

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 49 (1958)
Heft: 4

Artikel: Aperçu des travaux de la commission d'étude pour le réglage des grands réseaux
Autor: Juillard, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059705>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.04.2025

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV) UND
DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

Aperçu des travaux de la Commission d'étude pour le réglage des grands réseaux

Conférence donnée à l'Assemblée de discussion, organisée par l'Association Suisse pour l'Automatique en commun avec
l'ASE, le 6 septembre 1957 à Zurich,

par E. Juillard, Lausanne

621.316.72 : 621.311.161

L'auteur expose dans ses grandes lignes le programme de travail de la Commission d'étude pour le réglage des grands réseaux, et donne un aperçu des résultats acquis jusqu'à ce jour. Il relève les difficultés rencontrées dans l'exécution d'essais sur réseaux en exploitation, et les délais considérables qu'il faut pour les mener à bonne fin.

Der Autor gibt einen Überblick über das Arbeitsprogramm der Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände und über die von ihr bis heute erledigten Arbeiten. Er schildert die Schwierigkeiten, die sich der Durchführung von Versuchen in im Betrieb befindlichen Netzen entgegenstellen, und legt dar, dass abschliessende Ergebnisse sich deshalb meistens erst nach längerer Zeit erzielen lassen.

En 1947, à l'instigation de quelques industriels, constructeurs et exploitants, le Comité de l'Association Suisse des Electriciens décida la constitution d'une Commission spéciale, indépendante du Comité Electrotechnique Suisse, qui fut nommée «*Commission d'étude pour le réglage des grands réseaux*». Cette commission devait être formée d'une douzaine de membres au plus, comportant des représentants de l'industrie des machines et groupes électrogènes, ainsi que de l'exploitation des réseaux électriques. Elle reçut pour tâche de rechercher et d'étudier les meilleures conditions de marche en parallèle de réseaux importants et d'échanges d'énergie, tout en assurant le maintien d'une alimentation satisfaisante des abonnés. Elle devait rechercher les dispositions à prendre en cas d'accidents, tant pour en limiter l'importance que pour assurer une aide éventuelle au réseau en difficulté. Le fait que cette commission était de caractère paritaire, groupant autour d'une même table des exploitants et des constructeurs mécaniciens et électriciens, devait permettre de confronter les exigences des uns et des autres, sur le plan technique exclusivement, sans souci de considérations commerciales entre clients et fournisseurs.

La commission commença par adresser aux exploitants de notre pays un volumineux questionnaire, destiné à la renseigner sur les expériences faites jusqu'ici, et les désirs ou les suggestions qui pouvaient émaner de l'exploitation. Cette enquête dura près de 2 ans, et son résultat fut malheureusement un peu décevant. Si la commission y trouva bon nombre d'indications intéressantes, il lui fut impossible de se faire une opinion exacte sur bien des points. Citons, par ex. les exigences relatives à la tenue de la fréquence: certains réseaux exigeaient son maintien dans les limites de 49,9 à 50,1 Hz, alors

que d'autres estimaient suffisant 48 à 52 Hz. Au reste, un commentaire détaillé de cette enquête a été exposé par son auteur, M. le Dr. H. Oertli, ingénieur aux Forces Motrices Bernoises, lors de la journée de discussion organisée par l'ASE à Lausanne, le 3 août 1952, et publié dans le Bulletin de l'ASE¹⁾.

Les résultats de cette enquête ont cependant immédiatement incité la commission à établir un vocabulaire des questions de réglage, nécessaire pour préciser les notions de cette science. A cet effet, elle constitua une sous-commission formée de plusieurs de ses membres, auxquels elle adjoignit quelques spécialistes éminents dans le domaine du réglage. Ce vocabulaire, édité en allemand et en français, a été publié en 1956 sous le titre: «*Recommandations pour une terminologie en matière de réglage*» (Publ. 0208.1956 de l'ASE). Sa traduction en anglais est en cours. M. le Dr. F. Galavics, ingénieur en chef de Landis & Gyr, à Zoug, vous donnera tout à l'heure une idée plus précise de l'importance de ce travail.

