

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 95 (1969)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Installation expérimentale de condensateurs-série  
**Autor:** Kaloussis, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70248>

### **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:** 15.03.2025

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

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (SVIA)  
de la Section genevoise de la SIA  
de l'Association des anciens élèves de l'EPFL (Ecole polytechnique  
fédérale de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'EPFZ (Ecole poly-  
technique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: E. Martin, arch. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève

## Membres:

Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing.; M. Mozer, arch.; J.-C. Ott, ing.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; M. Chevalier, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.;  
M. Renaud, ing.; J.-P. Vouga, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »

Président: D. Bonnard, ing.

Membres: Ed. Bourquin, ing.; G. Bovet, ing.; M. Bridel; M. Cosan-  
dey, ing.; A. Métraux, ing.; A. Rivoire, arch.; J.-P. Stucky,  
ing.

Adresse: Avenue de la Gare 10, 1000 Lausanne

## RÉDACTION

F. Vermeille, rédacteur en chef; E. Schnitzler, ingénieur, et  
M. Bevilacqua, architecte, rédacteurs  
Rédaction et Editions de la S.A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Avenue de Cour 27, 1000 Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse	Fr. 46.—	Etranger	Fr. 50.—
Sociétaires . . . . .	»	» 38.—	»	» 46.—
Prix du numéro . . . . .	»	» 2.30	»	» 2.50

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »  
N° 10 - 5775, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, vente au  
numéro, changement d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie  
La Concorde, Terreaux 29, 1000 Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:  
1/1 page . . . . . Fr. 495.—  
1/2 » . . . . . » 260.—  
1/4 » . . . . . » 132.—  
1/8 » . . . . . » 68.—

Adresse: Annonces Suisses S.A.  
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26, 1000 Lausanne et succursales



## SOMMAIRE

Installation expérimentale de condensateurs-série, par E. Kaloussis, ing. dipl. EPUL.

Bibliographie. — Divers. — UIA

Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Informations diverses.

## INSTALLATION EXPÉRIMENTALE DE CONDENSATEURS-SÉRIE

par E. KALO USSIS, ing. dipl. EPUL,

assistant à la Chaire d'installations électriques de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

### 1. Introduction

Les condensateurs-série dans un réseau compensent une partie ou la totalité de la réactance inductive du circuit entre les générateurs et la charge, par l'adjonction d'une réactance capacitive.

On obtient alors les résultats suivants :

- 1) réduction des chutes de tensions en ligne,
- 2) réduction des fluctuations des tensions de la ligne,
- 3) augmentation de la capacité de transport en égard à la chute de tension tolérable et amélioration de la stabilité du réseau pour les longues lignes de transport.

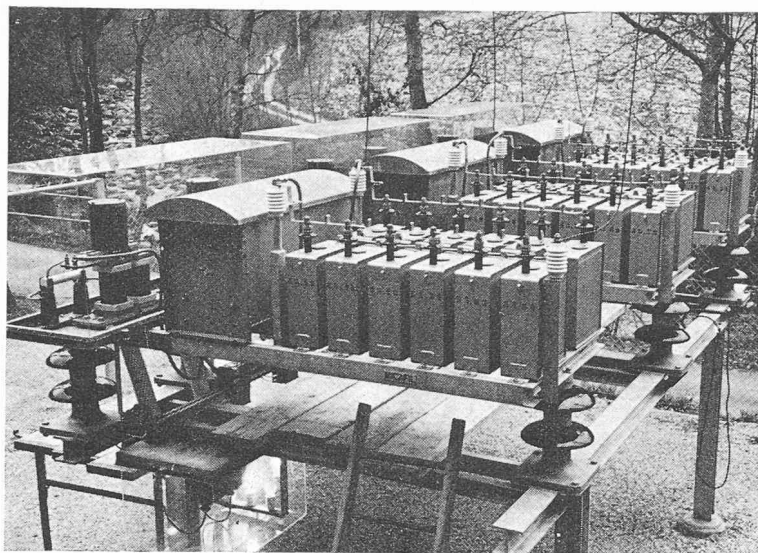
C'est le Japon et la Suède qui ont beaucoup développé l'application des condensateurs-série. Les premières installations au Japon ont été faites en 1938 dans un réseau de 3,3 kV, puis en 1944 sur une ligne de transport à 66 kV, avec une capacité de 16 MVar. Après une période d'expérimentation qui a permis de maîtriser les problèmes de protection et de stabilité, cette technique a pris une certaine ampleur. C'est ainsi qu'en 1966, il existait au Japon 216 batteries de condensateurs-série,

d'une capacité nominale totale de 700 MVar. Elles étaient employées sur des réseaux de toutes tensions dans la gamme de 3,3 à 220 kV. (Rapport CIGRE 1966, n° 130.)

En Suède, les premières installations datent de 1950 sur les lignes à 220 kV et de 1954 sur les lignes à 400 kV. En 1966, des batteries de condensateurs-série, d'une puissance totale de 1500 MVar, étaient en service en Suède. (Rapport CIGRE 1966, n° 316.)

Il faut toutefois remarquer que le motif principal de l'installation des condensateurs-série, en Suède, est qu'ils font reculer la limite de stabilité, en conférant ainsi aux longues lignes de transport une capacité de charge plus élevée, tandis qu'au Japon l'accent était mis sur la suppression des chutes de tension inductive, de l'effet *flicker* et l'augmentation de la capacité de transport.

