

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 49 (1958)  
**Heft:** 20

**Rubrik:** Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

### **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:** 16.05.2025

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

# Production et distribution d'énergie

## Les pages de l'UCS

### Protection et lutte contre les incendies dans les entreprises d'électricité

Rapport sur la 18<sup>e</sup> assemblée de discussion de l'UCS du 29 mai 1958 à Berne

#### Dangers d'incendie et protection contre le feu dans les installations électriques

par M. Grossen

614.84 : 621.311.42

*Après quelques remarques préliminaires générales, l'auteur passe aux dangers d'incendie dans les installations électriques, ainsi qu'aux mesures préventives et de protection. Il examine en détail les possibilités d'empêcher les incendies de transformateurs, puis il décrit les mesures de protection à mettre en œuvre en cas d'incendie et parle enfin de la lutte contre le feu dans les installations électriques, traitant en particulier la question de savoir s'il convient ou non d'éteindre sous tension.*

*Nach einigen allgemeinen Bemerkungen wendet sich der Referent den Brandgefahren in elektrischen Anlagen, sowie den Verhütungs- und Schutzmassnahmen zu. Dabei werden die Möglichkeiten zur Verhütung von Transformatorenbränden eingehend besprochen. Sodann erläutert der Referent ausführlich die Schutzmassnahmen für den Fall eines Brandes und kommt zum Schluss auf die Brandbekämpfung in elektrischen Anlagen zu sprechen, bei welcher Gelegenheit auch die Frage behandelt wird, ob unter Spannung gelöscht werden darf oder nicht.*

#### Généralités

Déclenchées par un concours de circonstances malheureuses, il existe d'innombrables possibilités d'incendie dans les installations électriques. Et nous voulons, bien entendu, nous borner ici aux dangers d'incendie existant en temps normaux, sans aborder les dangers supplémentaires dus, en cas de guerre, au bombardement de nos installations!

Dans le cadre de cet exposé, nous entendons par installations électriques les centrales, sous-stations, postes de couplage et de transformation, à l'exclusion des installations, intérieures ou autres, de tiers.

Peuvent provoquer des incendies: toute imprévoyance avec des allumettes, en fumant, avec des lampes à souder ou des dispositifs de chauffage, mais aussi le désordre, la combustion spontanée, l'inadvertance, la malveillance ou le sabotage. Les chiffons, les habits, le bois, l'huile et l'essence sont spécialement inflammables et peuvent mettre le feu aux armoires, établis, étagères, autre mobilier, magasins ou entrepôts. Même dans des bâtiments massifs, le feu aux portes, fenêtres, plafonds, parois, toitures, etc. peut amorcer de vastes brasiers.

Nous ne traiterons pas spécialement ici ces incendies «ordinaires», partout possibles. Il est aisé de les éviter par la prudence et le soin, l'ordre, l'instruction du personnel et la surveillance, mais aussi en évitant toute disposition mal conçue des installations.

Le premier principe général à observer, c'est qu'il est toujours plus simple et préférable d'empêcher un incendie que de l'éteindre.

Le second principe, c'est que la lutte contre le feu est facilitée et le dommage réduit, lorsque l'incendie ne peut affecter qu'une partie du bâtiment ou de l'installation. On disposera donc les installations de manière que, s'il vient à éclater, l'incendie

demeure localisé à un secteur aussi restreint que possible et séparé des autres parties de l'installation.

C'est pourquoi, dans toutes les installations, il faut se demander tout d'abord ce qui pourrait brûler et par quoi le feu pourrait être déclenché.

Ces principes sont valables tout aussi bien pour les installations et dispositifs électriques proprement dits que pour les locaux en relation avec eux, tels qu'ateliers, magasins, cellules pour la revision des transformateurs, dépôts de matériaux de nettoyage, d'huile et d'essence, etc. Ici également il sera indiqué de prendre des dispositions particulières, d'isoler contre le feu les parties de l'installation susceptibles de brûler, de stocker séparément les matières facilement inflammables et avant tout de veiller au bon ordre, plutôt que de s'en remettre aux appareils extincteurs et aux sapeurs-pompiers.

Les moyens techniques disponibles aujourd'hui pour la lutte contre le feu permettent de combattre efficacement tout incendie, à condition toutefois que l'intervention se fasse à temps et avec des moyens suffisants même pour le cas le plus défavorable, ou bien que des appareils automatiques étouffent l'incendie déjà à son début. Il convient toutefois d'examiner dans chaque cas si les moyens requis pour assurer la plus grande sécurité possible sont dans un rapport raisonnable avec les risques qui devraient être près sans ces moyens ou avec une seulement de ceux-ci.

#### Dangers d'incendie dans les installations électriques, les mesures propres à les prévenir ou à s'en protéger

Après ces remarques générales, nous allons examiner les dangers d'incendie inhérents aux installations électriques. Il s'agit spécialement ici des lignes, câbles, dispositifs de couplage et de commande, ins-

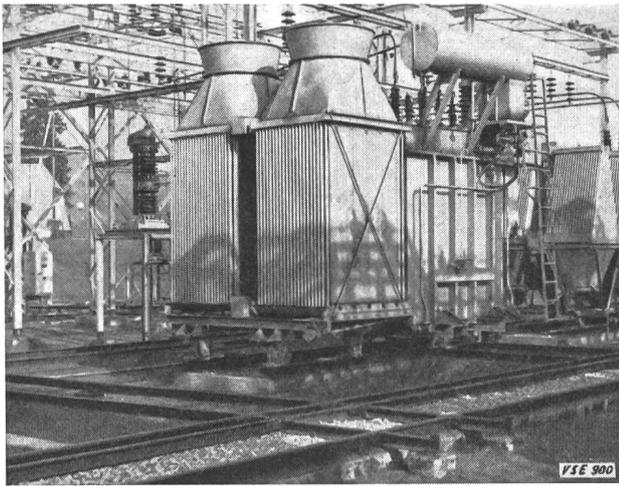


Fig. 1  
Sous-station 50/16 kV des FMB

truments de mesure, moteurs, génératrices, transformateurs de puissance, transformateurs de mesure, disjoncteurs, qui tous, à la suite de coups de foudre, surtensions, surcharge, défauts d'isolement, puissances de coupure insuffisantes ou fausses manœuvres, peuvent donner naissance à des contournements, des courts-circuits, des arcs ou des explosions.

#### Installations à basse tension

Il n'est pas nécessaire de parler ici en détail des parties à assimiler aux installations intérieures, telles que les installations secondaires et services auxiliaires, les lignes de mesure et de commande, les installations à basse tension pour l'éclairage, les ateliers, servomoteurs, vannes, pompes, ventilateurs et autres accessoires pour le service propre des centrales, sous-stations, postes de couplage et de transformation, pour la télémessure, la télécommande, les installations de signalisation à courant faible et à haute fréquence. Les directives générales sont valables en l'occurrence: disposition claire (pas de confusion de fils), coupe-circuits conformes aux prescriptions, interrupteurs thermiques de protection, isolants incombustibles, distances suffisantes aux matériaux combustibles, contrôles réguliers, surveillance permanente et bon entretien. Les extincteurs manuels ordinaires devraient suffire pour combattre le feu dans des installations secondaires de ce genre.

