

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 97 (1971)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Quelques remarques concernant la formation des ingénieurs électriciens de l'avenir  
**Autor:** Goldstein, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-71218>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

sympathique, d'où l'influence des magnifiques champs de neige voisins n'était peut-être pas tout à fait absente, la proposition avait été transformée en un projet parfaitement cohérent qui fut l'objet d'une approbation unanime. Ce projet, qui a été présenté à une séance publique d'information, le 19 mars à l'aula de l'EPFL, devra encore être examiné, puis ratifié par les autorités compétentes et l'on espère qu'il pourra entrer en vigueur dès l'automne prochain<sup>1</sup>.

Ce plan a été établi compte tenu des directives suivantes, conformes aux vœux exprimés par la majorité des personnes ayant répondu au questionnaire d'enquête :

- a) Réduction du nombre d'heures de présence obligatoire des étudiants à environ 3200 heures réparties sur huit semestres, ce qui correspond à une moyenne de 32 heures par semaine. Cette réduction est destinée à favoriser le travail personnel et doit permettre aux étudiants de suivre les cours facultatifs de leur choix.
- b) Renforcement et réorganisation de l'enseignement scientifique fondamental.
- c) Introduction de l'enseignement des sciences humaines. On entend par là un enseignement devant compléter la formation spécifiquement scientifique et technique, qui comprendra des cours obligatoires et des cours facultatifs et portera notamment sur la gestion des entreprises, l'organisation industrielle, l'écologie, le droit, la psychologie en rapport avec les relations humaines.
- d) Développement, dès la troisième année, du système des cours à option qui doivent permettre à chaque étudiant d'orienter sa formation selon ses désirs. Les cours à option sont en principe facultatifs, mais les étudiants auront l'obligation de suivre quelques-uns d'entre eux en ayant la possibilité de les choisir parmi un groupe de sujets proposés.

Pendant les deux premières années, le programme comprendra principalement des cours, laboratoires et exercices obligatoires réservés à l'enseignement scientifique de base, mathématiques, physique, à l'enseignement des notions fondamentales et indispensables des sciences de l'ingénieur, électrotechnique, électromagnétisme, électrométrie. Cet enseignement de base est complété, au premier semestre, par des exercices d'initiation à l'électricité destinés à faciliter le premier contact expérimental des étudiants avec les phénomènes et les techniques électriques et électroniques,

<sup>1</sup> Entre temps, le projet a été approuvé par le Conseil des maîtres de l'EPFL, le 20 avril, et par le Conseil des EPF, le 14 mai 1971.

et par des séminaires devant servir d'introduction aux problèmes pratiques, dans les différentes branches de l'électricité, à l'emploi des ordinateurs, à l'élaboration des métaux, etc. Ces exercices feront un large usage des moyens audio-visuels. D'autre part, durant les quatre premiers semestres, des exercices d'élaboration de projets de difficultés échelonnées sont destinés à développer chez l'étudiant le sens de l'expression graphique, le goût de l'invention et de la conception et à le familiariser avec l'utilisation des matériaux. C'est là une innovation importante parce qu'elle permet de mettre l'étudiant, dès le début de ses études, en face de tâches de sa future profession. Le programme comprend en outre un cours de programmation, au deuxième semestre, et quelques cours de sciences humaines. Un cours de géométrie descriptive devra être suivi pendant le premier semestre par les étudiants ne possédant pas une formation suffisante dans cette discipline. Afin de permettre une acquisition harmonieuse des connaissances, sans redites inutiles ni lacunes, le département d'électricité a décidé d'élaborer des « cahiers des charges » et les professeurs ont ainsi admis une certaine restriction de leur liberté universitaire.

Dès la troisième année, l'étudiant abordera l'étude de questions moins générales : électromécanique, machines électriques, électronique, circuits électriques, fonction de transfert, régimes transitoires, régulation, traitement de signaux, télécommunications, systèmes logiques, etc. Quant aux cours et exercices offerts en option, ils portent sur des sujets techniques et culturels extrêmement divers et nombreux, puisqu'on en a dénombéré, dans une liste provisoire, une centaine parmi lesquels nous citons, à titre d'exemples : machines et installations thermiques, machines et installations hydrauliques, microtechnique, électronique médicale, génie civil. Ajoutons enfin que la connaissance d'au moins une langue autre que le français sera exigée.

