

La recherche et le développement au Département d'Electricité

Autor(en): **Gardiol, F. E.**

Objektyp: **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): **69 (1978)**

Heft 12

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-914900>

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.

La recherche et le développement au Département d'Electricité

Par F. E. Gardiol

621.3:061.61(494);

Cet article décrit le cadre dans lequel s'inscrivent les activités de recherche du Département d'Electricité, puis passe brièvement en revue les principaux domaines d'intérêt de chacune des douze unités. Son but est de mieux faire connaître le potentiel très étendu du Département sur le plan de la recherche.

Der Aufsatz beschreibt den Rahmen, in welchem die Forschungstätigkeiten des Elektrizitätsdepartementes liegen, und beschreibt dann in Kürze die wichtigsten Interessensgebiete der zwölf Einheiten. Ziel dieses Aufsatzes ist, das sehr grosse Forschungspotential des Departementes herauszustellen.

1. Des activités de recherche, pourquoi ?

Si l'enseignement est la mission prioritaire de l'Ecole Polytechnique, la recherche en est pratiquement toujours le premier corollaire; on peut en fait même parler de symbiose entre enseignement et recherche. Pour assurer un enseignement de haut niveau universitaire, il est indispensable de rester à la pointe de la technique, ce qui n'est guère possible sans faire de la recherche. C'est au sein de la communauté des chercheurs des différentes spécialités que les nouvelles se transmettent, souvent bien avant leur parution dans la presse scientifique et technique. Les nombreux congrès et symposia qui fleurissent de nos jours sont les lieux de rencontre où jaillissent et s'échangent les idées, où s'établissent des collaborations et où les directions de recherche se précisent. La confrontation entre différents points de vue permet de juger de la validité et de l'intérêt d'un projet, donnant l'occasion d'élargir le domaine d'application ou de rectifier le tir.

Il est, par ailleurs, fort intéressant de faire participer les étudiants à des activités de recherche, même de niveau avancé. Certains d'entre eux sont en effet fort curieux de nature et font preuve d'originalité dans la manière d'aborder les problèmes, qualités créatrices qui ont tendance à s'estomper pour laisser place à l'expérience. Un dicton ne prétend-il pas, un peu méchamment peut-être, que «lorsqu'un problème est réputé insoluble par tous les experts, sa solution est évidente pour la première personne non qualifiée venue»? ... Pour l'étudiant lui-même, c'est une expérience des plus enrichissantes que de pouvoir participer, pendant ses études déjà, à une recherche originale et de constater que sa contribution peut posséder une valeur intrinsèque reconnue. Plusieurs travaux de diplôme, ainsi que des projets de 7^e et de 8^e semestre font chaque année l'objet de publications dans des revues techniques.

Le Département d'Electricité est conscient des avantages que présentent les activités de recherche pour compléter et illustrer son enseignement. Comme le département se compose principalement d'ingénieurs, les projets possèdent surtout un caractère pratique, qui les situe dans la recherche appliquée et le développement. Il est cependant nécessaire de se pencher parfois sur des aspects plus fondamentaux pour élucider et mieux comprendre la valeur de certaines hypothèses. Les domaines couverts par l'électricité et l'électronique sont fort étendus, et les travaux en cours présentent donc une grande variété. Une énumération peut, de ce fait, ressembler à un «catalogue d'objets hétéroclites».

2. Structure du Département d'Electricité

A l'instar des tribus d'Israël, le Département rassemble douze unités, appelées laboratoires ou chaires, chacune d'elles étant dirigée par un Professeur (tableau I). A cette liste s'est ajouté récemment l'Institut Interdépartemental de Microélectronique, dont les intérêts sont très proches de ceux des électri-

ciens. Chaque unité possède un domaine de spécialisation bien délimité, dans lequel il effectue sa recherche de façon autonome, grâce aux fonds attribués par l'EPFL et avec l'aide des assistants, dont le mandat comporte des tâches d'enseignement et de recherche. Des moyens extérieurs peuvent y être ajoutés, provenant du Fonds National de la recherche scientifique (FN), de la Commission pour l'encouragement des recherches scientifiques (commission Allemann), ou encore de fondations (Hasler, Autophon, Nationale), ces crédits permettant de compléter l'équipement et d'engager des chercheurs dans le cadre de projets de recherche approuvés par les mécènes concernés. Certaines études sont financées directement par des industries. Professeurs invités et boursiers complètent le personnel à disposition pour la recherche.

L'indépendance totale dont dispose chaque unité pour définir ses propres recherches permet une grande latitude de choix et favorise les incursions «en-dehors des chemins battus» alors que trop souvent ailleurs, on constate une prolifération de travaux dans des domaines «à la mode», pour lesquels des fonds sont apparemment plus faciles à obtenir.

