

# Les condensateurs électriques à haute tension

Autor(en): **Schoenenberger, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **31 (1905)**

Heft 21

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-24881>

## **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.

Nous arrivons maintenant à l'objet principal de cette étude sommaire, à la **Halle des concerts** construite à **Zurich** dans le courant de la présente année à l'occasion de la fête fédérale de chant (fig. 12 et suivantes, pl. 11).

Le Comité des constructions a bien voulu nous fournir les documents graphiques nécessaires ; nous nous permettons en outre d'emprunter quelques indications à un article de M. Kuder, architecte de la halle, publié par la *Schweizerische Bauzeitung*, dans son numéro du 22 avril 1895.

Les offres et projets soumis au Comité des constructions n'ayant pu le satisfaire, celui-ci chargea M. Kuder d'étudier un nouveau projet basé sur le système adopté à Stuttgart en 1896 pour la construction d'une halle analogue ; ce projet fut adopté par le Comité.



Fig. 14. — Vue extérieure de la Halle des concerts de la fête fédérale de chant de Zurich, en 1905.

Faisant abstraction des vastes annexes renfermant les dépendances nécessaires à l'exploitation de la cantine, la halle même mesurait environ 130 m. de longueur utile sur 50 m. de largeur, soit 6500 m. carrés, dont 1550 m. carrés pour le podium des chanteurs ; elle renfermait au total 9768 places assises pour auditeurs, soit 7884 à rez-de-chaussée et 1884 sur la tribune, de 20 m. de profondeur, faisant face au podium. Ce dernier était calculé pour 4500 chanteurs.

Seize grandes fermes paraboliques de 56 m. d'ouverture totale et de 24<sup>m</sup>,50 de hauteur constituaient l'ossature de la halle ; chacune des fermes se composait de deux doubles membrures reliées entre elles par un treillis, comme dans une ferme métallique. Mais si dans cette dernière les mem-

brures sont continues ou peuvent être considérées comme telles, il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit d'une construction en bois composée de pièces rectilignes de longueur limitée ; les raccords formant jarrets sont nécessairement des points faibles, qui, dans le cas particulier, ont exigé des précautions très spéciales.

Dans les calculs statiques effectués par M. l'ingénieur Bolliger, la pression du vent était évaluée à 100 kg. par mètre carré.

La couverture en plaques d'Eternit (ardoises artificielles à base d'amiante), de 0<sup>m</sup>,40 sur 0<sup>m</sup>,40, était fixée sur lambrissage.

Onze entrepreneurs se sont répartis ce grand travail, dont le coût s'est élevé à 110 000 fr., bois repris par les fournisseurs.

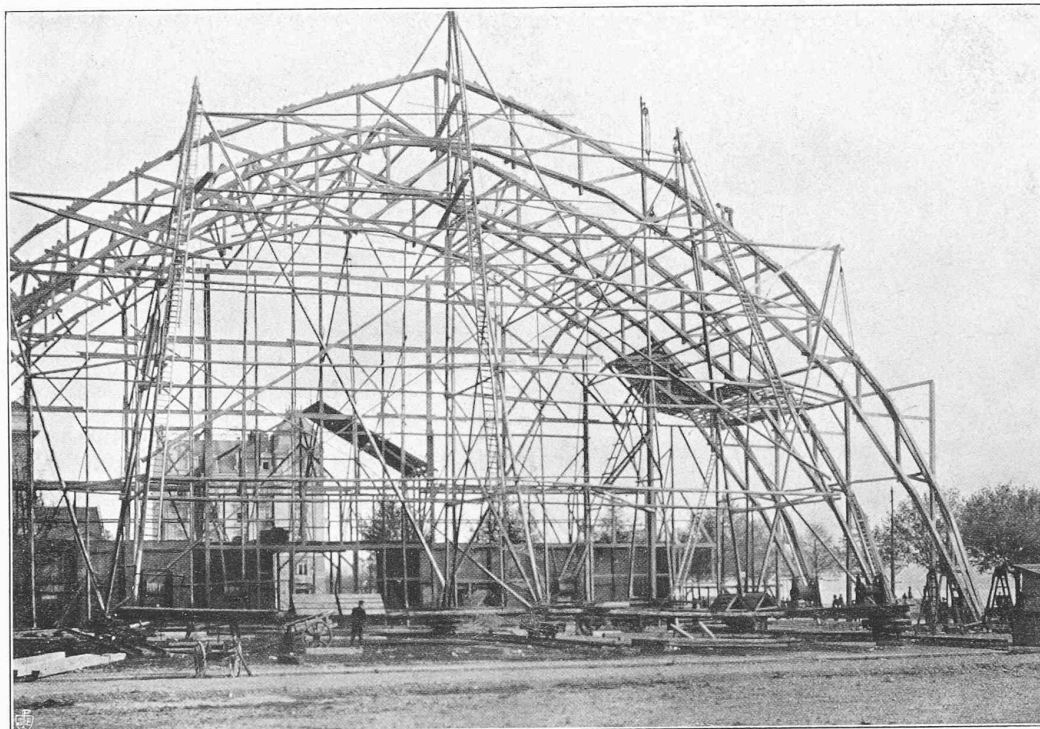
## Les condensateurs électriques à haute tension.