D'autre part, les nombreux échanges de vue entre constructeurs et exploitants, suggérés par les résultats de l'enquête en question, ont amené la commission à rédiger des «*Recommandations au sujet du réglage de vitesse des groupes turbine hydraulique — alternateur*». Les premières publications de ces «*Recommandations*» ont paru dans le Bulletin de l'ASE en 1954 et 1955²⁾. Ces «*Recommandations*», éditées par l'ASE en 1956 (Publ. 0205.1956 de l'ASE), ont pour objet de faciliter la collaboration technique entre constructeurs et exploitants en fai-

¹⁾ Voir Bull. ASE t. 43(1952), n° 13, p. 561...566.

²⁾ Voir Bull. ASE t. 45(1954), n° 10, p. 374...380, et t. 46(1955), n° 26, p. 1286...1292.

sant ressortir les points qui sont à étudier en commun dans l'établissement des installations de réglage, et d'éviter de formuler des exigences techniques ou économiquement inutiles ou irréalisables, telles que p. ex. de soumettre un groupe hydroélectrique à un essai de charge sur résistance hydraulique, avec réglage à tension et vitesse constantes, pour en éprouver la stabilité. Ces «Recommandations» fournissent également des critères permettant de déceler des causes de fonctionnement défectueux du réglage.

Notons en passant que ces «Recommandations» ont été communiquées à la session de la CIGRE de 1956 où elles ont été fort appréciées.

Mais à côté de cette activité de caractère plutôt doctrinal, la commission décida de procéder à des mesures directes sur quelques réseaux, dans le but d'obtenir certains renseignements plus précis que ceux qu'on pouvait déduire de l'enquête initiale. L'étude du comportement d'un réglage nécessite la connaissance des caractéristiques de tous les éléments du circuit de réglage. Or, dans le cas du réglage d'un réseau, on connaît à fond les caractéristiques des groupes électrogènes, et les moyens de fournir l'énergie sous une forme bien déterminée (fréquence et tension). Par contre, l'ensemble des consommateurs constitue un élément inconnu, capricieux, sur lequel le producteur d'énergie n'a aucun moyen d'action. Qu'on pense par exemple à des aciéries, fours électriques et laminoirs, ou à des machines à papier, à tisser, des appareils de chauffage et d'éclairage qui tous «sucent» littéralement, et chacun pour soi, l'énergie du producteur. Il fallait donc en tout premier lieu chercher à caractériser ce réseau des consommateurs et déterminer quelles lois pouvaient régir la charge imposée aux centres de production.

1^{re} question: Comment varie la puissance consommée par le réseau en fonction de petites variations de la tension et de la fréquence, disons d'au plus $\pm 5\%$. On sait, en particulier, que la stabilité d'un groupe hydroélectrique est plus difficile à obtenir, à tension constante, si la charge est purement ohmique, en ce sens que la charge ohmique impose des moments d'inertie plus élevés. Connaître l'influence de la fréquence sur la charge présente donc un intérêt surtout d'ordre économique. Dans ce but, une série de mesures furent exécutées sur le réseau entier de la ville de Lausanne. Ces mesures montrèrent que 1% de variation de la tension provoquait $1,65\%$ de variation de la puissance, et que 1% de variation de la fréquence entraînait $0,35\%$ de variation de la puissance. En d'autres termes, sur le réseau de Lausanne, la puissance consommée est proportionnelle à la puissance $1,65$ de la tension et sensiblement à la racine cubique de la fréquence. Ces chiffres peuvent se déduire, avec assez d'approximation, des puissances installées dans le réseau et de la nature de ces puissances (charges résistantes et moteurs). Il faut donc s'attendre à des divergences, d'abord selon l'époque, ensuite selon que le réseau est urbain, ou très industriel. Aussi est-il nécessaire d'effectuer encore des mesures semblables sur d'autres réseaux pour confirmer ces

résultats. A cet effet, des démarches sont en cours.

Peut-être des dispositifs analogiques pourraient-ils être précieux pour la réalisation de telles recherches. Mais il ne faut pas perdre de vue que, tout comme les mathématiques, un dispositif analogique ne donne que le reflet de ce qu'on y a mis. Et l'on pourrait s'attendre, en procédant de cette manière, à rencontrer un certain scepticisme de la part des exploitants, qui auront toujours tendance à ne pas accepter sans autre des conclusions qui n'auraient pas été tirées directement de la réalité.

