

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 81 (1955)  
**Heft:** 21-22: École polytechnique fédérale Zurich: centenaire 1855-1955, fasc. no 2

**Artikel:** Quelques progrès récents dans la construction des transformateurs  
**Autor:** Rossier, Cl.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-61379>

### **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:** 02.02.2025

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

intensité réduite, à la fermeture des contacts, nous obtenons la même réaction que lors du réglage par déphasage au moteur synchrone. Ce mode de réglage, d'une grande souplesse, permet de répondre à chaque cas particulier d'exploitation.

Nous tenons à signaler que la marche en parallèle du convertisseur à contacts avec d'autres convertisseurs, groupes tournants ou mutateurs, ne présente pas de difficulté, ce qui permet une extension progressive et économique des installations existantes.

La protection d'un groupe contre les courts-circuits, résultant généralement de perturbations sur le réseau primaire, est assurée par les disjoncteurs des côtés alternatif et continu, équipés de relais appropriés et d'autre part par des contacteurs spéciaux, qui court-circuitent les contacts, qui ne sauraient supporter les contraintes de telles surintensités. Ces dispositifs permettent une protection efficace, soit des transformateurs et bobines, soit plus spécialement des contacts.

Ainsi que nous l'avons déjà souligné précédemment, le constructeur s'est appliqué, lors de la réalisation du convertisseur à contacts, à réduire au minimum les frais d'entretien et d'exploitation, afin d'augmenter d'autant plus le caractère économique de ce nouveau convertisseur.

Comme dans toute machine, dont plusieurs organes sont en permanence en mouvement, certaines pièces, les contacts en particulier, sont soumises à l'usure. Cependant, grâce aux dispositions prises, les frais d'entretien d'un convertisseur à contacts sont, sur la base de comparaisons établies par les exploitants eux-mêmes, sensiblement inférieurs à ceux d'autres convertisseurs, les groupes rotatifs par exemple.

En ce qui concerne l'exploitation, un appareillage étudié avec soin commande et contrôle automatique-

ment le fonctionnement du convertisseur à contacts, de sorte qu'une surveillance continue est superflue. Le personnel normalement occupé dans l'installation de fabrication peut en même temps veiller à la bonne marche du convertisseur, d'où résulte une économie appréciable des frais de personnel. Figure 4.

Les convertisseurs à contacts Brown Boveri peuvent être proposés pour les puissances suivantes :

10 000 A	Tension max. 500 V
	Couplage du transformateur, Graetz
20 000 A	Tension max. 250 V
	Couplage du transformateur, hexaphasé avec bobine d'absorption monophasée
25 000 A	Tension max. 200 V
	Couplage du transformateur, hexaphasé avec bobine d'absorption triphasée

Comme il ressort de ce qui précède, le domaine d'application des convertisseurs à contacts est limité, malgré son excellent rendement, aux applications de basses et moyennes tensions continues.

La Société Brown Boveri, ayant toujours montré un intérêt tout particulier aux problèmes de la production de l'énergie électrique sous forme courant continu, et joué un rôle prépondérant dans le développement du principal convertisseur, le mutateur, devait naturellement répondre à la récente demande de l'industrie électrochimique de disposer d'un convertisseur économique mieux approprié à ses besoins en hautes intensités et bas voltages.

Une très longue expérience, des études et recherches menées à une très vaste échelle nous ont permis de présenter sur le marché le convertisseur à contacts, qui répond aux exigences de l'industrie et constitue la solution la plus économique et la mieux appropriée aux conditions d'exploitation.

## QUELQUES PROGRÈS RÉCENTS DANS LA CONSTRUCTION DES TRANSFORMATEURS

par CL. ROSSIER, ingénieur E.P.F., Genève

En observant le développement des transmissions à haute tension au long des dernières décennies, on constate que la technique des transformateurs a suivi, pas à pas, l'augmentation des tensions et des puissances unitaires souhaitées par les exploitants.

