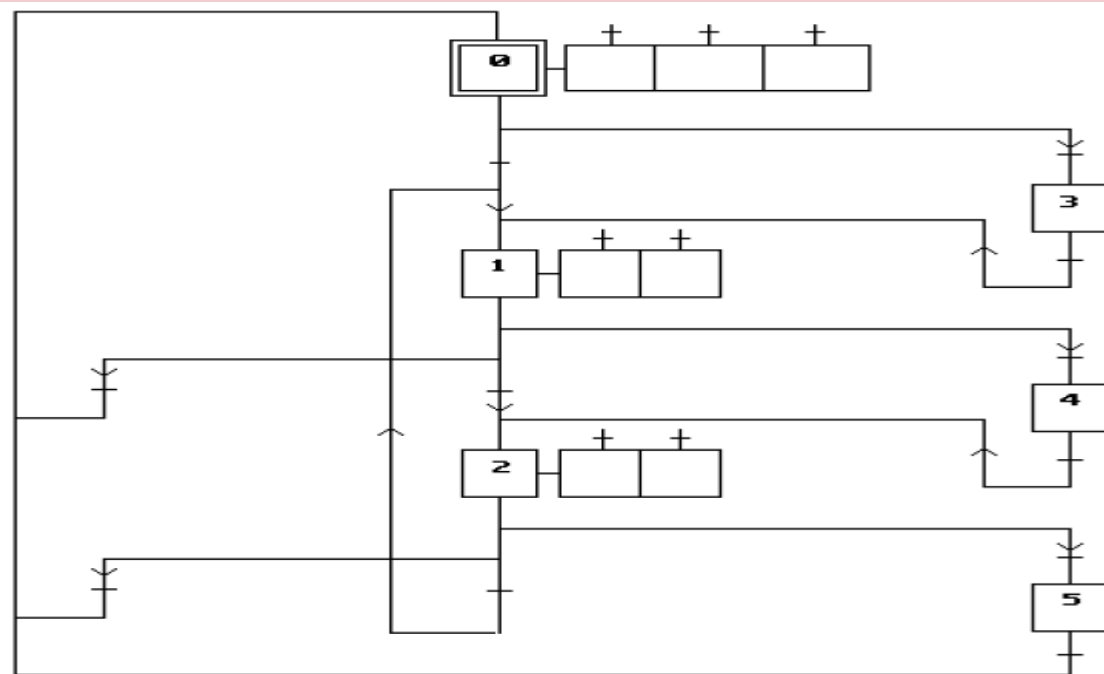
Prise en compte des modes de marche dans 1 Grafcet

- Représentation d'un cahier des marches avec modes de marche en un seul grafcet

Solution

le Grafcet ci-dessous peut correspondre au cahier des charges énoncé.

Le Grafcet complété représentant tous les fonctionnements possibles de la partie commande du SA n'est plus très lisible. De plus le cycle fonctionnement normal n'y apparaît plus de façon claire.



Nous allons donc utiliser une représentation différente faisant appel à la notion de Grafcet Hiérarchisé.

