Système de gestion de banque de données pour l'étude des réseaux électriques

Autor(en): **Gousenberg, J.-D. / Rossier, C.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **70 (1979)**

Heft 3

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-905349

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Système de gestion de banque de données pour l'étude des réseaux électriques

Par J.-D. Gousenberg et C. Rossier

519.683.5:621.3.011.7;

L'analyse des réseaux électriques à l'aide de calculateurs numériques prend de plus en plus d'importance. Les programmes de calcul développés ou adaptés par le Centre d'Etude des Réseaux Electriques de l'EPFL (CERE) sont utilisés par un nombre croissant de personnes et pour des applications dont le nombre et la complexité vont s'amplifiant. Cette double croissance a fait apparaître le besoin de rationaliser l'utilisation de ces programmes, d'où l'idée de créer une banque de données pour les réseaux électriques, à laquelle auraient accès tous les programmes du CERE. Cet article présente les divers aspects de cette banque de données développée conjointement par le Centre de Calcul de l'EPFL et le CERE.

Die Untersuchung von elektrischen Netzen mittels digitaler Rechenanlagen gewinnt zusehends an Bedeutung. Die vom Centre d'Etude des Réseaux Electriques der ETH Lausanne (CERE) entwickelten und angepassten Rechenprogramme werden von einer zunehmenden Zahl von Personen benützt, wobei auch die Zahl der Anwendungen stetig wächst und diese komplexer werden. Die daraus folgende Notwendigkeit zur Rationalisierung der Verwendung der Programme führte zur Erstellung einer allen Programmen des CERE zugänglichen Datenbank. Der Aufsatz beschreibt die verschiedenen Aspekte dieser gemeinsam vom Rechenzentrum der EPFL und des CERE entwickelten Datenbank.

1. Introduction

La complexité actuelle des systèmes de production, de transport et de distribution d'énergie électrique nécessite une planification rigoureuse de leur développement, ainsi qu'un contrôle continu de leur fonctionnement. L'homme seul ne peut plus faire face à la multitude des problèmes qui se posent à lui. L'avènement des calculateurs numériques rapides a permis le développement, tant en Suisse qu'à l'étranger, de divers programmes spécialisés qui sont autant d'aides à la décision, tant pour le planificateur que pour l'exploitant d'un réseau.

Citons quelques programmes parmi les plus importants:

- Calcul de répartition des puissances (load-flow)
- Calcul des courants de court-circuit
- Calcul des phénomènes transitoires
- Optimisation économique de la production
- Optimisation du réactif
- Optimisation de centrales hydrauliques en cascade
- Optimisation à court/moyen/long terme
- Analyse de la sécurité d'exploitation
- Analyse de la stabilité transitoire et dynamique
- Equivalents statiques et dynamiques
- Estimation d'état

Le Centre d'Etude des Réseaux Electriques (CERE) participe depuis plusieurs années à la recherche et au développement dans le domaine de l'analyse des réseaux [1]. Il dispose actuellement de plusieurs programmes qui permettent de traiter des problèmes énoncés ci-dessus. Ces programmes ont soit été développés à l'EPFL, soit remis au CERE par des universités et entreprises étrangères (ex.: Bonneville Power Administration, USA, University of Saskatchewan, Canada) et adaptés alors sur l'ordinateur de l'Ecole.

Chacun de ces programmes exige des données d'entrée présentées selon un patron (format) de lecture déterminé. Or ces programmes traitent tous d'une même réalité physique (les réseaux électriques): donc la plupart des données d'entrée qu'ils utilisent leur sont *communes* quant à leur connotation physique et à leur valeur intrinsèque. Mais ces programmes, développés indépendamment les uns des autres, exigent généralement des formats de lecture très divers pour ces données communes. On a donc la situation représentée à la figure 1.

Les inconvénients d'une telle situation sont évidents: les données communes doivent être reproduites manuellement en autant d'exemplaires qu'il y a de programmes, et chaque exemplaire doit être encodé (à la main également) selon le format de lecture F_i exigé par le programme P_i, d'où la redondance des données, un surcroît de travail et des risques d'erreur considérables. Ces inconvénients sont, à la limite, supportables lorsque les programmes sont utilisés occasionnellement et par des spécialistes, mais ils deviennent intolérables dès que ces programmes sont utilisés fréquemment et/ou par des non-spécialistes (industriels, étudiants, etc.).

