

Zeitschrift:	Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber:	Association suisse des électriciens
Band:	50 (1959)
Heft:	25
Rubrik:	Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

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: 15.01.2026

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

Production et distribution d'énergie

Les pages de l'UCS

Idées fondamentales pour l'édification d'un système de télécommande centralisée

par *H. Schmid, Zoug*
(d'après l'enregistrement sur bande sonore d'une conférence non écrite)

621.398 : 621.311

Dans le cadre du compte rendu de l'échange d'expériences sur les installations de télécommande centralisée qui a eu lieu à Gmunden les 4 et 5 juin 1959, nous publions ci-après la conférence d'un autre participant suisse, le Dr H. Schmid, de Zoug. L'auteur examine les conditions aux limites théoriques et pratiques du problème de la télécommande centralisée, ainsi que leur influence sur l'alimentation du canal de transmission en énergie à fréquence musicale et sur l'incorporation des récepteurs dans ce canal. Il étudie en particulier les questions du choix de la fréquence, de la sélectivité des récepteurs, du niveau d'émission, de la protection contre les harmoniques de la fréquence du réseau, ainsi que du choix du mode d'injection. Le conférencier arrive à la conclusion que pour résoudre les problèmes posés il convient d'utiliser des installations d'émission et de réception aussi simples que possible ainsi qu'une puissance d'émission relativement élevée. A son avis, aucune règle générale ne peut être énoncée au sujet du choix de la fréquence la plus favorable, de sorte que la fréquence et le mode d'injection doivent être déterminés en fonction de l'individualité structurelle du réseau.

Sans entrer dans la théorie et les détails, nous nous proposons de montrer ici comment nous, fournisseurs, concevons la technique de la télécommande centralisée et en déduisons notre action dans ce domaine. La situation n'est plus la même qu'il y a 6 ou 7 ans. A ce moment-là, la plupart des fournisseurs n'avaient encore livré qu'un nombre relativement restreint d'installations de télécommande centralisée et les risques encourus du point de vue des investissements se maintenaient encore dans des limites supportables.

Aujourd'hui, les techniciens des fournisseurs se trouvent dans une situation radicalement changée. Le nombre des installations de télécommande centralisée atteint plusieurs centaines et celui des récepteurs quelques centaines de milliers. Le technicien n'a donc plus seulement la responsabilité du produit fourni au client, mais aussi une responsabilité accrue vis-à-vis du fournisseur lui-même. Nous devons par conséquent prendre plus nettement conscience de la voie dans laquelle nous nous sommes engagés.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, j'aimerais donner mon avis à propos d'une opinion exprimée sur l'installation de télécommande centralisée de la ville de Schaffhouse¹⁾, exécutée par la maison Landis & Gyr. Cette installation possède des machines à réglage de fréquence. Elle date cependant d'une dizaine d'années; or nous avons abandonné cette solution aujourd'hui, pour des raisons pratiques et non parce qu'elle n'aurait pas donné satisfaction. Notre maison obéissait alors au principe selon lequel la zone d'injection désirée devait être complètement bloquée par des circuits bouchons, avec injection en parallèle en un point convenable

Im Rahmen unserer Berichterstattung über den Erfahrungsaustausch über Tonfrequenz-Rundsteueranlagen (Netzkommandoanlagen) vom 4. und 5. Juni 1959 in Gmunden veröffentlichen wir nachstehend den Vortrag eines weiteren Schweizer Referenten, Herrn Dr. H. Schmid, Zug. Der Verfasser behandelt die theoretischen und praktischen Randbedingungen des Netzkommmandoproblems, sowie deren Einfluss auf die Beschickung des Übertragungskanals mit Tonfrequenzenergie und auf die Einlagerung der Empfänger in diesen Übertragungskanal. Insbesondere werden die Fragen im Zusammenhang mit der Frequenzwahl, der Empfängerselektivität, dem Sendepiegel, dem Schutz gegen die Harmonischen der Netz frequenz sowie der Überlagerungsart besprochen. Der Autor kommt zum Ergebnis, dass zur Lösung der Aufgaben möglichst einfache Empfangs- und Sendeanlagen sowie eine verhältnismässig hohe Sendeleistung verwendet werden sollen und ferner, dass für die Wahl der günstigsten Frequenz keine allgemein gültigen Regeln aufgestellt werden können. Es gilt vielmehr, die Frequenz sowie die Art der Überlagerung je nach der strukturellen Individualität des Netzes zu bestimmen.

de la zone en question. Ce mode de procéder était mathématiquement correct, mais il nécessitait un grand nombre de circuits bouchons, dont l'utilisation rationnelle impliquait le réglage de la fréquence. En fait, c'est seulement pour cette raison que l'on a introduit alors le réglage de la fréquence; les récepteurs n'en ont pas besoin. De telles installations étaient chères, voire très chères, ce qui finit par en entraver la vente. Cette évolution fut précipitée du fait de la concurrence, qui eut recours à des fréquences plus élevées pour diminuer les pertes inhérentes aux fréquences musicales; tout cela permit de construire des installations plus simples et moins encombrantes sans réglage de la fréquence. Grâce à ce procédé, nos concurrents obtinrent réellement des succès considérables sur le marché. Nous sommes donc en présence d'un exemple typique, où un procédé techniquement irréprochable et bien adapté à son but a dû être finalement abandonné pour des raisons économiques, phénomène normal et réjouissant en économie libre.

Après cette remarque préliminaire, j'en arrive au sujet.

Problème à résoudre: dans un réseau de distribution d'électricité donné il s'agit, en n'utilisant autant que possible aucun moyen de transmission spécial, d'exécuter des opérations à distance, de telle sorte que, «partout où peut brûler une lampe à incandescence», une ou plusieurs opérations de commande soient également réalisables.

Nature du problème: il s'agit à l'origine d'un problème de transmission de signaux, avec la relation classique entre émetteur, canal de transmission et récepteur.

Conditions aux limites du problème: Ce qui est essentiel à ce problème particulier, dit de télécommande centralisée, c'est la nature propre du canal

¹⁾ Voir Bull. ASE, Pages de l'UCS, t. 50(1959), n° 23, p. 1157...1160.

de transmission. Parmi les *conditions aux limites électriques*, cette nature propre est fondamentale pour le principe de la télécommande centralisée.

A cet égard un *premier axiome essentiel* est le fait que le canal de transmission est en général un *système de voies en surface*, mélange topologique très compliqué d'éléments inductifs et capacitifs (lignes aériennes, câbles) avec toute la multiplicité des appareils et consommateurs de courant utilisés dans la distribution d'énergie. Remarquons aussi que ce système de voies n'est pas un ensemble statique d'éléments linéaires, mais qu'il «vit», du matin au soir, de semaine en semaine, bon an mal an, analogie imagée du mouvement brownien, ce qui indique déjà le *caractère statistique de la technique de la commande à distance*.

Un *second axiome essentiel* de ces conditions aux limites, c'est que le canal de transmission doit être considéré, en qualité et en quantité, comme un *système de sources perturbatrices*. De par sa nature, le canal entier est farci de sources de perturbations, qu'il s'agisse des harmoniques supérieurs de quelque nature que ce soit, ou des influences dues aux redresseurs, ou bien à d'autres phénomènes connus de la technique du courant fort. On ne peut exercer aucune influence sur ces sources de perturbations; abstraction faite de quelques phénomènes isolés, considérés aussi dans le cadre de la technique du courant fort comme anormaux et inqualifiables, il faut en prendre son parti et voir comment y remédier. Ici également le *caractère statistique de la télécommande* apparaît clairement.

Ce sont là les deux axiomes électriques. Ils appartiennent surtout au fondement théorique et représentent en quelque sorte le point de vue de la raison pure.

Mais il y a lieu de relever encore deux autres axiomes, émanant de la raison pratique, et pourtant tout aussi décisifs que les premiers pour un comportement technique correct.

Le *troisième axiome* est le suivant: la télécommande centralisée se sert d'un *canal de transmission étranger au procédé lui-même*. Comme on sait, le but de ce canal est en premier lieu d'assurer la distribution d'électricité. Sa construction entière et son extension, l'usage qu'on en fait et son exploitation, tout cela est axé sur la distribution à 50 Hz. En général, on n'est pas disposé ici à faire des concessions au profit d'un procédé de commande. Le troisième axiome est par conséquent identique au postulat du *maintien de la liberté intégrale de l'exploitation à 50 Hz*. Il peut en résulter, selon les cas, par exemple en ce qui concerne le choix de la fréquence et la nature du procédé émetteur, des restrictions décisives.