Par M. A. SCHÖENENBERGER, ingénieur.

Dans le cours élémentaire d'électricité nous rencontrons en général, dans les premiers exercices pratiques, la démonstration de la bouteille de Leyde. Bien souvent, en admirant les belles étincelles qui jaillissent de cet appareil, chargé d'habitude par une machine statique, le jeune élève se fait l'idée qu'une énorme quantité d'énergie électrique pourrait être emmagasinée dans cet instrument primitif ; mais le calcul démontre assez vite qu'il faudrait un nombre immense de ces bouteilles pour arriver à une capacité utilisable. Dans le développement actuel de la science électrique, nous trouvons cet appareil employé uniquement dans les laboratoires, où il a presque toujours conservé sa forme primitive.

Le condensateur à tension au-dessous de 100 volts fut introduit, sous une autre forme, dans la construction de certains appareils travaillant avec de faibles quantités d'énergie, tels que bobine Ruhmkorff, appareils télégraphiques, etc. Par suite du développement de la science électrique, on utilisa dans les laboratoires les bouteilles de Leyde pour la production de courants à haute fréquence, au moyen de décharges électriques. La forme primitive de cet appareil ne répondant pas aux exigences actuelles, une quantité de recherches et d'essais furent faits aux fins d'obtenir un condensateur plus commode à manier que la bouteille de Leyde et possédant, dans des dimensions plus restreintes, une capacité plus élevée. Il en résulta que seul le condensateur à haute tension répondait à ces exigences, mais qu'il était, d'autre part, très difficile d'obtenir une résistance suffisante à la perforation. La fabrication de ce condensateur restait dès lors la spécialité de quelques fabriques d'appareils scientifiques. Les derniers condensateurs connus à ce jour étaient d'un fonctionnement trop peu assuré et d'un prix trop élevé pour recevoir une application étendue.

Depuis dix-huit mois il s'est fondé à Fribourg une fabrique de condensateurs à haute tension, exploitant les



D'après une photographie de M. P. Recordon, Zurich.  
Vue prise pendant le montage de la charpente.



D'après une photographie de M. P. Recordon, Zurich.  
Vue intérieure.

HALLE DES CONCERTS DE LA FÊTE FÉDÉRALE DE CHANT DE ZURICH, EN 1905.

