

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 11

**Artikel:** Le tableau de démonstration du Technicum Neuchâtelois à La Chaux-de-Fonds  
**Autor:** Besson, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061106>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

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

## Le tableau de démonstration du Technicum Neuchâtelois à La Chaux-de-Fonds

Par R. Besson, Genève

621.316.313

Après quelques considérations de nature psychologique sur la concrétisation du phénomène électricité par la perception de ses effets, l'auteur décrit un tableau de démonstration destiné au Technicum Neuchâtelois de la Chaux-de-Fonds. Ce tableau, né d'une étroite collaboration entre le maître et le constructeur, permet d'exécuter le montage des différents circuits fondamentaux et de confirmer par voie expérimentale les résultats des calculs.

Nach einigen Bemerkungen psychologischer Natur, die sich auf die Sichtbarmachung des Phänomens Elektrizität durch die sinnliche Wahrnehmung seiner Wirkungen beziehen, beschreibt der Autor eine Demonstrations-Schalttafel, welche für das Technicum Neuchâtelois in La Chaux-de-Fonds geliefert wurde und durch enge Zusammenarbeit zwischen Lehrer und Konstrukteur entstand. Sie ermöglicht den Aufbau der verschiedenen grundlegenden Stromkreise und die experimentelle Bestätigung der errechneten Ergebnisse.

Comprendre, c'est réinventer pour soi et en soi les réalités extérieures. Or, si certaines de ces réalités extérieures paraissent évidentes et frappent les sens dont l'être intérieur accepte les données, il est des réalités plus subtiles dont la compréhension requiert le concours de l'intelligence. Tel est le cas de l'électricité, mystérieux déséquilibre de la matière dans sa substance la plus intime, flux ou simple virtualité d'énergie, fluide impondérable dont les sens humains ne peuvent connaître et apprécier que les effets sans jamais en déceler la cause.

Si donc l'homme ne croyait que les données de ses sens, il ignorerait l'électricité. Mais l'homme est doué d'une faculté singulière: la pensée, qui est l'art de lier les causes et les conséquences. Grâce à ce don à la fois précieux et redoutable, l'homme a commencé de découvrir, par delà les apparences sensorielles, les vérités objectives et les lois qui engendrent le vaste mirage électromagnétique qu'est l'univers.

Mais si l'intelligence raisonneuse peut comprendre sans le secours des sens et peut asseoir ses croyances sur de simples déductions, le témoignage des sens reste le moyen le plus direct et le plus efficace que l'homme a de s'approprier une donnée extérieure. L'excellent pédagogue qu'est le Professeur Schenkel, Directeur de la Section de Mécanique du Technicum Neuchâtelois à La Chaux-de-Fonds, a bien compris cette loi de la psychologie pédagogique et il lui est venu l'idée de rendre accessibles aux sens, pour les rendre plus compréhensibles à ses étudiants, les rapports de cause à effet qui lient les notions de tension, de résistance, de fréquence et d'intensité dans le phénomène si largement utilisé du courant électrique. C'est ainsi que, après avoir obtenu les appuis financiers nécessaires, Monsieur Schenkel a soumis les bases de son projet à un constructeur d'appareillage électrique dont le bureau technique étudia la disposition et les détails d'un tableau de démonstration des lois de l'écoulement du fluide électrique. C'est ce tableau, actuellement installé à la Section de Mécanique de la Chaux-de-Fonds du Technicum Neuchâtelois que nous nous proposons de décrire.

Cette installation de démonstration est réalisée dans la forme d'un tableau de distribution, de commande et de contrôle, divisé en trois panneaux.

Le panneau du milieu contient tout d'abord les sources de courant qui sont au nombre de quatre, c'est-à-dire:

1° Source de courant dit «Secteur» triphasé avec neutre, à tension fixe de 380/220 V, à fréquence fixe de 50 pér./s,

pour intensité jusqu'à 60 A. Cette source est alimentée par le courant municipal.

2° Source de courant à fréquence variable, triphasé, sans neutre, tensions réglables de 0 à 380 V, fréquence variable de 0 à 200 pér./s, puissance 1 kVA. Cette source est alimentée par un groupe électrogène spécial.

