

# Introduction à l'étude des machines électriques

Autor(en): **Juillard, E.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **50 (1924)**

Heft 7

PDF erstellt am: **20.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-39056>

## **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.

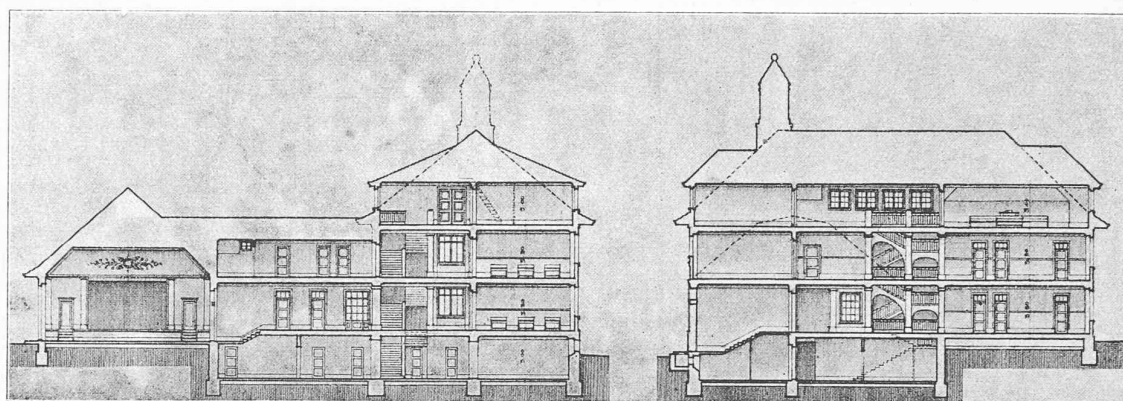
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen 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.

## CONCOURS POUR UN BATIMENT SCOLAIRE, A BLONAY



Coupe en travers.

Projet de MM. Gilliard &amp; Godet.

Coupe en long.

## Introduction à l'étude des machines électriques<sup>1</sup>

par E. JUILLARD, professeur à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne.

Messieurs,

En me désignant comme professeur dans le domaine de l'électro-technique, M. le Directeur de l'Ecole d'Ingénieurs m'a témoigné doublement sa confiance ; d'une part, en me jugeant digne de faire partie du Corps enseignant de l'Ecole d'Ingénieurs, d'autre part, en me chargeant de cours qu'il avait jusqu'ici professés lui-même, et qui avaient donc pour lui un intérêt tout spécial. Je lui en exprime tout particulièrement ma reconnaissance.

D'autre part, en ratifiant ce choix, le Conseil d'Etat du canton de Vaud me fait un honneur auquel je suis extrêmement sensible. Aussi je le prie ici de bien vouloir agréer l'expression de ma profonde gratitude. Puisse l'avenir me donner de répondre à ce que l'on attend de moi ; c'est à cela que vont tendre tous mes efforts dans ma nouvelle carrière.

Permettez-moi maintenant, MM. d'aborder mon sujet.

Si on pouvait placer l'un à côté de l'autre un exemplaire de chaque type de machine électrique actuellement en usage dans l'industrie, on serait frappé de leur nombre, et surtout de leur complexité. Et cependant un examen même très superficiel ferait bien vite découvrir certains organes communs à toutes ces machines. Partout en effet, on trouve un certain nombre de bobines, sièges de courants électriques, occupant des positions variées et variables dans un squelette en fer ou en tôles magnétiques. Aussi l'idée d'une application du phénomène de l'induction magnéto-électrique se présente-t-elle naturellement à l'esprit. Et c'est à la lueur de cette idée, que nous allons encore une fois passer rapidement en revue l'ensemble des machines électriques.

<sup>1</sup> Leçon inaugurale faite le 14 décembre 1923 à l'Université de Lausanne : Ecole d'ingénieurs.

La première en date est une petite machine qu'on rencontre encore par-ci par-là dans quelque vieux cabinet de physique ou de médecin. Elle est constituée par un aimant en fer à cheval devant lequel tournent deux bobines. Selon leur position momentanée, ces bobines sont exposées au champ magnétique de l'aimant ou elles en sont en dehors. Conséquence : apparition d'un courant induit, qu'on recueille à l'aide de deux frotteurs.

La petitesse des effets, due à la faiblesse du champ magnétique de l'aimant permanent a bien vite incité le constructeur à faire usage de l'électro-aimant, beaucoup plus puissant. Les bobines induites, plus ramassées, ont été placées sur une pièce en fer, plus appropriée à la distribution du magnétisme : le double **T** de Siemens. Enfin l'appareil était pourvu de bagues collectrices, disposées de façon à redresser, à renverser le sens du courant à chaque demi-tour : tous ces perfectionnements faisaient de cette machine quelque chose de plus robuste, de plus puissant, de plus industriel.