#### Lignes à haute tension

Si nous citons les lignes aériennes à haute tension, c'est plutôt pour être complet. Il est vrai qu'elles ne sont pas expressément dangereuses comme cause d'incendie et qu'elles ne donnent que rarement l'occasion aux pompiers d'intervenir. A part les incendies de poteaux en bois consécutifs à des bris d'isolateurs, on connaît notamment des incendies occasionnels de toitures de postes locaux de transformateurs, où des oiseaux provoquèrent un court-circuit à proximité immédiate des isolateurs de traversée, de sorte que l'arc mit le feu au rebord du toit de bois. Dans quelques cas de ce genre, la toiture en feu détruisit complètement le poste transformateur en s'effondrant. C'est pourquoi l'on devrait éviter des constructions en bois à proximité immédiate des par-

ties à haute tension, aussi dans les postes de transformation locaux, ou tout au moins les revêtir de panneaux en plâtre résistant au feu.

Les lignes à haute tension peuvent aussi, à l'occasion, provoquer indirectement des incendies dans les installations intérieures, lorsque, en cas de perturbation dans des circonstances imprévisibles, la haute tension pénètre quelque part du réseau à haute tension dans le réseau local de distribution.

Nous avons vécu récemment un cas spécial d'incendie: par suite de court-circuit à la terre dans un réseau à 16 kV, un parasurtension monté sur la paroi extérieure d'un poste de transformateur alimenté par ce même réseau à 16 kV fit explosion. Des éclats de cet appareil atteignirent un paysan qui travaillait près de la station et mirent le feu à sa chemise. D'autres éclats allumèrent en deux endroits distants de 8 m environ des tas de foin et de paille, ce qui nécessita l'intervention des pompiers.

Les câbles à haute tension peuvent aussi provoquer des incendies. Les puissances toujours croissantes des centrales et l'extension du réseau à haute tension entraînent des puissances de court-circuit considérables. Les câbles dans les centrales et les sous-stations, mais aussi dans les réseaux à haute tension, doivent être prévus pour ces puissances s'ils ne doivent pas être endommagés ou même exploser et prendre feu, malgré les courts délais de déclenchement de quelques secondes. Rappelons à ce propos la perturbation provoquée par un orage dans la sous-station de Bätterkinden et décrite au Bulletin ASE, 1953, n° 2. Il ne faut jamais perdre de vue ces dangers en utilisant des câbles à haute tension, qu'il s'agisse de câbles sous plomb isolés au papier, ou de câbles à enveloppe isolante au polyéthylène.

#### Génératrices

Nous allons maintenant vouer une attention spéciale aux objets principaux de nos installations à haute tension, en commençant par les machines tournantes, génératrices, convertisseurs, compensateurs synchrones, etc. A part l'isolation des enroulements, ces machines ne présentent pratiquement rien de combustible. Et lorsqu'un enroulement prend feu, l'incendie demeure circonscrit de soi-même à la machine en question, ce qui fait qu'avec des dispositifs de surveillance judicieux et si le personnel se comporte raisonnablement, le feu peut être localisé à une fraction seulement de l'enroulement. Les grosses machines modernes sont généralement refroidies par un courant d'air en circuit fermé. Ce système permet de compléter facilement l'efficacité de l'extinction en remplaçant l'air par du gaz carbonique. Celui-ci empêche la propagation du feu, dès qu'il figure pour 20% environ dans le mélange d'air. Pour étouffer sûrement l'incendie, on peut admettre qu'il suffit de 1 kg d'acide carbonique par mètre cube. A part le gaz carbonique, on connaît encore d'autres agents extincteurs gazeux, qui peuvent entrer en ligne de compte dans les cas envisagés. Ils ont le grand avantage de n'être pas conducteurs, de résister au gel et de ne pas corroder. Il est facile de les mettre en jeu automatiquement et immédiatement. Pour réduire au minimum les dommages, il

est indispensable que ces moyens puissent intervenir rapidement.

Il est moins facile d'éteindre un commencement d'incendie d'enroulement, quand il s'agit de vieilles ou de petites machines à ventilation ouverte. Même si la machine peut être déclenchée immédiatement, elle continue à tourner un certain temps, durant lequel l'effet de l'agent extincteur est annihilé par le souffle d'air, ce qui gêne beaucoup l'efficacité des extincteurs manuels, utilisés pour la plupart en pareil cas.

Mieux vaut toutefois empêcher un incendie que l'étouffer rapidement. Voici les possibilités qui s'offrent pour cette protection indirecte contre de feu: isolants incombustibles ou difficilement inflammables, protection contre les courts-circuits et les surintensités, protection contre la foudre, surveillance de la température, surveillance du frottement des paliers et collecteurs, autant de facteurs qui ont atteint aujourd'hui un degré de perfectionnement tel que les incendies de génératrices sont devenus extrêmement rares.

### Transformateurs

Les risques d'incendie sont bien plus grands avec les appareils contenant de l'huile qu'avec les machines proprement dites. L'huile minérale, ce bon agent isolant et refroidisseur de nos transformateurs de puissance et de mesure, est aussi un excellent combustible. Il faut s'en rappeler constamment si l'on a affaire aux transformateurs, qu'il s'agisse de leur construction, mise en place, surveillance et revision. Aussi a-t-on, probablement depuis que l'on construit des transformateurs, pris des mesures spéciales pour faire face au danger que présente le liquide combustible, car les transformateurs de grande puissance contiennent souvent 10, 20, 30 tonnes d'huile et même davantage!

Les incendies d'huile sont particulièrement redoutés, parce qu'ils se propagent avec une rapidité

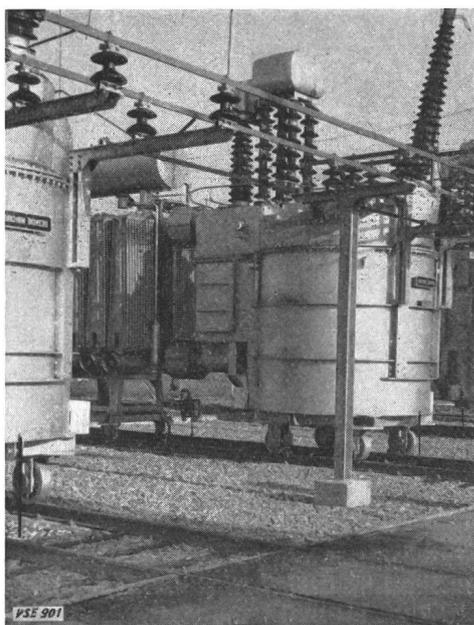


Fig. 2

Station en plein air à 220 kV de l'usine de Laufenbourg

effrayante et que l'huile répandue en surface peut en un clin d'œil mettre le feu aux objets voisins. C'est aussi pourquoi pareils incendies ne sont pas toujours faciles à éteindre; en outre la fumée épaisse qui les accompagne les rend importuns au plus haut point, surtout à l'intérieur de bâtiments. Rien que le feu à quelques litres d'huile peut déjà suffire à noircir le plus grand poste de couplage et à endommager par éclatement d'étincelles des parties de l'installation primitivement hors d'atteinte.