3° Source de courant à tension variable triphasé avec neutre, tensions réglables de 0 à 380/220 V, fréquence fixe de 50 pér./s, puissance de 3 kVA sous 380 V. Cette source est alimentée par un transformateur à gradins spécial.

4° Source de courant continu, sous 160 V, puissance maximum 4,8 kW. Cette source est alimentée par un groupe électrogène spécial.

Chacune des quatre sources de courant ci-dessus est distribuée sur un jeu de bornes à vis et de prises de courant pour fiches. En outre, chacune des sources ci-dessus peut être distribuée au moyen d'un commutateur sur le jeu de barres monophasées de l'installation de démonstration proprement dite.

Cette installation de démonstration occupe les panneaux du centre et de gauche. Les circuits électriques réels sont représentés par des circuits symboliques peints directement sur les panneaux tôle en liaison avec les appareils de commande et de mesure apparents et en liaison avec les représentations symboliques de ceux des appareils qui ne figurent pas directement sur le panneau, soit les résistances, condensateurs, bobines de self-induction etc. Notons ici que les panneaux tôles sont réalisés sous forme de portes pivotantes qui recouvrent et ferment l'installation de distribution, tout en laissant apparaître à travers des orifices appropriés tous les appareils qui doivent normalement rester visibles et accessibles. Cette disposition particulière qui est une création originale du constructeur du tableau élimine la nécessité d'un couloir postérieur de service, diminue appréciablement l'encombrement du tableau et permet de découvrir, sans démontage, derrière le panneau symbolique, la distribution réelle en ordre de marche. L'installation de démonstration comporte un circuit de mesure dont le schéma est nettement visible sur le tableau (voir fig. 1). Ce circuit comporte d'abord deux tronçons A et B en parallèle et un tronçon C en série avec les deux premiers. Chaque tronçon est muni: d'une résistance ohmique à réglage progressif allant de la position de court-circuit à une valeur maximum; d'une inductance qui peut être court-circuitée ou intercalée et dont la self-induction peut être ajustée à certaines valeurs au moyen d'un commutateur; d'un condensateur qui peut être court-circuité ou intercalé et dont la capacité peut être ajustée à certaines va-

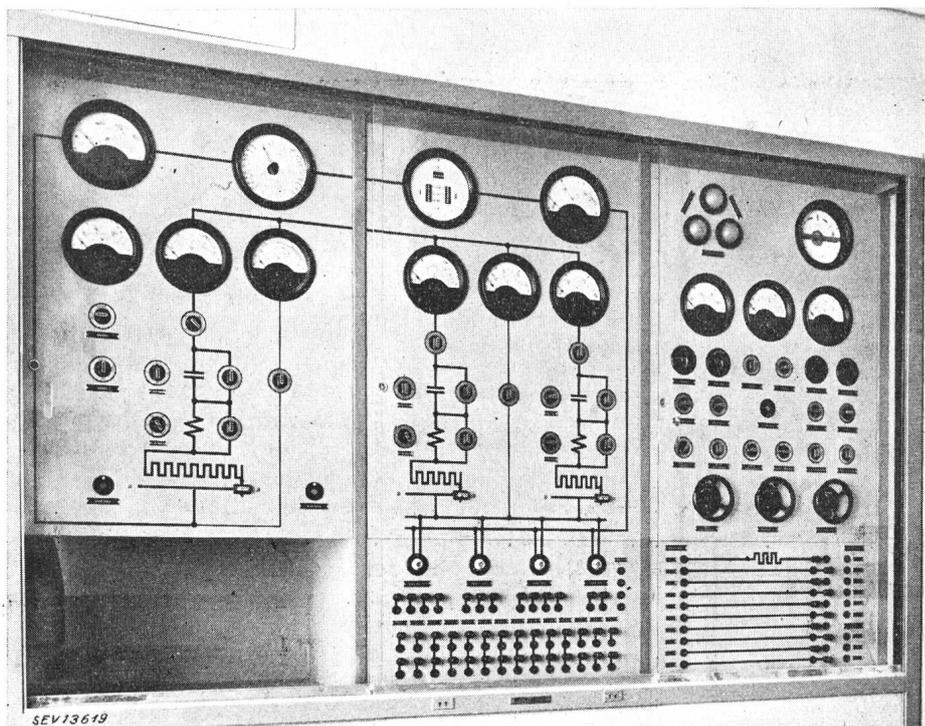
leurs par un commutateur; d'un interrupteur; d'un ampèremètre intercalé à demeure. Bien entendu, les appareils du tronçon *C* sont prévus pour la somme des intensités pouvant traverser les tronçons *A* et *B*.

