**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 44 (1953)

**Heft:** 10

**Artikel:** Perturbations téléphoniques produites par les sources d'alimentation des centraux téléphoiques automatiques

**Autor:** Jalla, F.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-1059936

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 16.12.2025

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

44. Jahrgang Nr. 10 Samstag, 16. Mai 1953

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

# Perturbations téléphoniques produites par les sources d'alimentation des centraux téléphoniques automatiques

Par *F. Jalla*, Zurich

621.395.823

*Après un rappel des perturbations qui affectent les transmissions téléphoniques, l'auteur traite des troubles apportés dans les centraux téléphoniques par les harmoniques de tension des sources d'énergie et se réfère en particulier aux génératrices à courant continu marchant en tampon avec des batteries d'accumulateurs. Sur la base de données qualitatives et quantitatives relatives aux harmoniques et aux impédances du circuit machine—batterie, il déduit une méthode approchée pour calculer l'amplitude des perturbations et déterminer les moyens d'aplanir les ondulations. En conclusion il propose des directives pour l'établissement de projets de centraux téléphoniques à faible bruit d'alimentation.*

*Nach einem Hinweis auf die Störungen, welche die telephonische Übertragung beeinträchtigen, werden besonders jene Störungen untersucht, welche durch die Spannungsoberwellen der Energiequelle — im besonderen eines im Pufferbetrieb arbeitenden Gleichstromgenerators — verursacht werden. Es wird zur Berechnung der Amplitude der Störung und der Mittel zur Verkleinerung der Welligkeit eine Näherungsmethode abgeleitet, die auf Angaben über Oberwellengehalt und Impedanz des Kreises Maschine—Batterie beruht. Schliesslich werden Richtlinien für die Erstellung von automatischen Telephonzentralen mit kleiner psophometrischer Spannung gegeben.*

## I. Introduction

Un problème important se pose en technique téléphonique; c'est celui de l'élimination ou, plus exactement, de la réduction des perturbations.

Pour obtenir une transmission de qualité, il ne suffit pas, en effet, de transmettre et de reproduire la gamme des fréquences désirées sans en altérer les rapports d'amplitude, c'est-à-dire sans distorsions; il faut encore empêcher l'entrée dans le circuit téléphonique de tout harmonique étranger et assurer ainsi l'absence de perturbations [1]).

Nous étudierons ici une famille particulière d'harmoniques (bruits d'alimentation, «hum», «battery supply circuit noise») capable, parfois, d'augmenter sensiblement les perturbations: la famille des harmoniques de tension de la génératrice à courant continu, source principale d'énergie des installations téléphoniques.

Nous ne traiterons le problème que dans le cas des centrales téléphoniques automatiques, alimentées par des génératrices à courant continu marchant en tampon avec des batteries d'accumulateurs au plomb [1] [2]) et nous supposerons que les moyens éventuels de réduction des ondulations sont appliqués au circuit machine–batterie.

On pourra déduire facilement de cette étude les éléments nécessaires dans des cas semblables comportant d'autres types de source d'énergie: redresseurs secs ou à vapeur de mercure, — d'autres systèmes d'exploitation: par exemple la marche en direct, — ou d'autres méthodes de réduction des ondulations: par exemple des filtres dans les circuits téléphoniques.

[1]) En pratique il s'agit de réduire les distorsions (ou perturbations) à un niveau admissible.

[2]) Voir bibliographie à la fin du texte.

## II. Perturbations téléphoniques

### 1. Généralités

Les perturbations téléphoniques, tout en se manifestant par des dérangements acoustiques sont en général d'origine électrique; elles parviennent à l'écouteur par le circuit téléphonique qu'elles parcourent sous la forme de courants électriques superposés aux courants utiles. Leur étude doit se faire soit sur le plan acoustique, soit sur le plan électrique. On préfère, en pratique, se servir des grandeurs électriques parce que l'on peut ainsi définir et mesurer plus aisément les résultats obtenus. L'étude sur le plan acoustique est en effet plus délicate et s'adapte moins bien aux nécessités pratiques. L'étude électrique des perturbations se base ainsi sur les résultats de recherches spéciales qui, d'une part, attribuent un certain poids aux différentes fréquences caractérisant le trouble acoustique apporté à l'audition et, d'autre part, fixent le niveau acoustique admissible pour les perturbations ainsi que la relation entre le niveau acoustique et le niveau électrique.

Les mesures utilisées dans ces recherches sont en grande partie subjectives; cependant faites sur une grande échelle, elles donnent des valeurs moyennes probables, pratiquement indépendantes des particularités physiques et psychologiques des observateurs et applicables, avec une bonne approximation à toutes les installations téléphoniques.

### 2. Poids attribué aux différentes fréquences

L'ensemble formé par le récepteur téléphonique et l'oreille humaine a une sensibilité différente selon la fréquence des perturbations.

Afin d'en tenir compte on a cherché à attribuer à chaque fréquence un poids dit «poids psophométrique».

Se basant sur de nombreuses mesures faites à cet égard dans plusieurs pays, le CCIF (Comité Consultatif International Téléphonique) a édité lors de sa session de Montreux de 1946, un tableau des poids psophométriques (fig. 1; courbe *a*) [3]).

La courbe traduisant ce tableau fournit, en fonction de la fréquence, la valeur moyenne probable de la perturbation produite dans un circuit téléphonique par la superposition au courant utile, d'un courant alternatif sinusoïdal d'amplitude constante. Une valeur conventionnelle 1000 a été attribuée à la perturbation de fréquence 800 p./s.

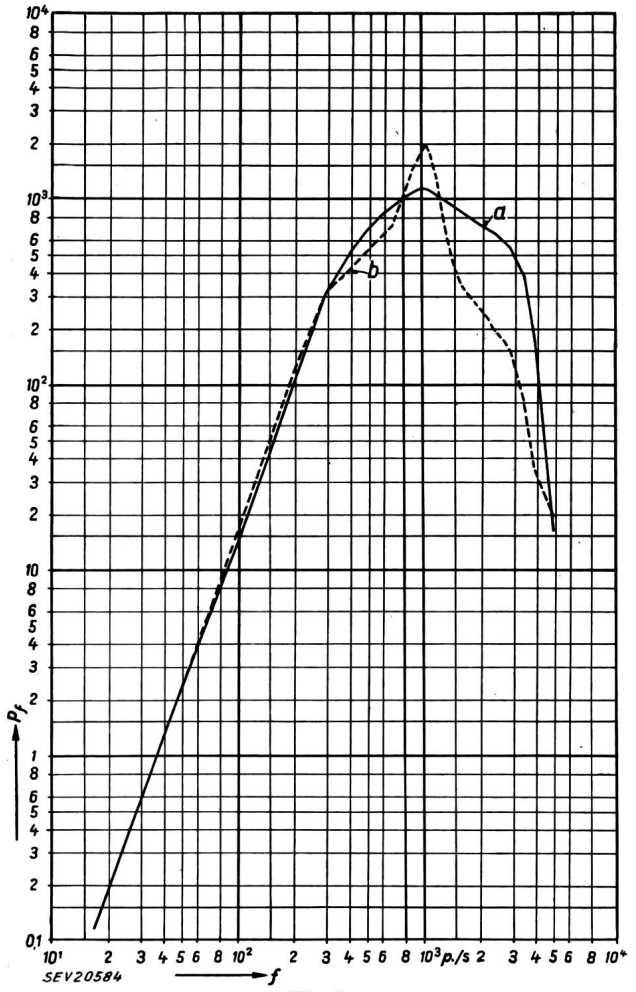


Fig. 1
**Courbes des poids psophométriques** $p_f$
*a* CCIF 1946 — Montreux; *b* CCIF 1937 — Rome

A la fig. 1, la courbe *b* est est celle du CCIF 1937 (session de Rome — [2]). La forme assez différente des deux courbes s'explique par la plus grande précision des mesures modernes, ainsi que par leur plus grand nombre, et spécialement par les caractéristiques électro-acoustiques perfectionnées des appareils téléphoniques actuels. La courbe de 1946 a, en effet, une allure plus proche de la courbe de sensibilité de l'oreille humaine: la pointe à 1000 p./s est supprimée et le poids psophométrique varie relativement peu dans la gamme de 800 à 3000 p./s.

[3]) Le CCIF a édité en 1949, suite à l'assemblée de Paris un tableau des poids psophométriques, différent de celui de Montreux. Les différences apportées par le nouveau tableau sont minimes; aussi les conclusions de notre étude sont-elles pratiquement valables également pour le tableau CCIF 1949.

### *3. La tension psophométrique et sa mesure — Niveau admissible acoustique et électrique des perturbations téléphoniques*

Les perturbations d'origine électrique sont mesurées par la tension psophométrique aux bornes du récepteur. Par définition, la tension psophométrique entre deux points d'un circuit est la tension efficace à 800 p./s, produisant le même trouble acoustique sur un observateur moyen. Si la perturbation est causée par une onde comprenant un seul harmonique de fréquence $f$, la tension psophométrique $U_{\psi f}$ est le produit de la valeur efficace $U_f$ de cette harmonique par son poids psophométrique $p_f$ divisé par 1000:

$$U_{\psi f} = U_f \, p_f \cdot 10^{-3}$$

Si la perturbation est causée par une onde comprenant plusieurs harmoniques de fréquences différentes, la tension psophométrique $U_\psi$ est la racine carrée de la somme des carrés des tensions psophométriques de chaque harmonique:

$$U_\psi = \sqrt{\Sigma \, U_\psi{}^2{}_f} = \sqrt{\Sigma \, (U_f{}^2 p_f{}^2) \, 10^{-6}}$$

Pour mesurer une tension psophométrique on se sert d'un voltmètre électronique à haute impédance interne, sensible à la valeur efficace, muni d'un réseau filtrant à caractéristique conforme à la courbe des poids psophométriques. Cet instrument est appelé *psophomètre;* plusieurs publications du CCIF (p. ex. [2, 3]) contiennent les prescriptions auxquelles il doit répondre.