Heureusement que nos huiles isolantes, qui ne contiennent pas de substances volatiles, sont relativement difficilement inflammables et par conséquent assez peu dangereuses. Le «point d'éclair», qui ne dit pas grand'chose, il est vrai, sur l'inflammabilité du liquide, varie entre les limites de 145 à 175 °C. A partir de cette température des composants volatils s'échappent de l'huile minérale, mais ils ne brûlent que si l'on approche une flamme. Même dans ce cas il ne s'agit pas d'une combustion de l'huile, mais de l'éclair momentané des parties combustibles libérées, qui ne peut pas se maintenir par suite du dégagement insuffisant de ces substances volatiles. A titre de comparaison, disons par exemple que le point d'éclair de l'essence est situé entre -56 et +10 °C, celui de l'esprit-de-vin vers +12 °C. La température d'inflammabilité proprement dite de l'huile minérale est très élevée, vers 400 à 500 °C, tandis que celle de la houille, par exemple, est d'environ 300 à 350 °C. Les températures qui interviennent dans les transformateurs dans les conditions ordinaires d'exploitation sont donc bien inférieures au point d'éclair et par conséquent au point d'inflammabilité de l'huile minérale. On ne peut guère imaginer qu'en service un transformateur tant soit peu protégé ou surveillé puisse atteindre la température d'auto-combustion, même par surcharge permanente ou par un court-circuit de longue durée entre spires.

Pendant, dans l'arc électrique consécutif à des claquages, ou bien dans les disjoncteurs, l'huile minérale est dissociée de telle sorte que les gaz libérés se composent d'hydrogène pour les deux tiers environ, et pour un tiers de méthane, d'éthylène et d'autres hydrocarbures lourds. Mélangés à l'air, respectivement à l'oxygène, ces gaz exposent à l'allumage; pour le mélange gaz/air, on a déterminé que la limite inférieure d'explosion exige environ 8% en volume de gaz et la limite supérieure d'explosion environ 40% en volume. La quantité de gaz dégagée est à peu près proportionnelle au travail du disjoncteur et se monte, selon des essais antérieurs de l'ASE, à environ 46 cm<sup>3</sup> par kW en moyenne.

### Comment prévenir les incendies de transformateurs

Il existe nombre de moyens pour prévenir les incendies de transformateurs: précautions lors de la construction, protection contre les surtensions, protection Buchholz, relais divers, couplages de protection et autres appareils de surveillance; en outre, dans des cas spéciaux, utilisation de liquides isolants incombustibles ou emploi de transformateurs secs dans un gaz protecteur.

La construction des transformateurs garantit aujourd'hui un haut degré de sécurité. Les transformateurs de grande puissance doivent dans la règle être dimensionnés de telle sorte que l'échauffement des enroulements ne dépasse pas la limite usuelle de 65 °C, même en court-circuit permanent (3 à 5 secondes) intervenant à charge nominale; lors d'un pareil court-circuit, la température de l'huile doit à peine augmenter.

Les transformateurs actuels sont immunisés aussi en bonne partie contre les dangers qui pourraient résulter de contournements ou d'avaries aux enroulements. L'isolation a été considérablement améliorée; on contrôle si le dimensionnement est suffisant et la fabrication impeccable à l'aide d'une épreuve de choc, susceptible de reproduire toutes les sollicitations auxquelles un transformateur en service est exposé par les décharges atmosphériques dans les lignes aériennes qui y aboutissent.

En outre, la surtension est limitée par le niveau choisi du *parasurtension* ou des distances disruptives.

Si un éclatement se produit néanmoins, le transformateur est déclenché immédiatement par la *protection Buchholz* du fait des gaz qui se dégagent. Les grands transformateurs, déjà à partir d'environ 800 kVA, ne sont aujourd'hui pour ainsi dire plus construits sans réservoir d'expansion, de sorte qu'il n'y a dans le domaine des parties sous tension à l'intérieur du transformateur nulle part de l'air susceptible de former avec les gaz dégagés un mélange explosif.

Pour se protéger contre les conséquences de surtensions, de courts-circuits à la terre, de courts-circuits entre spires ou de dangers semblables, on se sert de nombreux *relais, couplages de protection et autres dispositifs de surveillance*, qui ont tous atteint un degré élevé de perfectionnement, tels que relais thermiques et de surintensité, modèles thermiques, relais différentiels, relais d'impédance minimum, de totalisation de courant, de sens d'écoulement de l'énergie, thermostats et thermomètres à contacts, indicateurs de circulation du fluide pour les refroidisseurs à huile ou hydrauliques, indicateurs du niveau d'huile pour les récipients d'expansion, ainsi

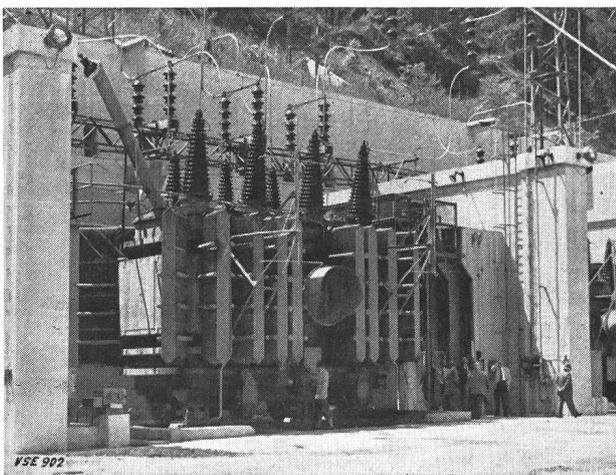


Fig. 3

Transformation 220 kV de l'usine française de Cordéac

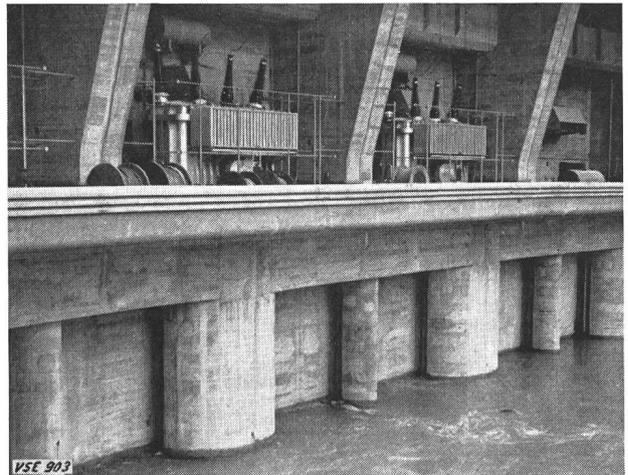


Fig. 4

Transformateurs à 220 kV de l'usine de Génissiat sur le Rhône

que dispositifs d'alarme et de mesure pour surveiller les températures des enroulements, du noyau de fer et de l'huile. Dans les centrales et les sous-stations, les transformateurs de puissance sont munis quasi sans exception au moins d'une protection contre les surintensités, les surtempératures et d'une protection Buchholz, ce qui fait qu'il faudrait que le déclenchement du disjoncteur refusât de fonctionner au moment même d'un défaut au transformateur, pour qu'il en résultât une augmentation appréciable de la température du transformateur. Depuis peu l'on protège aussi les gros transformateurs par des relais à distance.

