

# TECHNOSUP

Les FILIÈRES TECHNOLOGIQUES des ENSEIGNEMENTS SUPÉRIEURS

---

## AUTOMATISMES

# Développement des grafjets

Des machines simples aux cellules flexibles  
Du cahier des charges à la programmation

Bernard REEB



DANS LA COLLECTION TECHNOSUP :

*mathématiques et modélisation*

- **Analyse harmonique** Mathématiques pratiques Cours et exercices (BC) Bruno ROSSETTO
- **Modélisation et analyse des systèmes linéaires** (C) J.-F. MASSIEU, Ph. DORLÉANS

*automatique*

- **Signaux et systèmes continus et échantillonnés** Automatique 1 (BC) Michel VILLAIN
- **Systèmes asservis linéaires** Automatique 2 (BC) Michel VILLAIN

*électronique*

- **Modulation d'amplitude** Cours et exercices (B/C) Francis BIQUARD
- **Des clés pour l'électronique** Travaux dirigés illustrés par simulation (AB) Bernard GIRAULT

*télécommunications*

- **Transmission de l'information** Télécoms 1 (B) Ph. FRAISSE, R. PROTIÈRE, D. MARTY-DESSUS
- **Traitement du signal analogique** Cours (B) Tahar NEFFATI

*génie chimique*

- **Réactions thermiques en phase gazeuse** Modélisation (C) Guy-Marie CÔME
- **Thermodynamique et cinétique chimique** Résumés de cours, exercices (B) Paul-Louis FABRE

*génie mécanique*

- **Dimensionnement des structures** Résistance des matériaux (B) Claude CHÈZE
- **Actions mécaniques, Statique, Inertie** Génie mécanique (B) C. CHÈZE, F. BRONSARD

*génie énergétique*

- **Moteurs alternatifs à combustion interne** De la théorie à la compétition (C) Philippe ARQUÈS
- **Transferts thermiques, application à l'habitat** Méthode nodale (C) H. CORTÈS, J. BLOT

*génie industriel*

- **Analyse et maintenance des automatismes industriels** (B) Alain REILLER
- **Méthode de développement des Grafcets** (B) Bernard REEB

*organisation industrielle*

- **Organisation et génie de production** (B) Francis LAMBERSEND
- **Méthodes, productique et qualité** (B) Jean-Marie CHATELET
- **Management de projet technique** (B) C. CAZAUBON, G. GRAMACIA, G. MASSARD

*informatique industrielle*

- **Circuits logiques programmables** Mémoires, PLD, CPLD, FPGA (B.C) Alexandre NKETSA

*informatique*

- **Interfaces graphiques ergonomiques** Conception, modélisation (B) Jean-Bernard CRAMPES
- **Gestion des processus industriels temps réel** (B) Jean-Jacques MONTOIS
- **Approche du temps réel industriel** (A) Jean-Marie DE GEETER

*sciences économiques*

- **Statistique sans mathématique** (A) J. BADIA, R. BASTIDA, J.-R. HAÏT

ISBN 2-7298-9915-4

© ellipses / édition marketing S.A., 1999  
32 rue Bague, Paris (15<sup>e</sup>).

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant aux termes des alinéas 2 et 3 de l'Article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ». (Alinéa 1<sup>er</sup> de l'Article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'Exploitation du Droit de Copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les Articles 425 et suivants du Code pénal.

## PREFACE

Les graphes fonctionnels étapes-transitions (grafcets) sont nés du besoin de décrire de façon claire et fiable les processus de plus en plus complexes des automatismes industriels. Ils ont donc d'abord été développés dans les grandes entreprises mettant en œuvre des dispositifs très sophistiqués, et ils ont été normalisés en France en 1982, puis en Europe en 1990. Maintenant largement répandu, le Grafcet est un outil puissant offrant les meilleures garanties, pour la modélisation et la transmission d'informations entre les différents acteurs d'un projet. Il permet de répondre facilement et vite à des problèmes variés, ce qui le rend même indispensable jusque dans les petites installations des P.M.I.

Pour traiter du Grafcet les ouvrages existants s'attachent essentiellement à en décrire le modèle et à préciser les recommandations de la normalisation. Mais pour aider à sa mise en œuvre effective il convenait d'en développer la méthode de construction dans une approche raisonnée. C'est le pari de Bernard REEB qui formalise dans cet ouvrage la manière de concevoir les grafcets.

Bernard REEB est à la fois un enseignant confirmé et un praticien performant. A l'IUT de Mulhouse il a développé, en formation initiale et en formation par apprentissage, les différents enseignements d'automatismes industriels (automates, commande numérique, fabrication assistée par ordinateur, centre d'usinage, manipulation de robots...) et il assure le suivi des projets dans le domaine des automatismes. Il a réalisé une maquette d'usine flexible construite dans le cadre d'une pédagogie pluridisciplinaire. Il est aussi le concepteur d'un laboratoire d'automatismes et de production pour la Société INTELYS.