Le trouble téléphonique produit par une tension continue contenant des harmoniques est caractérisé par le *facteur de forme téléphonique* $K_\psi$. C'est le rapport en pourcent entre la tension psophométrique et la tension continue $U$ (valeur efficace et, pour les petites ondulations, pratiquement valeur moyenne):

$$K_\psi = \frac{U_\psi}{U} \, 100 \, \%$$

La qualité d'une transmission téléphonique, du point de vue de la fidélité de la reproduction des sons est caractérisée par la *netteté,* mesurée par le rapport en pourcent du nombre des sons correctement reçus à celui des sons transmis. On accepte, comme perturbation acoustique admissible, celle qui permet la transmission sans que la réduction de netteté dépasse une certaine valeur et comme perturbation électrique admissible, celle dont la tension psophométrique aux bornes du récepteur correspond à la perturbation acoustique admissible. Pour obtenir des résultats comparables on se sert de récepteurs ayant une résistance intérieure de 600 Ω branchés sur une impédance de 600 Ω (cf. les nombreuses publications du CCIF).

On répartit ensuite la valeur de la tension psophométrique admissible aux bornes du récepteur entre les différentes perturbations dues, par exemple, aux bruits des répétiteurs, aux bruits d'alimentation, etc., en tenant compte des exigences techniques et économiques.

Des séries de mesures faites à l'aide de perturbations artificielles, par un grand nombre de per-

sonnes et avec divers appareillages, permettent de déterminer les valeurs de la tension psophométrique moyenne probable, admissible aux bornes du récepteur, ainsi que les tensions psophométriques admissibles dans les différentes parties du réseau téléphonique.

### 4. *Niveau maximum admissible des bruits d'alimentation*

La valeur admissible de la tension psophométrique correspondant aux harmoniques de tension des sources d'énergie à courant continu des centraux téléphoniques doit être évidemment donnée aux bornes de connexion entre le central et les sources d'énergie, bornes que nous appellerons: «*bornes principales à courant continu*».

Les prescriptions du CCIF se rapportent en grande partie aux troubles dus au couplage par induction entre les lignes téléphoniques et les réseaux de transmission et concernent uniquement la tension psophométrique admissible sur les lignes téléphoniques, par exemple à la sortie des lignes du central téléphonique. D'autre part, il semble peu probable qu'il y ait un rapport constant entre la tension psophométrique à la sortie du central et celle qui existe aux bornes principales à courant continu. De nombreux facteurs font varier la valeur de ce rapport, non seulement d'une installation à l'autre mais, dans une même installation, d'un instant à l'autre. Ce sont: les différents types de source d'énergie; l'état et la capacité des batteries; différentes valeurs des impédances des sources d'énergie, des barres omnibus, des batteries, des relais, des amplificateurs éventuels; asymétries possibles, etc.

En pratique, les administrations téléphoniques se servent de différentes méthodes pour définir le niveau admissible des bruits d'alimentation et précisément:

*a)* les unes ne donnent aucune prescription à cet égard; une fois l'installation finie, on mesure la tension psophométrique à la sortie du central et si les harmoniques des sources d'alimentation causent des troubles sensibles, on réduit leur amplitude au moyen de filtres.

*b)* Les autres fixent l'ordre de grandeur de la tension psophométrique admissible, en admettant cependant aussi des valeurs supérieures, pourvu que les prescriptions du CCIF pour la tension psophométrique sur les lignes téléphoniques soient respectées. Les PTT suisses, par exemple, prescrivent que la valeur efficace des harmoniques, mesurée aux barres omnibus, ne peut dépasser 2 mV pour les fréquences $f$ entre 500 et 3000 p./s, 7 mV pour $f = 150$ à 500 p./s, 25 mV pour $f = 0$ à 150 p./s. Des valeurs supérieures sont admises si la tension psophométrique à la sortie du central reste dans les limites fixées par le CCIF (Informations données par les PTT).

*c)* D'autres, enfin, prescrivent simplement une tension psophométrique maximum. Le Post Office anglais, notamment, exige que la tension psophométrique aux bornes de la batterie d'un central téléphonique soit inférieure ou égale à 2 mV [4].

## III. Harmoniques de tension des machines à courant continu

### 1. *Origine des harmoniques de tension*

L'analyse de la tension d'une machine à courant continu, à collecteur, révèle la présence de nombreuses composantes alternatives superposées à la composante continue.

Pour en étudier l'origine, il est commode de les répartir en plusieurs familles sans oublier toutefois qu'un harmonique peut appartenir à plusieurs catégories.

Dans *la tension à vide* on observe les familles d'harmoniques suivantes:

*a)* les harmoniques provenant du nombre fini de conducteurs de l'induit et de lames du collecteur;

$f = CKn$ où $C$ 1, 2, 3, ...
$K$ nombre de lames du collecteur
$n$ vitesse de rotation

Pour des génératrices à 4 pôles, à une vitesse d'environ 1500 t./min, l'amplitude et le poids psophométrique de l'harmonique avec $C = 1$, sont très élevés. Il faut donc, tout en tenant compte des autres exigences, pousser la subdivision de l'enroulement et prévoir un grand nombre de lames.

*b)* les harmoniques de denture, causés par la variation du flux magnétique au passage des dents;

$f = C\ (Z \pm 1)\ n$ où $Z$ nombre d'encoches.

Un nombre élevé d'encoches, un rapport convenable entre pas dentaire et arc polaire, l'inclinaison des encoches, un grand entrefer etc. apportent une réduction sensible de leur amplitude.

c) les harmoniques causés par des asymétries magnétiques du rotor, telles que faux-ronds, canaux de circulation d'air, anisotropie magnétique des tôles du rotor à cause du laminage etc. ($f = Cn$; $C$ de valeur peu élevée) [4].

*d)* les harmoniques causés par la variation de la vitesse de rotation, variation résultant, par exemple, de la variation du glissement du moteur asynchrone d'entraînement, à cause des oscillations de la fréquence du réseau (fréquence de glissement ou son double), ou produite par un accouplement ou un montage imparfait ($f = Cn$) etc. Un bon moteur asynchrone soigneusement monté est exempt de ces causes de variation de vitesse.

e) les harmoniques causés par le courant d'excitation contenant lui-même des harmoniques créant un flux et par conséquent une force électromotrice de même fréquence.

*f)* les harmoniques causés par les vibrations du rotor dues, par exemple, à de trop faibles dimensions mécaniques. Il faut éviter d'avoir des arbres longs et de petit diamètre, ayant de fortes flèches dynamiques ($f = Cn$).

*g)* les harmoniques causés par la variation de la qualité du contact collecteur-balais, c'est-à-dire par les vibrations radiales et axiales des balais $f = Cn$ (ou $CKn$). Les balais peuvent vibrer à cause de forts faux-ronds du collecteur, par suite de la faiblesse des ressorts de porte-balais, à cause de dimensions trop réduites de la couronne porte-balais, du fait de balais inadéquats, par suite de la formation d'une glasure sur le collecteur, à cause d'un rodage imparfait, par suite de vibrations axiales, etc.

Les harmoniques de la tension à vide apparaissent dans la *tension en charge;* ils subissent aussi des variations d'amplitude: les composantes à basse fréquence augmentent souvent d'amplitude lorsque l'on charge la machine, tandis que celles à haute fréquence restent pratiquement de même amplitude.

[4]) Une asymétrie due à un seul faux-rond ou à une asymétrie magnétique, telle que celle apparaissant lorsque toutes les tôles ont leur axe de laminage dans la même direction, produit des harmoniques de fréquence égale à $2\,p\,Cn$; aussi dans certains cas, on décale successivement $M$ fois les tôles $\left(\frac{M}{2p} = \text{impair}\right)$.

De plus, lorsque la commutation est imparfaite pour des raisons électriques ou mécaniques (cf. *g*), on observe d'autres harmoniques dont la fréquence est égale à *CKn* [5]) et pouvant avoir une amplitude importante. Ainsi, tout moyen susceptible d'améliorer la qualité de la commutation doit être considéré comme favorable au point de vue des bruits d'alimentation. Il convient donc de vérifier à la plate-forme d'essais la qualité de la commutation et de la contrôler en service, à intervalles réguliers, afin d'empêcher une augmentation de la tension psophométrique.

En résumé, on peut dire que les harmoniques résultant *du nombre fini de lames, de la denture* et *de la commutation imparfaite* sont ceux qui apportent la contribution la plus importante à la tension psophométrique. Les composantes à basse fréquence, tout en ayant une amplitude très grande, ne sont normalement pas ressenties, vu leur faible poids psophométrique.

### 2. *Mesure des harmoniques de tension des machines à courant continu*

L'amplitude des harmoniques d'une machine à courant continu ne peut être déterminée que par mesure. En effet, des imprécisions constructives, presque imperceptibles, créent de nouveaux harmoniques ou en modulent d'autres, rendant purement illusoire un calcul précis; elles provoquent en outre une dispersion sensible des résultats de mesure.