Dans la conclusion de leur rapport n° 316 à la CIGRE 1966, sur quinze années d'expérience et de progrès dans l'utilisation de condensateurs-série sur les réseaux de transport, les ingénieurs du *Swedish State Power Board* remarquent que l'expérience de service a été entièrement satisfaisante et l'on considère que les condensa-



Installation expérimentale des condensateurs-série sur le terrain environnant de l'Usine de la SEFA à Aubonne (Vd).

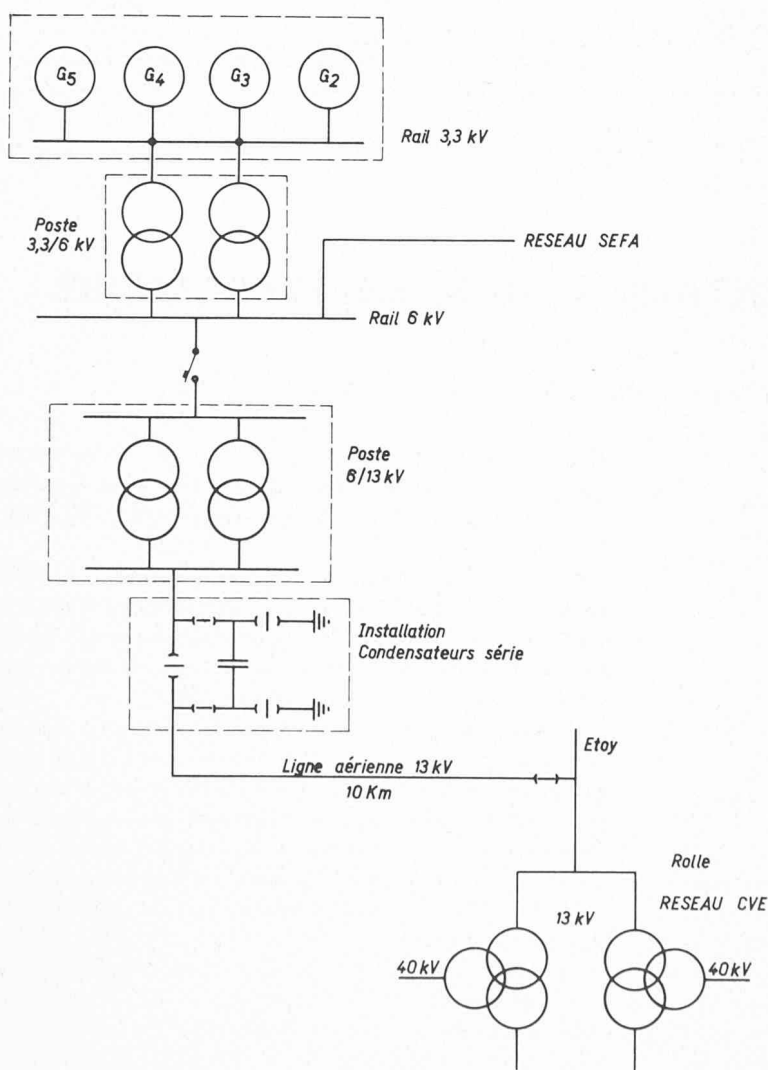


Fig. 1. — Schéma unifilaire de la liaison SEFA-CVE.

teurs-série peuvent soutenir la comparaison avec les autres éléments de transport pour autant qu'il s'agisse de sécurité de service.

Constatant qu'en Suisse ce genre de problème n'a pratiquement pas été abordé, la Chaire d'installations électriques de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (professeur J.-J. Morf) a entrepris depuis 1966 une étude du problème des condensateurs-série qui a abouti à la réalisation d'une installation expérimentale. Cette réalisation a été rendue possible grâce à la bienveillante collaboration de la Maison MICAFIL S.A., Zurich, pour la mise à disposition des condensateurs et des éléments de montage, de la Maison BBC pour la mise à disposition du dispositif de protection, de la Société électrique des forces de l'Aubonne (SEFA), qui a mis à disposition son personnel, le terrain, la ligne et les différents éléments du montage de l'installation et de la Compagnie vaudoise d'électricité (CVE).

## 2. Description générale de l'installation

### 2.1 Batterie de condensateurs-série

L'installation d'essais est réalisée sur le terrain environnant l'usine de la SEFA à Aubonne, Vaud, et elle compense les chutes de tension de la ligne d'interconnexion SEFA - CVE. Elle est composée de 36 unités de 35 kVar. La liaison SEFA - CVE est une ligne de 13 kV reliant l'usine de Plan-Dessous à Aubonne (SEFA) à la station de transformation CVE de Rolle.

### 2.2 Centrale de Plan-Dessous (Aubonne)

L'usine comporte quatre groupes fournissant au maximum 2750 kVA sous 3,3 kV. La tension est élevée à 6 kV par l'intermédiaire de deux transformateurs 3,3/6 kV (fig. 1).

Des bornes 6 kV partent six lignes vers les sous-stations : Aubonne, Bougy, etc., qui représentent le réseau de la SEFA. La puissance totale appelée par ce réseau variant au cours de la journée, la centrale d'Aubonne exporte ou importe de l'énergie en fonction des disponibilités hydrauliques, par la ligne d'interconnexion avec la CVE.

### 2.3 La ligne d'interconnexion

Des bornes 6 kV la tension est élevée à 13 kV par l'intermédiaire de deux transformateurs 6/13 kV. Des bornes 13 kV part la ligne d'interconnexion (fig. 1) qui aboutit au poste de transformation de Rolle constitué par deux transformateurs triphasés à trois enroulements : 125, 40, 13 kV. La puissance de court-circuit, compte tenu du réseau 125 kV, est de 320 MVA aux bornes 13 kV.