Au cours de la même période, de nombreux progrès d'ordre constructif ou technologique ont grandement amélioré la qualité des transformateurs, notamment leur rendement et leur sécurité de service.

Nous allons, dans cet article, citer quelques-uns de ces progrès choisis parmi les principaux.

### 1. Poids et rendement

Sur un graphique (fig. 1), nous avons tracé le poids (en kg/kVA), les pertes à pleine charge et à vide (en %) de divers gros transformateurs exécutés par la S. A.

des Ateliers de Sécheron au cours des vingt-cinq dernières années.

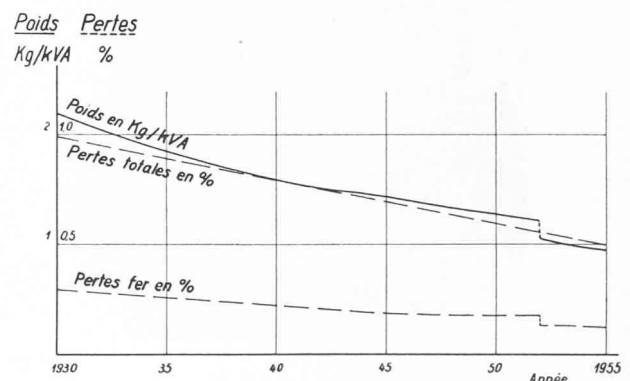


Fig. 1. — Poids et pertes de gros transformateurs 1930-1955.

On constate que les poids et les pertes ont diminué de moitié au cours de cette période.

On pourrait, de même, comparer une série de transformateurs à gradins de caractéristiques très semblables :

Année	Puissance	Poids	Pertes fer
1933	6 000 kVA	21 t	22 kW
1938	6 000	19	18
1943	7 500	18	20
1946	12 000	20	20
1953	15 000	21	16

En vingt années, à poids total constant, la puissance a passé de 6 à 15 MVA, les pertes fer baissant de 22 à 16 kW.

Il faut également noter que les dimensions d'encombrement n'ont cessé de décroître : on transporte actuellement par rail, sans dispositifs spéciaux, des unités triphasées de 100 MVA, alors qu'il y a vingt-cinq ans le même gabarit semblait limiter la puissance unitaire autour de 40 ou 50 MVA.

## 2. Tôles magnétiques

Les progrès que nous venons d'esquisser ont deux origines : d'ordre technologique et d'ordre constructif.

Il faut mentionner en premier lieu l'amélioration continue des caractéristiques des tôles magnétiques mises à disposition des fabricants de transformateurs :

Année	Tôles	1,7 W/kg à 10 000 gauss
Année 1925	»	1,3
Année 1928	»	1,0
Années 1935	»	0,9
Années 1940-45	»	0,6 (cristaux orientés)

Nous disposons ainsi, depuis quelques années, de tôles à cristaux orientés qui donnent un chiffre de perte inférieur à 0,6 W/kg. Comme leur perméabilité est sensiblement plus élevée que celle des tôles normales, elles ont simultanément permis une baisse des pertes

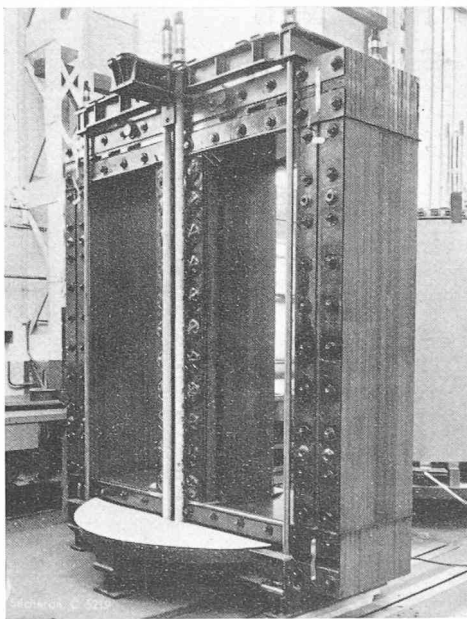


Fig. 2. — Carcasse d'un transformateur monophasé de 20 MVA (Sécheron).