Si l'on songe qu'à l'heure actuelle toutes les installations et tous les dispositifs de protection sont surveillés et revisés beaucoup plus soigneusement que naguère, il est encore plus invraisemblable qu'un grand transformateur prenne feu en service.

Malgré le nombre énorme de transformateurs en exploitation partout, on ne connaît jusqu'ici que quelques cas très rares d'incendies d'huile; et ici encore manquent presque toujours des indications précises sur les dispositifs de protection des transformateurs et sur la cause de l'incendie. Il est difficile d'admettre que ces transformateurs étaient protégés conformément à l'état présent de la technique.

Il n'est donc pas étonnant qu'en réponse à une enquête auprès des grandes fabriques de transformateurs du pays et auprès des représentants de liquides isolants incombustibles, pas un seul cas d'incendie de transformateur normalement protégé n'ait pu être indiqué, à l'exception du cas de Chandoline où, comme on sait, le transformateur n'avait pas pris feu en service.<sup>1)</sup>

En présence de circonstances toute particulières, en dehors des mesures de protection susmentionnées pour prévenir les incendies de transformateurs, on peut envisager éventuellement aussi l'emploi de *fluides isolants non combustibles*, qui font l'objet d'une vive propagande depuis quelque temps.

Il y a déjà plusieurs décennies qu'on offre des produits semblables sur le marché, mais ils ont été sensiblement améliorés ces dernières années. Les

<sup>1)</sup> Voir Bull. ASE, t. 42(1951), n° 20, p. 786.

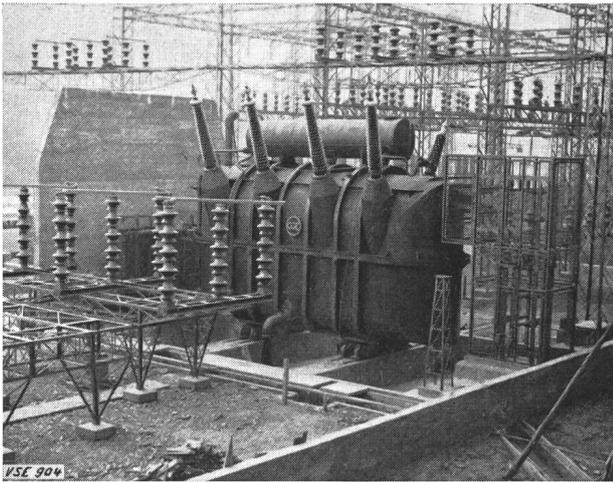


Fig. 5

Cuvette à huile d'un transformateur du poste en plein air de l'usine italienne de Cedegolo

huiles incombustibles les plus répandues aujourd'hui et désignées généralement par le terme «ascarèles» se trouvent dans le commerce sous des marques diverses: le «Pyranol» est vendu aux Etats-Unis par la General Electric Company, le «Pyrochlor» en Angleterre par Montesanto, Londres, le «Pyralène» en France par Prodelec, Paris et le «Clophen» en Allemagne par les Bayerwerke Leverkusen.

Les ascarèles sont des dérivés chlorés du benzène et du diphényle. Ils ne brûlent pas, résistent à la chaleur, ne corrodent ni ne laissent de dépôt. Par addition d'ingrédients appropriés, leur viscosité peut être adaptée à l'usage voulu, pour les câbles, les condensateurs ou les transformateurs. Leur résistance disruptive est d'environ 20 à 30 % supérieure à celle de l'huile pour transformateurs. De même leur constante diélectrique est généralement le double de celle des huiles minérales. Les pertes diélectriques sont un peu plus élevées. La dilatation des ascarèles est le plus souvent supérieure à celle de l'huile pour transformateurs; par contre la chaleur spécifique est sensiblement plus faible. La conductivité calorifique est meilleure. Le poids spécifique est de 1,6 contre 0,9 pour l'huile. Les ascarèles ne sont pas plus hygroscopiques que les huiles. Etant plus lourds que l'eau, celle-ci surnage. C'est pourquoi les transformateurs à bain d'ascarèle sont le plus souvent fermés et munis d'un récipient d'expansion, dimensionné en tenant compte de la dilatation plus grande. Les diphényles chlorés posent des exigences plus sévères aux matériaux de construction, notamment en ce qui concerne les joints, les douilles et les vernis. Ils n'ont aucune action sur les métaux utilisés normalement pour les transformateurs, même à chaud.

Depuis une trentaine d'années déjà on construit des transformateurs à huile incombustible, qui sont en service en grand nombre notamment aux Etats-Unis, en Angleterre et en France, pour des puissances unitaires allant jusqu'à 20 MVA et des tensions jusqu'à 60 kV environ.

La dissociation thermique vers 400 °C, p. ex. dans l'arc des disjoncteurs ou lors de menus défauts, produit principalement de l'acide chlorhydrique.

C'est pourquoi les ascarèles ne sont pas utilisables pour les disjoncteurs ou les interrupteurs à gradins des transformateurs. Pour les transformateurs, le dégagement de gaz permet l'emploi du relais Buchholz, comme avec l'huile ordinaire. L'acide chlorhydrique peut être absorbé par la soude caustique ou d'autres substances chimiques. En présence d'humidité, de graves corrosions de la partie active et de la cuve, ainsi que des avaries à l'isolement des enroulements seraient à craindre.

Quant à la sécurité du service et à leur durée, les transformateurs à ascarèle ne le cèdent en rien aux transformateurs à huile. Actuellement les ascarèles sont 7 à 8 fois plus chers que l'huile pour transformateurs. Et comme la construction de ces transformateurs spéciaux ne va pas sans frais supplémentaires, ceux-ci reviennent environ 30 % plus cher que les transformateurs à huile.

Dans la règle, pareilles exécutions n'entrent en ligne de compte que pour des transformateurs de réseau placés à l'intérieur de bâtiments. Pour les raisons susmentionnées, leur usage semble être restreint à des cas particuliers, ainsi par exemple pour les grands magasins, les hôpitaux, les blocs d'habitation, fabriques, installations souterraines, etc., spécialement aussi aux cas où il y aurait danger qu'un incendie ayant éclaté ailleurs empiète sur un transformateur. Cependant, même en pareils cas, il ne faut pas oublier que les effets des gaz dissociés des ascarèles, bien que ceux-ci ne soient pas combustibles, peuvent être très nuisibles aussi.

Au lieu des transformateurs à ascarèle, on a recours tout récemment aux Etats-Unis de nouveau plutôt à d'autres solutions, en utilisant p. ex. des transformateurs secs résistant au feu, en partie à remplissage d'azote, ou aussi des transformateurs fermés remplis de fluorure de carbone ou d'hexasulfite de fluor, avec refroidissement par évaporation.

Jusqu'à présent les transformateurs à ascarèle n'ont trouvé en Suisse qu'une application restreinte dans des conditions particulières, spécialement dans les villes de Bâle et Genève.