Enfin, il convient de nommer un *quatrième axiome*, celui de la *rentabilité en soi*. On cherche en effet, par la télécommande centralisée, à améliorer le rendement de la distribution. L'installation de télécommande centralisée doit *coûter le moins possible*, tout en s'adaptant avec la plus grande *souplesse et sécurité* aux tâches qui lui incombent, tant du côté de l'émission que de celui de la réception.

Des quatre axiomes précités, les deux premiers représentent la base théorique et les deux autres la base pratique sur laquelle il s'agit d'édifier une technique raisonnable de la télécommande centralisée.

Nous en arrivons ainsi à la *réalisation pratique*, dont je me contenterai d'effleurer seulement les points essentiels, admettant par ailleurs que tout se rapporte au procédé courant actuel à fréquence codée.

Les origines de ce procédé remontent très loin. Sauf erreur c'est *Kemmelmeier* qui l'a appliqué le premier, et cela avant la dernière guerre. Durant et après celle-ci, différentes maisons suisses se sont vivement intéressées à ce procédé; plus tard la France a passé à son tour du procédé «Actadis» à fréquences multiples au procédé actuel «Pulsadis» à fréquence unique codée, de sorte qu'aujourd'hui c'est pratiquement ce dernier procédé qui prédomine.

Un *premier problème principal* qui se pose dans ce cadre est celui de *l'alimentation du canal de transmission en énergie de commande à fréquence musicale*.

L'alimentation des réseaux en énergie à fréquence musicale soulève immédiatement tout le problème du choix de la fréquence. Ce que l'on désire, c'est précisément que chaque point où l'on peut commander une lampe à incandescence reçoive également le courant de signalisation. Pendant des années on a discuté sur les fréquences les mieux appropriées à ce but. Je crois qu'aujourd'hui les opinions se sont sensiblement rapprochées et qu'il n'y a plus lieu de se quereller, à condition de respecter objectivement toutes les conditions aux limites.

Un *second problème* est celui de *l'incorporation de la masse des relais-récepteurs dans le canal de transmission*, ce système de sources de perturbations. Les récepteurs doivent donc être suffisamment insensibles à la majorité des perturbations possibles.

Ces deux problèmes essentiels sont caractérisés par un grand nombre de degrés de liberté et de composantes. On est obligé de chercher un compromis qui, pour être raisonnable, ne peut guère se trouver qu'à l'aide des méthodes statistiques.

A propos du problème de la fréquence, remarquons qu'on peut utiliser un grand nombre de fréquences. Seule la France a opté pour une fréquence unique: 175 Hz. Nous avons mis nous-mêmes en France plusieurs installations de ce genre en service, mais ne pouvons nous résoudre à en faire usage en dehors de ce pays, bien que cette technique n'ait plus de secrets pour nous, et que nous ne soyons pas gênés par des brevets. Nous utilisons plutôt les fréquences de 200, 300, 400, 500, 600 et 750 Hz, avec une tolérance de 3 %. Sont utilisées en outre les fréquences de 1050, 1350 et 1560 Hz. C'est avant tout une raison économique qui milite en faveur de plusieurs fréquences, car elles permettent de se passer en grande partie de tous les dispositifs de protection, tels que circuits bouchons, suceurs, etc., qui renchérissent considérablement l'installation. Actuellement, chez Landis & Gyr la répartition des fréquences est à peu près la suivante: 50 % environ à la fréquence moyenne de 500 Hz, environ 25 % en-dessus (600 et 750 Hz) et environ 25 % en-dessous (400, 300 et 200 Hz). Cette répartition résulte essentiellement de l'ordonnance des fréquences, de la configuration des réseaux et des aspects de la construction.

Quant à l'incorporation des récepteurs dans le canal de transmission, les deux points de vue suivants

sont déterminants pour renforcer la sécurité contre les perturbations:

1. la sélectivité du circuit d'entrée à fréquence musicale,
2. le niveau d'émission et la sensibilité des récepteurs.

Une question importante est celle du niveau d'émission. Plus on s'approche du niveau des perturbations, plus les exigences requises des appareils sont élevées, donc plus les installations deviennent chères. Plus on travaille au-dessus du niveau des perturbations, plus les récepteurs se simplifient, cet avantage étant compensé, il est vrai, par un besoin d'énergie plus élevé à l'émission.

Lorsque nous prenons des décisions au sujet des questions examinées ci-dessus, nous plaçons toujours au premier plan le quatrième axiome cité, c'est-à-dire que nous recherchons avant tout l'optimum économique global tout en veillant à ce que la tâche imposée soit remplie de façon satisfaisante. Les raisons de cette attitude ne sont pas uniquement dictées par la concurrence que nos produits doivent soutenir. Le problème est de nature fondamentale: il s'agit de faire en sorte que la technique de la télécommande centralisée, prouvant qu'elle résiste victorieusement à toute critique sur le plan économique comme sur le plan fonctionnel, quitte définitivement le stade des principes pour connaître une large diffusion et s'implanter solidement partout.

Au cours des dernières années tous nos raisonnements et toutes nos mesures techniques furent orientés vers un système aussi simple et économique que possible, mais présentant un degré de sécurité suffisant. On peut évidemment se disputer sur ce degré suffisant de sécurité. Avec les notions de «système de voies» et «système de sources perturbatrices», je me suis borné à indiquer brièvement combien il y a de degrés de liberté et combien de possibilités d'influence. Il n'existe guère moins de possibilités, aussi dans la construction des récepteurs, pour parer à telle ou telle cause de perturbation. Mais le problème consiste bien à trouver le centre de gravité statistique; et pour cela, il faut faire une hypothèse, risquer une «mise» technique, comme on l'a déjà fait durant les années écoulées, sur quoi seule l'expérience montrera si elle est suffisante ou non. Heureusement, jusqu'à maintenant, notre «mise» s'est révélée suffisante.

Prenons comme exemple la protection contre les harmoniques voisins. Les opinions diffèrent beaucoup à cet égard. Quelle amplitude ont les harmoniques qui prennent naissance dans les réseaux? La teneur moyenne en harmoniques est connue; mais il peut arriver que ces valeurs soient dépassées dans certains cas particuliers. Ce ne sont pas simplement les valeurs des perturbations à la source qui sont déterminantes, car celles-ci sont épargnées dans tout le système de voies. Chaque source de perturbation a donc un entourage électrique proche ou lointain, qui peut renforcer à l'occasion un harmonique quelconque par résonance.

A l'heure qu'il est, nous disposons d'expériences étendues à plusieurs années dans un grand nombre d'installations, et nous avons aussi fait connaissance de phénomènes de ce genre. Nous avons éprouvé quelques perturbations et devions naturellement

examiner à quel point elles étaient supportables dans la pratique. Heureusement que le nombre de ces perturbations était si faible au point de vue statistique, que nous ne nous sommes pas vu obligés de recourir à des mesures de protection qui auraient par trop renchéri l'application du procédé.

On a beaucoup discuté sur ce point, notamment dans le domaine des harmoniques inférieurs. Nous ne répondrons pas à la question de savoir s'il est, par exemple, indiqué et nécessaire de partir de l'hypothèse que la tension du 5^e harmonique atteint 17 %. J'ai eu moi-même, il est vrai, le rare bonheur de mesurer un 5^e harmonique atteignant jusqu'à 20 %. Mais il s'agissait d'un cas typique de résonance. Une batterie de condensateurs de 3 MVA était branchée en tête d'une ligne assez longue dans un réseau à 50 kV, de couplage anormal et plutôt rare. Du côté de la consommation se trouvaient encore en service quelques petites génératrices anciennes de 50 ou 60 kW, douées d'un spectre de perturbations inusité. A un moment donné et par un hasard quelconque, le 5^e harmonique est entré en résonance et atteignit la valeur précitée: cas extrême et fort rare.

Une solution raisonnable ne saurait tenir compte de tous les cas extrêmes. Aussi avons-nous fait abstraction de ceux-ci et sommes restés au voisinage du centre de gravité statistique: les expériences faites de la sorte sont excellentes.