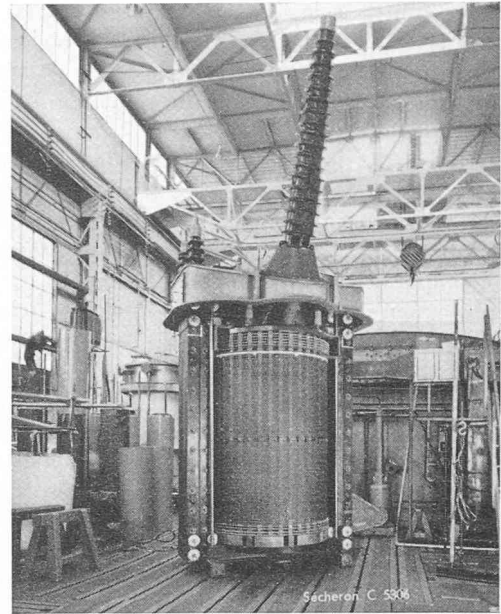


Fig. 3. — Partie active d'un transformateur monophasé de 20 MVA à 250 kV (Sécheron).

à vide et une diminution des poids grâce à la possibilité d'élever les inductions auxquelles on fait travailler le transformateur.

L'utilisation de ces tôles nécessite une disposition particulière du circuit magnétique et des traitements thermiques délicats sans lesquels elles perdent leurs excellentes caractéristiques.

Elles permettent, pour l'ensemble du transformateur, une baisse de poids de 5 à 10 %.

## 3. Enroulement et isolation principale

Si, pendant le même laps de temps, les distances isolantes ont régulièrement diminué, c'est surtout grâce à une étude plus poussée de la disposition des écrans et de leur forme que ces progrès ont pu être accomplis.

L'isolement principal du transformateur est actuellement déterminé sur la base d'une étude du champ électrique. On connaît également mieux les gradients auxquels on peut travailler.

La technique du séchage et de l'imprégnation d'huile a également grandement contribué à l'élévation des contraintes admissibles.

Certains constructeurs adoptent, pour l'isolement principal (contre la masse), une couche compacte de papier. Ce système permet une réduction importante des distances et partant des poids et des pertes. L'isolement classique par des canaux d'huile renforcés d'écrans présente l'avantage de permettre le démontage du transformateur sans destruction des isolants, et un contrôle permanent de l'état de l'isolement principal, au moyen d'essais d'huile.

## 4. Essais de choc et isolation des conducteurs

La mise au point des techniques d'essais aux ondes à front raide a introduit de nouveaux contrôles de la qualité des transformateurs. L'essai de choc permet