Seite / page

leer / vide /  
blank



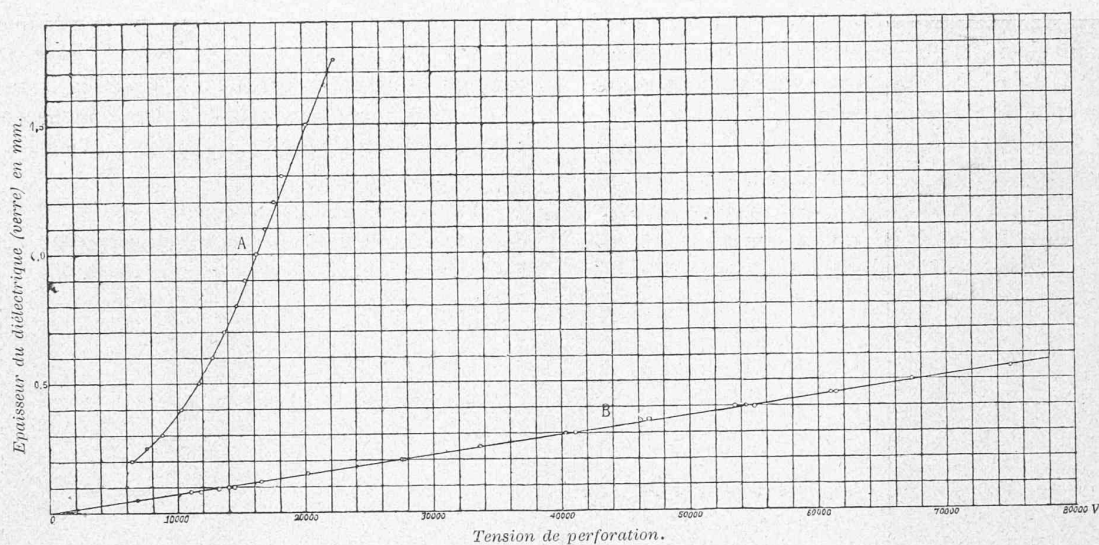


Fig. 1. — Courbes de perforation du diélectrique d'un condensateur :  
A. Sous le bord de l'armature. — B. A l'intérieur des surfaces de l'armature.

brevets de M. J. Moscicki, brevets basés sur la rigidité du diélectrique. Il est intéressant de rappeler les lois remarquables dérivant de ces recherches.

Il a été constaté, dans la fabrication des acides nitriques, que les condensateurs à lames ne pouvaient soutenir un service permanent. L'emploi des condensateurs paraissant indispensable dans ce nouveau procédé, M. Moscicki entreprit des recherches très sérieuses pour déterminer les causes du fonctionnement défectueux de ces condensateurs.

Les conclusions de son travail furent les suivantes :

Le refroidissement insuffisant, inhérent aux condensateurs à plaques, provoque presque régulièrement la destruction de l'appareil dans un temps relativement court ;

Les lames du diélectrique sont ordinairement perforées aux bords des armatures, par suite de circonstances spéciales qui limitent la résistance à la rupture.

Des essais de résistance à la rupture furent entrepris et les excellents résultats obtenus ont amené à la construction d'un nouveau condensateur, qui est en exploitation aujourd'hui. Ces travaux furent publiés par M. Moscicki dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, de Berlin (Nos 25 et 26 de l'année 1904) et ensuite dans l'*Eclairage électrique* (Nos du 1<sup>er</sup>, 8 et 15 octobre 1904). Nous reproduisons ici le diagramme d'une série d'essais de perforation, desquels résulte la loi la plus importante de la construction des condensateurs, c'est-à-dire que la partie du diélectrique qui supporte le bord de l'armature a des exigences plus considérables que n'importe quelle autre partie se trouvant à l'intérieur des surfaces recouvertes (fig. 1).

A l'examen de la courbe A de ce diagramme nous voyons quelle tension alternative il faut produire pour perforer un verre d'une épaisseur déterminée, placé sous le bord de l'armature. La courbe B nous indique à quelle tension il est nécessaire de s'élever pour perforer le même verre à l'intérieur de l'armature. L'aspect dissemblable de ces deux courbes nous démontre à l'évidence la différence frappante

qui existe dans la rigidité du diélectrique, suivant sa position au bord ou à l'intérieur de l'armature. A l'intérieur de celle-ci nous avons un rapport simple entre l'épaisseur du verre et la tension nécessaire à la perforation.