Je crois que les associations professionnelles elles-mêmes, lorsqu'elles élaborent leurs prescriptions, sont obligées aussi de fixer une limite pour obtenir des normes acceptables. Au cours de l'évolution technique, les cas extrêmes rares doivent en tout cas être laissés de côté, sinon l'on arriverait à des solutions économiquement inacceptables dans des conditions normales.

Dans ce même ordre d'idées nous avons essayé de mettre au point un récepteur aussi simple que possible, qui ne requiert ni fréquence réglée, ni balayage de fréquence. Il y a des récepteurs qui nécessitent l'un ou l'autre, ou même l'un et l'autre. C'est le cas des languettes mécaniques. Ou bien il faut «balayer», ou bien maintenir rigidement la fréquence de telle sorte que la tolérance des languettes très sélectives reste encore dans la bande de fabrication. C'est scientifiquement aussi que nous avons renoncé à une sélectivité maximale, parce qu'il en résulte non seulement des exigences de fabrication exagérées, mais avant tout aussi une complication et un renchérissement du procédé d'émission. Jusqu'à présent nous avons réussi à prouver sur plusieurs centaines de milliers d'appareils que ces récepteurs simples sont à la hauteur de leur tâche, et cela aussi bien entre le 3^e et le 5^e harmonique à la fréquence de 194 Hz, qu'aux fréquences de 291 et 309 Hz, c'est-à-dire entre le 5^e et le 7^e harmonique, et évidemment aussi aux fréquences encore plus élevées.

Il en est de même pour le niveau d'émission. Rappelons encore une fois la complexité des sources de perturbations et la diversité de ce problème. Comme on sait, la technique des télécommunications n'est arrivée qu'en partie, en se servant par exemple de la technique d'appel à se frayer une voie à travers les bruits parasites, malgré les procédés à fréquences multiples et autres. Il nous semble d'autant plus

dangereux, précisément dans le secteur de la télé-commande centralisée, de se rapprocher par trop de cet ensemble fortement perturbateur. C'est pourquoi nous avons préféré — et nous maintenons ce point de vue encore aujourd'hui — émettre avec une puissance relativement élevée, c'est-à-dire rester simplement en dessus du niveau instable, difficilement prévisible et définissable des parasites; en d'autres termes, le seuil de fonctionnement des récepteurs ne doit pas être choisi trop bas, d'où la possibilité de se contenter d'une construction simple.

Sur la base des expériences recueillies avec les premiers cent à deux cent mille récepteurs, nous avons abaissé en moyenne quelque peu le seuil de fonctionnement. Alors que celui-ci était précédemment de 1,5 %, depuis deux ans nous livrons la plupart des récepteurs avec une sensibilité de 1 % environ, qui s'est révélée suffisante en général. Nous avons bien eu quelques cas isolés, dans des conditions particulièrement défavorables, où il a fallu remonter ce seuil après coup, ce qui ne demande qu'un petit ajustement du récepteur. Mais, bien que les expériences sur plus de 100 000 récepteurs soient satisfaisantes et qu'il n'ait fallu réduire la sensibilité des appareils que dans quelques cas exceptionnels, qui entrent à peine en considération dans l'ensemble, nous ne renonçons pas encore à doter la puissance d'émission d'une réserve importante. Bien que la grande masse des récepteurs accusent une sensibilité de 1 %, les installations émettrices sont encore suffisamment surdimensionnées, pour permettre de relever après coup le seuil de fonctionnement en cas de surprise. Là où joue la loi des grands nombres, il est en effet peut-être plus sage d'attendre l'expérience d'un million de récepteurs, avant d'envisager des économies sur les réserves de puissance mise en jeu pour la signalisation.

L'usage d'un niveau de signalisation relativement élevé mène automatiquement à envisager l'emploi de stations génératrices simples à fréquence musicale. Aussi la *construction des postes émetteurs* est-elle en relation étroite avec les développements qui précédent. De pair avec la mise au point d'un récepteur simple et bon marché, nous nous sommes efforcés aussi de simplifier les installations émettrices, et cela pour des raisons de sécurité d'exploitation et aussi d'économie. Il est clair que c'est l'émetteur mécanique qui est ici au premier plan, car c'est lui qui fournit de loin la puissance à fréquence musicale la meilleur marché, en tout cas lorsque le réglage de la fréquence n'est pas exigé.

L'élégant émetteur électronique à son tour mérite d'être retenu. En effet, toutes les questions de «balayage», de réglage de la fréquence et aussi l'émission en synchronisme de phase sont faciles à résoudre au moyen d'émetteurs électroniques. On s'en tire plus difficilement avec des émetteurs mécaniques. Il est vrai qu'on a encore balayé naguère avec des émetteurs mécaniques, dans le procédé à fréquences multiples, lorsque les impulsions duraient de 20 à 30 secondes. Mais dès que l'on eut raccourci la durée des impulsions à une seconde, dans le but d'émettre une série d'impulsions sous forme de code, ce ne fut plus possible. Ainsi revient toujours le vœu bien compréhensible de recourir à des tubes électroniques, du moins dans le domaine

des relais mécaniques à languettes. Or, pour un procédé basé, comme nous l'avons vu, sur le principe de l'économie maximum et le principe de la sécurité avec un niveau relativement élevé, entraînant par conséquent aussi une puissance à fréquence musicale plus forte, l'émetteur électronique n'est pas encore économique, puisque le rapport des prix est toujours de l'ordre de 5 : 1. Ainsi, par exemple, pour une puissance encore modeste de 50 kW à 200 Hz, un émetteur mécanique avec tous ses accessoires revient à Fr. 8000.—, tandis qu'un émetteur électronique coûterait Fr. 40 000.—. J'estime néanmoins que le coût des émetteurs électroniques, notamment des mutateurs, pourrait éventuellement être ramené à un niveau permettant d'affronter la comparaison avec les émetteurs mécaniques. Je pense ici à la possibilité de très hautes puissances d'impulsion avec impulsions brèves, comme dans la technique du radar. Ce serait réjouissant, mais cette évolution ne se dessine pas encore, de sorte que l'avance énorme des émetteurs mécaniques sur les émetteurs électroniques, quant aux prix, demeure pour nous jusqu'à nouvel avis un fait indubitable.

Quant à l'injection des signaux dans le canal, deux procédés se présentent: *l'injection en série et celle en parallèle*. Dans certaines bandes de fréquences, on peut utiliser l'un et l'autre. Dans les bandes extrêmes, la préférence va à l'un ou à l'autre. A fréquence très élevée, on ne peut travailler qu'en parallèle, à fréquence très basse, en revanche, seulement en série. La limite inférieure se trouve pratiquement vers 300 Hz. A 175 Hz, seule l'injection en série est encore possible, ce qui vaut également pour 200 Hz; à 300 Hz, on est juste à la limite. Il est des cas où les transformateurs du réseau alimenté présentent des tensions de court-circuit élevées, de 12 % par exemple; l'alimentation en parallèle sous 300 Hz peut alors être éventuellement encore supportable. Mais si, au lieu de 12 %, on n'a par exemple que 6 %, c'en est fini généralement de l'injection en parallèle. Nous avons mis en service avec succès un certain nombre d'installations en parallèle à 300 Hz. La fréquence de 500 Hz permet les deux modes d'injection. À 725 Hz, l'injection en parallèle prédomine nettement; l'injection en série ne se rencontre ici que dans des cas isolés. Au-dessus de 725 Hz, l'injection en parallèle est pratiquement la seule possible.

La question du mode d'injection est aussi extrêmement importante au point de vue économique. On rencontre souvent des réseaux à télécommander alimentés en 50 Hz par un réseau étranger et sur lesquels débitent en outre des génératrices. Si l'on veut appliquer dans ce cas l'injection en série, il faut s'attendre à ce que l'un ou l'autre des modes d'alimentation en 50 Hz soit occasionnellement interrompu. Il faut alors utiliser ici comme là l'injection en série, ce qui revient naturellement très cher. En pareils cas l'injection en parallèle est plus favorable d'un ordre de grandeur. Avec l'injection en série il faut en outre monter souvent des circuits de couplage à chaque transformateur. Or, le développement rapide actuel de la consommation d'électricité nécessite un remplacement fréquent de ces transformateurs par d'autres types, ce qui entraîne également la réadaptation des circuits de couplage correspondants.