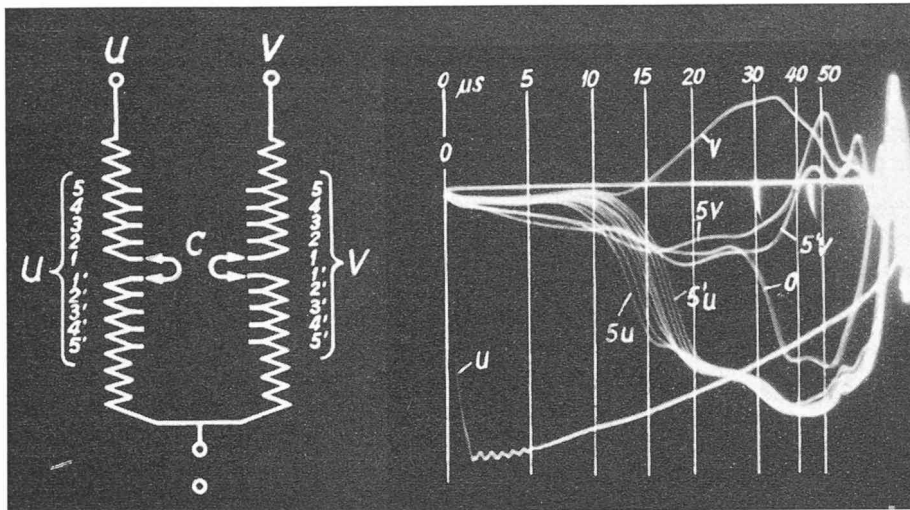


Fig. 4. — Détermination des contraintes sur un commutateur :

Choc sur la borne U

Tension maximum contre terre du commutateur :

$0,85 \times U$  après 40 microsecondes.

Tension maximum entre contacts du commutateur :

$0,43 \times U$  après 15 microsecondes.

notamment de vérifier le choix et l'exécution de l'isolation des conducteurs.

La connaissance des phénomènes provoqués par la progression d'une onde à front raide dans un enroulement favorise un calcul détaillé des isolements, des organes annexes tels que commutateurs ou insérteurs de prises. Ces organes peuvent être déterminés en fonction des contraintes réelles qu'ils subiront en service (fig. 4), on connaît également les types d'enroulement qui influent favorablement sur les répartitions d'onde.

Depuis quelques années, une technique nouvelle permet des progrès importants : l'essai sur modèles au moyen de générateurs de chocs à répétition. On connaît, actuellement, les conditions qui permettent l'établissement de modèles représentant exactement l'enroulement à étudier ; on en détermine aisément les données de base du calcul.

Le prochain avenir apportera une sorte de coordination interne des isolements, en permettant de placer exactement l'isolation qu'il faut là où il faut, l'étude parallèle des contraintes auxquelles elle doit résister et de celle qu'elle supporte provoquera de nombreux

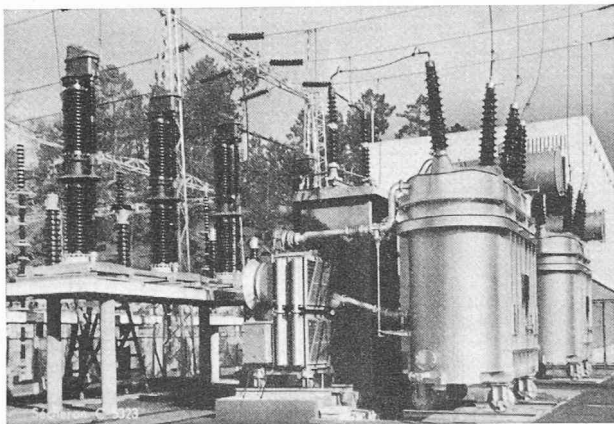


Fig. 5. — Centrale de Caniçada (Portugal). Transformateur de 30 MVA avec refroidissement forcé de l'huile dans des radiateurs ventilés (Sécheron).

progrès de détails. Certains coefficients de sécurité pourront être réduits sans nuire à la qualité du matériel.

### 5. Refroidissement

Si les systèmes de refroidissement utilisés n'ont pas sensiblement évolué, il faut noter le succès des refroidissements avec circulation forcée de l'huile : refroidissement à eau dans les centrales, par radiateurs ventilés dans les sous-stations (fig. 5).

Leurs avantages résident dans l'économie qu'ils permettent et dans leur encombrement plus réduit.

La circulation forcée de l'huile favorise le refroidissement de tous les organes du transformateur ; les organes auxiliaires (pompes, réfrigérants, etc.) sont actuellement d'un fonctionnement sûr et, lorsqu'il le faut, automatique.



Fig. 6. — Arrivée au barrage de Bin el Ouidane (Maroc) d'un transformateur de 45 MVA (Sécheron).