On s'aperçoit cependant bien vite que le courant fourni par cette machine, bien que toujours dirigé dans le même sens, reste irrégulier : il varie périodiquement entre zéro et un maximum. Pour atténuer cette fluctuation, il suffirait de faire usage de deux machines, qui fournissent, l'une, le courant, au moment où l'autre ne fournit rien. Cette combinaison de deux machines, puis de plusieurs, fondues en une seule, amenait Gramme à présenter l'inouvable anneau qui porte son nom. La machine à courant continu était née.

Puis les constructions se sont multipliées, les dispositions ingénieuses se sont succédées, amenant les unes, une simplification de l'anneau Gramme, sous la forme de l'induit à tambour, avec l'aménagement des spires induites seulement à la périphérie, les autres, une mise à profit toujours plus serrée de la matière, par la combinaison de plusieurs machines en une seule : la machine multipolaire.

Et jusqu'ici, toujours ce seul et unique principe : des spires mobiles se déplaçant avec une certaine vitesse dans le champ magnétique de l'électroaimant.

D'autre part, une question bien naturelle se pose à l'esprit du constructeur : ce courant de sens et d'intensité variables que fournit la machine électrique dépourvue de son collecteur-redresseur, ne serait-il pas possible, et peut-être même avantageux de l'utiliser comme tel ?

D'abord, la suppression du collecteur-redresseur serait une notable simplification, et un organe de moins à surveiller et à entretenir. Ensuite, le courant alternatif possède cette précieuse faculté de se transformer sans passer par des machines en mouvement. A l'aide du transformateur statique, dont la classique bobine de Rhumkorff peut donner une idée, il est des plus faciles de transporter l'énergie électrique à moins de frais, à un voltage élevé, et de la ramener, à pied d'œuvre, à une forme plus maniable, et moins dangereuse.

Ces avantages rendaient le courant alternatif séduisant : un essai était vite tenté, et une simple machine à courant continu, dépourvue de son collecteur, fonctionnait sans peine comme alternateur monophasé.

En examinant toutefois de plus près cet alternateur, on faisait une constatation pour le moins curieuse : on s'apercevait que l'induit recouvert de spires, tel qu'il le fallait pour le courant continu, était plus économique, lorsqu'une partie de ce cuivre était laissée de côté : le rendement de la machine augmentait. Mais alors, que faire de cette place laissée libre sur l'induit ? Il était logique d'y remettre le cuivre enlevé, mais cette fois-ci, sans relation quelconque avec le premier. On créait ainsi en quelque sorte deux alternateurs en un seul, fournissant chacun son courant dans un circuit distinct. Et pour le moment somme toute, pas grand'chose n'était gagné ; tout au plus pouvait-on encore fondre deux lignes en une seule, et par la création d'un pôle commun, réduire le nombre des lignes de quatre à trois.

Mais, toujours grâce à l'étude de cet alternateur, et de ses propriétés, on s'apercevait que le champ réactif créé par les courants induits dans les spires qui en deviennent le siège, champ qui réagit en quelque sorte contre la cause qui le produit, on s'apercevait, dis-je, que ce champ reste immobile relativement aux pôles de l'électro-aimant inducteur. Donc ce champ magnétique tourne autour de l'induit. Si donc on alimente un induit semblable par les courants fournis par notre alternateur, on produira nécessairement autour de cet induit un champ magnétique tournant, exactement comme si on faisait usage d'une roue polaire en mouvement.

Et en plaçant alors dans cet induit, que pour plus de commodité on aura retourné à la façon d'un gant, en plaçant quelques spires fermées sur elles-mêmes, et supportées par un cylindre de fer, ces spires seront soumises à un champ d'intensité variable et animé d'une certaine vitesse de rotation. Elles deviendront donc le siège de courants induits, qui réagissant sur le champ magnétique inducteur, subiront un effort mécanique, et seront entraînées par lui. C'est le principe des moteurs à induction ou machines asynchrones, dont les progrès sont dus principalement aux travaux de *Tesla* et de *Ferraris* sur

les propriétés des champs tournants. Le moteur asynchrone, grâce à sa simplicité et à sa robustesse, est actuellement presque aussi répandu que la lampe à incandescence.

Puis, on remarque aussi qu'en intervertissant le sens du courant dans un moteur à courant continu, celui-ci n'en continue pas moins à tourner dans le même sens. Il était donc logique de vérifier expérimentalement ce qu'on pouvait prévoir, et d'essayer d'alimenter une machine à courant continu par de l'alternatif. On arrive ainsi au moteur à collecteur, qui, comportant les mêmes organes qu'une machine à courant continu, fonctionne indifféremment avec les deux espèces de courant ; c'est l'outil rêvé pour la traction électrique : moteur alternatif, lorsqu'il s'agit de tirer, génératrice à courant continu lorsqu'il s'agit de freiner.