Nous représentons l'ensemble de la liaison de Rolle à Aubonne par le schéma équivalent de la figure 2.

Avec

- $\underline{U}_{CVE}$  = tension simple de la CVE à Rolle  
 $\underline{U}_{SEFA}$  = tension simple aux bornes 6 kV du transformateur 6/13 kV à Aubonne (ramenée côté 13 kV)

$$\frac{N_{HT}}{N_{BT}} : \frac{13650}{5950} \text{ (pour la position 1 des gradins)}$$

- $I$  = courant dans la ligne 13 kV  
 $R$  = résistance vue du côté 13 kV de l'ensemble ligne + transformateur  
 $X_L = j\omega L$  = réactance inductive vue du côté 13 kV de l'ensemble ligne + transformateur en service  
 $X_c = \frac{1}{j\omega c}$  = réactance capacitive des condensateurs série.

Les différentes valeurs de  $R$  et  $X$  suivant le branchement d'un ou deux transformateurs, ont été calculées d'après les caractéristiques de la ligne d'interconnexion et vérifiées par des mesures effectuées à Aubonne en utilisant le tronçon de la ligne Aubonne - Etoy.

Les valeurs adoptées pour la suite des calculs sont les suivantes :

Ligne Aubonne - Rolle avec un transformateur 6/13 kV :

$$R = 5,99 \Omega$$

$$X_L = 8,36 \frac{V}{A}$$

Ligne Aubonne - Rolle avec deux transformateurs 6/13 kV en parallèle :

$$R = 5,63 \Omega$$

$$X_L = 5,96 \frac{V}{A}$$

### 3. Esquisse de la méthode de calcul des condensateurs série

D'une façon générale,  $\underline{U}_{SEFA}$  est donné par

$$\underline{U}_{SEFA} = \underline{U}_{CVE} - RI - jXI$$

en choisissant pour  $I$  le sens CVE vers SEFA.

(Voir schéma équivalent fig. 2 et diagramme des tensions fig. 3.)

En admettant que  $\underline{U}_{CVE}$  est maintenue constante, le lieu de  $\underline{U}_{SEFA}$ , si le  $\cos \varphi$  est constant, est une droite quand  $I$  varie en amplitude. Donc, à tout passage du courant correspondra une tension  $\underline{U}_{SEFA}$  différente de  $\underline{U}_{CVE}$ . Cette différence, suivant les cas, peut être de 15 %, 20 % ou 25 %. Le problème est de maintenir  $\underline{U}_{SEFA}$  aussi constante que possible, quelles que soient les puissances actives et réactives « importées » ou exportées par la ligne, en admettant toutefois une certaine proportion entre les deux types de puissance (fonctionnement à  $\cos \varphi$  constant).

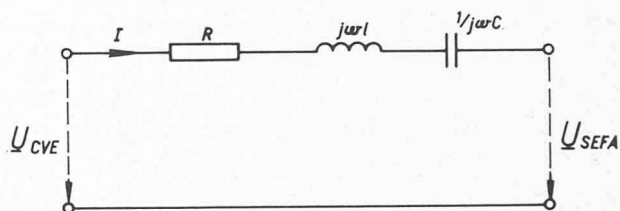


Fig. 2. — Schéma équivalent de la ligne avec les condensateurs en valeurs rapportées à l'étage 13 kV.

$$U_{CVE \text{ nominal}} = \frac{13}{\sqrt{3}} \text{ kV}$$

$$R = 5,99 \Omega$$

$$X_L = 8,36 \frac{V}{A}$$

$$X_c = 0 \text{ à } 75,9 \text{ V/A}$$

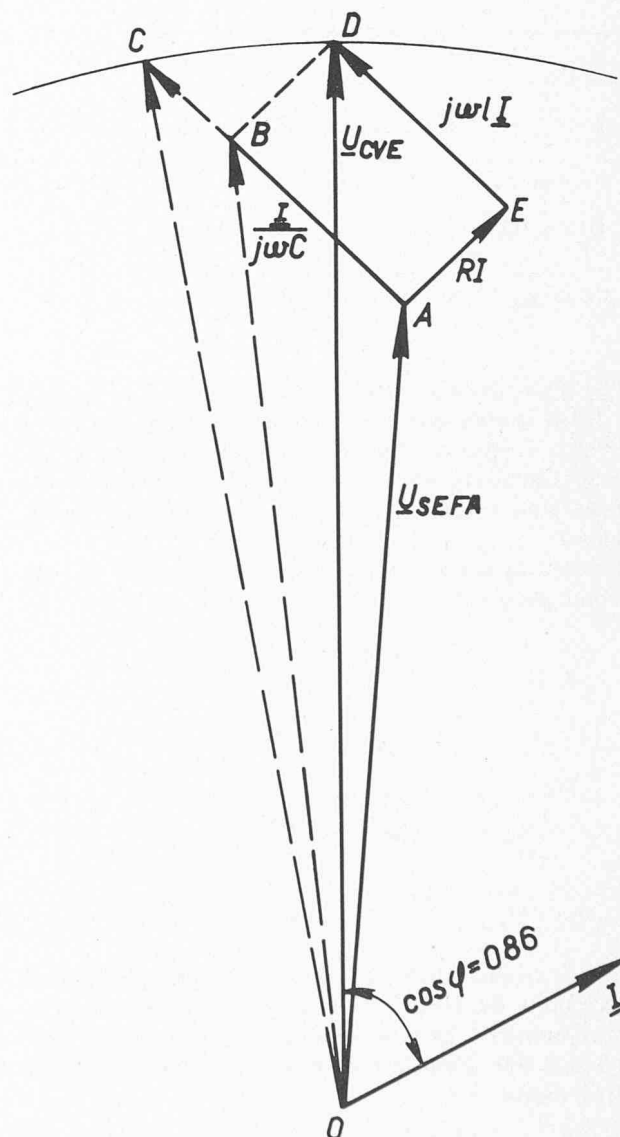


Fig. 3. — Diagramme complexe des tensions pour  $\cos \varphi$  donné à la sous-station de Rolle.