2^e question: Quelle est l'allure des variations de puissance consommée par le réseau? Aux modifications lentes de puissance qui s'étendent sur des heures se superposent des variations plus ou moins rapides et de caractère périodique. Les variations lentes sont corrigées sans peine par les régulateurs, agissant comme modérateurs de régime; les variations très rapides sont «encaissées» par l'inertie des groupes. Entre les deux existent des variations de puissance qui s'effectuent avec des fréquences de l'ordre de $0,1$ Hz, obligeant les organes de réglage à un travail d'autant plus intensif que l'inertie des groupes, le PD^2 , est plus petit. Nous ne donnerons pas encore de chiffres précis, ne voulant rien avancer à la légère, mais désirant obtenir encore confirmation par des mesures sur d'autres réseaux. Il y a là un élément qui doit permettre de dimensionner plus exactement le PD^2 , qu'actuellement, les exploitants sont tentés de trouver toujours trop grand, à cause de la dépense supplémentaire, et les constructeurs turbiniers, trop petit.

Dans l'échange d'énergie entre deux centres de production, la ligne d'interconnexion transmet en générale une tranche de puissance constante pendant quelques heures. On constate que, sur cette valeur moyenne constante, se greffent des variations rapides de puissance, variations liées à des variations correspondantes de fréquence, et qu'on peut assimiler à une espèce de «bruit de fond». — Lutter contre ce bruit de fond est illusoire et inutile. Cela reviendrait à chercher à corriger des variations périodiques de fréquence d'une amplitude d'environ $\pm 0,005$ Hz, se produisant avec une fréquence de $0,3$ jusqu'à 1 Hz, soit des variations de vitesse de l'ordre de $\pm 1/100\%$. Ces variations sont maintenues à un taux aussi bas par l'inertie des groupes, et nous trouvons là un élément de plus qui permettra de fixer mieux les valeurs des PD^2 .

Actuellement, notre commission s'occupe des échanges d'énergie entre centres de production; des questions de stabilité dans ces échanges; des moyens d'assurer la tenue de la fréquence, et d'intervenir efficacement en cas de défaillance d'un centre de production, sans impliquer dans une trop large mesure les parties non défaillantes. Quelles sont, en Suisse, les centrales capables de fournir la puissance de réglage rapidement? A première vue, seulement les usines à haute chute. De combien de puissance de réglage faut-il disposer, et comment répartir économiquement la puissance consommée entre les usines régulatrices et les installations au fil de l'eau, qui, elles, ne peuvent que difficilement intervenir à cause des obligations de niveau d'eau auxquelles

les elles sont soumises. Avec quelle rapidité les usines réglantes doivent-elles intervenir, et dans quelle proportion? Quelle participation peut prendre un réseau suisse dans la tenue de la fréquence, lorsqu'il est couplé à un réseau étranger? Que peut-on et que doit-on exiger des groupes thermiques? Comment tenir la tension, et dominer la puissance réactive? Telles sont les tâches actuelles auxquelles notre commission s'est vouée, tâches dont on ne peut nier la complexité.

Quelques mots encore sur la technique des mesures à effectuer sur les réseaux. Pour déterminer l'influence de la tension et de la fréquence sur la puissance absorbée, il faut disposer d'un groupe de machines séparé, alimentant seul tout le réseau par une seule ligne. En outre, il faut que le réseau se prête à subir à plusieurs reprises, pendant 1 heure ou deux, des variations périodiques de tension et de fréquence, de l'ordre de $\pm 3\%$, se succédant à des intervalles d'une minute environ. Les variations sont produites par les machines, dont on fait varier la tension et la vitesse successivement ou simultanément. Pratiquement, cela revient à dire que le réseau est «chahuté» pour chaque série de mesures pendant $\frac{1}{2}$ journée. Or, toutes ces conditions sont loin d'être faciles à obtenir en même temps, soit que les conditions hydrologiques s'y opposent, soit que les machines ne soient pas disponibles, soit que le caractère du réseau ne permette momentanément pas ces variations, soit que la ligne unique ne puisse être mise à disposition, etc. etc. Certains abonnés doivent être prévenus spécialement, tel par ex. le Studio de la Radio, lorsqu'il procède à l'enregistrement grammophonique. Un jour, pendant que nous étions en train de faire varier la fréquence, le Studio de Lausanne a enregistré des disques, sans se douter des variations de vitesse que nous provoquions. A l'émission, ces disques se sont mis à bêler comme des moutons! Une autre fois, c'est un atelier d'héliogravure, qui s'est plaint que ses pho-

tographies présentaient des zones claires et obscures. Toutes ces circonstances expliquent le temps considérable qu'il faut pour arriver à des résultats.