Nous avons une grande expérience dans le montage de ses deux sortes d'injection. Sans tenir compte des injections dans les réseaux à basse tension, notre maison compte actuellement environ un tiers d'injections en série et deux tiers d'injections en parallèle. Cette dernière a l'avantage du raccordement facile à une barre, les circuits de couplage pouvant être placés n'importe où, par exemple à la cave, ce qui permet une grande économie de place.

En résumé, on peut dire qu'il n'existe pas de règle générale donnant la préférence au mode série ou au mode parallèle. Mais il est un grand nombre d'exemples typiques où l'usage de ce dernier s'est révélé nettement supérieur. Par ailleurs, il est des cas où un réseau semble fait exprès pour l'injection en série. Etant donné que les dépenses de construction nécessaires par la télécommande centralisée peuvent être très considérables selon les circonstances, nous estimons essentiel de garder toute liberté pour choisir d'un cas à l'autre soit l'injection en série, soit celle en parallèle. Ceci aussi est une des raisons pour laquelle nous utilisons après comme avant la bande entière des fréquences.

Mais ce n'est pas seulement pour cela que nous travaillons dans la bande entière des fréquences; nous le faisons aussi eu égard à l'*individualité structurelle des réseaux*. Dans les réseaux régionaux à longues lignes et équipés de forts condensateurs, il vaut mieux ne pas aller trop haut avec la fréquence. Les fréquences de 300, 200 et 175 Hz se justifient jusqu'à un certain point dans des cas de ce genre, bien que toutes les difficultés n'en soient pas éliminées pour autant. Je parle ici par expérience. Nous avons aujourd'hui environ 25 installations en service avec des fréquences de l'ordre de 200 Hz. Grossièrement, cela ne va pas mal, mais quelques difficultés subsistent. Par exemple nous avons construit en Suisse une installation à 194 Hz pour un réseau de 6 MVA, en admettant une tension injectée de 2,5 %. La pointe actuelle dans le réseau est de 2,5 MVA seulement. La nuit tout était parfait; mais le matin, lorsqu'entraient en service quelques exploitations artisanales de moyenne importance avec leurs moteurs asynchrones non compensés, le niveau tombait brusquement jusqu'au seuil de fonctionnement des récepteurs. Des mesures de courant montrèrent alors nettement qu'une forte partie de l'énergie à fréquence musicale était absorbée par les dits moteurs. Là-dessus, nous avons renforcé l'installation jusqu'à l'obtention d'une tension injectée de 4 %. Nous avons fait aussi quelques autres expériences analogues. Même dans l'une de nos installations à 175 Hz en France, le même phénomène s'est produit: de jour le niveau de commande tombait pour la même raison à la moitié de sa valeur normale. Je ne voudrais pas attribuer trop d'importance à ces phénomènes; toutefois, il est des cas où l'on rencontre des anomalies inquiétantes avec de très basses fréquences, comme on peut être amené par ailleurs à prendre son parti de grosses difficultés avec de très hautes fréquences, dans les réseaux où abondent les condensateurs.

Aussi est-il parfaitement impropre à mon avis de parler d'une seule fréquence optimale pour la télécommande. Selon qu'il s'agisse de conditions urbaines ou rurales, ou d'un mélange des deux, selon

que les câbles ou les lignes aériennes prédominent, le centre de gravité est totalement différent, sans parler des centres de gravité de la charge et de l'exploitation. A cet égard également nous tendons, quant au choix de la fréquence, vers l'optimum convenant à chaque cas pris individuellement.

Nous aurions ainsi esquissé quelques idées fondamentales qui nous servent de guide. On peut dire en quelques mots que le principe suivi par nous consiste en un *système aligné sur les critères de la probabilité des concentrations*. Nous classons et choisissons les solutions selon la fréquence des difficultés éventuelles ou selon la fréquence des cas les plus favorables. Nous fixons le centre de gravité statistique convenable pour toutes les composantes essentielles, en tenant compte aussi des caractéristiques d'exploitation présentes et futures des réseaux. Il est peut-être permis de parler ici d'une élasticité systématique dans l'adaptation aux concentrations, réparties d'après le calcul des probabilités.

Nous suivons les efforts de nos amis français avec le plus grand intérêt. Nous collaborons même assidument avec eux et ne nous opposons nullement aux travaux tendant vers une technique uniforme. Mais il me semble que les conditions aux limites sont sensiblement différentes. Or on ne peut pas comparer des solutions entre elles sans comparer en même temps les conditions aux limites. Une comparaison n'a d'ailleurs de sens que si l'on met aussi les dépenses en regard.

Permettez-moi pour finir encore quelques remarques caractérisant l'orientation que nous suivons à Zoug.

Il existe en fait un «courant» *Landis & Gyr* bien caractérisé, partant du *principe de la vitesse maximale*. Nous le pratiquons depuis longtemps et le forçons encore davantage aujourd'hui. Ceci pour deux raisons:

La première est la possibilité de répéter rapidement le programme. Ainsi que nous l'avons souligné à plusieurs reprises, la question de la télécommande centralisée porte les traits essentiels d'un problème statistique. Lorsqu'on pense à la règle de multiplication du calcul des probabilités, on reconnaît immédiatement que la répétition accélérée des ordres permet d'augmenter considérablement la sûreté de la commande.

La deuxième raison d'une émission rapide réside dans la brièveté des impulsions. Nos impulsions durent environ 100 millisecondes. D'autre part l'intervalle entre deux impulsions dure environ 500 millisecondes. Quant aux récepteurs, ils sont conçus en principe de telle sorte que les voies d'accès aux relais soient bloquées entre deux impulsions successives. Il s'ensuit que les seules perturbations pouvant atteindre les relais sont celles qui surviendraient juste pendant les intervalles de 100 millisecondes. De cette façon et grâce à la brève durée du programme ou, ce qui revient au même, grâce à la grande vitesse d'émission, la probabilité de perturbation est considérablement réduite.

Il existe naturellement encore d'autres moyens de se protéger contre le feu nourri des perturbations, par exemple à l'aide d'un procédé d'emmagasinage. L'inconvénient, c'est que selon les circonstances, la sélectivité de l'élément récepteur doit répondre à des

exigences spéciales, à cause de l'intégration des perturbations incidentes; l'emmagasinage lui-même demande naturellement aussi du temps.

Nous le répétons, plusieurs voies mènent au but. Quant à nous, nous avons décidé de traverser aussi rapidement que possible le champ de tir probable des perturbations, en réduisant au minimum la durée des intervalles découverts.

Voici enfin quelques raisons secondaires qui nous ont fait pencher pour le principe de la grande vitesse d'émission.

L'une d'elles est la technique d'émission dans les réseaux maillés. Heureusement, les réseaux compliqués de ce genre sont plutôt rares. D'après notre expérience, dans 10% au plus de tous les cas se pose le problème de l'injection simultanée dans les réseaux maillés, mais la plupart sont relativement simples. Dans les cas extrêmes, on essayera des solutions spéciales. La technique rapide d'émission permet dans bien des cas de résoudre des problèmes difficiles sans compliquer le procédé et la construction. Ainsi dans les réseaux maillés on peut émettre successivement deux programmes distincts, en veillant simplement à assurer une zone de recouvrement bien définie et en ayant soin que les appareils récepteurs ne démarrent qu'aux impulsions de départ, mais non aux impulsions d'ordres. Nous allons même encore plus loin

aujourd'hui, en intercalant les deux programmes l'un dans l'autre par utilisation des intervalles d'impulsion respectifs. On ne résout certes pas aussi tous les problèmes, mais quand même la plupart.

Une autre raison, très importante au point de vue économique, c'est que les programmes rapides et courts avec leurs brèves impulsions offrent des avantages indéniables pour la fabrication des éléments des postes émetteurs, notamment pour le dimensionnement des condensateurs, transformateurs et machines.

Enfin, dans nombre de cas où l'on tient à la mobilité, par exemple là où la télécommande centralisée est utilisée aussi comme alarme, ou bien lorsqu'il s'agit de manier un grand nombre d'ordres, spécialement d'ordres combinés, la vitesse de la commande offre des avantages considérables.

Les considérations qui précèdent avaient pour but de donner un aperçu des arguments qui dictent au fournisseur sa ligne de conduite. J'ai montré ensuite la voie que nous suivons actuellement, nous efforçant constamment de maintenir la simplicité optimum de l'appareil récepteur et du poste émetteur, tout en essayant de réaliser encore d'autres avantages essentiels grâce à la rapidité de la commande.