Un premier voltmètre permet de mesurer la tension entre l'entrée et la sortie des tronçons *A* et *B*. Un second voltmètre mesure la tension entre le début et la fin du tronçon *C*. Un troisième voltmètre mesure la tension totale, c'est-à-dire la tension d'alimentation du circuit de démonstration.

Les appareils de mesure suivants sont encore prévus: wattmètre, fréquencemètre, phasemètre. Ce der-

— la fréquence etc. Il est possible de faire varier progressivement les impédances par la manœuvre des résistances ohmiques et de constater les variations résultantes de toutes les grandeurs contrôlées et mesurées. Le circuit de démonstration permet ainsi la vérification expérimentale de nombreux calculs faisant intervenir l'action des résistances, réactances, impédances et capacités sur l'intensité, la puissance et le déphasage d'un courant en fonction de la tension, de la fréquence etc.

Le tableau de démonstration a été d'autre part réalisé de façon à rendre les services d'un distributeur et d'un répartiteur des quatre sources de courants disponibles. A cet effet, le panneau de droite comporte 10 barres de distribution installées entre des bornes d'entrée et des bornes de sortie. Les 3 premières barres *A*, *B* et *C* peuvent être branchées sur un premier ampèremètre et les 3 barres suivantes *D*, *E* et *F* peuvent être branchées sur un second ampèremètre. La barre *A* comporte une résistance réglable en série. Les 4 dernières barres *G*, *H*, *I* et *K* sont simples. Toutes ces barres peuvent être alimentées par l'une quelconque des quatre sources disponibles, au moyen de conducteurs souples extérieurs au tableau. Toutes ces barres alimentent directement une table d'essai située dans la salle d'études et les 6 premières barres peuvent être connectées sur une armoire de distribution extérieure au tableau.



Panneau de démonstration; tronçon *C*; voltmètres, ampèremètre, wattmètre et phasemètre

Panneau des sources de courants; tronçons *A* et *B*; voltmètres, ampèremètres et fréquencemètre

Panneau de démonstration; distribution et répartition des sources de courant; voltmètre, ampèremètres, lampes de phase à feux tournants, synchronoscope

Fig. 1.

Vue du tableau de démonstration

nier est mis automatiquement hors circuit lorsque le circuit de démonstration est alimenté en courant continu. Ces divers appareils sont munis de commutateurs permettant des changements d'échelles de lecture.

Le circuit de démonstration peut donc être alimenté successivement par chacune des quatre sources de courant disponibles (les interrupteurs nécessaires sont verrouillés entre eux de façon à ne permettre l'enclenchement que d'une seule source à la fois). Il est donc possible de faire circuler dans ce circuit des courants continus ou des courants alternatifs à fréquences et tensions variables. En outre, on peut faire varier l'inductance propre et la capacité de chacun des trois tronçons *A*, *B* et *C* et l'on peut mesurer les valeurs des intensités et tensions ainsi que leur répartition entre les trois tronçons du circuit. Les appareils généraux permettent en outre de contrôler la puissance, le déphasage — positif ou négatif

L'excitation de la génératrice du groupe à fréquence variable peut être alimentée soit par les trois phases du secteur (tension fixe), soit par la source triphasée à tension variable. Ce dispositif permet de régler la tension de sortie du groupe à fréquence variable.