Des travaux du même genre que ceux qui viennent d'être effectués à Lausanne sont en cours à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. De l'avis même des professeurs de Zurich qui ont participé aux discussions des Diablerets, le nouveau plan d'études de Lausanne représente un pas important franchi dans le sens de la concordance recherchée des études dans nos deux écoles polytechniques.

Comme nous l'avons dit plus haut, des représentants de l'industrie et des grandes associations professionnelles ont eu l'occasion de faire entendre des avis et d'intéressantes suggestions dictés par leur expérience. On trouvera plus loin l'allocation prononcée aux Diablerets par M. A. Goldstein, membre du Comité central et délégué de la SIA, directeur à la Société anonyme Brown, Boveri & C<sup>ie</sup>, à Baden.

## Quelques remarques concernant la formation des ingénieurs électriciens de l'avenir

par A. GOLDSTEIN, membre du Comité central et délégué de la SIA

### 1. Formation de base

Le projet de plan d'études discuté et mis sur pied lors de la semaine pédagogique du Département d'électricité de l'EPF de Lausanne prévoit un enseignement fondamental qui s'étend sur tout le premier cycle (les quatre premiers

semestres) et sur le début du deuxième cycle et constitue une base solide de formation de l'ingénieur électricien. L'intention qu'a le corps professoral de rédiger des cahiers des charges pour les différents cours et exercices me paraît

très importante. C'est en effet l'unique manière de coordonner et de délimiter les domaines d'enseignement de chacun. Seule une telle coordination peut donner aux étudiants la garantie que leur temps limité d'étude sera utilisé avec un rendement maximal. C'est pourquoi l'on peut être heureux de constater que les professeurs ont lancé cette idée de leur propre chef et sont prêts à admettre ainsi une sage limitation de leur liberté universitaire.

Le règlement concernant le passage des étudiants de l'une à l'autre des écoles polytechniques suisses a été approuvé par le Conseil des écoles polytechniques le 29 janvier 1971. Ce règlement donne aux étudiants la possibilité de changer d'école à la fin de chaque année. Mais pour que ce passage puisse se faire sans perte de temps pour l'étudiant, il est nécessaire que les programmes d'études des deux écoles se déroulent à peu près de la même manière, en particulier pendant le premier cycle et jusqu'au second examen propédeutique. Le nouveau plan d'études qui a été établi constitue un notable progrès à cet égard. Avec le système des cours à option offerts pendant le deuxième cycle, chacune des deux écoles conserve le moyen de garder sa personnalité. De cette manière, il n'est nullement nécessaire que les possibilités offertes aux étudiants d'approfondir leurs connaissances dans telle ou telle direction soient les mêmes dans les deux écoles. Au contraire, la diversité de ces possibilités représente un enrichissement de l'éventail des branches spéciales parmi lesquelles les étudiants des deux écoles peuvent choisir. Il leur suffit, après avoir subi avec succès le second examen propédeutique, de savoir dans quels domaines ils désirent se spécialiser et de choisir, au vu des programmes des deux écoles, celle dans laquelle ils vont poursuivre leurs études.

## **2. Apprendre à travailler seul et à compléter soi-même sa formation**

Le système des cours à option doit permettre aux étudiants d'approfondir leurs connaissances dans les domaines choisis par eux. Le but de cette possibilité de pousser ses études dans certaines directions n'est nullement de former des spécialistes. Il doit plutôt et surtout être d'exercer et d'habituer les futurs ingénieurs à pénétrer rapidement et résolument de nouveaux domaines et à aborder et résoudre les problèmes rencontrés en se servant des connaissances fondamentales sûres qu'ils ont acquises et assimilées. Ce travail commence déjà par la technique de la recherche d'informations consistant à extraire du fatras de littérature existant ce qui est important et essentiel, compte tenu du fait qu'on a souvent avantage à remonter aux ouvrages originaux.

Dans le même ordre d'idées, il faut aussi s'exercer dans l'art d'apprendre seul une matière nouvelle. L'enseignement consistant à montrer comment on apprend quelque chose de soi-même est l'une des tâches les plus importantes des écoles polytechniques. On a de plus en plus souvent l'occasion, une fois dans la pratique, de constater que l'on est amené à s'occuper, après quelques années, de choses sur l'existence desquelles on n'avait aucune idée pendant ses études et pour lesquelles il peut même arriver qu'on acquière en un temps relativement court une certaine renommée de spécialiste. Avec la marche toujours plus rapide du progrès technique, ce cas particulier tend de plus en plus à devenir le cas normal. C'est précisément pourquoi l'école doit ouvrir pour l'étudiant la voie à de telles évolutions.