#### a) Méthodes de mesure

Pour déterminer la teneur en harmoniques de la tension des machines téléphoniques, on recourt en général à deux méthodes: l'une analytique, l'analyse de la tension; l'autre synthétique, la mesure directe de la tension psophométrique.

*L'analyse de tension,* faite à l'aide d'analyseurs d'onde, permet de mesurer avec une grande précision l'amplitude et la fréquence de toutes les composantes d'une tension ou d'un courant. Cette méthode présente le grand avantage d'indiquer directement quels sont les harmoniques les plus importants. Elle est surtout employée pendant les périodes de développement d'une machine et pour des contrôles spéciaux parce qu'elle donne le moyen de vérifier l'influence de modifications des grandeurs électriques et mécaniques de la machine sur l'importance des harmoniques.

D'autre part, l'analyse demande beaucoup de temps, un personnel spécialisé et certaines précautions. Donnant la valeur de la tension psophométrique de manière indirecte, elle est affectée d'une certaine imprécision. En effet, on ne peut pas mesurer pratiquement tous les harmoniques ni les mesurer simultanément. En conséquence, pour les mesures normales, on préfère se servir de la méthode synthétique.

*La mesure directe de la tension psophométrique* est aisée et rapide. Elle ne demande pas de personnel spécialisé; elle donne directement la valeur cherchée. C'est la méthode qui convient à la plateforme d'essais. Elle permet de relever dans un temps très bref la tension psophométrique d'une machine pour de nombreuses conditions de charge, mesure qui serait pratiquement impossible avec un analyseur d'onde, à cause de la durée des mesures effectuées avec ce dernier appareil.

Les Ateliers de Construction Oerlikon (ACO) ont créé et mis au point, pour la plateforme d'essai, un psophomètre adapté à la mesure du facteur de forme téléphonique des machines à vide et à pleine charge (charge ohmique) [5]. Il permet de mesurer des tensions psophométriques de 30 à 3000 mV avec une précision de $\pm$ 10 %. L'instrument est simple à manier, robuste, facilement transportable. Il diffère du psophomètre CCIF par son impédance interne relativement petite et par le fait qu'il ne permet pas de mesurer des tensions psophométriques inférieures à 30 mV, celles-ci ne se présentant d'ailleurs que si la machine marche en parallèle avec une batterie d'accumulateurs.

#### b) Résultats des mesures

Les mesures faites par les ACO n'ont pas seulement fait connaître le contenu en harmoniques des tensions de différentes machines; elles ont aussi montré l'influence du type de machine, de la puissance, de la tension, etc., sur la valeur de la tension psophométrique.

Les *variations du facteur de forme téléphonique à pleine charge en fonction de la puissance de la machine,* pour des machines à excitation en dérivation et à shunt magnétique à une vitesse de rotation à vide de 1500 t./min, sont indiquées à la fig. 2. Le facteur de forme téléphonique à pleine charge (charge ohmique), à la tension de service de 50 V, pour des machines dont la puissance dépasse 2,5 kW est inférieur à 1 % si ces machines sont dimensionnées et construites avec soin.

Il augmente à peu près inversément proportionnellement à la puissance de la machine et peut atteindre, dans des cas favorables, pour des machines de grande puissance ($I_n$ = 1000 A) un ordre de grandeur de 0,04 %. Pour une machine de puissance donnée, la dispersion des valeurs est considérable. Les machines à excitation en dérivation ont en général, toutes choses égales d'ailleurs, un facteur de forme téléphonique inférieur à celui des machines à shunt magnétique. La courbe inférieure de la fig. 2 correspond plutôt aux valeurs atteintes pour des machines du premier type, la courbe supérieure à celles de machines du second type.

La *variation de la tension psophométrique en fonction de la tension aux bornes,* pour des machines téléphoniques marchant à vide est indiquée par la fig. 3. Comme on sait, l'amplitude des harmoniques augmente avec la tension (c'est-à-dire avec l'induction), atteint un maximum et diminue ensuite.

Les machines à excitation en dérivation doivent non seulement marcher en tampon avec une batterie

[5]) La commutation, même parfaite, crée des harmoniques à très haute fréquence produisant des perturbations radiophoniques; nous n'en tiendrons pas compte, leur poids psophométrique étant extrêmement réduit.

(50 V), mais aussi pouvoir la recharger (65 à 70 V). Elles présentent le maximum d'harmoniques au delà de la zone dans laquelle elles sont utilisées (induction réduite lors de la marche en tampon).

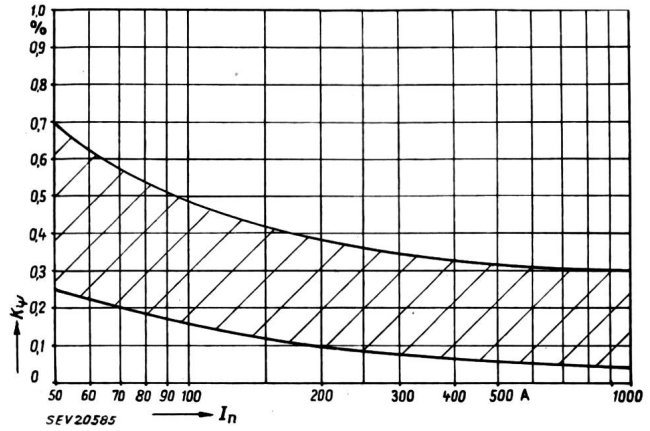


Fig. 2

**Facteur de forme téléphonique $K_\psi$ à pleine charge, pour des machines téléphoniques des Ateliers de Construction Oerlikon (ACO)**

Machine à excitation en dérivation et à shunt magnétique. Charge ohmique, sans batterie d'accumulateurs en parallèle $U_n$ = 50 V; $I_n$ = 50...1000 A; $n \approx$ 1500 t./min à vide

Ainsi la tension psophométrique de ces machines augmente en général avec l'induction pour les tensions de 40 à 70 V (fig. 3, courbe *c*).

Les machines à shunt magnétique ont, au contraire, le maximum de la tension psophométrique à des tensions inférieures à 70 V. Ceci est dû probablement à la forme de la courbe du champ magnétique qui est asymétrique par rapport à l'axe des pôles. Cette asymétrie diminue d'ailleurs avec l'augmentation de l'induction (fig. 3, courbes *a* et *b*).

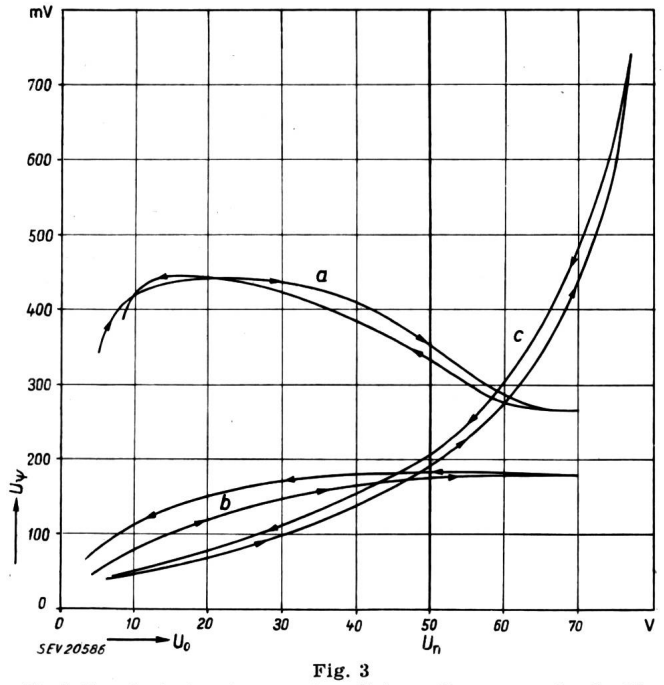


Fig. 3

**Variation de la tension psophométrique $U_\psi$ en marche à vide, à environ 1500 t./min, en fonction de la tension aux bornes $U_0$**

*a* Génératrice à shunt magnétique, $I_n$ = 50 A
*b* Génératrice à shunt magnétique, $I_n$ = 180 A
*c* Génératrice à excitation en dérivation $I_n$ = 240 A

La fig. 4 montre la *variation de la tension psophométrique en fonction du courant de charge* (charge ohmique).

Après avoir mesuré la force électromotrice psophométrique à vide, on doit s'attendre, en charge, à trouver une tension psophométrique inférieure, à cause de la chute inductive interne et de la réaction d'induit.