Si elle n'est pas directement encouragée, la collaboration entre unités est toujours possible et apparaît de façon spontanée dès qu'une activité s'étend sur les domaines de plusieurs unités. Vu la cohésion géographique du département, l'échange de documentation et de renseignements est fréquent. Des projets de longue haleine sont entrepris en commun, chaque unité prenant en charge l'aspect qui correspond le mieux à son domaine de qualification (p. ex., l'une d'elle considère l'aspect théorique, une autre l'aspect instrumentation, etc.).

De plus en plus, l'électricité et l'électronique jouent un rôle primordial dans tous les domaines de recherche: quel chercheur

Les douze unités du Département d'Electricité

Tableau I

Laboratoire ou chaire	Sigle	Professeur
Electronique industrielle	CEI	H. Bühler
Installations électriques	CIEL	J. J. Morf A. Germond
Théorie des circuits et systèmes	CIRC	J. Neirynek
Machines électriques	CME	J. Châtelain
Systèmes logiques	CSL	D. Mange
Electromagnétisme et hyperfréquences	EHF	F. Gardiol
Electrométrie	EMET	M ^{me} E. Hamburger
Calculatrices digitales	LCD	J. D. Nicoud
Electronique générale	LEG	R. Dessoulavy
Electromécanique	LEM	M. Jufer
Traitement de signaux	LTS	F. de Coulon
Télécommunications	TCOM	P. G. Fontolliet

ne dispose pas d'au moins un appareil électronique pour capter et enregistrer des grandeurs physiques, d'un ordinateur pour les analyser, quand ce n'est pas d'un microprocesseur pour diriger et contrôler les expériences en cours? Il en résulte que les unités du département d'électricité sont souvent appelées à participer, de façon sporadique ou suivie, aux travaux d'autres départements. Cette collaboration est particulièrement apparente dans les projets d'Ecole. Ce terme désigne des études de caractère interdépartemental, qui bénéficient de moyens supplémentaires octroyés par l'Ecole et peuvent atteindre une plus grande envergure. Trois projets d'Ecole sont actuellement en cours, et trois unités du Département d'Electricité y participent: Systèmes de transports urbains collectifs (LEM), énergie (CIEL) et robots industriels (LTS).

Comme indiqué plus haut, la plupart des unités sont en relation suivie avec des chercheurs et des instituts dans de nombreux pays; ces relations se manifestent surtout par un échange de correspondance, de publications et de rapports. Elles donnent aussi lieu à des échanges de chercheurs et parfois de professeurs, ainsi qu'à l'organisation de congrès de renom international.

3. La recherche dans les unités

Les douze unités de département d'électricité sont passées en revue dans cette section, qui décrit succinctement leurs principales activités de recherche. Comme les domaines couverts sont très variés et présentent une certaine imbrication, il n'existe pas d'ordre logique évident pour leur présentation. La séquence suivante a été retenue arbitrairement par l'auteur: énergétique – fondements – électronique – informatique.

CIEL. Rien de ce qui est *haut* n'est étranger aux *installations électriques*, dont les activités englobent haute puissance, haute tension et même en partie haute fréquence. Les principales recherches sont groupées en trois volets:

– Energie: ce volet couvre l'importante participation au projet d'Ecole du même nom. Des études statistiques ont permis de dresser un inventaire précis de la production et de la consommation en Suisse, en vue de mieux évaluer les besoins. Les possibilités de stocker de l'énergie sont étudiées et comparées. Des installations de pompes à chaleur, qui devraient permettre de réduire l'énergie nécessaire au chauffage, ont été testées et évaluées.

– Réseaux électriques: des programmes d'ordinateur ont été élaborés pour simuler le fonctionnement de grands réseaux interconnectés, en vue de leur planification. En particulier, leur stabilité est déterminée, tenant compte des contraintes posées par les éléments du réseau (câbles, transformateurs, etc.). La compensation de la puissance réactive a aussi été considérée.

– Haute tension: l'étude part de notions fondamentales, calculant les champs aux voisinage de conducteurs en vue de déterminer les effets de proximité, l'influence de câbles haute tension sur les lignes de télétransmission, en particulier lors d'impulsions rapides dues par exemple à la foudre. La protection des systèmes est abordée, la coordination des isollements et l'évaluation d'isolants diélectriques sont étudiés.