La source de courant à fréquence variable dont la tension peut ainsi varier également, peut être mise en parallèle avec la source triphasée du secteur dont la tension et la fréquence sont fixes. Cette mise en parallèle peut être réalisée soit par le procédé des trois lampes de phase à feux tournants, par celui du voltmètre à zéro ou à l'aide d'un synchronoscope. Un fréquencemètre double permet l'ajustage des fréquences. Tous ces appareils sont installés sur le panneau de droite. Leur mise en service est commandée par un commutateur approprié, et un interrupteur provoque la mise en parallèle proprement dite.

Le transformateur à gradins qui constitue la source à tension variable est commandé par un volant installé sur le panneau de droite. Ce transformateur possède en outre des prises monophasées pour diverses tensions fixes, de 2 à 200 V, qui alimentent des bornes à vis et des prises de courant. Une prise fixe triphasée 220/127 V est également reliée à des bornes qui se trouvent, comme les précédentes, sur le panneau central.

La plupart des appareils de mesure installés dans le tableau sont pourvus de commutateurs qui permettent de brancher l'appareil correspondant sur des

bornes accessibles sur le panneau du centre. Ce dispositif ingénieux permet d'utiliser ces appareils pour toute mesure particulière, sans les déplacer, ni modifier leurs connexions.

Il sera intéressant de savoir quels services une telle installation aura rendus après deux ou trois semestres d'utilisation et quels auront été les parties que le professeur aura pu tirer de ce tableau dont l'étude a été conduite avec beaucoup d'ingéniosité ainsi que dans le meilleur esprit pédagogique.

Adresse de l'auteur:

R. Besson, fondé de pouvoir de l'Appareillage Gardy S. A., Genève.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Ausbau der Plessur-Kraftwerke

621.311.21(494.261.1)

Unter diesem Titel brachten wir im Bull. SEV 1945, Nr. 23, S. 787 die Beschreibung des Projektes für die Ausnutzung der Stufe III, Lünen-Sand, der Plessur-Wasserkräfte. Am 4. April 1946 wurden einige Pressevertreter bei einer Besichtigung der Baustellen über den Stand der Arbeiten orientiert. Wir entnehmen einige Angaben darüber der Neuen Bündner Zeitung vom 16. April 1946.

Die etwa 5 km lange Strecke Lünen-Sand oberhalb Chur wurde für den Bau der Stollen in 4 Baulose eingeteilt, auf denen verschiedene Unternehmer die Arbeiten im Sommer 1945 aufgenommen haben. Auf Baulos I ist der Bau der Wasserfassung mit dem Stauwehr in der Plessur im Gange. Die Entsandungsanlage harret noch der Erstellung, während der Druckstollen im Rohausbruch schon rund 400 m vorgetrieben ist.

Das Baulos II im Castielertobel umfasst einen 238 m langen Fensterstollen und von diesem aus den Vortrieb des Hauptstollens nach beiden Seiten. Analog sind die Verhältnisse beim Baulos III im Calfreisertobel, mit einem 375 m langen Fensterstollen. Auf Baulos II und III sind je etwa 800 m des Hauptstollens ausgehoben, ebenso die Fensterstollen, die später zur Einleitung des Castieler- und des Calfreiserbaches in den Hauptstollen dienen.

Das Baulos IV befindet sich beim Brandacker unterhalb Maladers. Dort ist der Druckstollen vom Wasserschloss aus bergwärts etwa 725 m weit vorgetrieben. Am 4. April 1946 erreichten die ausgebrochenen Stollen (ohne Fensterstollen) bereits 54 % der Gesamtlänge des Druckstollens. Der Vortrieb der Stollenbohrung beträgt pro Bohrstelle bis 5 m/Tag. Wassereinbrüche und grössere Gesteinseinbrüche sind keine eingetreten. Gz.