Constatant que le seuil d'intolérabilité était franchi, le CERE a étudié les moyens de résoudre ces problèmes. Il fallait, autant que possible:

- éliminer la redondance des données
- réduire le travail des utilisateurs à un minimum
- supprimer les risques d'erreur.

Le CERE a dû éliminer d'emblée la solution consistant à unifier les formats de lecture en modifiant les programmes: d'une part on n'aurait ni éliminé la redondance des données, ni supprimé les risques d'erreur (l'encodage des données demeurant manuel); d'autre part les programmes sont trop complexes pour être modifiés sans danger. Il fallait donc trouver une solution éliminant la redondance des données *sans toucher aux programmes* (donc à leurs formats de lecture) tout en supprimant les risques d'erreur: cela n'était possible qu'en groupant toutes les données en un seul exemplaire dans une *banque de données* et en *automatisant* la génération des données d'entrée D_i (dans le format de lecture F_i) pour tout programme P_i. A cet effet, le CERE a développé, avec l'aide du Centre de Calcul de l'EPFL, le système de gestion de banques de données (SGBD) «réseaux électriques» décrit ci-après.

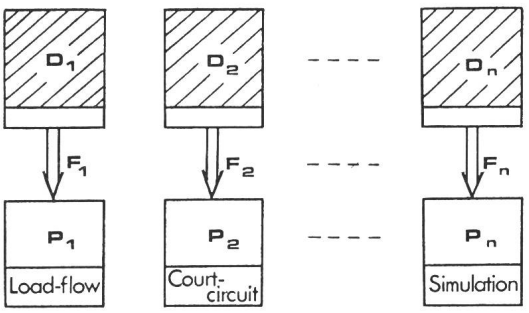

Fig. 1 Interaction données-programmes
en hachuré, les données communes à tous les programmes
en blanc, les données propres à chaque programme
D_i Données du réseau
F_i Formats de lecture
P_i Programmes d'application

2. Description du SGBD «réseaux électriques»

2.1 Vue générale

Pour remplir sa mission, le SGBD «réseaux électriques» doit comprendre les *données* et les *programmes* représentés à la figure 2.

– La *banque de données* (BD) contient les données du réseau électrique. Elle réside sur disque.

– Pour ajouter, modifier, supprimer des données dans BD, on utilise le *programme MBD* (*m*aintenance de la *b*anque de *d*onnées) piloté par des données D_M.

– Pour extraire de BD les données nécessaires à tout programme d'application (désormais abrégé «application») P_i et les lui fournir selon le format de lecture F_i qu'il exige, on utilise un *interface d'application* I_i, piloté par des données D_{Ii}. Ce sont les interfaces d'applications I_i qui *automatisent* la génération des données d'entrée des applications P_i selon leurs formats de lecture F_i: l'utilisateur n'a besoin que d'indiquer (au moyen des données D_{Ii}) à quel programme d'application P_i il s'intéresse, c'est I_i qui va chercher les données dans BD, les formate et les livre à l'utilisateur, prêtes à être employées par P_i.

– Le *programme LBD* (*l*ecture de la *b*anque de *d*onnées) est le «tronc commun» des interfaces d'applications I_i: c'est lui qui, selon les ordres reçus de I_i (flèches pointillées), lit de BD et livre à I_i les données désirées (flèches pleines).

– Le *programme DUMP* permet d'obtenir une copie de BD selon les directives de D_D dans le format de D_M, il peut donc être utilisé pour reconstruire BD en cas de détérioration ou pour transporter BD sur un tout autre type d'ordinateur (le format de D_M étant assez «universel» pour cela).

Les zones 1 et 2 de la figure 2 constituent le SGBD «réseaux électriques»; la zone 3 comprend les programmes d'application P_i et leurs données d'entrée dans leur format F_i. Dans le SGBD lui-même, on peut distinguer deux zones: une zone «administration des données» (zone 1) à laquelle les utilisateurs d'applications P_i n'ont pas accès (sauf à la banque de données BD en lecture seulement): elle comprend les programmes et données de mise à jour (MBD, D_D), de sauvetage et de transport (DUMP, D_D) de BD; d'autre part une zone «utilisateurs» (zone 2) à laquelle les utilisateurs ont accès par l'entremise des données D_{Ii} à fournir aux interfaces d'applications I_i. Il faut relever que tous les programmes de cette zone (LBD, I_i) ont été écrits par le CERE et par le Centre de Calcul de l'EPFL.