Les mesures ont confirmé partiellement cette attente, mais il n'est pas rare cependant que l'on ait une tension psophométrique supérieure à pleine charge (cf. III. 1). A la fig. 4, on a tracé les courbes

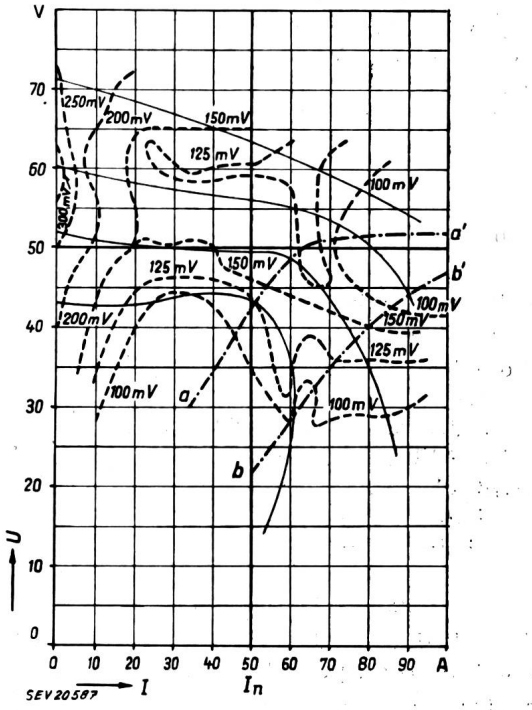


Fig. 4

**Variation de la tension psophométrique en fonction du courant et de la tension**

Génératrice à shunt magnétique, $U_n$ = 50 V, $I_n$ = 50 A, env. 1500 t./min

Commutation bonne: Zone supérieure à *aa'*
Commutation moyenne: Zone comprise entre *aa'* et *bb'*
Commutation mauvaise: Zone inférieure à *bb'*

——— Caractéristique en charge
– – – – Courbes iso-psophométriques

à tension psophométrique constante, dites courbes iso-psophométriques relevées sur une machine à shunt magnétique. Il est intéressant de noter la diminution de la tension psophométrique entre la marche à vide et la charge, la distribution irrégulière des courbes iso-psophométriques, le fait que la tension psophométrique, pour une tension aux bornes constante, présente des «selles» et le fait que, pour cette machine, la qualité de la commutation ne semble jouer aucun rôle sur la tension psophométrique.

Une *analyse de la tension* d'une génératrice à shunt magnétique, faite à l'aide d'un analyseur d'onde, est donnée à la fig. 5. On reconnaît facilement les harmoniques provenant des asymétries (25, 50, 100, 200, 300...p./s); l'harmonique d'environ 1860 p./s, dû aux lames du collecteur, a une amplitude de 120 mV alors qu'à vide elle était de 85 mV

seulement. Les premières, grâce à leur faible poids psophométrique, ne dérangent guère; l'autre, par contre, est importante; sur une tension psophométrique totale d'environ 170 mV, elle produit déjà 120 mV.

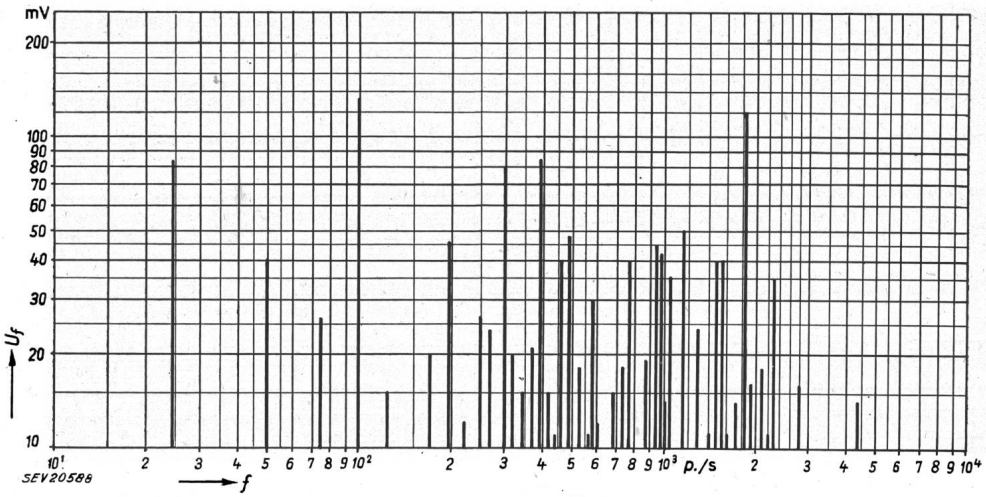


Fig. 5
**Analyse de la tension d'une machine téléphonique à shunt magnétique**
$U_n = 50$ V; $I = I_n = 400$ A; env. 1500 t./min à vide
$Uf$ tension des harmoniques (valeur efficace)

## IV. Impédance des éléments composant le circuit machine–batterie–réseau téléphonique

Pour l'étude qui nous occupe, il est nécessaire de connaître, au moins d'une manière approchée, les valeurs des impédances offertes aux harmoniques par les différents éléments du circuit qu'ils parcourent, c'est-à-dire: l'impédance de la génératrice, de la batterie d'accumulateurs, des barres collectrices et du réseau téléphonique.

### *1. Impédance des machines téléphoniques*

Le calcul exact de l'impédance des machines à courant continu, pour les fréquences en question, n'est pas aisé à cause des différents facteurs qui interviennent: effet pelliculaire, inductance mutuelle des différentes parties de la machine, saturation, etc.

Une solution approchée suffit toutefois pour les calculs relatifs aux harmoniques [4]. Pour calculer l'impédance des machines téléphoniques (sans enroulement de compensation) à 4 pôles, à 1500 t./min à vide, on peut ainsi se servir de l'expression approchée suivante:

$$z = x = 34\ \%$$ [6])

En effet, pour les calculs relatifs aux harmoniques, on peut négliger la résistance et considérer que la réactance $X$ en pourcent est indépendante de la fréquence, de la puissance et du type de machine. Cette expression a été vérifiée et confirmée par de nombreuses mesures faites par les ACO.

L'inductance a été mesurée suivant deux méthodes différentes:

*1)* Mesure de l'inductance à l'aide d'un pont de mesure sur la machine arrêtée, sans tension et sans courant. La mesure est aisée, rapide, précise, mais elle ne donne pas exactement la valeur de l'inductance de la machine, lorsque celle-ci tourne sous tension et en charge.

*2)* Mesure de l'inductance de la machine en mouvement et sous tension, obtenue en mesurant aux bornes de la machine, la tension d'un harmonique déterminé, premièrement à vide, ensuite sous deux charges capacitives différentes. La mesure est laborieuse, délicate et peu précise, surtout à cause des variations brusques de l'amplitude des harmoniques, variations ne suivant apparemment pas de loi déterminée et dues probablement à des changements des caractéristiques de la résistance de contact balais-lames du collecteur.

Les mesures effectuées ont conduit aux conclusions suivantes:

*a)* La mesure suivant 1) donne, pour 1000 p./s env., des valeurs de 30 à 50 % supérieures à celles de la mesure suivant 2), probablement à cause de la saturation.

*b)* La formule empirique donne des valeurs voisines de celles des mesures avec le pont, pour des fréquences qui varient, suivant les machines, de 1000 à 3000 p./s.

c) La formule empirique donne une valeur approchée, en général par défaut jusqu'à 2000 p./s. Elle donne cependant une approximation suffisante pour le calcul des harmoniques des installations téléphoniques.

En conclusion, pour la détermination de l'impédance des machines téléphoniques, on peut négliger la résistance et tenir compte uniquement de l'inductance en se servant de l'expression approchée citée plus haut.

### *2. Impédance des batteries d'accumulateurs*

Par rapport aux courants alternatifs, l'accumulateur se comporte comme une impédance comprenant résistance et réactances capacitive et inductive en série.

#### a) Résistance

L'accumulateur a une résistance intérieure très faible, à peu près inversément proportionnelle à la surface des électrodes, donc particulièrement réduite pour les accumulateurs stationnaires.

Pour le calcul de la résistance des accumulateurs stationnaires, on peut se servir de la formule suivante [7]):

[6]) La réactance en pourcent d'une machine à courant continu est exprimée par la formule suivante:

$$x = 2\,\pi \left(\frac{p\,n}{60}\right) L \frac{I_n}{U_n} 100\% \approx 10{,}5\,p\,n\,L\frac{I_n}{U_n}\ \%$$

où $2\,p$ est le nombre de pôles, $n$ la vitesse de rotation en t./min, $L$ l'inductance de la machine en H, $I_n$ le courant nominal en A et $U_n$ la tension nominale en V.

[7]) La résistance interne d'un accumulateur est exprimée plus exactement par la formule suivante:

$$Ri = \frac{1{,}8 \cdot 10^{-3}}{(I_{10}/10)^{2/3}}\ \Omega$$

déduite de mesures de l'AFO (Accumulatoren-Fabrik Oerlikon) et des ACO. Elle montre que la résistance diminue moins vite que proportionnellement à l'inverse de $I_{10}$. Selon des mesures des PTT suisses (fig. 6) on aurait un coefficient de 1,2 au lieu de 1,8 au numérateur de la formule.

$$R_i = \frac{17 \cdot 10^{-3}}{I_{10}} \ \Omega$$

où $R_i$ est la résistance interne d'un élément chargé, à 15 °C environ, avec une densité moyenne d'électrolyte. $I_{10}$ en A est le courant de décharge correspondant à une décharge complète en 10 heures [1].

La résistance est pratiquement indépendante de la fréquence. Elle dépend sensiblement de la température; pour une augmentation d'environ 33 °C elle se réduit de moitié. Elle dépend de l'état de charge, étant plus élevée lorsque l'accumulateur est complètement déchargé, cette augmentation pouvant aller jusqu'au double. La résistance varie enfin en fonction de la concentration de l'électrolyte et atteint un minimum pour une densité d'électrolyte de 1,224 à 1,240 kg/dm³.