Fr. : Bq.

Adresse de l'auteur:

Hans Schmid, Dr. ès sc. techn., c/o Landis & Gyr, Zoug.

Appareils enregistreurs de charge permettant une analyse statistique des résultats

par H. Strauch, Berlin

621.317.782.087.6 : 519.24

L'auteur décrit des appareils enregistreurs de la charge des réseaux qui permettent d'analyser automatiquement ou semi-automatiquement les résultats. On peut aussi utiliser ces appareils à d'autres fins qu'à l'enregistrement de grandeurs électriques.

Der Verfasser beschreibt Belastungsregistriergeräte, die in den letzten Jahren entwickelt wurden und eine automatische bzw. halbautomatische statistische Auswertung ermöglichen. Diese Geräte lassen sich auch mit Erfolg bei der Registrierung nicht elektrischer Größen verwenden.

Rationalisation dans le domaine des essais et des observations

Comme on le sait, l'accroissement de la durée d'utilisation de l'équipement des centrales et des installations de distribution joue un rôle prépondérant dans l'amélioration de la rentabilité des entreprises électriques [1]¹⁾. C'est pourquoi, en relation avec les efforts déployés en vue d'une rationalisation croissante, on attribue une importance de plus en plus grande à l'allure de la charge des transformateurs, câbles, lignes aériennes, etc. [2...12]. Afin de rassembler une documentation pouvant servir de base au calcul du prix de revient, à la propagande et à la requête de crédits, pour étudier les tendances de l'évolution et reconnaître comment la caractéristique de la charge est susceptible d'être influencée dans un sens économique optimum (élimination des pointes, équilibrage de la charge nocturne, opérations dirigées par télécommande, etc.), il est indispensable de déterminer l'allure de la charge chez les différents groupes de consommateurs par des procédés *analytiques* et/ou *synthétiques*, et cela séparément pour les groupes d'abonnés haute tension et basse tension, ceux-ci étant subdivisés à leur tour

en abonnés commerciaux [13...16] et en abonnés domestiques [17...25]. En faisant ces distinctions, il importe de préciser le mode d'utilisation des appareils consommateurs de courant dans l'industrie [26, 27] et dans les ménages. C'est ainsi qu'ont paru des travaux intéressants sur l'influence qu'exercent les cuisinières électriques [28...30] et les chauffe-eau [31...33] sur la caractéristique de charge. En Suisse, on a examiné à l'aide de la loi de distribution de Poisson comment les machines à laver dans les ménages et dans les grandes buanderies se manifestent sur la caractéristique de charge [34]. Depuis peu on s'occupe assidûment en Allemagne, comme dans d'autres pays, des problèmes du chauffage électrique des locaux [35...38]. Il est intéressant d'ailleurs de constater qu'aux Etats-Unis, par suite de la très large diffusion des installations de climatisation, la pointe de charge du réseau peut intervenir au cœur de l'été, à l'époque de la vague de chaleur [39].

La grandeur des entreprises modernes d'électricité oblige de plus en plus celles-ci à appliquer les principes du travail rationnel aussi à la recherche de la part que prennent à la charge globale les divers groupes de consommateurs, voire même les différents types d'appareils. Dans ce but on a suivi plusieurs voies. Pour des raisons techniques et écono-

¹⁾ voir la bibliographie à la fin de l'article dans le prochain numéro.

miques, on ne saurait enregistrer la charge chez tous les abonnés individuellement. Il faut procéder par sondages, ce qui réduit d'une part l'envergure des mesures, mais exige d'autre part l'emploi de méthodes statistiques mathématiques [40...42]. En prenant des précautions techniques préalables, il est possible de réduire l'équipement de mesures et les travaux de dépouillement déjà avant le raccordement des appareils. On peut brancher les divers types d'appareils sur des phases déterminées d'un réseau de distribution à quatre fils, par exemple tous les appareils de cuisson électrique sur la phase *R*, tous les chauffe-eau sur la phase *S* et tout le reste (éclairage, aspirateurs de poussière, petits appareils) sur la phase *T*. Une autre méthode se sert de la commande à distance. On peut par exemple déclencher pour peu de temps tous les chauffe-eau à accumulation de cette manière. La différence des charges du transformateur du réseau ou de la sous-station avant et durant cette opération permet alors d'en déduire la charge occasionnée par les chauffe-eau. En outre, les méthodes de calcul statistique permettent dans certains cas une analyse mathématique de la charge partielle due aux différentes catégories d'appareils [43]. C'est ainsi par exemple qu'on a subdivisé des quartiers urbains en plusieurs groupes comprenant quelques centaines de ménages. Chaque groupe se distingue des autres par la modification d'un trait caractéristique, le plus souvent le degré de saturation en appareils; il est alimenté séparément, de sorte qu'on a pu déterminer la caractéristique de charge individuelle de chaque groupe. A l'aide de la corrélation multiple, on peut alors obtenir la part que les différentes sortes d'appareils prennent à la charge en un moment quelconque.

En dépit de tous ces artifices, qui tendent à réduire le nombre de mesures lorsqu'il s'agit de résoudre un problème collectif, on a besoin d'un nombre croissant d'instruments enregistreurs. Car les méthodes scientifiques pour surveiller l'exploitation, dans le but de réaliser une rentabilité optimum, s'étendent à des domaines partiels toujours plus vastes. De plus, l'analyse statistique mathématique requiert le plus souvent un nombre assez élevé d'instruments, si l'on veut pouvoir faire des prévisions sûres malgré la grande dispersion des données. Cette analyse statistique est indispensable par ailleurs, étant seule capable de représenter sous forme concentrée la complexité extraordinaire de la réalité et d'en saisir l'essentiel.

Pour toutes ces raisons, on s'efforce d'automatiser, d'accélérer et de rendre meilleur marché l'analyse statistique des résultats de mesures.

Ici encore, plusieurs chemins mènent au but. On peut par exemple procéder, comme il fut d'usage jusqu'ici, en marquant à l'encre les valeurs instantanées de la puissance sur une bande enregistreuse [44], puis en analysant un grand nombre de ces bandes dans un appareil dit M 126 [45] de la maison *W. Masing* [46]. Dans cet appareil de lecture automatique la bande enregistreuse est placée sous une règle (fig. 1) et avance au pas. La règle contient 10 classes d'égale largeur. On touche la courbe avec un poinçon de contact (fig. 2), ce qui fait passer le rouage correspondant à l'unité suivante. Dans le cas particulier, c'est par exemple le numéro 6 qui

réagit. Un tel dispositif offre indubitablement déjà un certain allègement de l'analyse, mais il nécessite encore beaucoup d'opérations monotones, ce qui

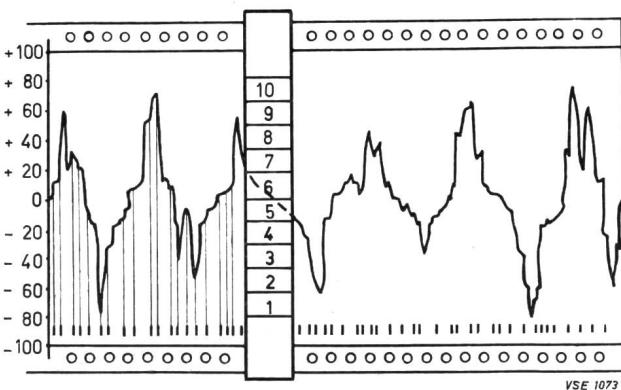


Fig. 1
Bande enregistreuse avec règle de lecture de *W. Masing*

rend précisément fort tentante leur automatisation.