Le Grafcet et les modes de marche

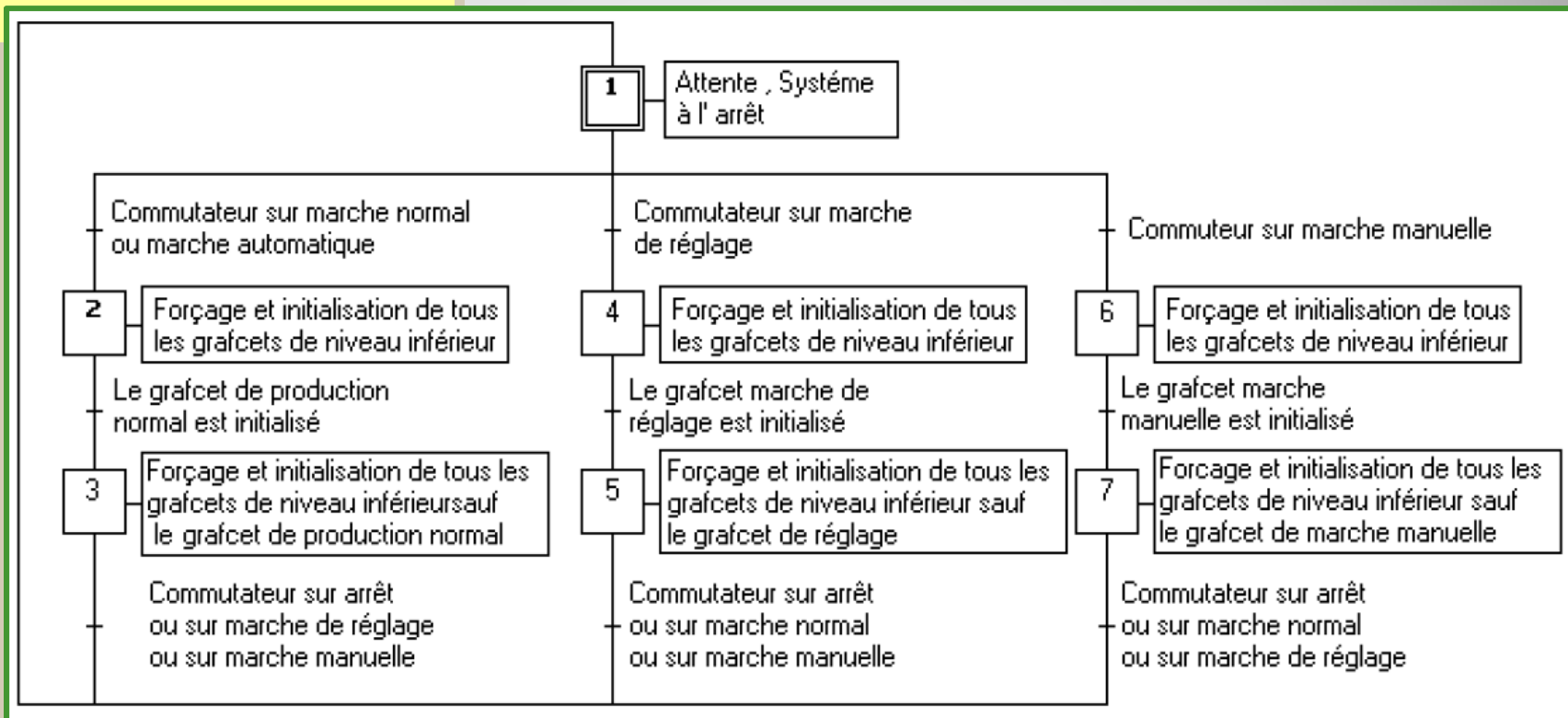
grafcet de conduite (GC).

Chapitre 2

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Les différents modes de marche sont **gérés** par un grafcet qui leur est réservé spécialement. **C'est le grafcet de conduite (GC).** **Aucune action sur la partie opérative n'y est provoquée** mais une **autorisation d'évolution d'autre grafcets est envoyée**. L'ensemble pourra prendre la forme suivante :



Le Grafcet et les modes de marche

grafcet de conduite (GC).