L'ouvrage de Bernard REEB développe une construction logique progressive :

- Une première partie, introductive, permet de découvrir le Grafcet et présente les connaissances de base, pour comprendre son fonctionnement.
- Les deux parties suivantes sont celles consacrées à la construction. Leur fil conducteur est à l'image des trois volets que comporte la méthode : l'analyse des fonctions, la recherche des séquences et le paramétrage. La présentation est étayée par des études de cas choisies pour bien isoler successivement chacun de ces aspects.
- Enfin, dans la dernière partie des exercices de synthèse et la description d'une unité de production permettent de combiner toutes les composantes de la méthode.

Sur un sujet technique aride et à un bon niveau, Bernard REEB a composé un ouvrage pédagogique, documenté et solide, avec un soin particulier porté à la progression des difficultés. Il se lit bien et il reste facilement accessible à tout étudiant expérimenté ou débutant.

C'est l'ouvrage qui répond effectivement à l'attente de ceux qui sont, ou qui seront, appelés à construire des grafcets, en leur expliquant clairement comment il convient de procéder.

Claude CHEZE

Professeur des Universités  
ancien Directeur d'Ecole d'Ingénieurs et d'I.U.T.

## *Note de l'auteur*

*Les exemples de programmes sont choisis parmi deux types de langages, deux types de représentations et deux constructeurs :*

- *un langage non normalisé ; représentation en liste d'instructions : STEP5 de Siemens,*
- *un langage normalisé ; représentations SFC et LD : PI7-MICRO de Schneider Télémeccanique.*

*Ce choix se veut représentatif des outils de programmation sans toutefois apporter toutes les données qui permettraient de comparer les qualités des uns et des autres.*

*Ma gratitude va à M. Claude CHEZE, Directeur de la collection Technosup. J'ai apprécié la qualité de ses conseils et sa juste exigence.*

*A Laurence et Alexandra*

# TABLE DES MATIERES

## PARTIE A : ELEMENTS DE BASE

<b>I.</b>	<b>PRESENTATION DU CONTEXTE</b>	
	1. <i>Nécessité d'un langage commun</i>	7
	2. <i>Découverte du Grafcet</i>	8
	3. <i>Indications pour la mise en oeuvre</i>	13
<b>II.</b>	<b>PRINCIPES GENERAUX</b>	
	1. <i>Le Grafcet : outil de modélisation</i>	23
	2. <i>Niveau de précision d'un grafcet</i>	31
	3. <i>Grafcets au niveau automate</i>	35
	4. <i>Les modes de marches et d'arrêts</i>	41
<b>III.</b>	<b>EXERCICES D'INITIATION</b>	
	1. <i>Cycle en « L »</i>	45
	2. <i>Positionnement d'un chariot</i>	50
	3. <i>Poste de perçage</i>	57

## PARTIE B : STRUCTURE DES GRAFCETS

<b>IV.</b>	<b>NECESSITE D'UNE DEMARCHE</b>	
	1. <i>L'expression du besoin</i>	71
	2. <i>Le cycle de vie d'un système</i>	71
	3. <i>Construction de grafcets</i>	73
<b>V.</b>	<b>ANALYSE DES FONCTIONS</b>	
	<i>Etude de cas n°1 : poste de triage</i>	82
<b>VI.</b>	<b>SEQUENCES OBLIGÉES</b>	
	<i>Etude de cas n°2 : cellule double</i>	99

## PARTIE C : RECHERCHE DE LA FLEXIBILITE

<b>VII.</b>	<b>IDEES DIRECTRICES</b>	
	1. <i>Le contexte industriel</i>	113
	2. <i>La communication industrielle</i>	116
	3. <i>Grafcet et flexibilité</i>	127
<b>VIII.</b>	<b>MISE EN OEUVRE</b>	
	<i>Etude de cas n°3 : transfert linéaire de cellule</i>	131

## PARTIE D : SYNTHESE

<b>IX.</b>	<b>EXERCICES DE SYNTHESE</b>	
	1. <i>Bacs de trempe</i>	145
	2. <i>Préparation de médicaments</i>	156
	3. <i>Cellule de poinçonnage-contrôle</i>	164
<b>X.</b>	<b>APPLICATION</b>	
	<i>Laboratoire d'Automatismes et de Production Intelys</i>	173

## SIGLES

<b>ADEPA</b>	Agence Nationale pour le Développement de la Productique Appliquée à l'industrie
<b>AFCET</b>	Association Française pour la Cybernétique Economique et Technique (le groupe de travail « Systèmes Logiques » a créé le GRAFCET)
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>CEI</b>	Commission Electrotechnique Internationale
<b>CIM</b>	Computer Integrated Manufacturing (usine intégrée par ordinateur)
<b>GEMMA</b>	Guide d'étude des Modes de Marches et d'Arrêts
<b>GMMA</b>	Grafcet de gestion des Modes de Marches et d'Arrêts (ou grafcet de conduite)
<b>GRAFCET</b>	Grphe Fonctionnel de Commande Etapes-Transitions
<b>GREPA</b>	Groupe Equipement de la Production Automatisée réuni à l'ADEPA (a permis le développement, la diffusion et la normalisation du Grafcet)
<b>ISO</b>	International Standard Organization
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>SFC</b>	Sequential Function Chart (diagramme fonctionnel en séquence)
<b>UTE</b>	Union Technique de l'Electricité

**Intelys** (groupe Chrysis)

matériels et logiciels didactiques dont le Laboratoire d'Automatismes et de Production

32 bis, rue Camille Desmoulins

94230 CACHAN