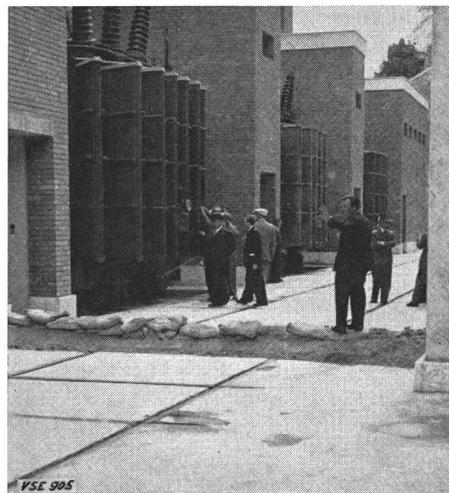


Fig. 6

Grand transformateur à l'extérieur de l'usine de Bussolengo (Italie)

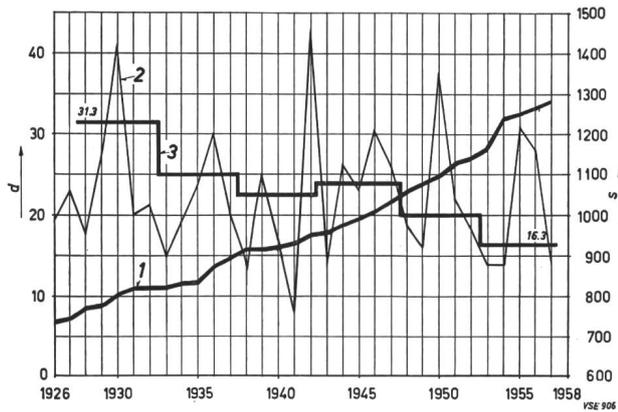


Fig. 7

Dégâts provoqués par des orages aux transformateurs de réseaux des FMB 1926...1957

- 1 nombre des postes de transformateurs
- 2 nombre des dommages
- 3 moyenne quinquennale des dommages, rapportée à 1000 postes de transformateurs
- d nombre des dommages
- s nombre des postes de transformateurs

### Mesures de protection en cas d'incendie

Au cas fort improbable où un grand transformateur prendrait feu, il existe encore d'autres possibilités, notamment en matière de construction, pour restreindre au moins cet incendie à l'objet.

Pour les transformateurs en plein air, dans les centrales et les sous-stations on peut aujourd'hui, sans pour cela sousestimer coupablement le danger d'incendie, s'abstenir de monter des dispositifs fixes spéciaux, dans le genre d'installations d'irrigation ou d'extinction par mousse. Si les incendies de transformateurs ne sont pas absolument exclus, ils sont du moins extrêmement rares.

Dans les centrales et sous-stations des FMB, il s'est produit entout, au cours des 35 dernières années, 49 avaries par la foudre, le feu et les explosions. Dans 3 cas, de l'huile de transformateur a pris feu; il s'agissait partout de vieux transformateurs ouverts montés à l'intérieur, sans protection Buchholz. Jusqu'à présent aucun incendie de transformateur n'a éclaté dans nos installations en plein air. Ce n'est donc pas par méconnaissance des dangers éventuels d'incendie, mais après mûre réflexion que nous avons renoncé aux dispositifs stationnaires d'extinction aussi dans les installations les plus récentes des FMB.

Si l'on dispose sous les transformateurs un lit suffisamment profond de cailloux pour refroidir l'huile en feu qui pourrait s'en échapper, l'éteindre et l'empêcher de s'étendre au terrain avoisinant, un incendie éventuel peut être maîtrisé sans difficultés majeures avec les engins mobiles ordinaires, extincteurs à mousse ou à poudre, brouillard d'eau, ou du moins limité à l'objet en feu (fig. 1 et 2). On peut aussi partager le lit de cailloux sous les transformateurs en secteurs distincts, par une fondation appropriée.

Là où plusieurs transformateurs doivent être placés très près l'un de l'autre, p. ex. à une distance inférieure à 6 mètres, il convient d'examiner si l'on ne devrait pas les séparer par des parois réfractaires.

Quant à savoir jusqu'ou pousser les mesures de sécurité, c'est avant tout affaire d'appréciation. Alors que chez nous il n'est pas d'usage de prévoir pour les transformateurs en plein air des murs de séparation, des bacs bétonnés pour recueillir l'huile et des installations fixes d'extinction, on rencontre fréquemment ces dispositifs à l'étranger (fig. 3 et 4). Les installations irrigatoires, p. ex., semblent être très en faveur en France. Sur la fig. 3 on reconnaît les installations d'arrosage et sur la fig. 4 les becs de tuyère disposés tout autour des transformateurs.

Avec ces installations de projection d'eau ou de mousse, il ne faut pas perdre de vue le risque de gel. Lorsque les sous-stations ne sont pas situées dans le domaine d'une distribution hydraulique sûre avec une pression suffisante, de telles installations reviennent vite très cher, parce qu'elles nécessitent des réservoirs à l'abri du gel et une source d'air comprimé.

Ce qui m'a frappé dans les installations italiennes, c'est avant tout les bacs pour recueillir l'huile sous les transformateurs, en l'absence de tout dispositif d'extinction.

Les transformateurs de 70 MVA et 220 kV de la station en plein air de la centrale italienne de Cedegolo sont placés au-dessus de bacs bétonnés (fig. 5) et séparés par des parois en béton. Les refroidisseurs à eau des transformateurs sont montés sur ces parois. En cas d'incendie, l'huile des transformateurs peut être évacuée par une vanne de gros calibre.

Même en tant que partisan convaincu d'une protection raisonnable des eaux, j'estime ces bacs superflus, parce que la probabilité qu'un transformateur se vide est extrêmement minime. Le risque de vidange intempestive d'un réservoir mobile sur route ou voie ferrée, si l'on pense en outre aux dangers de collision, est incomparablement plus élevé, et pour-

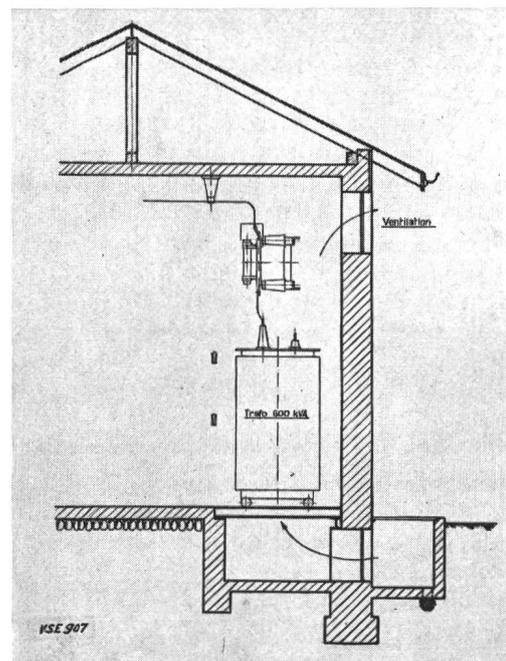


Fig. 8

L'ouverture de ventilation sert à la fois de cuvette à huile

tant il n'est venu à l'idée de personne jusqu'ici de munir ces tanks de «lèchefrites» ad hoc!