Chapitre 2

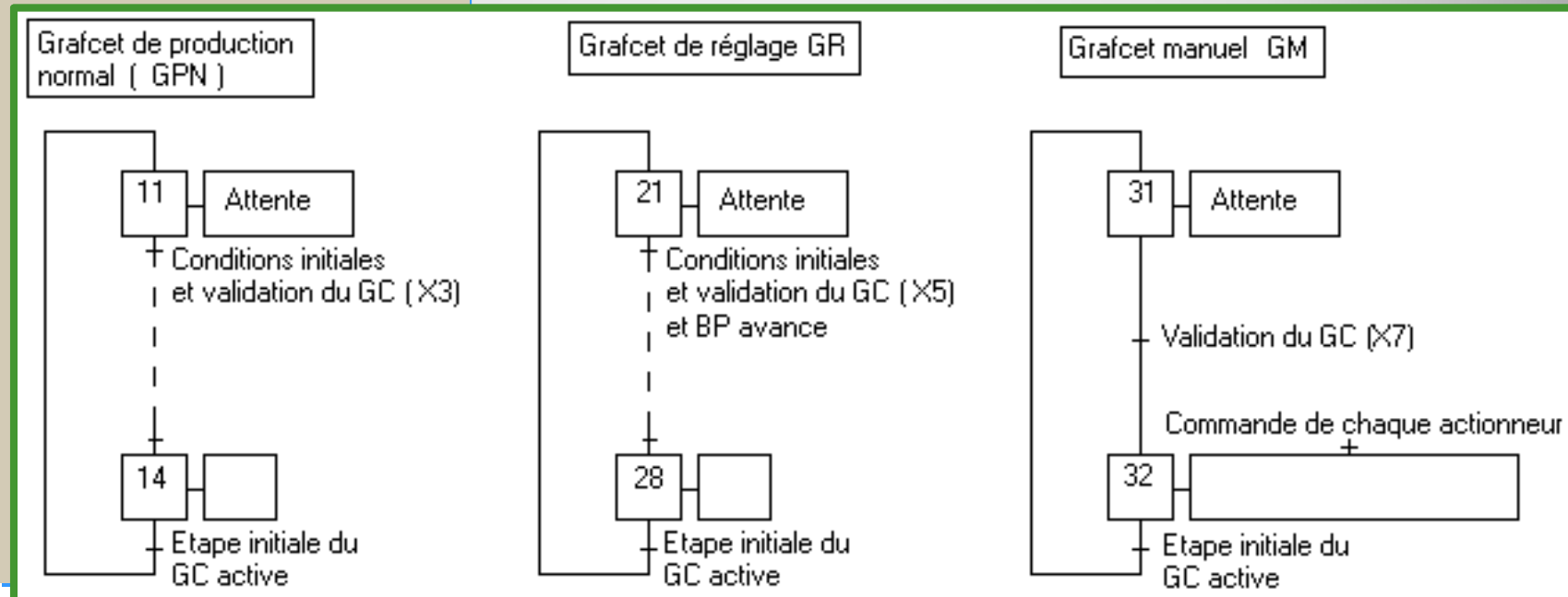
II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

GRAFCET de Production : ce GRAFCET est le niveau de description du fonctionnement normal de l'automatisme. Ce GRAFCET est en général décomposé en plusieurs tâches représentant les différentes fonctions de l'automatisme.

GRAFCET de maintenance : Précise les procédures d'intervention de l'opérateur et de réglage de la partie opérative.

GRAFCET de conduite : (ou GRAFCET des Modes de Marches) ce GRAFCET décrit l'ensemble des procédures de Marches (auto, Cycle/Cycle, Manuel,...) et des arrêts normaux.



Chapitre 2

Le Grafcet et les modes de marche

II. GRAFCET hiérarchisé

- GRAFCET de sécurité ou surveillance
- GRAFCET de conduite et 'initialisation
- GRAFCET de coordination de tâches
- GRAFCET de production normale

Remarques :

Ordres de forçage : Seul un grafcet maître pourra Forcer un grafcet esclave (dans l'exemple ci-dessus, GC est maître et les GPN, GR et GM sont esclaves).

Un ordre de forçage :

- Active et maintient actives une ou plusieurs étapes désignées du grafcet forcé.
- Désactive et maintient inactives toutes les autres étapes.

Cette ordre se représente sous la syntaxe suivante :

F / GPN : (i, j, ...) avec : **F** : forçage
GPN : Grafcet de production normal
(i, j, ...) : numéro des étapes à forcer

Par exemple, dans l'étape 2 du grafcet GC : F/GPN(11), F/ GR(21)
et F/GM(31).