#### b) Réactance capacitive

La réactance capacitive [6] peut être considérée comme constante. La capacité d'un accumulateur au plomb est, en effet, inversement proportionnelle à la fréquence:

$$C = \frac{K_0}{f}$$

où $K_0$ = constante dont la valeur atteint plusieurs dizaines ou même des centaines (F·p./s), rien que pour un seul élément.

#### c) Réactance inductive

L'inductance d'une batterie d'accumulateurs comprend l'inductance intérieure des accumulateurs mêmes, l'inductance des connexions entre éléments, entre batteries, entre batteries et barres omnibus.

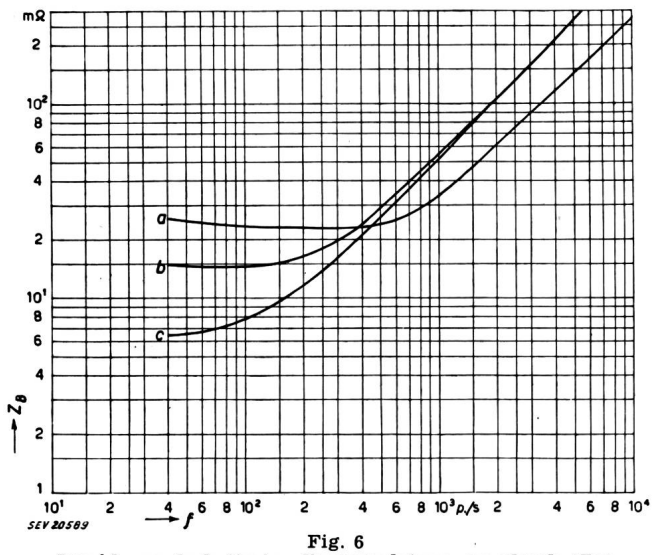


Fig. 6

**Impédance de batteries d'accumulateurs au plomb ($Z_B$) en service dans des centraux téléphoniques suisses à 60 V**

*a* Central téléphonique de Wichtrach, 30 éléments, type LSA 30 EJ 5, $C_{10}$ = 180 Ah
*b* Central téléphonique de Münsingen, 30 éléments, type AFO J 12 II, $C_{10}$ = 432 Ah
*c* Central téléphonique de Weissenbühl, 30 éléments, type AFO J 36 IV, $C_{10}$ = 1296 Ah

L'inductance totale est pratiquement indépendante de la fréquence et de l'état de charge de la batterie. La valeur de l'inductance totale est variable d'une installation à l'autre par suite du nombre et des types différents d'accumulateurs et de l'influence plus ou moins sensible des connexions [8]). D'après les données de la littérature [4, 7], celles des PTT suisses [9]) (fig. 6) et celles relevées par les ACO, elle varie pour des batteries à tension nominale de 50 à 60 V entre 3 et 25 μH.

Il est difficile de dégager des données actuellement connues, une loi précise qui relie inductance et capacité (en Ah) de la batterie. Il paraît vraisemblable (fig. 6), si l'on néglige l'influence des connexions, que l'inductance soit une fonction directe de la capacité.

#### d) Impédance totale

Pour des *fréquences supérieures à environ 400 p./s*, c'est-à-dire pour la bande des fréquences de poids psophométrique élevé, la réactance capacitive est négligeable et la réactance inductive est supérieure à la résistance. On peut assimiler la batterie d'accumulateurs à une inductance pure. Cette approximation vaut en particulier pour des batteries de grande capacité; pour les batteries de petite capacité il est souvent nécessaire de tenir compte aussi de la résistance.

Pour des *fréquences inférieures à environ 400 p./s*, c'est-à-dire pour la bande des fréquences à faible poids psophométrique, l'impédance peut être capacitive ou inductive et posséder une composante ohmique appréciable. On obtient des résultats suffisamment approchés en tenant compte seulement de l'inductance et de la résistance (voir *VI, 2 b*).

### *3. Barres collectrices*

Les conducteurs entre génératrice, batterie et réseau ont une impédance très faible comparée à celle de la machine. La majeure partie de cette impédance est formée par l'inductance des barres collectrices.

L'inductance des barres est de l'ordre de 1 μH/m, c'est-à-dire une réactance de 6 mΩ/m pour 1000 p./s.

Lorsqu'il y a deux systèmes de barres, un pour la charge et un pour la marche en tampon, il faut aussi connaître l'inductance mutuelle entre les deux systèmes de barres. En effet, quand on charge une batterie sur un système de barres pendant que la génératrice principale marche en tampon avec l'autre batterie sur l'autre système de barres, il peut se produire une augmentation des perturbations si la génératrice de charge induit des harmoniques de grande amplitude dans le circuit principal.

### *4. Réseau téléphonique*

Si l'on suppose que l'unique perturbation soit celle due aux harmoniques de la machine à courant continu, le réseau téléphonique est alors un élément passif [10]).

[8]) Il serait bon d'avoir de plus nombreuses mesures à cet égard pour connaître surtout la valeur de l'inductance moyenne des batteries d'accumulateurs et savoir comment elle varie en fonction de la capacité; en outre, pour avoir une connaissance plus quantitative de l'impédance aux basses fréquences.

[9]) Les données reportées à la fig. 6 ont été fournies par la Direction générale des PTT suisses (Rapport de Monsieur *H. Meister* du Laboratoire de recherches et d'essais — 1951).

[10]) En faisant, dans un bureau de téléphone, des mesures relatives aux harmoniques de la génératrice, il est bon de connaître l'amplitude des harmoniques provenant du réseau téléphonique pour estimer leur importance relative. On a mesuré, par exemple, dans un central téléphonique, aux bornes d'une batterie de 2 × 720 Ah, les harmoniques suivants:

| fréquence $f$ | 25 | 150 | 250 | 340 | 420 | 650 | > 650 p./s |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| tension $Uf$ | 0,7 | 1,4 | 0,7 | 0,7 | 1,1 | 0,4 | 0,4 mV |

A noter que la génératrice était déclenchée pendant la mesure!

Il est impossible de donner une valeur moyenne précise de l'impédance du réseau téléphonique parce qu'elle varie d'un instant à l'autre dans la même installation. Elle peut être, par exemple, capacitive ou inductive.

Pour l'étude des perturbations en question, il suffira de considérer l'impédance du réseau comme infinie. En effet, la composante ohmique, certainement inférieure à l'impédance, est très grande vis-à-vis de l'impédance de la batterie d'accumulateurs.

## V. Réduction des ondulations

Si la tension psophométrique, mesurée aux bornes principales à courant continu, est supérieure au niveau admissible, il faut réduire les ondulations du courant continu pour avoir une transmission téléphonique de meilleure qualité.

On atteint ce but:

*1.* en augmentant, pour une ou plusieurs fréquences, l'impédance en série avec la génératrice (bobine de filtrage, filtre passe-bas);

*2.* en diminuant, pour une ou plusieurs fréquences, l'impédance en parallèle avec la batterie (condensateur, filtres résonnants).

### *1. Impédance en série; bobine de filtrage et circuit-bouchon*

Dans le passé on se servait presque exclusivement de bobines de filtrage en série avec la génératrice.

Les bobines doivent avoir les caractéristiques suivantes:

*a)* une faible résistance ohmique;
*b)* une grande impédance en courant alternatif.

L'avantage essentiel des bobines de filtrage est leur solidité et leur longévité. La durée de vie d'une bobine est au moins égale à celle de la génératrice.

Leurs désavantages sont les suivants:

*a)* pertes par effet Joule;
*b)* prix relativement élevé;
*c)* dimensions appréciables.

Afin de réduire les dimensions et le prix de la bobine, on peut se servir avec avantage d'un circuit-bouchon convenablement dimensionné, formé par une inductance et un condensateur en parallèle. La valeur de l'inductance est inférieure à celle que devrait avoir une bobine de filtrage équivalente et il suffit d'un condensateur de petite capacité à très basse tension.

### *2. Impédance en dérivation: condensateurs électrolytiques*

Pour réduire les ondulations du courant dans les installations téléphoniques, on se sert aujourd'hui presque exclusivement de condensateurs en dérivation. Ceci a été possible grâce aux perfectionnements apportés aux condensateurs électrolytiques qui conviennent très bien au point de vue technique et économique et donnent une grande sécurité d'exploitation.

Rappelons de suite les propriétés les plus intéressantes des condensateurs électrolytiques:

*a)* Grande capacité par unité de volume [8].

*b)* Possibilité de régénération en cas d'erreur de tension ou de polarité.

*c)* Courant de perte minime pour les faibles tensions, mais augmentant rapidement au delà d'une valeur critique.

*d)* Une augmentation de la fréquence entraîne une diminution de la capacité et une augmentation des pertes. La tg $\delta$ qui est de 5 à 15 % pour 50 p./s atteint des valeurs de 150 à 200 % pour 5000 p./s [11]) (Fig. 7 et 8).