Les opinions des spécialistes étrangers, lors des visites en question, étaient d'ailleurs fort partagées quant à la sûreté et à l'efficacité de pareilles mesures et des installations stationnaires d'extinction, dans les centrales et sous-stations. En tout cas, qu'on n'imagine pas que des installations automatiques d'extinction soient de grande utilité, spécialement en cas de guerre! L'ennemi qui veut anéantir une station en plein air ne confiera guère cette mission à un parachutiste muni d'allumettes pour mettre le feu aux transformateurs. Or, dès que des moyens plus énergiques entrent en jeu (sans qu'il y ait besoin de penser aux bombes atomiques), les dispositifs d'extinction seraient détruits avec les transformateurs, donc incapables de fonctionner!

Dans quelques centrales italiennes, j'ai été frappé par les dispositions prises en vue de vider l'huile d'un transformateur en feu, pour ravir à l'incendie son aliment. La fig. 6 montre de gros transformateurs le long du mur extérieur de la centrale de Bussolengo. Au lieu de simples cloisons, on a édifié ici entre les transformateurs des cellules de service, d'où l'on peut actionner par une manette les vannes de vidange des transformateurs. L'huile s'écoule alors à travers un tamis de gravier dans un réservoir souterrain. La digue de sable (fig. 6) avait été faite par précaution, par ce qu'on procédait justement à la revision du transformateur de gauche, invisible sur la photo.

L'idée d'évacuer l'huile d'un transformateur en feu fut taxée d'inefficace ou même de dangereuse par d'autres hommes du métier italiens, parce que l'air qui pénètre dans le transformateur à mesure que l'huile s'en échappe pourrait favoriser l'incendie, ou même conduire à une explosion.

J'ai vu un dispositif original semblable contre l'incendie dans une grande usine italienne à haute chute. Ici les transformateurs sont raccordés au réseau d'eau par une conduite de gros calibre. En cas d'incendie aux transformateurs, le robinet d'arrêt est ouvert automatiquement et l'eau qui afflue dans le transformateur repousse l'huile dans un réservoir



Fig. 9

Incendie de transformateurs d'intensité 16 kV par suite de court-circuit dans un poste industriel

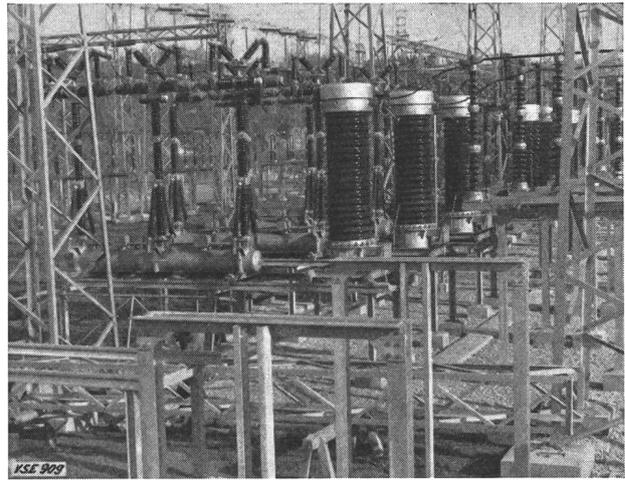


Fig. 10

Disposition «à l'épreuve du feu» de transformateurs de mesure dans la station en plein air de Mühleberg

placé en plein air, par une conduite de vidange. Le chef d'exploitation de l'usine déclara à ce propos que le dégât par l'eau est toujours moindre que le dégât par le feu dans un transformateur, vu qu'un transformateur trempé peut être séché sans autre dans le vide.

Avec les *grands transformateurs à l'intérieur* de centrales, notamment dans les centrales en caverne, ou dans les bâtiments de sous-stations, un incendie serait encore beaucoup plus grave qu'en plein air. C'est la raison pour laquelle, en dépit des possibilités étendues d'y prévenir les incendies, on prend dans ces installations des précautions beaucoup plus poussées qu'en plein air en vue de combattre le feu. A l'intérieur, les installations contre l'incendie sont d'ailleurs beaucoup plus facile à réaliser qu'en plein air. En général les transformateurs sont montés individuellement dans des cellules séparées, qui sont complètement fermées ou peuvent être immédiatement fermées en cas d'incendie par des rideaux de fer automatiques, tandis que les installations stationnaires pour l'émission de gaz carbonique, la projection de brouillard d'eau ou de mousse entrent en action. Pour déclencher ces dispositifs automatiques il existe de nombreux appareils sensibles de surveillance ou des avertisseurs d'incendie, qui réagissent à la température, à la lumière ou au dégagement de fumée.

Les *risques d'incendie aux transformateurs de réseaux*, par quoi nous entendons les transformateurs entre tension moyenne et basse tension, doivent de leur côté être jugés un peu différemment que ceux qui menacent les grands transformateurs.

La mise en jeu de relais et de couplages de protection, mentionnés au chapitre précédent, n'entre que très rarement en considération pour ces petites unités de moins de 800 kVA environ, parce que dans la règle ces transformateurs ne sont protégés que par des fusibles et non par des interrupteurs automatiques. En outre il s'agit le plus souvent de transformateurs ouverts, c'est-à-dire sans réservoir d'expansion. Par conséquent, dans ces transformateurs, il y a toujours au-dessus du niveau d'huile une quantité plus ou moins grande d'air. Ainsi, lorsque des

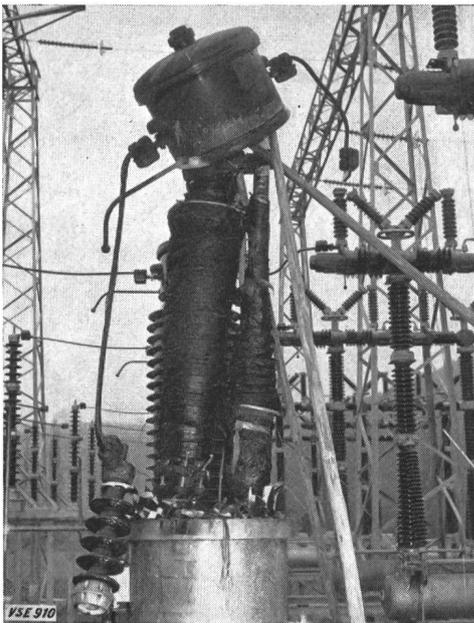


Fig. 11

Explosion d'un transformateur de mesure à 220 kV dans la station en plein air de Mühleberg

gaz se dégagent par dissociation à la suite d'étincelles, l'oxygène nécessaire pour former avec eux un mélange détonant est généralement présent. Il faut s'attendre avant tout à des explosions quand les transformateurs sont insuffisamment remplis d'huile et que les parties sous tension ne sont pas entièrement immergées. Il est donc recommandable de contrôler régulièrement le niveau de l'huile et de compenser à temps les déficits. Les éclatements d'étincelles sont toujours encore relativement fréquents aux transformateurs de réseaux aériens, ce qui occasionnellement peut aussi provoquer des explosions. Cependant, même si cela arrive, un incendie du transformateur ou de l'huile est peu probable à cause de sa faible inflammabilité.

Ces 30 dernières années il s'est produit dans tout le domaine desservi par les FMB 715 dommages à des transformateurs de réseaux, consécutifs à des orages. Et pourtant il n'y eut d'incendie en aucun cas.