CME. La chaire des *machines électriques* s'intéresse surtout aux toutes grosses machines. Des études très approfondies partent du niveau fondamental des équations de Maxwell, qui sont résolues à l'ordinateur par la méthode des différences finies, tenant compte des conditions limites aux bords des ma-

tériaux ferromagnétiques. Après des calculs fort complexes, on obtient les paramètres équivalents des machines, qui permettent de les dimensionner et d'étudier en détail leur fonctionnement: régime permanent, transitoires, échauffement, vibrations, résonances, pertes supplémentaires, réaction d'induit, harmoniques. Une méthode originale de commutation des enroulements a permis de réaliser des machines synchrones à pôles commutables. L'effet d'enroulements amortisseurs a été déterminé. Les résultats théoriques sont comparés à des mesures et une concordance remarquable a été observée.

Plusieurs prototypes de voitures électriques ont été construits et testés. Le poids des batteries, de l'ordre de 400 kg pour des batteries au plomb, est un lourd handicap qui réduit fortement l'intérêt de ces véhicules.

LEM. Les machines électriques non conventionnelles représentent le domaine de prédilection de *l'électromécanique*: il s'agit des moteurs linéaires, des moteurs pas-à-pas, des machines asynchrones à induit massif, des génératrices à aimants permanents pour éoliennes et encore des transducteurs. Les équations de Maxwell dans des milieux non-linéaires en régime transitoire sont résolues à l'ordinateur, permettant de déterminer les paramètres des machines et de simuler leur fonctionnement. Le moteur linéaire a trouvé sa place dans des applications industrielles: ouverture de portes, réglage, positionnement, manutention, traçage. Le principal thème de développement est devenu le moteur pas-à-pas, qui permet une conversion de caractère numéral, mais présente certains problèmes de contrôle et de stabilité nécessitant de ce fait un dispositif d'alimentation et de réglage spécifique. Les problèmes de magnétisation d'aimants permanents sont aussi abordés.

Dans le cadre du projet d'Ecole sur les transports urbains collectifs, une modélisation des divers systèmes de propulsion permet un choix pondéré, tenant compte du bilan énergétique. Le remplacement éventuel d'une crémaillère par un moteur linéaire est à l'étude.

CEI. L'alimentation, le réglage et le contrôle des machines les plus diverses et de processus industriels sont du ressort de *l'électronique industrielle*, qui fait le pont entre les domaines de l'énergie et de l'électronique. Parmi ses très nombreuses activités, on trouve l'étude de systèmes de réglage et de contrôle par échantillonnage, celle des convertisseurs statiques de courant, le développement de dispositifs antipatinage pour engins de traction, l'emploi de microprocesseurs pour le réglage, l'effet des perturbations du réseau. Plusieurs simulateurs développés par la chaire permettent de mettre au point en laboratoire les dispositifs électroniques de réglage étudiés.

EMET. On peut mesurer des grandeurs physiques les plus diverses par des moyens électriques, ce qui explique l'éventail très étendu des activités en *électrométrie*: mesures de pression, de luminosité, de temps d'exposition, de flux thermiques, de répartition de particules, etc. Un système perfectionné d'acquisition de données, basé sur un microprocesseur, est en cours de développement.

Une activité intense s'est développée dans le cadre de l'électroacoustique, concernant l'analyse de la parole et des cris de nouveaux-nés, l'étude de divers instruments de musique, et donnant lieu à des réalisations intéressantes dans le domaine du «sonar»¹⁾.

¹⁾ Radar acoustique

CIRC. La théorie des circuits de Kirchhoff est à la base de toutes les activités de recherche de cette unité, qui concernent le plus souvent l'analyse et la synthèse de biportes, généralement des filtres, l'étude de leur sensibilité, des tolérances, leur centrage, la comparaison de différentes structures avec différents composants: numériques, à FDNC et FDNR²⁾, à contre-réaction. Récemment, le domaine d'intérêt a été étendu aux triportes ou aiguillages.

LEG. Les intérêts du laboratoire d'électronique générale sont des plus variés: ils s'étendent de l'étude du champ électrique dans des jonctions de semiconducteurs à la réalisation pratique d'appareils, tels un détecteur de fumée, une trieuse de billets, des émetteurs et récepteurs miniaturisés. Elles incluent la modélisation de dispositifs à semiconducteurs (I^2L), la conception et l'analyse de circuits intégrés, la réalisation pratique de filtres actifs à FDNC et FDNR (en collaboration avec la CIRC). Un système d'acquisition et de traitement de données à microprocesseur destiné à l'analyse de cellules nerveuses par microscopie optique a été développé, en collaboration avec l'Institut d'anatomie de la Faculté de Médecine de l'Université de Lausanne.