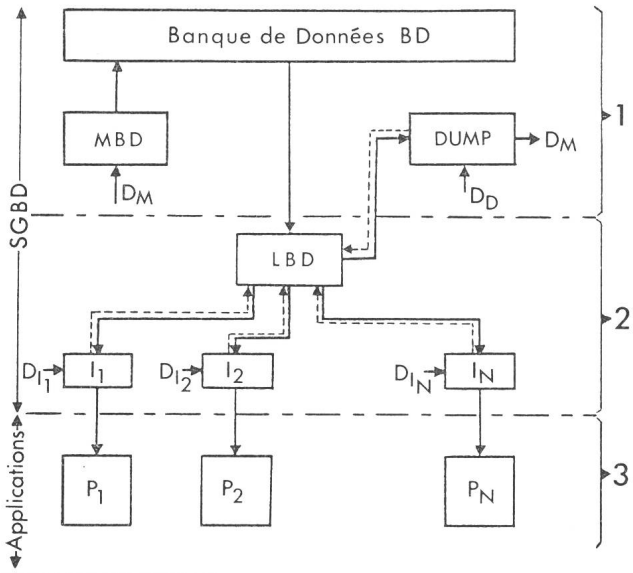

Fig. 2 Schéma fonctionnel du système de gestion de banques de données (SGBD)
Explications dans le texte

2.2 Données

Tout ensemble de données utilisées par les programmes comprend des données permanentes (ex. tension nominale d'une génératrice) et «transitoires» (ex. production en chaque nœud). Dans ces deux catégories, on peut distinguer entre les données communes à plusieurs programmes et celles utilisées par un seul programme. Ces 4 critères déterminent la décision d'inclure ou non des données dans la banque. Pour la BD «réseaux électriques», on a décidé d'y inclure toutes les données *permanentes* d'un réseau, y compris celles qui ne sont utilisées que par un seul programme. Il n'y aurait pas d'intérêt à mettre dans BD des données transitoires, qui changent généralement à chaque passage d'un programme. De telles données sont à fournir à l'interface d'application du programme.

Les données de BD sont donc les paramètres permanents des *éléments* d'un réseau électrique. Ces éléments peuvent être de plusieurs *types:* nœuds, lignes, transformateurs, génératrices, excitatrices, turbines. Aux différents types d'éléments correspondent différents types de données (paramètres physiques et leur valeur). Mais tous les éléments de même nature ont, dans BD, le même type de données. Du point de vue informatique, un type d'élément constitue donc un type d'enregistrement (article) sur BD. Chaque *élément* du réseau est ainsi un *enregistrement logique,* d'une structure et d'une longueur déterminées par son type (excitatrice, génératrice, ...).

Chaque élément d'un réseau électrique doit pouvoir être individualisé au sein du réseau (fig. 3). On voit que tout élément d'un réseau peut être identifié de façon unique par son type, son emplacement géographique et un discriminant si le type et l'emplacement ne suffisent pas à l'identification.

L'emplacement géographique est défini, selon le type d'élément, par 1 ou 2 *noms:*

– pour une ligne:	1er nom	= nœud de départ de la ligne
	2e nom	= nœud d'arrivée de la ligne
– pour un transformateur:	1er nom	= nœud côté HT
	2e nom	= nœud côté BT
– pour une génératrice:	1er nom	= centrale
	2e nom	= nœud auquel la centrale est reliée

– pour une excitatrice: nom = centrale ou groupe
– pour une turbine: nom = centrale ou groupe

Le discriminant, si nécessaire (par exemple pour distinguer entre plusieurs lignes en parallèle entre 2 mêmes nœuds), est appelé *sous-nom.* Il peut être, par exemple, un simple numéro.

Type, nom(s) et sous-nom suffisent donc à individualiser tout élément du réseau: ils constituent ensemble la clé. Il faut encore caractériser l'élément. On a donc à la suite de la clé un ensemble de données, de structure et de longueur variables selon son type.