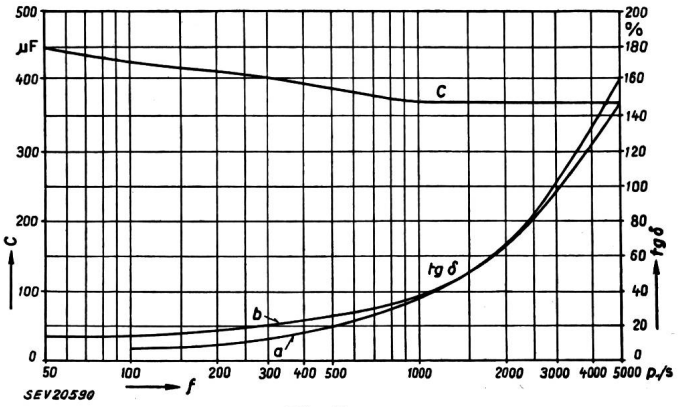


Fig. 7
**Condensateur électrolytique STR**
Variation de la capacité $C$ et de la tg $\delta$ en fonction de la fréquence $f$
*a* Condensateur régénéré (Mesure des ACO)
*b* Condensateur neuf (Mesure de la Standard Telephon und Radio A.-G., Zürich)

*e)* Influence de la température minime car les machines téléphoniques, les batteries, etc., se trouvent en général, dans un local, au sous-sol du bureau central où les variations de température sont très limitées.

*f)* Influence du temps sur un condensateur électrolytique au repos — idle shell life: les condensateurs électrolytiques, au repos pendant une longue période de temps, subissent un affaiblissement du diélectrique et se détériorent.

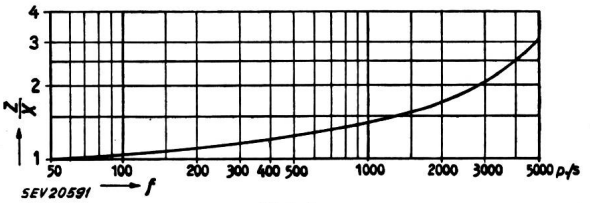


Fig. 8
**Condensateur électrolytique STR**
Variation du rapport impédance/réactance (Z/X) en fonction de la fréquence $f$ (cf. fig. 9)

*g)* Influence du temps sur un condensateur hermétiquement fermé, en service sous une tension continue constante: le condensateur conserve sa pleine efficacité et ne subit pratiquement pas de détérioration.

*h)* Durée moyenne de vie et sécurité d'exploitation. Les condensateurs électrolytiques actuels ont atteint un haut degré de perfection: leur durée moyenne de vie est d'env. 7 à 10 années [9] et leur capacité d'exploitation est très élevée [12]).

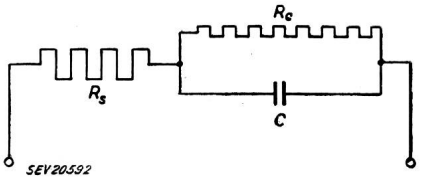


Fig. 9
**Circuit équivalent du condensateur électrolytique**
$C$ capacité; $R_s$ résistance série; $R_c$ résistance parallèle

[11]) Pour tenir compte des pertes en courant continu et en courant alternatif, nous nous sommes servis du schéma de la fig. 9.

[12]) Il est bon en tout cas de prévoir un fusible de très faible résistance en série avec le condensateur pour éviter des dommages en cas de claquage de celui-ci.

Ce résultat a été obtenu par l'emploi de matières premières d'une grande pureté, par ex. de l'aluminium à 99,99 % de pureté, et en évitant ainsi dans une très grande mesure les phénomènes de corrosion.

Les conditions de service des condensateurs, utilisés dans les installations téléphoniques pour réduire les ondulations du courant, sont très favorables. En effet, la température et surtout la tension continue sont pratiquement constantes et les tensions alternatives sont de l'ordre du mV. Aussi leur durée moyenne de vie atteint-elle les chiffres cités plus haut, les dépassant même.

*i*) Prix bas, grâce à la construction relativement simple, à la grande capacité par unité de volume et aux méthodes de fabrication modernes.

### 3. *Filtres*

Pour réduire les ondulations du courant — les deux solutions dont nous avons parlé (condensateur ou bobine) donnant d'une manière simple et relativement peu coûteuse des résultats satisfaisants — on ne se sert pas en général, de filtres dans les bureaux de téléphone automatique [10].

## VI. Calcul approché des perturbations causées par les génératrices à courant continu dans les centraux téléphoniques et détermination des moyens aptes à réduire leur amplitude

### 1. *Généralités*

Lorsque l'on fait le projet d'un central téléphonique, il n'est pas facile, en général d'obtenir des données permettant le calcul de la valeur des tensions perturbatrices aux bornes principales à courant continu. On peut toutefois fixer des valeurs probables, déduites de l'expérience, pour les harmoniques de tension, pour l'inductance de la génératrice et, avec une moins bonne approximation [8]), pour l'impédance de la batterie. On parvient ainsi, d'une manière approchée, à prévoir s'il est nécessaire ou non d'installer des moyens de réduction des ondulations et, dans l'affirmative, à déterminer leurs caractéristiques.

L'installation une fois faite, une mesure psophométrique permet de vérifier et de compléter les résultats du calcul.

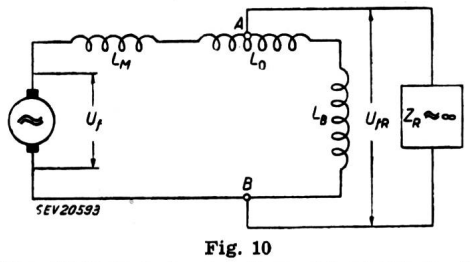


Fig. 10
**Schéma équivalent du circuit machine-batterie-réseau téléphonique**

$Uf$ force électromotrice de l'harmonique de fréquence $f$, aux bornes de la machine
$UfR$ tension de l'harmonique de fréquence $f$, aux bornes principales à courant continu
$LM$ inductance de la machine
$L_0$ inductance des barres omnibus
$LB$ inductance de la batterie
$ZR$ impédance du réseau téléphonique
$A, B$ bornes principales à courant continu

Le circuit à l'étude pour le cas des composantes alternatives peut être simplifié et réduit au schéma équivalent, reporté à la fig. 10.

La force électromotrice de l'harmonique de tension, de fréquence $f$, de valeur efficace $U_f$, produit un courant $I_f$ dans le circuit machine-barres-batterie. La tension perturbatrice, mesurée aux bornes principales à courant continu ($AB$), a une valeur efficace $U_{fR}$, égale à la chute de tension due au courant $I_f$ passant dans l'impédance du circuit compris entre les bornes principales à courant continu [13]). Elle est donc directement proportionnelle à cette impédance.

En observant que ce circuit n'est autre qu'un diviseur de tension, il faut placer les bornes $AB$ de manière à n'avoir qu'une faible tension perturbatrice tout en prélevant la tension continue dont on a besoin. Si la tension psophométrique entre les bornes $AB$ dépasse les limites admissibles, on pourra en réduire l'amplitude soit en augmentant l'impédance du circuit machine-batterie au moyen d'une bobine en série, soit en diminuant l'impédance entre les bornes $AB$ grâce à un condensateur en parallèle.

Pour se rendre compte clairement des grandeurs qui entrent en jeu, il convient d'examiner d'une manière détaillée un cas particulier.

### 2. *Exemple de calcul des perturbations* [14])

#### a) Données du central téléphonique

*Machines à courant continu:* Deux génératrices à shunt magnétique, à 4 pôles, de même type et de même puissance. Marche en tampon: 52 V à vide, 49 V à pleine charge pour 65 A et 1420 t./min; service de charge: 65 V à pleine charge pour 46 A. Inductance d'une génératrice: 0,8 mH. Les tensions des harmoniques, lors de la marche à vide à 50 V, sont reportées dans le tableau I.

*Batteries d'accumulateurs:* 2 batteries d'accumulateurs au plomb, chacune à 24 éléments, du type stationnaire, à plaques de grande surface; capacité: 2×700 Ah; inductance d'une batterie: 5μH; résistance d'une batterie: 12 mΩ.

*Barres omnibus:* En aluminium, section 60×80 mm², longueur 5 m, distance entre les barres 50 mm, inductance propre des barres pour la marche en tampon: 0,85 μH/m, inductance propre des barres de charge: 0,6 μH/m, inductance mutuelle entre les deux systèmes de barres: 0,4 μH/m.

*Réseau téléphonique:* L'impédance minimum est d'environ 0,8 Ω; nous la considérons pour les calculs suivants comme infinie, étant donné que pour 1000 p./s l'impédance minimum du réseau est environ 25 fois celle de la batterie.

*Service du central:* Une génératrice marche en tampon avec une batterie et fournit l'énergie au réseau téléphonique. La deuxième génératrice branchée sur un second jeu de barres peut éventuellement charger la deuxième batterie. L'administration des téléphones admet 2 mV comme tension

[13]) Du fait que les fréquences inférieures à 400 p./s ont un poids psophométrique relativement réduit et que l'impédance de la batterie, tout en pouvant être inductive, capacitive ou ohmique, est certainement très faible, on peut conclure que les perturbations produites par des harmoniques de cette bande de fréquence sont en général très minimes. On peut ainsi faire encore une simplification, suffisante pour la pratique, et supposer que, pour toutes les fréquences, la batterie est assimilable à une réactance inductive pure. L'exemple du paragraphe VI. 2 confirme cette supposition.

[14]) Des mesures faites sur une installation téléphonique ayant des caractéristiques semblables à celles de notre exemple justifient les simplifications adoptées dans le cours de cet article.

psophométrique maximum aux bornes principales à courant continu.

**b) Calcul des tensions perturbatrices et des tensions psophométriques**

On considérera deux cas:

$\alpha$) les bornes principales à courant continu coïncident avec les bornes de la batterie,

$\beta$) les bornes principales à courant continu coïncident avec les bornes de la machine.