Et malgré ces difficultés, il faut persévérer, car seule la réalité peut nous fournir les éléments de base dont, avec l'aide de l'analyse ou de procédés analogiques, il sera possible de tirer des renseignements pratiques et utiles à l'exploitation.

Nous avons eu la chance de pouvoir mettre au point notre technique sur le réseau de Lausanne, alimenté directement par des groupes de l'E.O.S. à Chandoline, et nous devons notre gratitude tant à l'E.O.S. qu'au Service de l'électricité de la Ville de Lausanne, et particulièrement à son directeur, M. P. Meystre, qui nous a grandement facilité notre tâche.

Ajoutons enfin pour mémoire que notre commission a dû concevoir et exécuter les instruments d'enregistrement spéciaux à déroulement rapide, et fréquence propre élevée, nécessaires à ces mesures. Le principe en a été exposé, lors de la journée de discussion citée précédemment et publié dans le Bulletin de l'ASE³⁾. Nous n'y reviendrons pas.

Nous espérons vous avoir donné ainsi, Messieurs, une idée de l'activité de la Commission d'étude pour le réglage des Grands Réseaux. Si des solutions spectaculaires n'ont pas encore été publiées, cela tient aux difficultés que présentent les problèmes dont elle s'occupe, et au temps très long qu'il faut pour obtenir des résultats pratiques et les interpréter. Néanmoins, nous espérons vous avoir convaincus que notre travail est en bonne voie, et qu'il constitue déjà maintenant un enrichissement pour la communauté.

Adresse de l'auteur:

E. Juillard, D^r ès sc. techn., professeur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, 51, av. Béthusy, Lausanne.

³⁾ Voir Bull. ASE t. 43(1952), n° 13, p. 571...574.

Schweizerische Arbeiten auf dem Gebiet der Nomenklatur in der Regelungstechnik

Vortrag, gehalten an der gemeinsamen Tagung des SEV und der SGA am 6. September 1957 in Zürich, von F. Galavics, Zug

001.4 : 621-53(494)

Im Hinblick auf die prominente wirtschaftliche Bedeutung der hydroelektrischen Energie in der Schweiz wird der Wasserturbine-Generator-Gruppe und deren Regelung besondere Wichtigkeit beigemessen. Dies veranlasste die vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein im Jahre 1947 gegründete *Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände* zur Ausarbeitung von Leitsätzen für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen. Sie wurden am 1. September 1956 in Kraft gesetzt. Die Leitsätze sind in Zusammenarbeit der Vertreter der Kraftwerke und der Turbinen und Generatoren liefernden Firmen entstanden und haben den Hauptzweck, gemeinsame Anstrengungen der gleichen Kreise zur Lösung von einschlägigen Regelproblemen herbeizuführen.

Diese Leitsätze enthalten zunächst Definitionen von Begriffen und Benennungen, die die technische Verständigung und die Formulierung der Garantiebedingungen gestatten, wobei auch Versuchungsverfahren zur experimentellen Ermittlung der definierten Grössen angegeben werden. Auf Grund der weitgehenden Erfahrungen auf diesem Gebiet in der Schweiz war es oft möglich, jene quantitativen Angaben für diese Grössen zu machen, welche ein einwandfreies und dem heutigen technischen Fortschritt entsprechendes Betriebsverhalten gewährleisten, ohne sinnlos scharfe Anforderungen an die Maschinenbauer zu stellen. Schliesslich erlaubte die Beschränkung dieser Leitsätze auf ein engeres Fachgebiet die Beschreibung von Ausführungsformen der Regler mit ihren Vor- und Nachteilen, und von