Et nous pourrions continuer. Il suffit d'une pointe d'audace et d'un peu de bon sens, pour prendre simultanément du courant continu et de l'alternatif de la même machine, ou pour alimenter une machine par du continu, et en retirer de l'alternatif. Toutes les combinaisons sont possibles ; ce sont des groupements d'éléments connus.

Toutes les machines électriques dérivent logiquement les unes des autres, et toutes ne sont que l'application ingénieuse et sagace d'un unique principe des sciences physiques : *l'induction magnéto-électrique*.

Or, un fil parcouru par un courant électrique, situé dans un champ magnétique, constitue une réserve d'énergie, une énergie potentielle, dont nous pouvons disposer. La disparition du champ ou du courant fait disparaître cette énergie. Mais en vertu du principe de sa conservation, cette énergie doit se retrouver sous une autre forme : du travail mécanique et de la chaleur.

Une machine électrique ne crée donc rien ; elle transforme l'énergie d'une forme dans une autre. Il appartient à l'ingénieur de diriger cette transformation, de la canaliser en quelque sorte dans la forme qui lui est utile, et de réduire au minimum les transformations accessoires qui n'ont pour lui pas d'intérêt. On voit ici se manifester le côté économique de la question, qui oppose ses conditions souvent draconiennes à l'activité du constructeur.

Il y a là, précisément dans l'apparition de cette nouvelle difficulté que ne connaît pas le physicien, une source de satisfaction intellectuelle de premier ordre. Choisir certains phénomènes naturels, les amener à se produire dans un ordre et avec une intensité prescrite d'avance, canaliser en quelque sorte la Nature, et constater ensuite que ses prévisions se vérifient, tout cela constitue une rémunération intellectuelle qui paie largement ce que l'étude en a d'ardu, et peut-être de peu engageant.

D'autre part, ce mode de transformation de l'énergie par voie d'induction magnéto-électrique s'est révélé comme un des plus maniables et des plus féconds en applications. On est en droit de se demander si d'autres formes de l'énergie : chimique, calorifique, cinétique, etc. ne possèdent pas une qualité analogue, ou par quoi elles

différent de celle qui nous occupe. Il y a là matière à d'utiles comparaisons et l'ingénieur-électricien trouvera dans les domaines qui avoisinent son art, de précieux enseignements.

Si vaste soit-elle, l'étude des machines électriques n'est pourtant que l'étude très fouillée d'un phénomène particulier de la physique. A ce titre là, cette étude constitue une discipline. En approfondissant ce cas particulier, on n'apprend pas seulement à distribuer judicieusement du cuivre et du fer, mais avant tout, on apprend à comprendre le sens et la profondeur de lois naturelles que nos maîtres nous ont révélées.

C'est dans ces pensées, MM. que j'aborde nos jeunes ingénieurs cet hiver. Je désire sans doute leur faire entendre une note industrielle et pratique, et leur donner quelques renseignements qui contribueront, je l'espère, à leur éviter quelques-uns des tâtonnements pénibles du début de toute carrière. Mais je désire surtout gravir avec eux un sommet, d'où l'on aperçoive non seulement les détails du voisinage immédiat, mais aussi les cimes du monde environnant. Puissé-je par là, apporter aussi ma modeste contribution au prestige de notre Ecole d'Ingénieurs et de notre Université.

### La mesure du degré d'écroutissage des métaux.

Tandis que la bille de *Brinell* est peu propre à l'évaluation du durcissement des métaux causé par l'écroutissage, l'épreuve dite d'« amplitude » au *pendule Herbert* semble douée d'une sensibilité qui la rend propre à l'étude du processus encore mal élucidé de l'écroutissage.