La moyenne quinquennale des dommages annuels, rapportée à 1000 postes de transformateurs, est tombée au cours de ces 30 dernières années d'environ 31 à près de la moitié, soit 16 avaries pour 1000 stations et par année (fig. 7). En d'autres termes: alors que durant la période 1927—1932, en moyenne une station sur 32 accusait un défaut de transformateur par année, de 1952 à 1957 seule une station sur 62 était atteinte.

Même en considérant que la fréquence des orages varie beaucoup d'une année à l'autre, il est néanmoins permis de conclure de ces chiffres que l'amélioration de la construction des transformateurs et la protection croissante contre les surtensions ont porté leurs fruits.

Il est difficile d'admettre que des transformateurs de réseaux puissent prendre feu par surcharge, s'ils sont convenablement assurés et surveillés. On peut donc sans inconvénient renoncer à des mesures spéciales contre une combustion spontanée éventuelle

de tels transformateurs, ou même aux dispositifs stationnaires d'extinction. Dans les bâtiments il semble toutefois opportun de placer le transformateur de telle façon que l'huile qui pourrait s'en échapper ne puisse pas se répandre trop loin, mais soit recueillie dans un puits (fig. 8).

Il est pratiquement possible sans frais supplémentaires de dimensionner les caniveaux d'accès ordinaires sous les transformateurs de telle sorte qu'ils soient à même de recueillir toute l'huile des transformateurs installés.

Nous avons signalé plus haut la possibilité d'utiliser des huiles incombustibles, mais cette éventualité n'entre en considération que dans des cas spéciaux.

#### Transformateurs de mesure

Pour les *transformateurs de mesure*, les conditions sont analogues à celles des transformateurs de réseaux. Le plus souvent il n'est pas possible non plus de protéger ces appareils par des relais, des dispositifs de surveillance et des interrupteurs. En outre les transformateurs d'intensité ne peuvent être munis de fusibles et les coupe-circuit des transformateurs de potentiel ne sont pas toujours efficaces. Par conséquent, comme ils ne sont pas déclenchés lors de défauts d'isolement, tels que court-circuit à la terre, entre spires ou entre phases, les explosions de transformateurs de mesure à huile sont relativement plus fréquentes que chez les transformateurs de puissance. Et comme ils contiennent relativement peu d'huile, ils prennent feu aussi plus rapidement, parce que l'huile et les enroulements s'échauffent rapidement par suite du retard au déclenchement (fig. 9).

Les *groupes de mesure dans les installations à haute tension* contiennent plusieurs centaines de litres d'huile et peuvent provoquer par explosion des incendies assez considérables.

Ce que nous avons dit précédemment est valable à plus forte raison pour les transformateurs de mesure isolés à l'huile: ils seront placés de façon à ne pas affecter d'autres objets, si jamais ils viennent à prendre feu. La fig. 10 illustre le montage à l'épreuve du feu de transformateurs de mesure de 220 kV dans la station en plein air de Mühleberg, et la fig. 11 montre un de ces appareils ayant fait explosion. Grâce à sa position au-dessus d'un lit de gravier, l'huile en feu fut absorbée par celui-ci sans causer d'autres dommages.

Une explosion analogue d'un transformateur de mesure de 220 kV, ayant provoqué un incendie d'huile, s'est produite tout récemment à la station en plein air de Riddes en Valais. Le feu ne put pas être maîtrisé par des extincteurs manuels, mais au bout de quelques minutes avec de l'eau.

Des dispositifs stationnaires d'extinction promettraient sans doute un succès plus rapide, mais cette dépense ne me paraît pas justifiée parce que, comme je l'ai dit, de tels incendies éclatent par explosion et que l'appareil lui-même est de ce fait généralement détruit, même si l'extinction est menée à bien instantanément (fig. 2). C'est le cas de citer ici le distique fameux de Wilhelm Busch: «Hier sieht man seine Trümmer rauchen, der Rest ist nicht mehr zu gebrauchen» (ce qu'on peut tra-

duire à peu près ainsi: «Désastre! Tout part en fumée; rien de sauf dans la maisonnée»).

Tandis qu'on a développé ces dernières années, pour les transformateurs de mesure dans les réseaux à tension moyenne, des types noyés dans une masse isolante solide, des constructions analogues pour les installations à très haute tension, bien qu'à l'étude depuis longtemps, ne sont à ma connaissance pas encore en vente à l'heure actuelle.

### Disjoncteurs

*Certains dangers subsistent toujours encore dans les disjoncteurs* où l'huile sert non seulement d'isolant, mais aussi à éteindre l'arc. Les explosions de disjoncteurs et les incendies d'huile sont rares, mais redoutés à juste titre, dans l'exploitation des entreprises électriques.

Dans les *disjoncteurs à huile* traditionnels, le gaz produit par l'arc de rupture peut former un mélange détonant avec l'air et faire sauter l'appareil, ou tout au moins causer des projections d'huile. Ce danger est particulièrement aigu lorsque le disjoncteur est insuffisamment rempli d'huile, ou lorsque des perturbations mécaniques empêchent l'ouverture complète du circuit, ou bien la ralentissent. Si l'arc de rupture ne s'éteint pas instantanément, il se dégage sur-le-champ une quantité de gaz considérable, qui peut déjà par elle-même faire sauter la cuve et favoriser l'explosion par projection d'huile (fig. 13 et 14).

L'inflammation des gaz a lieu dans la règle par l'arc de rupture lui-même (effet de cheminée), mais l'explosion ne provoque pas nécessairement toujours un incendie. Il y a spécialement danger d'incendie là où l'huile est déjà réchauffée au moment de l'explosion, soit par un contact défectueux, soit par un déclenchement ralenti allant de pair avec un plus grand dégagement de chaleur. Les disjoncteurs à puissance de rupture insuffisante constituent dans toute installation une source de danger.

*A l'intérieur des bâtiments*, les *disjoncteurs à huile* doivent absolument être placés dans des cellules individuelles, de façon que l'huile projetée puisse s'écouler rapidement n'importe quand et que,

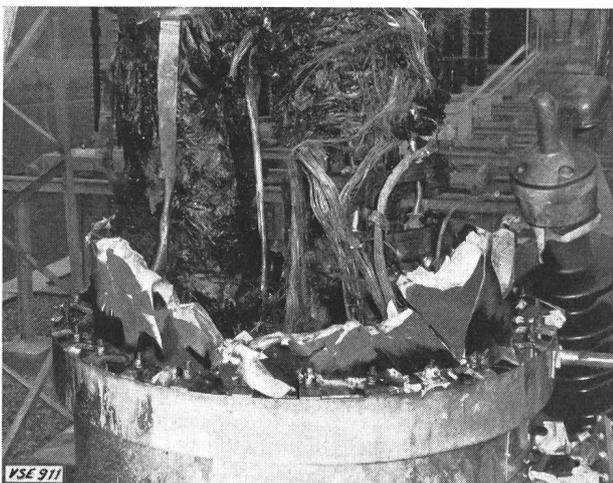


Fig. 12

Détails du transformateur à 220 kV ayant fait explosion (fig. 11)

même si elle prend feu, elle ne puisse provoquer aucun incendie plus étendu.