Ces essais furent exécutés avec des tubes en verre. La forme typique du tube fut ensuite définitivement adoptée pour la fabrication des condensateurs. La partie du tube supportant le bord de l'armature est en général d'un diamètre plus restreint que le reste du tube. Le point le plus important est justement le renforcement de l'épaisseur du verre sous le bord de l'armature. L'intérieur est formé d'une couche d'argent déposée par procédé chimique. Pour former l'armature extérieure, on dépose en premier lieu une cou-

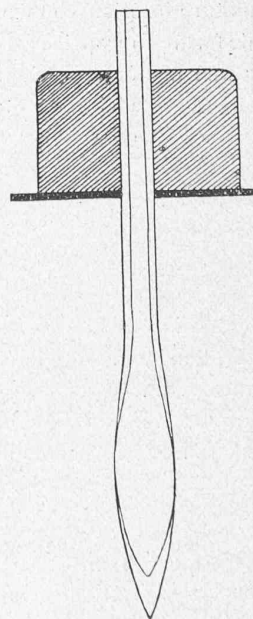


Fig. 2. — Coupe schématique du tube de verre d'un condensateur.

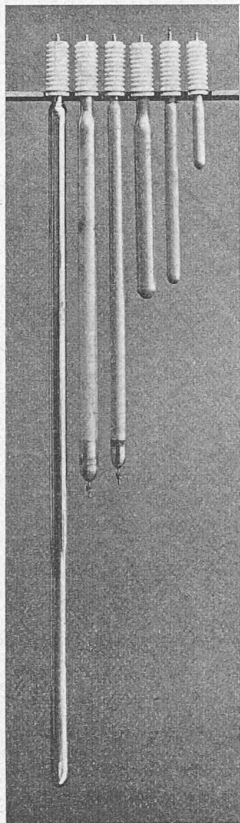


Fig. 3. — Série de tubes de différentes capacités.

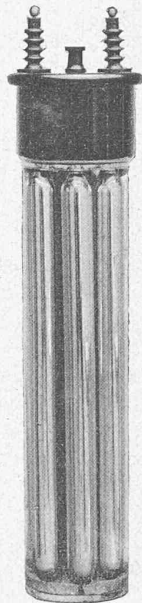


Fig. 4. — Batterie de condensateurs pour haute fréquence.

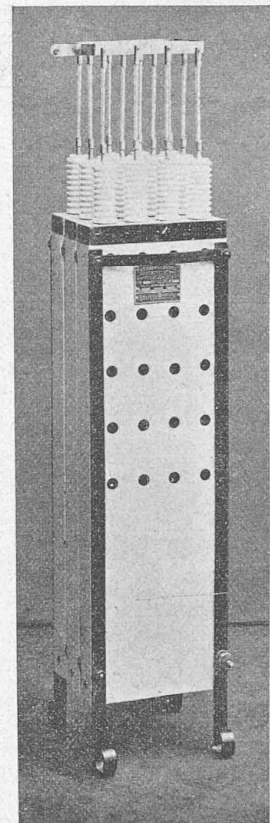


Fig. 5. — Batterie de condensateurs de 8000 volts et 0,037 microfarad.

Condensateurs de la Fabrique suisse de condensateurs électriques système Moscicki, à Fribourg.

che d'argent sur le tube et on renforce ensuite, après une préparation spéciale, cette mince couche d'argent par un dépôt galvanique de cuivre. Pour éviter les décharges superficielles entre armature intérieure et extérieure, un isolateur en porcelaine de forme appropriée est lié à l'extrémité ouverte du tube par une matière parfaitement isolante et adhérente au verre et à la porcelaine. Les tubes ainsi construits, et munis d'une prise de courant sur l'armature intérieure et extérieure, sont soumis aux essais de résistance contre la perforation (fig. 2).

Ces essais s'exécutent de la manière suivante : le tube est intercalé dans le circuit d'un transformateur ; on augmente ensuite jusqu'à la tripler la tension à laquelle l'appareil doit fonctionner, puis elle est abaissée jusqu'à 1,5 fois la tension normale, tension à laquelle l'appareil reste soumis pendant 5 minutes. Les tubes sont ensuite étalonnés suivant leur capacité, avec un condensateur normal. Cette capacité varie suivant les différents modèles (fig. 3).