- OA représente  $\underline{U}_{SEFA}$  pour la ligne non compensée  
 OB » » » » » compensée à 100 %  
 OC » » » » » surcompensée à 150 %.

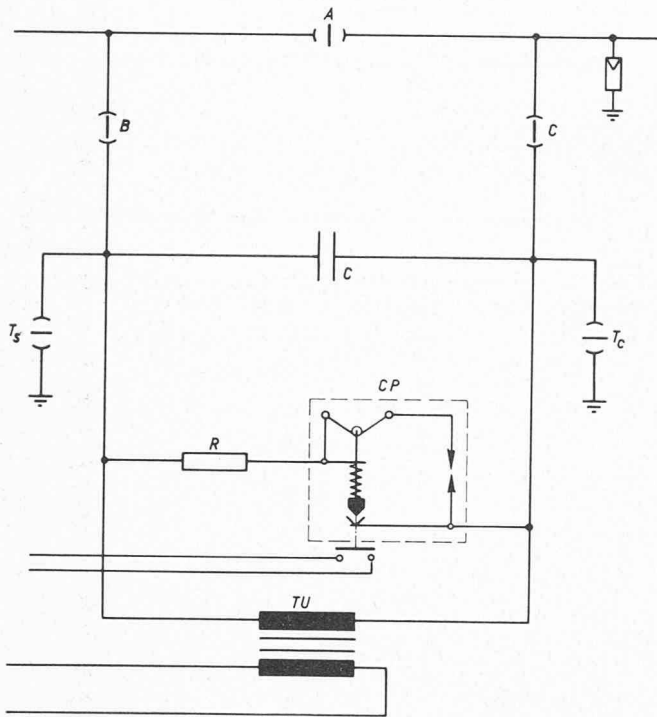


Fig. 4. — Schéma de principe de l'installation.

C = capacité équivalente de la batterie de condensateurs.

R = résistance d'amortissement pour le cas du court-circuitage =  $1,5 \Omega$   $I_{adm} = 850 \text{ A}$  pendant 1,5 sec.

TU = transformateur de tension 2500/1250/100 V servant également pour la décharge des condensateurs lors de la mise hors service de l'installation.

CP = court-circuiteur de protection.

### 3.1 Compensation 100 %

Nous disons que nous avons une *compensation de 100 %* lorsque la réactance capacitive des condensateurs-série compense exactement la réactance inductive de la ligne, y compris la réactance de fuite du transformateur.

Pour calculer la capacité nécessaire à mettre en série, il faut poser :

$$j\omega L = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\frac{-j}{\omega C} = j\omega L$$

$$\frac{1}{\omega C} = \omega L$$

$$\text{et } C = \frac{1}{\omega X_L}$$

Dans ce cas, sur le diagramme des tensions figure 3, l'extrémité du vecteur  $U_{SEFA}$  passera de A à B (réactance inductive de la ligne plus le transformateur compensée à 100 % par la réactance capacitive des condensateurs-série).

### 3.2 Surcompensation

Nous disons que nous avons une *surcompensation totale* lorsque la réactance capacitive des condensateurs-série est plus grande que la réactance inductive de la ligne, y compris la réactance de fuite du transforma-

teur, de telle manière que la tension soit égale aux extrémités de la ligne, pour un cas de charge donné.

Pour calculer la capacité nécessaire à mettre en série, il faut poser :

$$\underline{U}_{CVE} - \underline{I} \left( R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) = \underline{U}_{SEFA}$$

$$\text{avec } \underline{U}_{SEFA} = \underline{U}_{CVE}$$

d'où la condition :

$$\left| \underline{U}_{CVE} - \underline{I} \left( R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) \right| = \left| \underline{U}_{CVE} \right|$$

De cette relation nous pouvons tirer la capacité nécessaire à mettre en série, elle dépend de la valeur du  $\cos \phi$  dans la ligne. Dans ce cas, sur le diagramme des tensions figure 3, l'extrémité du vecteur  $U_{SEFA}$  passera de A à C, AC représentant l'écart de tension dû à la réactance capacitive des condensateurs-série, surcompensant la réactance inductive de la ligne + celle du ou des transformateurs 6/13 kV en service.