En principe, deux systèmes permettent d'y arriver. Ou bien on peut associer immédiatement l'analyse statistique à l'appareil enregistreur, de telle sorte que le résultat apparaît à n'importe quel point de mesure. Ou bien l'enregistrement et l'analyse n'ont pas lieu au même endroit, auquel cas on utilise



Fig. 2
Vue de l'appareil à lecture automatique M 126

généralement un seul appareil analyseur central, dans lequel les multiples bandes enregistrées de provenance diverse peuvent être introduites l'une après l'autre ou simultanément. Dans ce dernier cas se présentent de nouveau deux variantes essentiellement différentes, selon qu'on utilise les dispositifs universels déjà au point, tels que les machines à cartes perforées, ou bien des constructions spéciales conçues exprès pour les besoins de l'économie électrique. Une nouvelle distinction intervient ici, du fait que l'on a développé, d'une part, des appareils (système *I*) qui n'enregistrent que la distribution de la fréquence, sans tenir compte du facteur variable «temps», et d'autre part (système *II*) des appareils où le moment de la charge joue un rôle décisif, à côté du montant lui-même de cette charge. Lorsqu'il s'agit d'obtenir des renseignements sur la corrélation entre différentes grandeurs d'état pour l'exploitation pratique des entreprises d'électricité, par exemple

sur le rapport qu'il y a entre l'énergie électrique débitée par les génératrices et la consommation de charbon ou de vapeur, etc., il est nécessaire de savoir la valeur de ces grandeurs variables au même moment, ou de les intégrer sur la même période enregistrée [47].

Dans bien des cas les types d'appareils *I* et *II* pourront se compléter pour résoudre un problème déterminé d'enregistrement. Ainsi, on peut monter d'abord en un point de mesure précis un appareil enregistreur indiquant immédiatement les résultats statistiquement analysés, sans tenir compte du moment où ils interviennent, afin d'obtenir pour commencer un aperçu des conditions qui se présentent au point considéré (observation d'état). Et là où l'on estime que ces résultats préliminaires justifient une intervention, c'est-à-dire une amélioration de la caractéristique de charge, on peut alors installer des appareils enregistreurs qui relèvent la dépendance entre la charge et le temps. Une autre possibilité consiste à utiliser les appareils du système *I* (distribution de la fréquence sans tenir compte du temps) en combinaison avec des horloges, pour relever la charge à époques déterminées, par exemple vers le moment où intervient la pointe annuelle.

Les considérations qui suivent portent sur la description de quelques *appareils enregistreurs de la charge avec analyse statistique*, tels qu'ils furent développés ces dernières années en Europe et aux Etats-Unis. Les résultats de recherches statistiques de ce genre sont utilisés, par exemple, pour le calcul du prix de revient, pour l'adaptation des tarifs aux frais réels, pour l'examen des crédits à octroyer et la propagande pour certaines catégories d'appareils consommateurs d'électricité, tels que cuisinières, chauffe-eau, applications thermiques industrielles, fourneaux à accumulation nocturne, armoires réfrigérantes, installations de climatisation, etc.

Ces appareils peuvent d'ailleurs être utilisés non seulement pour enregistrer et analyser la charge, mais aussi dans beaucoup d'autres processus non électriques jouant un rôle tant dans l'économie électrique qu'en dehors de celle-ci. L'un ou l'autre de ces appareils peut rendre de précieux services, par exemple dans la surveillance de la production et de la distribution d'électricité, pour enregistrer statistiquement l'échauffement des génératrices, transformateurs, câbles et lignes aériennes, comme indicateurs de niveaux, pour déterminer statistiquement et analyser les quantités de chaleur, la vitesse du vent, les pressions, la densité d'occupation des canaux téléphoniques, radiotélégraphiques et télescripteurs, ou bien encore pour examiner la densité du trafic sur les voies de communication, etc.

Appareils pour déterminer la distribution de la fréquence de la charge sans tenir compte du moment où elle intervient

Minuterie quadruple

En Angleterre on a fait une enquête dans un grand nombre de ménages pour déterminer la charge des compteurs monophasés [48]. Sur l'axe du compteur (fig. 3, à gauche) sont montées quatre roues coniques qui servent à entraîner la première roue solaire d'un système planétaire [49]. Au moyen du

deuxième axe, qui tourne à vitesse constante (fig. 3, au milieu), les secondes roues solaires de l'engrenage planétaire sont mises en mouvement par l'intermédiaire d'engrenages coniques à rapports de trans-

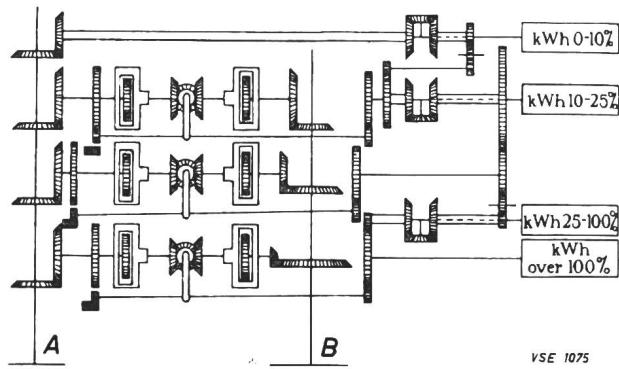


Fig. 3
Minuterie quadruple pour l'enregistrement de la puissance et de l'énergie
A axe du compteur
B axe à vitesse constante

mission différents. Suivant la charge — et par conséquent suivant le nombre de tours du disque du compteur — le mouvement est transmis à l'un ou l'autre des quatre totalisateurs suivants:

1. 0... 10 %
2. 10... 25 %
3. 25...100 %
4. > 100 %

La caractéristique d'ordonnance est ici la charge. L'appareil est une réalisation spéciale d'un «Aera Board» britannique et fut utilisé dans la région de Northmet de l'*Eastern Electricity Board* avec ses 400 000 ménages, au cours d'un sondage de 110 exemplaires ayant relevé durant une année la charge dans les différents ménages. Les résultats pratiques intéressent par exemple la détermination de la durée de service la plus économique des compteurs d'électricité, avant réparation ou remplacement. Cette exploration a montré en outre que dans 20 % environ des cas les compteurs étaient montés pour des intensités nominales imprropres. Enfin on a découvert une lacune dans la série des types prévus par les normes qui venaient d'être adoptées pour les compteurs d'électricité.

Compteur analyseur de Siemens

Cet appareil de *Siemens* [50] enregistre les valeurs moyennes des puissances ou des courants à intervalles de 6 minutes, en les répartissant en 20 classes d'étendue variée. Il est associé à un dispositif émetteur d'impulsions.

Au bout d'un nombre déterminé de tours du disque, correspondant à un travail électrique donné, le tube de contact de l'émetteur est renversé dans une autre position à l'aide d'un moteur de renforcement (fig. 4), ce qui déclenche une impulsion. Le levier de contact à la partie supérieure du totalisateur (fig. 5) effectue alors une rotation d'un pas. Au bout de 6 minutes ce levier est appuyé contre le contact placé au-dessous de lui, ce qui fait avancer le totalisateur correspondant d'une unité. Le levier de contact et

ses accessoires sont actionnés par un moteur synchrone et un engrenage travaillant à la manière d'un compteur à maximum.

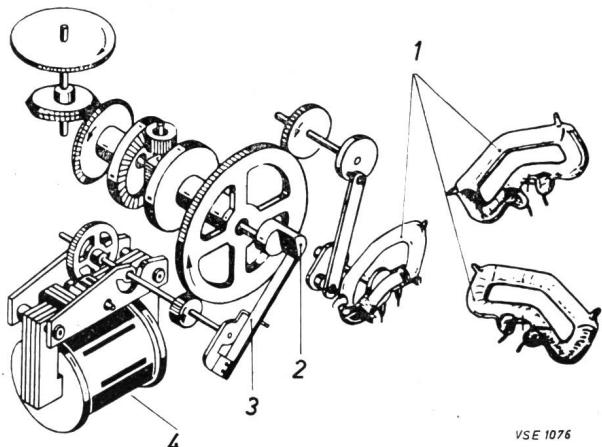


Fig. 4

Emetteur d'impulsions avec moteur de renforcement, engrenage différentiel et tube de contact

- 1 tube de contact
- 2 came de blocage
- 3 bras
- 4 moteur

La largeur de la zone explorée peut varier dans certaines limites. La plus petite mesure 5 % de la valeur nominale. Les compteurs analyseurs ordinaires de Siemens ont 20 classes aux échelons

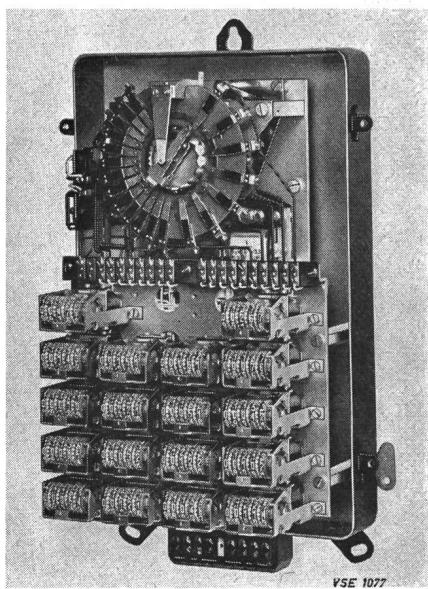


Fig. 5

Vue intérieure du compteur à distance de zones limitées de Siemens

suivants: 2,5 — 10 — 20 — 30 — 40 — 50 — 60 — 70 — 75 — 80 — 85 — 90 — 95 — 100 — 105 — 110 — 115 — 120 — 125 — 130 % de la grandeur nominale. Le tube de contact déclenche sous une charge «nominale» de 5 A 200 impulsions durant la période d'enregistrement. Les totaliseurs ont une capacité de 10 000 heures et sont utilisables par conséquent pour des périodes de lecture de plus d'une année.