Supposons qu'une seule machine soit en service à pleine charge à 50 V et marche en tampon avec une batterie complètement chargée. La deuxième machine et la deuxième batterie sont au repos. Les résultats des calculs sont reportés au tableau I qui se rapporte au schéma de la fig. 10.

Des valeurs reportées dans le tableau I on tire les conclusions suivantes:

*1*) la position des bornes *AB* a une influence très importante sur la valeur des tensions perturbatrices. Dans une installation donnée, on obtiendra un minimum de dérangements en faisant coïncider les bornes *AB* avec les bornes de la batterie;

*2*) pour les calculs pratiques, on atteint une approximation suffisante en tenant compte seulement de l'inductance de la batterie; la résistance a une influence sensible sur l'amplitude des harmoniques à basse fréquence mais elle n'affecte presque pas la tension psophométrique.

**c) Calcul des moyens de réduction des ondulations**

Supposons que tous les harmoniques doublent d'amplitude et cherchons la valeur de la capacité du condensateur en parallèle avec la batterie, et de l'inductance, formée par une bobine en série avec la machine, qui sont nécessaires pour ramener la tension psophométrique à 2 mV dans le cas $\alpha$).

Etant donné que l'harmonique de 1300 p./s donne l'apport le plus important à la tension psophométrique totale, il suffit, en première approximation, de tenir compte de cet harmonique seulement et de faire quelques vérifications pour les autres. Pour calculer le condensateur nécessaire, on se servira de la fig. 11 où sont tracées des familles de courbes à capacité constante des condensateurs qui permettent de réduire la tension produite aux bornes de la batterie par un harmonique de fréquence $f$, à $K_{fR}$ % de la valeur que cette tension aurait sans condensateur.

$$K_{fR} = 100 \frac{U_{fR}}{U'_{fR}} \%$$

où

$U_{fR}$ tension avec condensateur

$U'_{fR}$ tension sans condensateur

La capacité du condensateur est donnée par le point d'ordonnée $K_{fR}$ et d'abscisse $L'_B = \frac{L_B}{(f/10^3)^2)}$

*Résultats des calculs des tensions perturbatrices et des tensions psophométriques*[1]) Tableau I

| $f$ p./s | 25 | 100 | 200 | 300 | 600 | 650 | 1300 | 2500 | $U_\psi$ mV |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p_f$/1000 (CCIF 1946) | 0,0035 | 0,013 | 0,042 | 0,295 | 0,795 | 0,85 | 1 | 0,616 | — |
| $U_f$ mV (bornes de la machine) | 150 | 100 | 100 | 150 | 50 | 50 | 200 | 30 | — |
| $U_{\psi f}$ mV (bornes de la machine) | 0,52 | 1,3 | 4,2 | 44,2 | 40 | 42,5 | 200 | 18,5 | 214 |
| $\alpha$) $U_{fR}$ (bornes $AB$) mV | 0,93 (14,2) | 0,62 (2,45) | 0,62 (1,35) | 0,93 (1,51) | 0,31 (0,37) | 0,31 (0,36) | 1,24 (1,3) | 0,18 (0,19) | — |
| $\alpha$) $U_{\psi fR}$ (bornes $AB$) mV | 0,003 (0,05) | 0,008 (0,03) | 0,02 (0,05) | 0,27 (0,45) | 0,25 (0,29) | 0,26 (0,3) | 1,24 (1,3) | 0,11 (0,11) | 1,34 (1,41) |
| $\beta$) $U_{fR}$ (bornes $AB$) mV | 1,71 (14,2) | 1,14 (2,63) | 1,14 (1,65) | 1,71 (2,08) | 0,57 (0,60) | 0,57 (0,6) | 2,29 (2,3) | 0,34 (0,34) | |
| $\beta$) $U_{\psi fR}$ (bornes $AB$) mV | 0,006 (0,05) | 0,015 (0,03) | 0,05 (0,07) | 0,51 (0,61) | 0,45 (0,48) | 0,49 (0,51) | 2,29 (2,3) | 0,21 (0,21) | 2,44 (2,49) |

[1]) Lors du calcul des valeurs principales figurant dans ce tableau on a tenu compte uniquement de l'inductance de la batterie; entre parenthèses, on indique les valeurs obtenues en prenant, en considération, en outre, la résistance de la batterie.

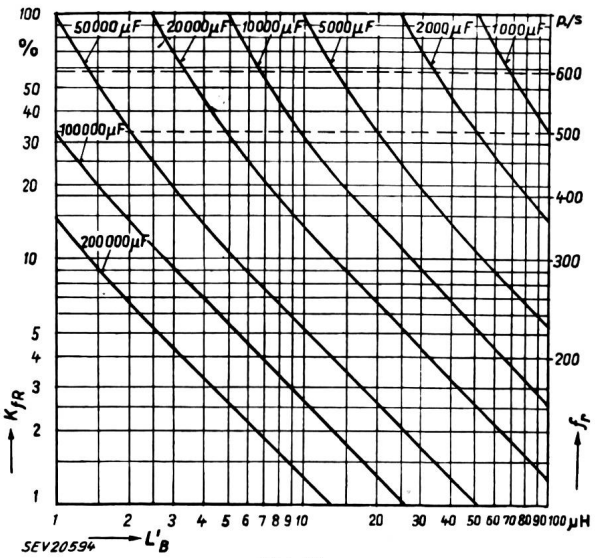


Fig. 11

**Courbes pour la détermination de la capacité du condensateur, apte à diminuer la tension psophométrique**

Génératrice à courant continu marchant en tampon avec une batterie d'accumulateurs au plomb; bornes principales à courant continu coïncidant avec les bornes de la batterie

$$Kf_R = 100 \frac{Uf_R}{U'f_R} \%$$

$Uf_R$ tension de l'harmonique de fréquence $f$ aux bornes de la batterie, avec condensateur en parallèle

$U'f_R$ tension de l'harmonique de fréquence $f$ aux bornes de la batterie, sans condensateur en parallèle

$L_B$ inductance de la batterie en µH

$L'_B = \frac{L_B}{(f/10^3)^2}$ ;

$f_r$ fréquence de résonance du circuit batterie-condensateur

où $L_B$ est l'inductance de la batterie d'accumulateurs en μH.

L'harmonique de 1300 p./s a une force électromotrice de 400 mV et donne une tension psophométrique de 2,5 mV aux bornes *AB*. En se servant des courbes de la fig. 11 on trouve qu'avec un condensateur d'environ 7000...8000 μF, ($tg\delta = 0$) on peut ramener la tension perturbatrice à 2 mV.

Par un calcul direct, on trouve que pour réduire la tension psophométrique de 2,5 à 1,85 mV, il suffit d'un condensateur de 7000 μF ($tg\delta = 0$) ou d'une bobine de 0,28 mH [15]). En pratique on se servira de condensateurs électrolytiques ($tg\delta \neq 0$) et l'on devra choisir un condensateur de capacité supérieure pour tenir compte de $tg\delta$ et de l'approximation du calcul.

Il convient encore de vérifier qu'aucune fréquence d'harmonique d'une certaine importance ne coïncide, par hasard, avec la fréquence de résonance $f_r$ [16]) du circuit batterie-condensateur. En tout cas, la valeur élevée de $tg\delta$ pour les condensateurs électrolytiques et la résistance des batteries réduisent sensiblement la valeur de l'impédance de résonance.

—

Vérifions encore quelle est la tension perturbatrice que la génératrice de charge peut induire par induction mutuelle dans le circuit principal par l'intermédiaire des barres. Supposons que la génératrice de charge des batteries ait un harmonique de 500 mV à 1300 p./s. On aura une tension induite d'environ 1,25 mV.

$$U = \frac{0{,}4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 500 \cdot 10^{-3}}{0{,}8 \cdot 10^{-3}} = 1{,}25 \text{ mV}$$

Ainsi, dans des cas particulièrement défavorables, on peut avoir, pendant la charge de la deuxième batterie, une augmentation de la tension psophométrique, par suite du couplage magnétique des barres entre elles.

## VII. Projet d'installation à faible tension psophométrique, établi en tenant compte des perturbations causées par les génératrices à courant continu

De ce qui a été dit dans les paragraphes précédents, on peut déduire des directives sur les mesures à prendre pour réduire au minimum les perturbations dues aux harmoniques de la génératrice.

### *1. Machines à courant continu*

La construction des machines à courant continu a atteint un degré élevé de perfection: les matériaux sont sollicités magnétiquement, électriquement et mécaniquement d'une manière économique et rationnelle; les méthodes de fabrication sont perfectionnées. Il semble peu probable, si l'on veut rester dans les limites d'une fabrication économique, que l'on puisse réaliser des machines avec un facteur de forme téléphonique beaucoup plus faible.

Il est cependant utile d'attirer l'attention du constructeur sur la nécessité d'une bonne commutation et d'un comportement tranquille des balais. Lorsque l'on fait le projet d'une machine, pendant sa fabrication, sa mise au point à la plate-forme d'essais et sa marche en service, il ne faut pas oublier ces deux points afin de réaliser une machine qui donne peu de perturbations et d'obtenir également une machine possédant de bonnes qualités techniques et présentant une grande sécurité d'exploitation.