La clé permet donc de localiser un enregistrement (élément) sur BD. Mais les programmes d'application P_i peuvent aussi exiger qu'on leur fournisse

– tous les éléments du réseau d'un type donné (ex. toutes les lignes)
– tous les éléments d'un nom donné (ex. tous les éléments du nœud Romanel)
– tous les éléments d'un groupe donné (même type et même nom: ex. toutes les lignes Romanel–La Renfile)
– tous les éléments d'un nom et d'un sous-nom donné (ex. tous les éléments Romanel 3)
– tous les éléments de BD

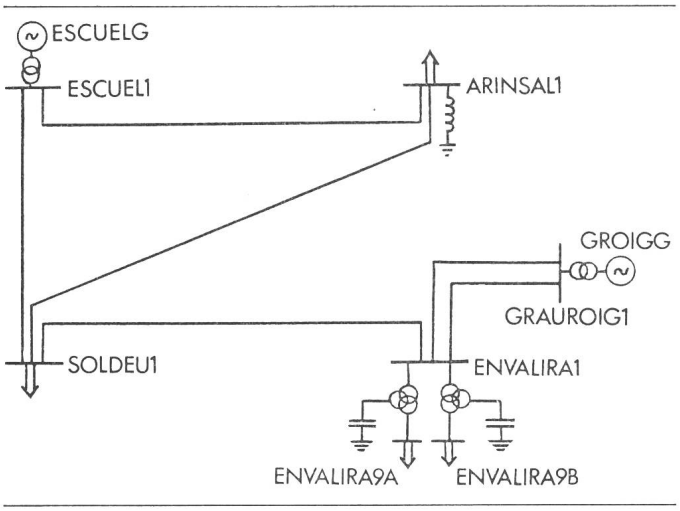

Fig. 3 Schéma-type d'un réseau
Un mot de 10 caractères peut être utilisé pour désigner un groupe ou un nœud. Ce mot se compose en général du nom (abrégé) de l'emplacement. Pour désigner une ligne, on utilise les deux noms des nœuds à ses extrémités, pour un transformateur les deux noms des côtés HT et BT. Si deux éléments sont en parallèle, on utilise de plus un discriminant.

Tous ces types de recherche sont possibles dans le SGBD: on peut, au lieu d'une clé complète, ne spécifier qu'une portion de celle-ci, et l'on obtient tous les éléments dont ladite portion de clé a la valeur spécifiée.

2.3 Données caractéristiques

Ayant identifié chacun des éléments, il est nécessaire de décrire leurs caractéristiques physiques. On a vu qu'il était nécessaire de mémoriser toutes les données permanentes exigées par les divers programmes P_i.

En ce qui concerne les *nœuds,* on peut distinguer la description de certains composants simples qui y sont connectés (réactances shunt, bancs de condensateurs), l'énoncé de diverses contraintes sur les puissances et les tensions (valeurs minima et maxima), ainsi que la donnée d'informations diverses (niveau de tension, taux d'accroissement de la charge, ...).

Pour les *lignes* et *câbles,* on définit des caractéristiques électriques sur la base d'une représentation en π (composantes directes et homopolaires) [2; 3]; si des couplages mutuels existent entre plusieurs lignes, les valeurs homopolaires de ces couplages sont mémorisées; on a également des informations diverses telles la charge maximale, la tension nominale et la longueur.

Quant aux *transformateurs,* leurs caractéristiques électriques sont données sur la base de la représentation communément admise pour les transformateurs à deux ou trois enroulements [4]. On distingue le type de couplage, la fonction (gradins fixes, maintien de la tension ou déphaseur), ainsi qu'un ensemble d'informations décrivant complètement les plages de réglage, les valeurs de consigne, la charge maximum, ...

Les centrales sont plus difficiles à définir. Elles comprennent généralement plusieurs groupes qui se composent de trois éléments essentiels: la génératrice, le système d'excitation et de régulation de tension ainsi que la turbine et le régulateur de vitesse.

Le modèle de la *génératrice* est bien connu à l'heure actuelle [5] et il est indépendant de la technologie employée. On doit mémoriser un ensemble de réactances (de fuite, synchrones, transitoires et subtransitoires), de constantes de temps, de facteurs de saturation et l'inertie du groupe.

Pour les deux autres éléments, soit le *système d'excitation* et la *turbine,* il n'existe pas de représentation standard et assez générale. Aux Etats-Unis des efforts ont été effectués pour normaliser des modèles [6; 7]. Ceux-ci ne sont cependant pas uniques et il est difficile d'obtenir des valeurs pour les divers paramètres. L'utilisateur de la BD doit ainsi avoir un catalogue des modèles qu'il utilise. On mémorise donc le code du modèle utilisé, suivi des valeurs des paramètres qui le caractérisent.

Pour résumer, le tableau I explicite la structure générale d'un enregistrement (élément).