## **3. Penser économie**

Cette notion est extrêmement importante, particulièrement pour les ingénieurs. Il y a longtemps qu'il ne suffit plus, lorsqu'on se trouve en face d'un problème, de trouver une solution techniquement possible. En effet, un concurrent s'est sûrement occupé du même problème et aura très probablement trouvé aussi une solution. Or, c'est certainement la solution la plus économique qui aura le plus grand succès, c'est-à-dire celle dont la mise en œuvre exigera la quantité la plus réduite de main-d'œuvre et de matière et qui rendra par conséquent à l'utilisateur du procédé ou du produit les meilleurs services pour la dépense la plus faible. C'est pourquoi il est si important d'apprendre aux étudiants à ne jamais perdre de vue l'aspect économique de leur activité. Une chose doit être absolument claire dans l'esprit de tout jeune ingénieur : chaque pièce ou petit ensemble de pièces d'une machine, d'un appareil ou d'une construction, chaque circuit élémentaire en électrotechnique par exemple, doit être réexaminé constamment pour vérifier s'il ne comprend vraiment rien de superflu et s'il se borne bien à ne pouvoir et à n'offrir que ce qui est rigoureusement indispensable pour la tâche qui lui est assignée.

Certes, ce n'est qu'une fois dans la pratique que l'ingénieur acquerra une maîtrise parfaite en ce qui concerne cette aptitude, mais il s'agit là d'une disposition d'esprit qui doit être inculquée déjà pendant les études.

## **4. Sens des interdépendances et planification**

Ceux qu'attirent les sciences ont souvent tendance à se consacrer complètement à l'étude d'un problème et oublient, ce faisant, d'observer ce qui se passe autour d'eux. C'est pourquoi, pour contrebalancer cette tendance, il est extrêmement important d'apprendre à voir les relations existant entre les choses ou les fonctions pour obtenir une vue d'ensemble. M. H. W. Johnson, du MIT, a très bien caractérisé cette question à l'aide de l'expression « to know what » et non uniquement « to know how » et avec les avertissements qu'il a donnés contre ce qu'il appelle la « Tunnel-View », que l'on pourrait traduire par la vision limitée par des œillères<sup>1</sup>. J'aimerais soutenir pleinement son point de vue et illustrer le problème en me servant de l'exemple de ce qui se passe dans une entreprise.

L'étude des marchés est indispensable pour définir les caractéristiques et la gamme des produits dont il faut entreprendre la fabrication. Le cycle d'opérations devant être mis en œuvre comprend l'étude d'un projet, l'établissement des dessins, la préparation de la fabrication puis le lancement de cette fabrication. Viennent ensuite la vente et enfin le service de la clientèle. De ce service et des contacts que l'on a avec la clientèle après la vente, on peut très bien déduire, avec un peu d'expérience, les points sur lesquels il faut apporter des perfectionnements aux matériels livrés et les matériels nouveaux, du même genre, qui pourraient être créés ; le cercle se trouve ainsi refermé. Dans une entreprise, de tels cycles d'opérations sont simultanément en cours d'évolution et se trouvent à différents stades d'avancement. La direction doit donc maintenir un certain équilibre entre ce qui se passe dans les divers ser-

<sup>1</sup> Conférence donnée à l'EPFZ, en 1969, dans le cadre d'une série de conférences sur le sujet général « Bildungsanforderungen in der industriellen Welt » (Les exigences auxquelles doit satisfaire la formation dans le monde industriel).

vices : bureaux d'études, fabrique, vente, finances et personnel de toute l'entreprise afin qu'il ne se produise nulle part des goulots provoquant des retards ou au contraire des surabondances de main-d'œuvre partiellement inutilisée. On est ainsi conduit à établir une planification.

Il est tout à fait nécessaire d'éveiller chez les étudiants le sens des interdépendances, mais sans qu'il faille donner un vrai cours sur la conduite des entreprises ; cela ne serait du reste pas possible. Il suffit, pour montrer ces interdépendances, de donner des notions sur la direction des entreprises, sur l'économie politique, les questions financières, le droit, etc., mais non des connaissances approfondies et détaillées. Il faut simplement ouvrir la porte, afin que le futur ingénieur sache de quoi il s'agit et se fasse une idée des voies dans lesquelles il pourra se perfectionner plus tard si ses occupations professionnelles devaient s'orienter dans une telle direction.