Les capacités nécessaires pour la compensation et la surcompensation ont été calculées de la manière exposée précédemment et figurent dans le tableau suivant :

Tableau des capacités nécessaires, vue côté 13 kV

Résultat escompté si $\cos \phi = 0,86$ du côté CVE	Sens du courant pour la SEFA	Nombre de trans. 6/13 kV en service	Courant max. dans la ligne A	Capacité totale nécessaire $\mu\text{F}$
Compens.		1	89	381
		2	178	535
Surcomp.	Imp.	1	89	196
		2	178	244
	Exp.	1	89	145
		2	89	175

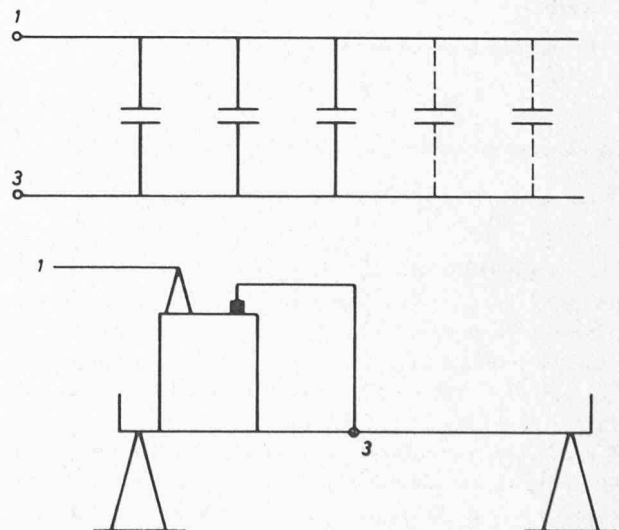


Fig. 5. — Schémas de branchement des condensateurs.



#### 4. Réalisation de l'installation

Le schéma de principe de l'installation se trouve à la figure 4. L'installation est en plein air, elle se compose de trois batteries de condensateurs (une par phase) avec leurs systèmes de mesure et de protection.

Chaque batterie est composée de douze unités de condensateurs MICAFIL.

Type CEF — 503/35/1180  
 Capacité nominale :  $C_n = 80 \mu\text{F}$   
 Tension nominale :  $U_n = 1180 \text{ V}$   
 Puissance nominale :  $Q_n = 35 \text{ kVar}$

Pour obtenir différentes valeurs de réactance capacitive, les unités peuvent être connectées en parallèle avec une borne reliée au bâti qui supporte les unités (fig. 5) ou en deux groupes d'un à six condensateurs en parallèle, mis en série (fig. 6). Dans ce cas c'est le point milieu qui est relié au bâti. Ce support est isolé par rapport à la terre pour 13 kV.

##### 4.1 Protection

Dans le cas d'un court-circuit dans la ligne, il apparaîtrait aux bornes des condensateurs une tension très élevée et il serait onéreux de dimensionner les condensateurs pour cette tension. Les condensateurs donc sont prévus pour le courant nominal de la ligne avec un système de court-circuitage pour les protéger lors des surtensions.

Le schéma de principe de l'installation de protection est représenté à la figure 4.

Pour le court-circuitage des condensateurs, BBC Baden a mis à notre disposition des court-circuiteurs parasurtensions qui se composent d'un éclateur réglable et d'un interrupteur qui court-circuite les condensateurs dès que l'éclateur a amorcé. Pour protéger les condensateurs, une résistance placée en série dans le circuit de décharge limite les courants qui apparaissent lorsque les court-circuiteurs fonctionnent.

D'autre part, dès qu'un court-circuiteur a fonctionné, la ligne est mise automatiquement hors service par un dispositif qui provoque le déclenchement du disjoncteur 13 kV de la SEFA.

L'étude complète du circuit de protection et de la décharge des condensateurs, en tenant compte des prescriptions de la CEI (publication n° 143) a fait l'objet de plusieurs travaux et de nombreuses expériences à notre laboratoire. Dans cet article, nous nous bornons à représenter à la figure 7 le schéma de l'installation de protection pour une phase. Pour que la protection soit efficace dans les deux types de montage nous avons installé deux parasurtensions et deux résistances de décharge par phase.

Les résistances de décharge ont été mises à disposition par BBC Baden et leurs caractéristiques sont les suivantes :

Résistance ohmique :	1,5 ohm
Courant max. admissible pendant 1,5 sec. :	850 A

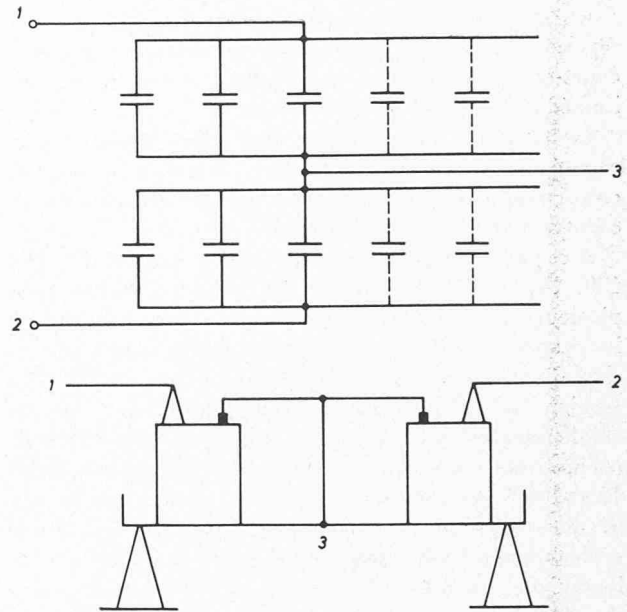


Fig. 6. — Schémas de branchement des condensateurs.