On remarquera pour l'analyse statistique que la largeur de classe dans la partie inférieure du domaine exploré, jusqu'à 60 %, est plus grande que

dans la partie supérieure de 70 à 130 %. Par conséquent la représentation immédiate des résultats dans le diagramme de fréquence peut conduire à des mécomptes. Aussi est-il recommandable de reporter les résultats dans un diagramme de sommes, ou sur un réseau de probabilité [51], puis d'en déduire, le cas échéant, la distribution de la fréquence par subdivision en classes ou zones de largeur constante.

Remarques sur la largeur de classe w et le nombre n_c de classes

Jusqu'à présent les opinions étaient partagées sur la question de savoir comment répartir les valeurs caractéristiques en classes. Les formules empiriques et les recommandations que l'on trouve dans la littérature technique divergent considérablement. Kohlweiler [52] écrit par exemple: «On peut dire en général qu'il faut un certain «instinct statistique» pour tomber dans chaque cas sur la grandeur correcte et la répartition la mieux appropriée des classes, et l'on ne peut acquérir cet instinct qu'au prix de l'exercice et des expériences recueillies.» Mais comme la méthode statistique a précisément pour but de remplacer l'appréciation instinctive par une décision rationnelle, la notion d'«instinct statistique» est une contradiction en soi.

La valeur des «formules empiriques» est limitée en principe, car elles prouvent qu'on a établi des règles pratiques sans connaître leurs bases théoriques. Il s'ensuit un certain flottement dans leur emploi.

Comme Strauch l'a démontré en 1946 [53], il existe une loi réglant la dépendance entre le nombre des classes et la population examinée [54]. Par approximation de la distribution de Gauss, on recourt

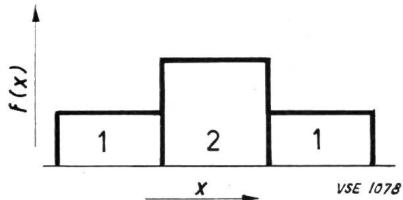


Fig. 6

Distribution symétrique de Bernoulli avec $n = 2$

Nombre de classes $n_c = 3$

Nombre minimal d'éléments $N = 2^2 = 4$

x valeur de la variable

$f(x)$ fréquence

avantageusement à la distribution symétrique de Bernoulli (distribution binomiale) et l'on examine combien il faut d'éléments N pour qu'avec n influences indépendantes chaque classe soit juste entièrement occupée, et l'on compte le nombre n_c de classes. La fig. 6 illustre la distribution symétrique de Bernoulli pour $n = 2$. Le nombre de classes est alors $n_c = 3$, le nombre d'éléments dans l'ensemble, pour une occupation complète des classes avec le plus petit nombre possible d'éléments, $N = 2^2 = 4$. La fig. 7 montre un autre cas. Ici le nombre des influences est de $n = 6$. La distribution de la fréquence se déduit du développement membre à membre du binôme:

$$(1 + 1)^6$$

On obtient ainsi la distribution de fréquence dessinée, qui se répartit sur $n_c = 7$ classes. Le nombre d'éléments nécessaires est alors de $N = 2^6 = 64$.

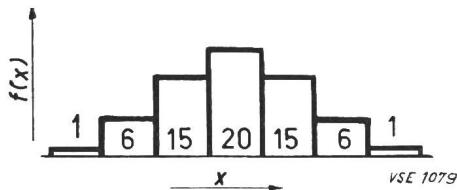


Fig. 7

Distribution symétrique de Bernoulli avec $n = 6$
Nombre de classes $n_c = 7$
Etendue minimale de la population $N = 2^6 = 64$

x	valeur de la variable	
$f(x)$	fréquence	

Il n'y a donc aucun sens, dans ce cas, à choisir un nombre de classes n_c supérieur à 7, parce qu'il n'est pas possible sans cela que chaque classe soit entièrement occupée. Si l'on prenait $n_c > 7$ il en résulterait des distributions turbulentes, qui simulent facilement des «populations mélangées», en réalité inexistantes.

Ces considérations conduisent à la formule suivante pour le nombre d'intervalles $n_{c \max}$ dans lequel une population N peut être tout au plus répartie:

$$n_{c \max} \leq \frac{\log N}{\log 2} + 1 \quad (1)$$

Si l'on ordonne N suivant les puissances croissantes de 2, on obtient:

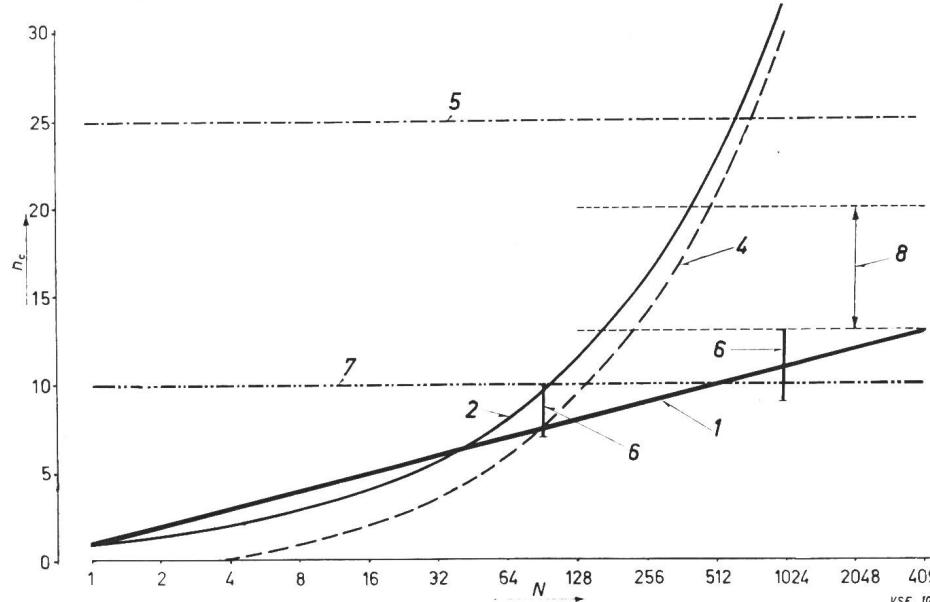
Tableau I

Nombre de valeurs observées N	Nombre de classes maximum n_c max
32	6
64	7
128	8
256	9
512	10
1024	11

En reportant N à l'échelle logarithmique, on obtient pour la fonction $n_c = f(N)$ une droite ascendante marquée en trait fort sur la fig. 8.

Dans la description de l'appareil *Statistifix* [55] on rencontre par exemple la formule empirique :

$$n_c = \sqrt{N} \quad (2)$$



Dans le diagramme de la fig. 8 cette courbe ressemble à une parabole. Quand il s'agit de petites populations jusqu'à 60 unités environ, les différences sont insignifiantes, mais dans le domaine des grandes populations le nombre de classes déduit de la formule ci-dessus devient beaucoup trop élevé et par conséquent la distribution trop troublée.