3. Utilisation des programmes

Pour tous les programmes du SGBD (fig. 2) l'unité d'action sur la banque de données est la transaction. Une transaction permet de modifier, ajouter, supprimer un ou plusieurs enregistrements de BD (programme MBD) respectivement de lire un ou plusieurs enregistrements de BD et de les mettre dans les formes désirées (interfaces d'application I_i subordonnés au programme LBD). Tant MBD que les interfaces I_i sont conçus pour traiter un nombre arbitraire de transactions et dans n'importe quel ordre.

Lorsque l'utilisateur désire mettre à jour BD ou créer un nouveau fichier contenant les éléments décrivant un certain état du réseau mémorisé dans BD afin d'effectuer une étude particulière, il lui suffit de fournir une suite de paquets-transactions comprenant: une carte transaction indiquant s'il veut ajouter, modifier ou supprimer un ou plusieurs éléments ainsi que des cartes décrivant le nouvel élément (addition), l'élément modifié (modification) ou la clé de l'élément (suppression).

Il est possible de disposer plusieurs éléments les uns après les autres, dans ce cas, la même transaction portera sur l'ensemble de ces éléments.

Lorsque l'utilisateur désire préparer les données pour une application particulière, il lui suffit d'indiquer le nom de l'application désirée et de joindre les données supplémentaires (ne résidant pas dans BD) requises par celle-ci. Pour l'application DUMP, il convient de spécifier les éléments à lire à l'aide de cartes-lecture.

Lors de l'élaboration du SGBD, l'idée principale était de faciliter au maximum la tâche de l'utilisateur. C'est pourquoi toutes les cartes-transactions, ainsi que les cartes-lecture sont simples dans leur forme et dans leur utilisation. De plus, MBD et les interfaces I_i s'efforcent de traiter l'utilisateur aussi «amicalement» que possible: s'il commet une erreur, ces program-

Représentation générale d'un élément Tableau I

I	Type (Nœud, Ligne, ...) Nom 1 Nom 2 Sous-Nom (indice de zone ou de parallèlisme)
II	Paramètres relatifs au modèle utilisé
	Contraintes diverses
	Informations supplémentaires

I Clé: définit l'élément ainsi que sa position dans le réseau
II Description physique de l'élément

mes la lui signaleront clairement, n'exécuteront pas la transaction erronée, mais poursuivront l'examen de ses données en exécutant tout ce qui peut encore l'être. Si, par exemple, sur 100 ordres d'addition d'éléments, 1 était erroné, l'interface ajoutera les 99 autres et l'utilisateur n'aura à rajouter que l'élément erroné.

Bien qu'ils ne soient pas écrits sous forme conversationnelle (les données doivent être fournies comme en batch), les programmes du SGBD peuvent être exécutés à un terminal, vu leur faible taille-mémoire.

Le SGBD favorise donc les activités Enseignement et Recherche du CERE. Toutefois, le développement d'un tel système doit s'accompagner d'un effort de standardisation des entrées-sorties des nouveaux programmes. Il n'est en effet pas souhaitable de multiplier le nombre d'interfaces d'application; le SGBD deviendrait alors par trop encombrant.

Signalons enfin que le SGBD est adaptable sans grand effort à la plupart des ordinateurs actuels, y compris les minis, car il se fonde sur des structures de fichiers simples et très répandues.

4. Conclusions

Le système de gestion de banques de données pour l'étude des réseaux électriques décrit présente des avantages remarquables pour tout utilisateur des programmes du CERE. Il supprime en effet le besoin de constituer plusieurs ensembles de données, redondants quant aux informations stockées, mais fort divers quant aux formats utilisés.

Il suffit à l'utilisateur de définir une fois pour toutes les éléments de son réseau et de les stocker dans la banque de données. La sélection et la mise en forme de ces données s'effectuent ensuite de façon entièrement automatique pour l'application qu'il souhaite utiliser. Il gagne donc un temps considérable et évite la plupart des erreurs de formatage. De plus, il n'est pas astreint à des déplacements fastidieux, car le SBGD est parfaitement utilisable à partir d'un terminal.

En outre, les avantages de ce système ne se limitent pas à l'aspect utilisation seulement: il permet de créer une bibliothèque de réseaux-tests de complexités diverses, fort utiles pour le développement, la mise au point et l'évaluation de nouveaux programmes. De plus, ces réseaux pourront être employés à des fins didactiques, c'est-à-dire lors d'exercices ou de projets d'étudiants.