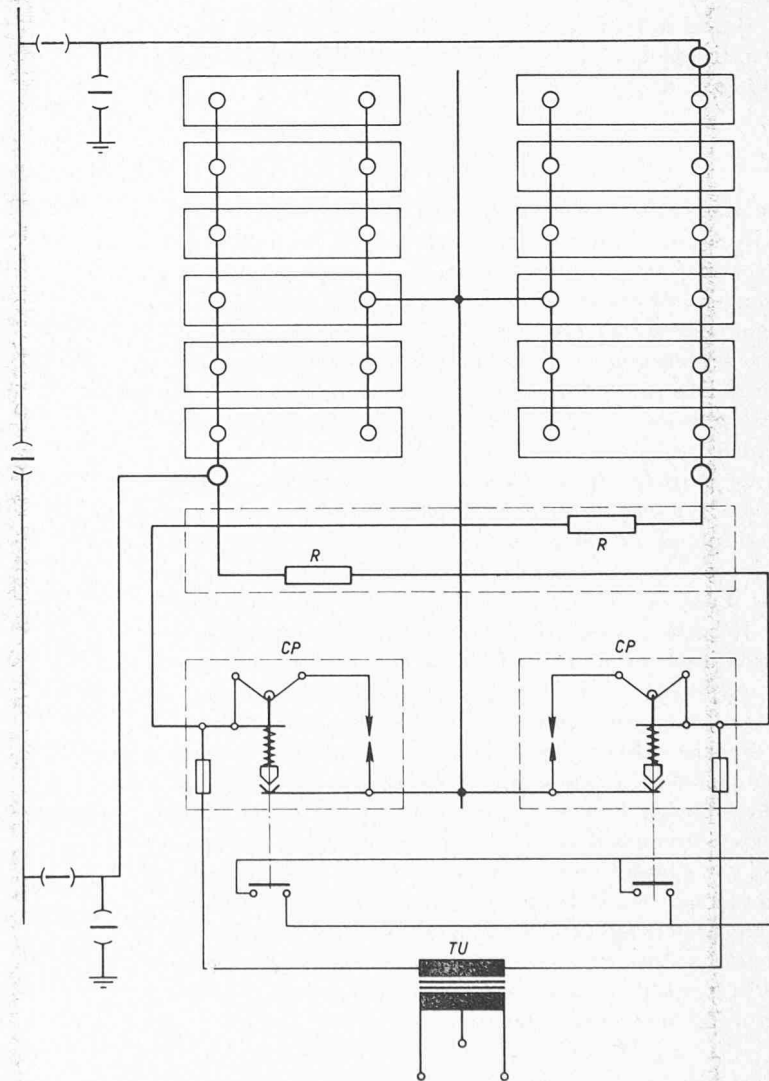


Fig. 7. — Schéma unifilaire de la batterie de condensateurs-série avec le système de protection. Cas du montage de deux groupes de six condensateurs en parallèle par phase, mis en série.

En effet, ces résistances ne sont pas chargées en service normal, elles sont sollicitées seulement quand le court-circuiteur a fonctionné et dans ce cas, la ligne est immédiatement mise hors service.

Les éclateurs ont été réglés pour une tension d'amorçage égale à 3000 V, c'est-à-dire 1,8 fois la tension de crête nominale des condensateurs (en accord avec le constructeur des condensateurs).

A ce sujet, nous remarquons que les rapports nos 118, 130, 141 et 346 de CIGRE 1966 indiquent que pour plusieurs installations au Japon, en Suède et en France les systèmes de protection ont été réglés pour une tension d'amorçage égale à 2 ... 2,5 ... 3 ... 3,7 fois la tension de crête nominale sans dommage pour les condensateurs. Aux bornes de chaque phase de l'installation a été prévu un transformateur de tension 2500/1250/100 V pour pouvoir mesurer la tension aux bornes des condensateurs lors des essais. En outre, la batterie se décharge à travers le primaire de ces transformateurs lorsqu'elle est mise hors service volontairement, sans que fonctionnent les court-circuiteurs et avant la fermeture des sectionneurs de mise à la terre.

Nous avons vérifié par des essais en laboratoire que cette décharge était conforme aux prescriptions de la CEI (publication n° 143).

Quand la batterie est en service, le réglage des relais des disjoncteurs 6 kV et 13 kV de la ligne est fixé aux valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} 1,2 \times I_n & 0,2 \text{ sec} \\ 3 \times I_n & \text{instantané} \end{array}$$

de manière à protéger la batterie des surintensités trop faibles pour faire amorcer l'éclateur. Il est important de remarquer ici que dès qu'un éclateur amorce, le court-circuiteur se ferme et reste fermé, tandis que la ligne est déclenchée. Dès lors, le chef de quart de l'usine (puisque notre installation se trouve à proximité immédiate) met hors service les condensateurs par les sectionneurs (A, B, C) et reprend l'exploitation normale.

Le système de protection mis à notre disposition donne satisfaction pour la période des essais et pour le cas spécial de notre installation placée près d'une usine et sous le contrôle d'un chef de quart. Dans le cas d'une installation « industrielle » le court-circuitage de la batterie doit être éliminé automatiquement dès la disparition de la surtension aux bornes des condensateurs provoquée par une perturbation passagère sur le réseau, sans nécessiter la mise hors service de la ligne.

Il existe diverses solutions à ce problème, comme l'emploi d'un éclateur autoextincteur à arc tournant, développé en France, qui se désamorce et retrouve ses caractéristiques d'origine lorsque la cause de surintensité est éliminée, ou l'emploi des relais sensibles combinés avec des interrupteurs de puissance. Ces systèmes n'ont pas été adoptés dès le début de notre installation, pour des raisons économiques, mais nous poursuivons les travaux dans ce domaine et nous espérons pouvoir les tester sur notre installation.