On se rappelle que le pendule *Herbert*, décrit aux pages

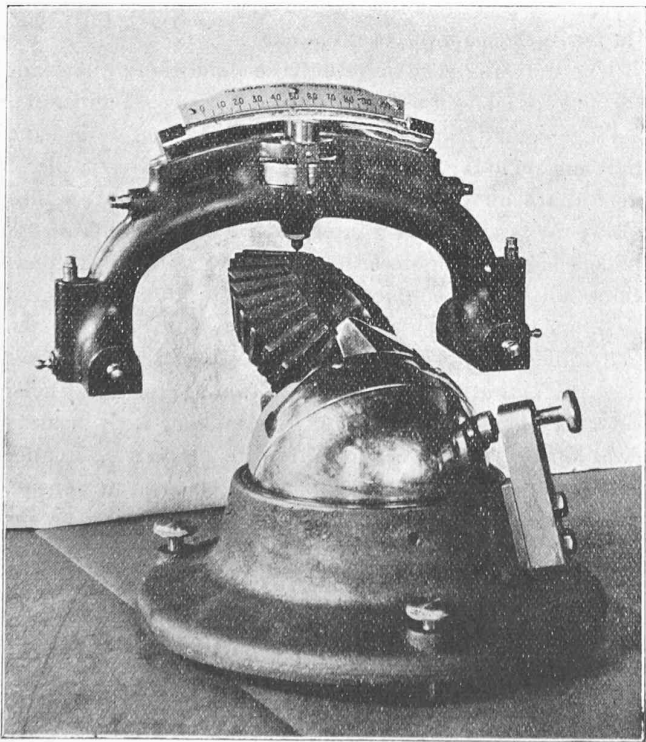


Fig. 1. — Le pendule *Herbert* pour la mesure de la dureté.

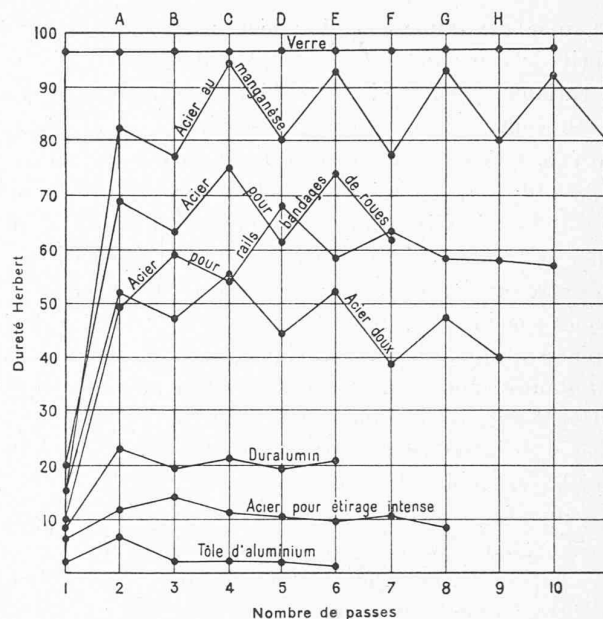


Fig. 2.

159 et 237 de notre tome 49 (1923) comporte deux sortes d'épreuves, à savoir l'épreuve de *durée* (mesure de la durée d'un certain nombre d'oscillations de faible amplitude) et l'épreuve d'*amplitude* (amplitude de la demi-oscillation provoquée par l'inclinaison de l'appareil sous un angle conventionnel). C'est le principe de cette deuxième épreuve qui sert à la mesure du durcissement produit par l'écroutissage et qui à cet effet, est mis en œuvre de la manière suivante :

Le pendule reposant par sa bille sur l'échantillon à éprouver, est incliné jusqu'à ce que la bulle du niveau coïncide avec le zéro de la graduation, puis étant abandonné à lui-même il oscille et après avoir noté l'élongation, on incline le pendule, sans l'éloigner de l'échantillon, jusqu'à ce que la bulle soit en face de la division 100 (voir fig. 1), puis on l'abandonne de nouveau à lui-même ; la bille parcourt alors en sens inverse, le sillon écrouti qu'elle a creusé elle-même et on lit l'élongation correspondant à ce trajet ; ensuite on incline l'appareil en maintenant la bille dans son sillon jusqu'au zéro, on l'abandonne à lui-même, la bille parcourt de nouveau le sillon de plus en plus écrouti, on lit l'élongation et on répète ces manœuvres jusqu'à ce que l'écroutissage ne progresse plus.

La figure 2 montre que :

Le verre est dépourvu de capacité d'écroutissage. En effet le nombre de dureté *Herbert* demeure constant et égal à 97 quel que soit le nombre d'oscillations du pendule ; l'objection que cette constance serait due à la grande dureté du verre qui le rendrait inattaquable à la bille est réfutée par le fait que l'instrument y trace bel et bien un sillon.

La dureté de l'acier au manganèse s'élève après la première passe, de la valeur très faible, 15, correspondant à celle de l'acier doux, à la valeur 83, pour atteindre, après la troisième passe, 95, correspondant à la dureté de l'acier dur pour outil.

L'acier pour rail prend un écroutissage plus graduel, la dureté maximum, 68 étant atteinte au bout de quatre passes. Eu égard à l'effet que l'écroutissage de la table de roulement des rails paraît exercer sur leur résistance à l'usure, le pendule *Herbert* grâce à la facilité et à la rapidité de son fonctionnement semble appelé à contribuer efficacement à l'étude de ce phénomène.