EHF. Lorsque la fréquence d'un signal dépasse quelques centaines de mégahertz, c'est la chaire d'Electromagnétisme et d'Hyperfréquences que cela concerne. La propagation dans des guides d'ondes et des fibres optiques inhomogènes et anisotropes, l'effet de la pluie sur les faisceaux hertziens de haute fréquence, la diffraction et le rayonnement dus à des discontinuités, l'emploi de ces effets pour la mesure d'humidité dans des matériaux divers, la détection d'objets et de véhicules par radar font tous partie de son domaine d'intérêt. Les guides d'ondes cèdent progressivement la place à des lignes plus compactes tels les microrubans, et les tubes sont très souvent remplacés par des semiconducteurs, les derniers en date à pénétrer dans ce domaine de fréquences étant les transistors. Les effets d'intermodulation et d'harmoniques dus à la nonlinéarité sont actuellement étudiés pour des amplificateurs hyperfréquences.

TCOM. Faisant preuve d'une rare sagesse, la chaire de télécommunications concentre ses activités sur un seul projet: le réseau de télécommunications local intégré numérique (projet PERLIN). Il s'agit d'étendre le régime numéral (PCM) jusque dans le poste d'abonné, en faisant usage des lignes d'abonné symétriques actuelles. Les travaux concernent essentiellement la structure fonctionnelle (répartition des tâches entre postes terminaux, concentrateur et central local), le mode de transmission et la structure du concentrateur numérique.

LTS. Ce sont principalement les images qui intéressent le laboratoire de traitement de signaux. Il s'agit d'une part de coder l'information de façon à réduire la redondance (pour des applications de transmission), d'autre part de traiter cette information en vue de localiser des objets et de les identifier, même dans le cas d'objets en mouvement. Ces derniers projets jouent un rôle essentiel pour définir le sens visuel nécessaire aux robots industriels dont l'étude fait l'objet d'un projet d'Ecole. L'étude considère plus particulièrement des objets plans, dont la forme est déterminée par des techniques de codage polaire, de poursuite et d'extraction de contours.

CSL. La logique doit-elle être câblée ou programmée? L'apparition récente des ordinateurs de dimensions réduites que sont les microprocesseurs entraîne une interdépendance très étroite du matériel et du logiciel: le logiciel doit pouvoir réaliser des systèmes câblés aussi bien que des systèmes program-

més, établir un pont entre la théorie du matériel et celle du logiciel. Un microprocesseur horloger est à l'étude, sur le plan des applications, et, sur le plan théorique, de nouveaux modes de représentation de réseaux logiques séquentiels sont proposés. De nouvelles possibilités de synthèse sont rendues possibles par l'apparition de nouveaux composants logiques combinatoires programmables.

LCD. Les microprocesseurs prennent une place croissante dans de très nombreux domaines et le laboratoire de calculatrices digitales a mis au point un service d'aide pour leurs utilisateurs. Différents systèmes à microprocesseurs ont été mis au point, pour l'édition de textes notamment, des langages de programmation sont développés, un cross-assembleur paramétrable permet de générer du code pour différents types de microprocesseurs, des systèmes d'interconnexion entre éléments de microprocesseurs, de miniordinateur et de périphériques sont définis.

4. Transmission interne d'information

Les activités de recherche et de développement des douze unités du Département d'Electricité sont de nature extrêmement variée, comme le montre la section précédente. Il n'est donc pas facile de rester informé, même au sein du Département, et plusieurs moyens de transfert d'information sont disponibles dans ce but. Chaque année, un rapport scientifique rapportant les principales activités de recherche est établi. Différentes présentations de caractère interne ont été organisées, telles des présentations de chaires, ou encore la Journée du Département du 23 septembre 1976. Viennent s'ajouter à ces activités les défenses de thèses de doctorat (il y en a eu 17 de 1974 à 1977), les défenses de diplômes et de projets de semestres, les séminaires internes organisés par plusieurs unités et les conférences. La possibilité de se tenir au courant existe et bien des membres du Département en font usage.

5. Conclusion

Cet article donne un aperçu général des activités de recherche et de développement en cours au sein du Département d'Electricité. Par la force des choses, cet aperçu ne peut être que très superficiel, et probablement partiel; il s'agit en quelque sorte d'un annuaire indiquant les principaux produits à disposition. Le lecteur peut obtenir plus de renseignements sur les produits susceptibles de l'intéresser en s'adressant directement à l'unité productrice, qui sera le mieux en mesure de le renseigner et qui tient généralement à disposition des publications ou des rapports.

²⁾ FDNC = Frequency-Dependent Negative Conductance
FDNR = Frequency-Dependent Negative Resistance

Adresse de l'auteur

Fred E. Gardiol, Professeur Dr. Ing., Président de la Commission de Recherche du Département d'Electricité, EPFL, Chemin de Bellerive 16, 1007 Lausanne.