#### 4.2 Mesure

L'installation de batterie-série à Aubonne étant de caractère expérimental, nous avons attaché une grande importance à la mesure et l'enregistrement des gran-

deurs qui nous permettent de vérifier les résultats escomptés. En utilisant un enregistreur à tracé continu avec quatre systèmes d'enregistrement, nous relevons sur la même bande, le courant dans la ligne, la tension composée et les puissances active et réactive transitant par la ligne avec leur signe (importation-exportation). A l'aide de trois voltmètres, nous vérifions la tension aux bornes des condensateurs et la symétrie des trois phases par l'intermédiaire des transformateurs de tension déjà mentionnés, branchés aux bornes de la batterie.

En outre, nous disposons des enregistrements de tension à l'usine de la SEFA (fin de la ligne) et à la sous-station CVE de Rolle (départ) grâce aux systèmes de mesure déjà existants.

#### 5. Essais effectués

Nous avons procédé pour la première fois à la mise sous tension de la batterie le 13 novembre 1968 avec douze condensateurs en parallèle par phase. La capacité série étant d'environ 1000  $\mu$ F cet essai était destiné uniquement au contrôle du montage des condensateurs du dispositif de protection et des circuits auxiliaires. L'installation a fonctionné correctement.

La deuxième étape a été d'effectuer les essais avec cinq condensateurs en parallèle par phase. La capacité en série étant de 417  $\mu$ F nous avons une compensation à 90 % de la réactance inductive de la ligne.

Ces essais ont prouvé qu'en modifiant la puissance réactive transmise par la ligne, la tension ne variait pratiquement pas (fig. 8).

En troisième étape nous avons conduit les essais avec une compensation de 150 %. Dès lors, en diminuant l'excitation des alternateurs on provoque un appel de puissance réactive et une augmentation de la tension du réseau SEFA. Inversement, en surexcitant les alternateurs, la tension diminue.

Ainsi, grâce aux condensateurs-série, un appel simultané d'un supplément de puissance active et réactive ne provoque pratiquement aucune chute de tension (voir enregistrement à la fig. 8). Par contre cette inversion de la réaction de la tension aux modifications du courant d'excitation, nous a obligé à augmenter le statisme des régulateurs de tension pour éviter l'instabilité. D'autre part elle désoriente le personnel d'usine qui doit suivre des consignes opposées à ses habitudes en ce qui concerne l'ajustement des régulateurs de tension. Ces inconvénients peuvent être surmontés en ajoutant un régulateur automatique du « cos  $\phi$  » de la ligne.

#### Conclusion — Travaux en cours

En entreprenant l'étude des condensateurs-série et la réalisation d'une installation expérimentale à Aubonne, la Chaire d'installations électriques de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne s'est fixée plusieurs buts :

- 1) Faire une étude théorique complète de la compensation par condensateur-série accompagnée d'une installation expérimentale, afin de mettre à disposition des intéressés tous les renseignements nécessaires à la réalisation des installations « industrielles ». A cet effet, nous continuons nos travaux par l'étude du point de vue économique d'une