### *2. Installation*

Les bornes principales à courant continu doivent être branchées sur une impédance très faible, tout en fournissant la tension continue désirée. Aussi raccordera-t-on le réseau téléphonique *le plus près possible de la batterie d'accumulateurs et en liaison aussi directe que possible avec elle.* Cette condition est d'autre part conforme aux desiderata de la technique téléphonique en ce qui concerne la diaphonie entre les différents courants téléphoniques passant en même temps à travers la batterie. Tout en ayant égard aux autres exigences, il faut s'efforcer de réduire l'inductance entre les bornes principales à courant continu, c'est-à-dire celle de la batterie et des connexions entre batterie et bornes principales à courant continu, car, comme nous l'avons vu, la tension perturbatrice est directement proportionnelle à cette impédance. La disposition, la longueur, les dimensions des barres omnibus qui ne sont pas comprises entre les bornes principales à courant continu n'ont pas d'influence sensible sur les perturbations. Il faut aussi vérifier que les barres de charge et les barres de marche en tampon soient à une distance telle que l'inductance mutuelle soit faible et ceci, surtout pour les machines à fort débit [11].

### *3. Moyens de réduire la tension psophométrique*

Des mesures faites par les ACO et de considérations théoriques, on a déduit que les machines téléphoniques de petite puissance (50 V; $I_n =$ 50 A) et souvent aussi les machines de moyenne puissance (50 V; $I_n = 400$ A), marchant en tampon avec une batterie d'accumulateurs appropriée produisent une tension psophométrique qui est rarement supérieure à 2 mV. Toutefois, cette valeur est dépassée dans les centraux téléphoniques équipées de génératrices de grande puissance (50 V; $I_n = 1000$ A); dans des cas de ce genre, il faut prévoir des moyens de réduction des ondulations.

Du point de vue technique et économique, la meilleure solution consiste à se servir de condensateurs électrolytiques, ceux-ci ayant atteint actuellement un haut point de perfection technique et de sécurité d'exploitation. Les condensateurs doivent être connectés en parallèle avec la batterie et non avec la génératrice. A titre d'exemple, signalons que pour une machine de 1000 A il faut un condensa-

[15]) Le condensateur représente dans ce cas la solution la plus économique.

[16]) Sur la fig. 11 on a porté, dans ce but, la fréquence de résonance du circuit batterie-condensateur sur l'ordonnée de droite.

teur électrolytique de 10 000 à 20 000 µF. Pour une machine de même puissance marchant en direct, il faudra des condensateurs du même ordre de grandeur.

### Bibliographie


[1] *Jalla, F.*: Alimentation des centrales téléphoniques automatiques. Bull. ASE t. 41(1950), n° 9, p. 333...346.

[2] *Comité Consultatif International Téléphonique (C.C.I.F.)*: Directives concernant la protection des lignes de télécommunication contre les actions nuisibles des lignes électriques industrielles. Edition de Roma 1937, revisée à Oslo 1938.

[3] *Comité Consultatif International Téléphonique (C.C.I.F.)*: XV^e Assemblée plénière, Paris, 26...30 juillet 1949, t. IV.

[4] *Harbottle, H. R.*: The Circuit Noise-Meter (Psophometer) and its Applications. J. Instn. Electr. Engr". t. 83(1938), n° 500, p. 261...274.

[5] *Berlowitz, A.*: Messung der Geräuschspannung an Telephonmaschinen. Bull. Oerlikon t. —(1952), n° 294, p. 46...49.

[6] *Müller, W.*: Die Kondensatorwirkung des Bleiakkumulators bei Wechselstrom. Diss. Hannover 1933.

[7] *Dye, F. W. G.*: Recent Developments in Telephone Repeater Station Power Plant. P. O. Electr. Engr". J. t. 28 (1935/36), juillet, p. 125...130.

[8] *Herrmann, W.*: Neuere Elektrolytkondensatoren und ihre Eigenschaften. Siemens Z. t. 21(1941), n° 3, p. 120...126.

[9] *Standard Telephon u. Radio A.-G., Zürich*: Elektrolytkondensatoren. Liste 1/39, Teil 7.

[10] *Geise, H. et F. Heinrich*: Glättungseinrichtungen in Gleichstrom-Erzeugungsanlagen, insbesondere bei Verwendung von Gleichrichtern. AEG Mitt". t. 27(1937), n° 5, p. 189...194.

[11] *Grau, H.*: Die Stromversorgung von Fernsprech-Wählanlagen. München: Oldenbourg 1940.


**Adresse de l'auteur:**
Dr.-Ing. *F. Jalla*, Bahnhaldenstrasse 2, Zürich 52.

# Querschnitt der heutigen Verbindungstechnik

Vortrag, gehalten an der 11. Schweiz. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik des SEV vom 3. Oktober 1952 in Lausanne,

von *J. Kaufmann*, Bern

621.39 (494)

*Die Entwicklung der Telephon-Automatik in der Schweiz von ihren Anfängen in der Zeit kurz vor dem ersten Weltkrieg bis zur Gegenwart wird in grossen Zügen behandelt. Um diesen Werdegang logisch in die Technik der Telephonie einzufügen und die allgemeinen Zusammenhänge leichter verständlich zu machen, werden, wo es notwendig ist, auch die Gebiete der Übertragungstechnik und der Teilnehmereinrichtungen kurz gestreift.*

*Der Vortrag befasst sich ausschliesslich mit der Technik, die in den Netzen der Schweizerischen PTT-Verwaltung zur Anwendung gelangt und vermeidet absichtlich Vergleiche mit Verhältnissen im Ausland.*

*Le développement de l'automatique en Suisse depuis ses débuts, peu avant la première guerre mondiale, jusqu'à ce jour est traité à grands traits. Pour l'introduire logiquement dans l'histoire de la technique du téléphone et en faire mieux comprendre les rapports, l'auteur fait quelques brèves incursions dans les domaines de la technique des transmissions et des installations d'abonnés.*

*L'exposé parle exclusivement de la technique appliquée dans les réseaux de l'administration suisse des PTT et évite intentionnellement toute comparaison avec l'étranger.*

Telegraph, Telephon und Radio, diese drei elektrischen Nachrichten-Übertragungsmittel, haben sich in den letzten Jahren zu einem hochentwickelten Zweig der Elektrotechnik ausgeweitet. Der Telegraph feiert heute in der Schweiz sein hundertjähriges Bestehen, das Telephon sein zweiundachtzigstes und das Radio ungefähr sein dreissigstes. In diesen verhältnismässig kurzen Zeitabschnitten ihres Bestehens sind alle drei Verbindungsmittel für unsere Volkswirtschaft zu grosser Bedeutung gelangt und können — nachdem sie nun einmal da sind und sich eingebürgert haben — auch nicht mehr aus dem Alltag der Gemeinschaft und des Einzel-Individuums weggedacht werden.

Dass gerade das Telephon während der relativ kurzen Zeit seines Bestehens auch in der Schweiz eine mindestens ebenso bewundernswerte wie sprunghafte Entwicklung und Ausbreitung durchmachte, hat seine Ursache unfehlbar in der Bequemlichkeit und in der Schnelligkeit dieses Verbindungsmittels. Es ist für den Benützer in der Handhabung einfach und ermöglicht die unmittelbare mündliche Verständigung der Benützer untereinander durch direkte Rede und Gegenrede, ohne fremde Hilfe, ohne Zeitverlust und ohne an irgendwelche räumliche Grenzen gebunden zu sein. Gerade dies sind die Gründe dafür, dass die Bedeutung des Telephons in den letzten Jahrzehnten — ob als Zeichen wachsender Intelligenz der Völker oder aus andern Gründen bleibe dahingestellt — enorm gewachsen ist und dass man in der ganzen zivilisierten Welt bestrebt ist, dessen allgemeine Anwendung im Rahmen der technischen Möglichkeiten und wirtschaftlichen Zulässigkeiten mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln zu fördern. Seine grossen Vorteile sollen mit der Zeit Allgemeingut werden, d. h. sie sollen allen Bevölkerungsschichten zu möglichst billigem Preis zugänglich werden. Heute stehen aber gerade bei uns in der Schweiz diesbezüglich noch grosse Schwierigkeiten, wie z. B. Nachholbedarf, Rohstoffverknappung und -verteuerung im Wege, um dieses angesteuerte Ziel in der wünschbar kurzen Zeit zu erreichen. An diesbezüglicher Voraussicht und an Mut und Ausdauer fehlt es aber weder bei der schweizerischen Industrie noch bei der PTT-Verwaltung. Das beweist der heute schon erreichte Stand in unserem Lande hinsichtlich Technik und Betrieb, der selbst ausländische Besucher sehr oft in Staunen versetzt.

Es ist hier nicht die Aufgabe, die ganze Entwicklung des Fernmeldewesens vor Augen zu führen, ja nicht einmal diejenige des Telephons allein. Vielmehr soll nur ein kurzer Überblick über wesentliche Merkmale der Entwicklung der Verbindungstechnik der letzten Jahre gegeben werden, mit besonderer Berücksichtigung der Telephonautomatik.

Die ersten Versuche, den Telephonverkehr in der Schweiz zu automatisieren, reichen auf das Jahr 1911 zurück. Damals erreichte das Stadtnetz Zürich fast 10 000 Abonnenten, die sämtliche an der Zentrale Bahnhofstrasse/Rennweg angeschlossen waren. Die Bedienung wurde für die Telephonistinnen je länger desto mühsamer. Man entschloss sich deshalb, das Stadtnetz in zwei Hälften, links und rechts der Limmat, zu unterteilen. Mit dieser Dezentralisierung der Vermittlungsämter liess sich — immer