## Une industrie nationale en pleine transformation : l'horlogerie<sup>1</sup>

Pour l'observateur extérieur, l'intérêt qu'offre l'industrie horlogère suisse provient principalement de la grande diversité des aspects qu'elle présente. Notre brève analyse mettra l'accent sur les rapports entre ces différents aspects, qui se situent du reste à des plans variables, notamment :

- production et commercialisation ;
- tradition et progrès ;
- développements technologiques et problèmes économiques ;
- l'homme face à l'automatisation.

On voudra bien se rappeler que les différents problèmes s'interpénètrent et que toute intervention dans un secteur a des répercussions sur les autres.

Des rapprochements instructifs seront peut-être possibles avec d'autres industries...

### 1. La production

La petite machine qu'est un mouvement de montre comporte plus de 100 pièces qui se groupent selon leurs fonctions : a) le moteur et sa source d'énergie ; b) le système de transmission ; c) l'appareil régulateur ; d) le mécanisme pour l'indication de l'heure.

Pendant trois siècles, la source d'énergie a été d'origine humaine : l'effort de remontage se transformait en réserve d'énergie dans le ressort tendu. Quant au « distributeur-régulateur » d'énergie, c'était un mécanisme oscillant appelé « système balancier-spiral » ; pour augmenter la stabilité de sa fréquence, et par conséquent la précision du mouvement, on a fait passer graduellement les alternances de 5 à 6, puis à 10 par seconde.

L'évolution récente a touché principalement ces deux domaines :

- \* la source d'énergie : le ressort tend à être remplacé par une pile électrique ;
- \* le système distributeur-régulateur : le balancier-spiral tend à être remplacé par des oscillateurs à haute fréquence, tels que le diapason et le quartz.

<sup>1</sup> Résumé de la conférence de M. Pierre Bellmann, directeur général du Centre international de l'industrie horlogère suisse, donnée à Lausanne, le 26 mars 1971, dans le cadre de l'Assemblée générale de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes.

### 5. Relations humaines

L'aptitude à établir de bonnes relations humaines avec ses collaborateurs prend une importance toujours plus grande à mesure qu'un ingénieur arrive à une situation plus élevée et voit ses responsabilités s'accroître. C'est pourquoi il faut lui donner des notions fondamentales de psychologie et de sociologie qui font peut-être suite à celles que dispense l'enseignement secondaire, mais qui ne doivent pas se concentrer sur les premiers semestres seulement. Le soin que l'on met à développer le sens de la responsabilité pour autrui, qui pourra se manifester aussi bien dans l'entreprise que dans la vie politique de la commune ou dans la vie économique du pays, doit se poursuivre tout au long des études. C'est des milieux de nos jeunes étudiants que doivent sortir les responsables de demain.

En outre, un mouvement se dessine pour remplacer l'affichage analogique (cadran et aiguilles) par l'affichage digital (indication de l'heure par chiffres mobiles).

#### Montres à piles

Cette catégorie comprend deux groupes d'inégale importance.

Les montres *électriques*, caractérisées par un circuit à contact mécanique, sont sur le marché depuis plusieurs années, mais n'ont pas rencontré un grand intérêt.

Les montres *électroniques* comprennent différents systèmes dont la caractéristique commune est la présence d'un circuit électronique. Dans ce groupe, il faut distinguer les trois systèmes suivants :

- avec oscillateur balancier-spiral à fréquence traditionnelle ;
- avec diapason (vibrant à 300-500 Hz selon les mouvements, d'où son nom de système acoustique, puisque le *la* correspond à 435 Hz) ;
- avec oscillateur à quartz, qui vibre à des fréquences de 8000 à 9000 Hz et plus.

Ce qui est remarquable dans cette grande variété, c'est que l'industrie horlogère suisse produit aujourd'hui, simultanément, toute la gamme des modèles et systèmes, depuis la montre mécanique la plus simple, à remontage manuel, jusqu'à la montre-bracelet à quartz dont la précision au porter est d'environ *une minute par an*.

La production annuelle de montres suisses, qui a atteint en 1970 environ 72 millions de pièces, se distingue aussi par une extraordinaire variété dans l'aspect extérieur des modèles, les caractéristiques techniques, le degré de précision, la durabilité, le style de l'habillement — de la montre de sport à la montre de soirée, du modèle avec calendrier pour tous les jours au chronographe-bracelet qui est un véritable mini-calculateur.

### 2. La commercialisation du produit horloger

L'aboutissement de toute entreprise de commercialisation étant la consommation, c'est par une étude des attitudes du consommateur qu'il faut commencer. Là encore, toute observation sérieuse aboutit à la constatation d'une