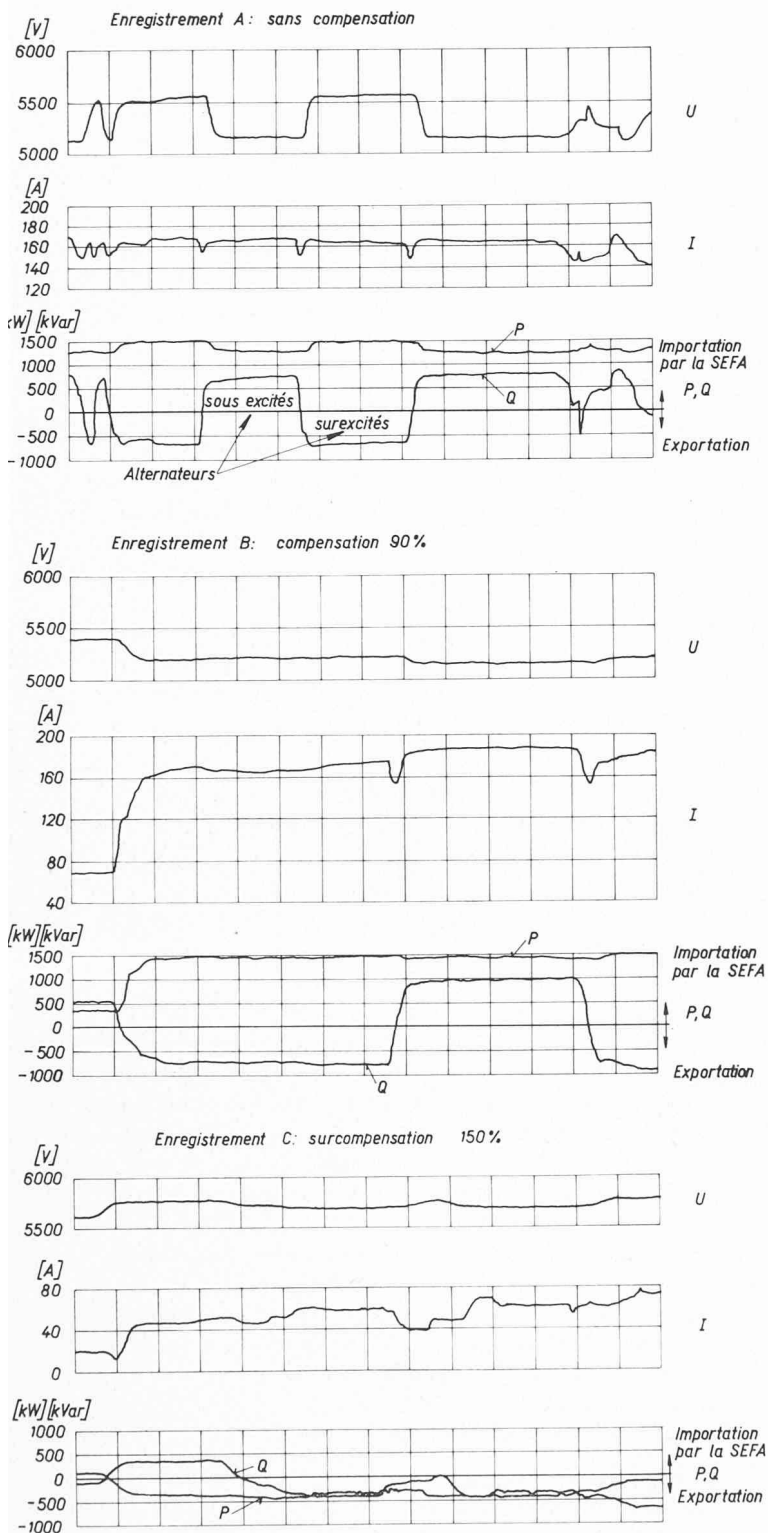


Fig. 8. — Enregistrement du courant  $I$ , de la tension composée  $U$  et des puissances active et réactive importées, mesurées dans l'interconnexion à l'étage 6 kV.

**Enregistrement A : Sans condensateurs-série.**

En diminuant l'excitation des alternateurs la puissance réactive importée augmente et la tension baisse fortement (environ 290 V pour MVar supplémentaire importé).

**Enregistrement B : Avec condensateurs-série, compensation 90 %.**

La diminution de l'excitation des alternateurs provoque bien une augmentation de la puissance réactive importée, mais la tension varie très faiblement (baisse d'environ 40 V par MVar supplémentaire importé).

**Enregistrement C : Surcompensation à 150 %.**

La diminution de l'excitation provoque toujours une augmentation de la puissance réactive importée, mais cette fois la tension augmente faiblement.

(Chute de tension = -50 V/MVar supplémentaire.)

telle installation pour pouvoir obtenir des critères de rentabilité, en comparaison avec les autres solutions qui peuvent se présenter dans des différents cas, comme le renforcement du réseau ou l'emploi des transformateurs variables sous charge.

- 2) Développer le système de protection par l'emploi d'éclateurs autoextincteurs, ou de tout autre élément non linéaire.
- 3) Adapter l'installation expérimentale dans le cas spécial de la SEFA (ligne d'interconnexion, installation à proximité de l'usine productrice) pour résoudre les problèmes de tenue de tension qui se posent à cet exploitant. Les essais effectués à ce jour prouvent que cette adaptation est possible en ajoutant un régulateur automatique du déphasage dans la ligne d'interconnexion agissant sur l'excitation des alternateurs.

Adresse de l'auteur :

E. KALOISSIS, ing., Institut d'électrotechnique de l'EPFL-Lausanne, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.

**BIBLIOGRAPHIE**

L. I. SIROTKINSKI : *Hochspannungstechnik*. Innere Überspannungen VEB Verlag Technik, Berlin 1966.  
P. HENRIET : *Fonctionnement et protection des réseaux de transport d'électricité*. 1968.  
K. SCHMIDT : *Series capacitors in 6-20 kV overhead transmission line systems*. Rapport CIGRE 1966, n° 130.  
Rapport CIGRE 1966, n° 303.  
Rapport CIGRE 1966, n° 316.  
Rapport CIGRE 1968. Comité « 18 ». Colloque sur la compensation optimale de l'énergie réactive dans les réseaux.  
F. CAHEN : *L'emploi des condensateurs-série dans les réseaux de transport et de distribution de l'énergie électrique*. Bulletin de la Société française des électriciens. Août 1951.  
R. PÉLISSIER : *La protection des condensateurs-série contre les perturbations externes et les défauts internes*. Bulletin de la Société française des électriciens. Août 1951.

**BIBLIOGRAPHIE**

**Les clefs du marketing**, par P. Gérard, conseiller en marketing, publicité EDIP. Paris 7<sup>e</sup> (5, rue Rousselet), Les Editions d'Organisation, 1969. — Un volume 15 × 24 cm, 157 pages. Prix : broché, 23 F.

Ce livre est un excellent outil dans le domaine du « marketing ». Ses qualités sont très apparentes :

- le style est dense, d'où un ouvrage de taille modérée, fait pour l'homme pressé ;
- l'auteur est manifestement très au courant du marketing d'aujourd'hui. Sa connaissance des Etats-Unis est visible et sera très utile au lecteur français, souvent perplexe devant des termes comme « merchandising, mailing »... ;
- le livre couvre tout l'ensemble du marketing : la connaissance du marché, les canaux de distribution, la publicité, la vente, la promotion, les marques, le service... ;
- enfin, orienté vers les dirigeants et cadres, il convient aussi au grand public et ferait également un manuel pour les étudiants.

**Sommaire :**

Introduction. — I. Connaissance du marché. — II. Etude de la distribution. — III. Notes sur la publicité. — IV. La vente. — V. Organisation. — VI. Conclusion.