Une autre formule empirique indiquée au même endroit dit que si la dispersion (écart-type) s est approximativement connue, on peut déterminer la largeur de classe w comme suit:

$$w = \frac{6s}{\sqrt{N} - 2} \quad (3)$$

Si l'on suppose que l'étendue (largeur de dispersion) d'une distribution de Gauss est pratiquement égale à $6 s$ (resp. 6σ) et en remarquant que cette étendue est égale au produit $w \cdot n_c$, on peut transformer l'équation (3) de la façon suivante:

$$n_c = \frac{6s}{w} = \sqrt{N} - 2 \quad (4)$$

Cette courbe a la même allure que celle de la formule (2), mais se trouve dans tous les domaines de deux unités au-dessous de n_c . Elle a donc les mêmes inconvénients que la première; toutefois les écarts ne se manifestent qu'aux valeurs élevées de la population N .

R. A. Fisher part d'un autre point de vue. Il écrit [56]: «On peut se poser la question: le groupement se fait-il au détriment de l'exactitude? En groupant des grandeurs on remplace effectivement des données réelles par des éléments fictifs, qui sont affectés arbitrairement aux valeurs centrales des groupes formés. Il est clair qu'un groupement très grossier peut égarer. On a montré que la perte d'informations résultant du groupement, pour autant qu'on ait affaire à des estimations de paramètres relatifs à une population normale, est inférieure à 1 %, en admettant que l'intervalle de groupement ne dépasse pas $1/4 \sigma$. L'auteur part donc de questions d'exactitude pour déterminer s et σ et il demande:

$$w \leq 0,25 \sigma \quad (5)$$

Fig. 8

Relation entre le nombre de classes n_c et l'étendue de la population N

- N nombre d'éléments de la population
- n_c nombre de classes
- 1 selon la formule (1)
- 2 selon la formule (2)
- 4 selon la formule (4)
- 5 selon la formule (5)
- 6 selon le projet de feuille de norme DNA
- 7 selon ISO/TC 69 (petites populations)
- 8 selon ISO/TC 69 (grandes populations)

Si l'on admet ici de nouveau que l'étendue totale de la population de Gauss correspond à 6σ , la recommandation ci-dessus conduit à une valeur constante de $n_c = 25$ classes, indépendamment de l'étendue de la population. Elle est représentée par une parallèle à l'axe des abscisses et coupe la ligne selon l'équation (1) en un point $N > 10^6$. D'après le projet ISO / TC 69/Secrétariat 6 du 6 juin 1951, pour de petites populations la largeur de la classe doit être au plus égale à 0,6 s. Ceci correspond environ à 10 classes (7).

Pour de vastes populations, ISO donne plusieurs recommandations et parle d'au moins 10 classes, mieux encore de 13 à 20 classes (8). Ces droites sont également reportées dans la fig. 8. En général les recommandations de l'ISO conduisent à des nombres de classes sensiblement supérieurs à ceux déduits de l'équation (1).

Tableau II

(1) Population N	Nombre n_c de classe selon projet de norme	(3)	
		Strauch (exact)	
100	6...10	7,6	
1 000	9...13	11,0	
10 000	12...16	13,3	
100 000	15...20	16,6	

Dans le projet de feuille de norme «Valeur moyenne et dispersion» du DNA (décembre 1958) sont indiquées les chiffres figurant à la colonne (2) du tableau II. Les chiffres de la colonne (3) sont plus justes et correspondent aux calculs d'après la formule de Strauch. Les recommandations du projet de feuille de norme sont représentées dans la fig. 8 par des droites perpendiculaires (6), qui sont traversées à peu près en leur milieu par la droite selon la formule (1).

Fr. : Bq.

(à suivre)

Construction d'usines

Mise en service des lignes du Grandinagia et du Grimsel

Deux ans à peine après le début des travaux, les deux lignes aériennes à très haute tension *San Carlo-Grandinagia-Ulrichen* et *Ulrichen-Grimsel-Innertkirchen* sont entrées en service le 14 novembre 1959.

La nouvelle ligne de haute montagne à 220 kV de San Carlo à Ulrichen, dite du *Grandinagia*, est actuellement la ligne la plus élevée des Alpes suisses. Elle conduit de San Carlo, tout au fond du Val Bavona, à Ulrichen en passant par la Bocchetta Formazzora (2730 m d'altitude), voisine du col de Grandinagia, et par le col du Nufenen (2500 m). Comme la ligne du Grimsel, elle est la propriété collective des Forces Motrices Bernoises et des services électriques des villes de Bâle, Berne et Zurich. Le coût de construction total de cette ligne transalpine de 22 km s'élève à 7,5 millions de francs environ.

A partir d'Ulrichen, le transport d'énergie se fait par la ligne du *Grimsel*, à 220 kV également, qui relie Ulrichen (avec raccordement à la ligne de la vallée du Rhône à 220 kV allant de Mörel à Ulrichen) à Innertkirchen par le col du Grimsel (2200 m). Cette ligne d'une longueur totale de 25,7 km, a coûté quelque 8,5 millions de francs.

En même temps que la mise en service de ces deux lignes transalpines s'est achevée à la *sous-station de Bickigen* près de Berthoud la première étape des travaux d'agrandissement pour une installation à 220 kV. La création d'un second nœud d'alimentation à 220/150 kV par l'extension de cette sous-station était devenue indispensable, du fait qu'il n'a pas été jugé convenable de renforcer encore la capacité des transformateurs de la sous-station de Mühleberg. La station de Bickigen

est équipée pour le moment de quatre champs de couplage à 220 kV et d'un groupe transformateur 220/150 kV d'une puissance de 125 000 kVA.

Communications de nature économique

Prix moyens (sans garantie)

le 20 du mois

Métaux

		Novembre	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) ¹⁾	fr.s./100 kg	300.—	305.—	292.—
Etain (Banka, Billiton) ²⁾	fr.s./100 kg	988.—	988.—	940.—
Plomb ¹⁾	fr.s./100 kg	91.50	92.—	95.—
Zinc ¹⁾	fr.s./100 kg	117.50	119.50	97.—
Fer (barres, profilés) ³⁾	fr.s./100 kg	56.50	54.50	53.50
Tôles de 5 mm ³⁾	fr.s./100 kg	56.—	54.—	55.—

¹⁾ Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t

²⁾ Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t

³⁾ Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t

Combustibles et carburants liquides

		Novembre	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure / Benzine éthylée ¹⁾	fr.s./100 kg	37.—	37.—	39.50
Carburant Diesel pour véhicules à moteur ²⁾	fr.s./100 kg	35.15	35.15	36.15
Huile combustible spéciale ²⁾	fr.s./100 kg	16.15	16.15	16.—
Huile combustible légère ²⁾	fr.s./100 kg	15.45	15.45	15.20
Huile combustible industrielle moyenne (III) ²⁾	fr.s./100 kg	12.10	12.10	12.20
Huile combustible industrielle lourde (V) ²⁾	fr.s./100 kg	10.90	10.90	11.—

¹⁾ Prix-citerne pour consommateurs, franco frontière suisse Bâle, dédouané, ICHA y compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.

²⁾ Prix-citerne pour consommateurs (industrie), franco frontière suisse Buchs, St-Margrethen, Bâle, Genève, dédouané, ICHA non compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t. Pour livraisons à Chiasso, Pino et Iselle: réduction de fr.s.1.—/100 kg.

Charbons

		Novembre	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II ¹⁾	fr.s./t	105.—	105.—	136.—
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II ¹⁾	fr.s./t	81.—	81.—	99.50
Noix III ¹⁾	fr.s./t	78.—	78.—	99.—
Noix IV ¹⁾	fr.s./t	76.—	76.—	97.—
Fines flambantes de la Sarre ¹⁾	fr.s./t	72.—	72.—	82.50
Coke français, Loire ¹⁾	fr.s./t	124.50	124.50	139.—
Coke français, nord ¹⁾	fr.s./t	119.—	119.—	136.—
Charbons flambants polonais				
Noix I/II ²⁾	fr.s./t	88.50	88.50	96.—
Noix III ²⁾	fr.s./t	82.—	82.—	93.—
Noix IV ²⁾	fr.s./t	82.—	82.—	93.—

¹⁾ Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.

²⁾ Tous les prix s'entendent franco St-Margrethen, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie.

Extraits des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page

¹⁾ y compris le fonds pour la réalisation de divers projets.

²⁾ intérêts du capital de dotation (5 %).

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1;
adresse postale: Case postale Zurich 23: téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux VIII 4355;
adresse télégraphique: Electrunion Zurich. Rédacteur: *Ch. Morel*, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.