Le système de montage des tubes en batterie s'opère de la manière suivante : les batteries pour des tensions industrielles allant jusqu'à 10 000 volts sont formées de tubes montés dans des enveloppes métalliques, soit seuls, soit par groupes de 4 à 6 tubes enfermés dans un cadre en tôle perforée, permettant la circulation de l'air. Une série de ces tubes ou de ces cadres combinés forme alors une bat-

terie. La prise de courant se trouve sur l'enveloppe métallique, isolée de la terre par de la porcelaine. L'autre contact est constitué par les armatures intérieures des éléments condensateurs assemblés (fig. 5).

Les batteries pour les tensions de 10 000 à 20 000 volts se distinguent par le fait que tous les éléments condensateurs d'une batterie sont divisés en deux groupes d'une capacité égale et accouplés en série. L'enveloppe métallique forme le contact entre les deux groupes, et les deux prises de courant sont formées par les contacts des armatures intérieures.

Pour les batteries de condensateurs destinées à la haute fréquence il faut, vu la grande énergie qui passe à travers ces appareils, procurer un refroidissement plus efficace du verre. La fabrique employait tout d'abord dans ce but un électrolyte qui était enfermé dans un cylindre de verre, et dans lequel une série d'éléments condensateurs était plongée, tel qu'il est indiqué dans la figure ci-jointe (fig. 4). Dans ce modèle, l'électrolyte est en même temps l'armature extérieure et l'agent du refroidissement nécessaire. Toutefois nous avons constaté que pour certains buts, et spécialement pour la télégraphie sans fils, la résistance de l'électrolyte, qui est pour le courant ordinaire très minime, augmente beaucoup avec une très haute fréquence ; en effet, par suite de l'effet pelliculaire, le courant passe seule-



ment par une couche extrêmement mince (pellicule) de l'électrolyte. Pour éviter cet inconvénient, un nouveau type fut construit dans lequel l'armature extérieure est formée par les métaux argent et cuivre. Le tube de verre est placé ensuite dans un tube en laiton, rempli d'un liquide (eau distillée et glycérine). Pour simplifier le maniement de l'appareil, le tube en laiton est fermé hermétiquement, en ménageant naturellement l'espace nécessaire pour permettre l'extension du liquide causée par les variations de température (fig. 5).

Ce refroidissement par un liquide est nécessité non par les pertes de l'appareil (les pertes dans l'appareil sont d'environ 1 % de l'énergie qui passe par les condensateurs), mais uniquement parce que la capacité calorifique de ces tubes de verre est très minime.

Les condensateurs ont trouvé un emploi important dans les parafoudres des lignes à haute tension. Une notice concernant cette question a été publiée par MM. Moscicki & Wæber dans la *Schweizerische Elektrotechnische Zeitschrift* (1905) et dans l'*Eclairage électrique* (n° du 29 avril 1905). L'application des condensateurs comme parafoudres des lignes à haute tension se base sur le fait que l'intensité que le condensateur laisse passer est non seulement proportionnelle à la tension, mais aussi à la fréquence du courant alternatif. D'autre part, il n'est aucunement contesté que les dérangements les plus fréquents dans les réseaux à haute tension sont causés par des courants d'une fréquence très élevée, qui prennent naissance ensuite de décharges atmosphériques (500 000 périodes par seconde et même davantage) et qui peuvent aussi être produits par le courant des génératrices (fréquence de quelques milliers de périodes par seconde). Si on relie à la terre, au moyen d'un condensateur, un conducteur à haute tension à son entrée dans une station, il est évident que tous ces courants de haute fréquence prennent ce chemin pour aller à la terre, parce que la résistance offerte est minime. Une bobine de self de dimensions appropriées, et accouplée en parallèle avec le condensateur entre ligne et terre, élimine les charges statiques qui pourraient endommager le réseau, tout en offrant, comme le condensateur lui-même, une assez grande résistance aux courants d'une fréquence normale de la génératrice. Ce dispositif représente un parfait appareil de sûreté et évite complètement l'emploi de distances explosives parfois assez dangereuses.

La fabrique vient en ce moment d'adopter un nouveau perfectionnement à ses appareils de parafoudres. Chaque élément condensateur d'une batterie est muni d'un fusible assez sensible pour haute tension. Si un élément condensateur venait à se détériorer accidentellement il serait immédiatement mis hors circuit par la fonte du fusible et la batterie pourrait fonctionner comme auparavant. Les tubes endommagés peuvent être remplacés très facilement par des pièces de rechange, sur place.