Bibliographie

[1] *A. Germond* e.a.: Analyse des réseaux électriques. Bull. ASE/UCS 69(1978)12, p. 623...627.

[2] *P.-A. Chamorel* et *J.-J. Morf:* Graphique interactif appliqué au calcul des constantes de lignes aériennes. Bull. ASE/UCS 67(1976)6, p. 290...295.

[3] *P.-A. Chamorel:* Calcul des caractéristiques électriques des câbles haute tension à fréquence industrielle. Bull. ASE/UCS 69(1978)2, p. 77...82.

[4] *P.-A. Chamorel:* Etablissement des modèles de transformateurs triphasés à deux et trois enroulements pour le calcul de la repartition des puissances (programme octave, oracle) et des courants de court-circuit (Programme opera 50). Rapport interne EPFL/CIEL. Lausanne, Ecole Politechnique Fédérale, Chaire d'Installations Electriques, 1976.

[5] Machines électriques tournantes. Dixième partie: Conventions relatives à la description des machines synchrones. Publication de la CEI N° 34–10, 1975.

[6] Computer representation of excitation systems. IEEE Trans. PAS 87(1968)6, p. 1460...1464.

[7] Dynamic models for steam and hydro turbines in power system studies. IEEE Trans. PAS 92(1973)6, p. 1904...1915.

[8] *I. Palmer:* Data base systems, a practical reference. London, C.A.C.I, Consulting Engineers, 1975.

[9] *J.-D. Gousenberg:* Introduction aux banques de données. EPFL-CC-Publication N° 7. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale, Centre de Calcul, 1975.

[10] *J.-D. Gousenberg:* Les fichiers au CC-EPFL. EPFL-CC Publication N° 11. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale, Centre de Calcul, 1977.

Adresses des auteurs

J.-D. Gousenberg, Centre de Calcul EPFL, 33, avenue de Cour, 1007 Lausanne; *C. Rossier*, Centre d'Etude des Réseaux Electriques EPFL, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.

Literatur – Bibliographie

DK: 517 : 681.325.6.04 SEV-Nr. A 630/V

Analyse et synthèse des systèmes logiques. Par *Daniel Mange.* Traité de l'électricité de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Vol. V. St. Saphorin, Georgi Editions, 1978; 8°, VIII/348 p., 480 fig. et tab. Prix: rel. Fr. 70.–.

Ce volume, le troisième à paraître de la collection rassemble d'une façon cohérente des connaissances profondes servant au développement efficace de circuits digitaux parfaitement fonctionnels (synthèse), respectivement à analyser des systèmes existants. Tout l'ouvrage repose sur la hiérarchie des modèles de plus en plus généraux – applicables même à des systèmes non électroniques comme par exemple fluidics – tels que les ingénieurs les ont conçus pour maîtriser des techniques de plus en plus complexes.

L'étude des éléments combinatoires seuls et de leurs assemblages fait l'objet des premiers chapitres dans lesquels des rudiments de l'algèbre de Boole ainsi qu'une famille de modes de représentation (par exemple les tables de Karnaugh) sont introduits. La réalisation d'un système logique combinatoire à partir d'un certain cahier des charges est limitée à trois types d'assemblages principaux: les multiplexeurs, les opérateurs NON, ET, OU munis ou non de l'opérateur OU-EXCLUSIF.

Un système logique particulier, formé par les opérateurs décrits et par des boucles de rétroaction, la bascule bistable, est introduit au chapitre 3. Deux descriptions de son comportement, soit le modèle asynchrone et le modèle quasi-synchrone, sont présentées; les modes de représentation des systèmes séquentiels illustrent alors différents types de bascules bistables.

L'analsye et la synthèse de compteurs et de systèmes séquentiels, lesquels sont des assemblages de bascules bistables et d'éléments combinatoires, sont étudées dans les chapitres suivants à l'aide des modèles et modes de représentation proposés auparavant.

Le 7e chapitre reprend la théorie des chapitres précédents sous la perspective de l'élément de délai inertiel qui est considéré comme élément particulier. Ensuite l'auteur rappelle les systèmes de numération et la méthode de simplification de *McCluskey*. Le livre se termine par une annexe avec les solutions des exercices qui se trouvent dans les différents chapitres.

Il est remarquable que la structure de ce livre se présente d'une façon qui peut servir à l'enseignement, à l'ingénieur ainsi que pour l'étude autodidactique. *P. A. Zumstein*