### Considérations sur les caractéristiques des grands alternateurs destinés à fonctionner sur les réseaux d'interconnexion

621.313.322

M. Pierre Henriët, porteur de la médaille André Blondel<sup>1)</sup>, présente, le 2 mars 1946, une communication en séance de la Société française des Electriciens, dont nous reproduisons ici le compte-rendu publié à la Rev. Gén. électr. de mars 1946:

«Dans les grands réseaux de transport d'énergie, la stabilité du transport et le réglage des charges actives et réactives exigent que les alternateurs et les compensateurs synchrones possèdent certaines particularités relatives à la puissance réactive fournie ou absorbée, aux valeurs des réactances internes, à la résistance des amortisseurs, au mode d'excitation et au moment d'inertie.

<sup>10</sup> *Fourniture et absorption de puissance réactive.* — Outre la fourniture d'énergie active qu'ils doivent normalement assurer, les grands alternateurs reliés à des réseaux interconnectés peuvent être appelés à produire ou à absorber de la puissance réactive. Il faut distinguer à cet égard entre les alternateurs des usines génératrices hydroélectriques, ins-

tallés généralement au départ des grandes lignes d'interconnexion, et les alternateurs des usines thermiques auxquelles aboutissent des lignes et qui sont à l'origine de réseaux de distribution.

Il n'est pas intéressant au point de vue économique de transmettre une puissance réactive importante sur les lignes de grande longueur, en raison notamment de l'importance des chutes de tension qui en résulteraient; la puissance réactive demandée aux alternateurs des usines hydroélectriques se trouve ainsi limitée, en général, à celle requise par les transformateurs élévateurs qui les relient au réseau d'interconnexion. Pour ces alternateurs et dans l'hypothèse d'une perte de tension de 11 pour 100, il est inutile que le facteur de puissance soit inférieur à 0,95; par contre, ils doivent, aux tensions de faible charge pouvoir absorber une puissance réactive égale à 80 pour 100 de leur puissance nominale apparente.

M. Henriët souligne l'intérêt de pouvoir faire fonctionner les alternateurs des usines hydroélectriques en compensateurs synchrones sous-excités, ceci au point de vue du réglage de la tension et de la stabilité.

Les alternateurs des usines thermiques doivent, au contraire, fournir la presque totalité de la puissance réactive absorbée par les réseaux d'utilisation. En particulier, ils devront absorber la puissance réactive fournie par les câbles durant les heures de faible charge et la puissance réactive issue du réseau de transport, ceci tout en conservant une marche stable et en assurant la production d'une certaine puissance active. Pour les groupes turboalternateurs de très grande puissance, M. Henriët pense qu'il sera peut-être nécessaire de leur conférer un plus grand pouvoir d'absorption qu'aux groupes de puissance moindre, mais l'accroissement des dimensions peut justifier l'emploi de bobines d'inductance pour assurer cette fonction.

<sup>20</sup> *Réactances des alternateurs.* — Les réactances synchrones des grands alternateurs sont pratiquement toujours déterminées par les dimensions optima de la machine; d'ailleurs, pour les alternateurs des usines thermiques, l'accroissement de la réactance propre de ces machines n'a pas d'effet prépondérant dans l'impédance résultante qui détermine le courant de court-circuit. Le rapport de court-circuit relatif à la réactance subtransitoire vaut de 5 à 6 et celui relatif à la réactance transitoire vaut de 4 à 5.

<sup>30</sup> *Amortisseurs.* — L'amortisseur d'un alternateur doit atténuer les oscillations du rotor de la machine; de plus, il doit intervenir dans le fonctionnement asynchrone de celle-ci, c'est-à-dire en cas de rupture de synchronisme entre une usine thermique et une usine hydraulique. Enfin, il doit faciliter la reprise du synchronisme.

M. Henriët montre que l'efficacité de l'amortisseur n'est réelle que si sa résistance est aussi faible que possible, car le couple synchronisant demeure alors élevé, sauf toutefois dans certains cas de rupture de synchronisme où le glissement entre les alternateurs devient très important.

Toutefois, en cas de court-circuit dyssymétrique, un amortisseur très résistant accroît l'impédance inverse des machines synchrones, ce qui a un effet favorable sur la puissance maximum transmissible en régime troublé.

<sup>1)</sup> Voir Bull. ASE t. 37(1946), no. 10, p. 285.