La fabrique a fait pendant sa courte exploitation, d'environ une année, d'heureuses expériences avec ces appareils, nouvellement introduits dans l'industrie; elle va prochainement agrandir ses installations et fournira alors

non seulement les batteries de condensateurs, mais aussi les appareils accessoires tels que bobines de réaction pour parafoudres, certains organes combinés avec les condensateurs pour la télégraphie sans fils, l'électrothérapie, etc., appareils demandés assez fréquemment.

## Divers.

### Bibliographie.

#### Festschrift zur Feier des fünfzigjährigen Bestehens des eidgenössischen Polytechnikums.

I<sup>er</sup> Teil: *Geschichte der Gründung des eidgenössischen Polytechnikums mit einer Uebersicht seiner Entwicklung, 1855-1905, von Professor Wilhelm Oechsli. — Gedruckt bei Huber & Co. in Frauenfeld. 1905.*

II<sup>er</sup> Teil: *Die bauliche Entwicklung Zürichs in Einzeldarstellungen, von Mitgliedern des Zürcher Ingenieur- und Architekten-Vereins. — Gedruckt vom Polygraphischen Institut und Zürcher & Furrer, Buchdruckerei, Zurich 1905.*

Sous ce titre a paru, à l'occasion des fêtes du cinquantième de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich<sup>1</sup>, un ouvrage digne d'attention, en deux volumes de 406 et 480 pages, comprenant 37 portraits d'hommes qui ont contribué à la création et au développement de l'Ecole polytechnique fédérale, ainsi que de nombreuses illustrations concernant le développement artistique, technique et industriel de la ville de Zurich.

Cet ouvrage restera un monument durable, rappelant l'histoire de la création et du développement du Polytechnicum de Zurich, universellement connu et apprécié, rappelant en même temps le développement de la ville qui a su, en donnant libéralement l'hospitalité à cette école, profiter avec intelligence de ce foyer de science pour s'épanouir et devenir le centre le plus important de la Suisse, soit par le nombre de ses habitants, soit par son industrie et son commerce.

Le premier volume, écrit sur la demande du Conseil d'Ecole par le professeur Oechsli, l'un des premiers historiens de notre pays, se divise en quatre parties principales.

Dans la première, l'auteur raconte comment l'idée émise en 1798 par le ministre de l'Instruction Philippe-Albert Stapfer, de Brugg, de fonder une Université suisse ou une Académie centrale, réunissant les avantages des universités allemandes à ceux de l'Ecole polytechnique de Paris, qui était créée depuis quatre ans à peine, a eu pour conséquence la fondation d'une Ecole polytechnique fédérale. Cette première partie renferme en outre un aperçu sur l'état de l'enseignement technique en Suisse lors de la fondation du Polytechnicum.

La deuxième partie contient l'histoire de la fondation du Polytechnicum de 1848-1855 et rappelle les débats qui eurent lieu à ce sujet aux Chambres fédérales. Elle nous présente le premier Conseil d'école, son président et les premiers professeurs. Ces derniers furent choisis avec soin, sans souci de leurs idées politiques et religieuses, par le président du Conseil d'école, Alfred Kern, plus tard ministre de Suisse à Paris.

Malgré les faibles ressources dont il disposait (103 000 fr. pour 32 professeurs), M. Kern, favorisé par les circonstances, réussit à constituer un corps professoral d'élite, composé en partie de savants réfugiés en Suisse et en Belgique depuis la révolution de 1848, et d'autres originaires d'Allemagne, qui ne demandaient pas mieux que de venir respirer l'air de la libre Helvétie. Jamais réunion plus considérable de notabilités scientifiques ne se rencontra dans une école à ses débuts. L'Ecole polytechnique a dû sa valeur et son renom au choix rigoureusement impartial de ses professeurs. Après Kern, les présidents Kappeler et Bleuler se sont inspirés du même esprit.

<sup>1</sup> Voir N° du 10 août 1905, page 195, et suivants.