Les *disjoncteurs à faible volume d'huile* peuvent faire explosion également, si leur puissance de rupture est insuffisante. Bien que la contenance d'huile par phase ne soit que de quelques litres (10 à 50 kg), une telle explosion peut entraîner des destructions imprévisibles, ainsi que l'a prouvé, il y a trois ans, l'explosion d'une phase de disjoncteur à 16 kV à la sous-station de Mâche, dont les portes et fenêtres volèrent en éclats. Mais il n'y eut pas d'incendie.

Les incendies provoqués par des disjoncteurs sont toujours accompagnés d'une explosion et il est facile d'en limiter les effets par une construction appropriée. A mon avis, ici également les installations stationnaires pour combattre le feu ne servent à rien. Les disjoncteurs à huile n'entrent plus en considération pour les installations nouvelles, ceci de façon générale déjà depuis des années, et dans les installations existantes on les élimine peu à peu à la première occasion, lors d'agrandissements ou autres modifications. Par là, les dangers d'incendie dus aux disjoncteurs ont considérablement régressé et ils peuvent être réduits à un minimum en augmentant la puissance de rupture en court-circuit, comme en remplaçant les vieux appareils par des disjoncteurs à jet d'huile ou à air comprimé. A cause de leur dissociation sous l'effet de l'arc, les diphényles chlorés incombustibles sont exclus pour les disjoncteurs.

*Non seulement les disjoncteurs de puissance*, mais en cas de fausses manœuvres les sectionneurs peuvent également provoquer des incendies. Les sectionneurs devraient non seulement ne pas être actionnés en charge, mais encore être disposés de telle sorte qu'une fausse manœuvre ne puisse donner naissance à un incendie généralisé (fig. 15).

### La lutte contre l'incendie dans les installations électriques

Les démonstrations de ce matin <sup>2)</sup> se proposaient deux objets. Elles devaient montrer d'abord l'effet, la mise en jeu et les limites d'efficacité des différents agents extincteurs. Elles devaient d'autre part mettre à l'épreuve l'efficacité des mesures de construction, du lit de gravier sous les disjoncteurs à huile, pour empêcher la propagation du feu à une grande surface. Toutefois, par égard aux dommages menaçant le sol et pour limiter le suintement d'huile, il a fallu restreindre, lors du dernier essai, l'extension de la nappe enflammée à une superficie relativement faible d'environ 100 m<sup>2</sup>.

Dans nos installations électriques, il faut aussi veiller spécialement à ce que l'huile qui s'échappe de l'objet endommagé ne pénètre pas dans les caniveaux de câbles et ne puisse, en les longeant, mettre le feu à d'autres objets. Pour montrer une transmission de ce genre, la surface avoisinant le second disjoncteur à huile explosé était reliée au bassin d'huile de 1700 litres de contenance environ, utilisé pour les premiers essais, par deux caniveaux de 7 m de longueur.

On se proposait en outre de réaliser par les démonstrations l'éclatement presque toujours instantané d'un incendie d'installation électrique. Pour

<sup>2)</sup> Voir Bull. ASE, t. 49(1958), n° 19, p. 937...941.

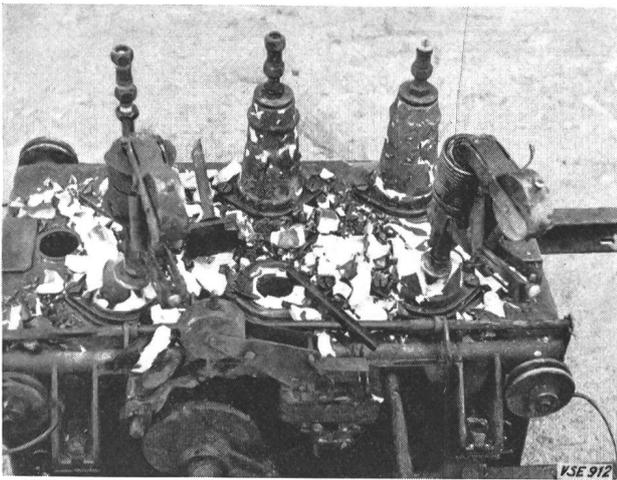


Fig. 13  
Vieux disjoncteur à huile 16 kV détruit

cela il était inévitable d'activer quelque peu le foyer, en ajoutant des matériaux plus aisément inflammables et des cartouches de phosphore aux quelque 650 litres d'huile de transformateur des deux disjoncteurs à 50 kV, sinon il n'eût pas été possible de provoquer un allumage initial correspondant à l'intensité d'un coup de foudre ou d'un court-circuit, car un chauffage préalable était exclu.

Le fait que les incendies dans les installations électriques ne se développent en général pas lentement, mais éclatent subitement sous forme d'explosion, doit être pris en considération tant pour prévenir que pour combattre le feu. Pour toutes ces mesures les conditions locales jouent un rôle considérable. Les dispositions à prendre, l'organisation de la lutte contre le feu et le matériel à mettre en œuvre seront très différents, selon qu'il s'agira d'une installation disposant d'un nombreux personnel, de quelques hommes ou d'un poste non desservi, d'une installation urbaine ou située à proximité immédiate d'une grande ville avec sapeurs-pompiers professionnels, ou bien d'un objet situé à l'écart de localités importantes, selon qu'on pourra profiter ou non d'un réseau d'eau puissant à haute pression, et naturellement aussi selon qu'il s'agira d'installations en caverne, à l'intérieur de bâtiments ou en plein air.

En général, dans les centrales et les sous-stations, il y a très peu de personnel disponible, en tout cas en dehors des heures de travail ordinaires. En cas d'incendie, qui éclate dans la règle en relation avec une perturbation dans le réseau ou les machines, ces quelques hommes sont accaparés avant tout par les couplages et autres fonctions en vue de supprimer la perturbation, de sorte qu'ils ne sauraient combattre immédiatement un foyer d'incendie. Les extincteurs courants peuvent se prêter à la lutte contre un début d'incendie. Mais ils ont tous l'inconvénient que leur durée d'action est très limitée et que leur efficacité diminue avec le temps d'utilisation, pour ne pas tarder à s'épuiser. Si l'intensité du feu dépasse la capacité d'extinction des appareils, l'homme se trouve très vite les mains vides en face d'un foyer qui s'étend et peut ainsi avoir perdu de précieuses minutes pour donner l'alarme et mettre en œuvre une action efficace.

Les becs pour la projection de brouillard d'eau, ainsi que les extincteurs à mousse nécessitent une distribution hydraulique puissante, d'eau moins 6 à 8 kg/cm<sup>3</sup> de pression. Là où existe un tel réseau, avec des hydrants judicieusement placés et suffisamment de tuyaux flexibles et de vaporisateurs, son utilisation correcte donne toutes les chances de combattre efficacement l'incendie. Il ne faut pas oublier toutefois que l'effet des dispositifs d'extinction peut être sensiblement moindre, lorsqu'ils sont maniés par des novices plutôt que par des pompiers de profession entraînés.

Monsieur Hubacher, ingénieur, commandant du corps des sapeurs-pompiers de la ville de Berne, parlera ensuite en détail de ces questions, ce qui me dispense de m'y arrêter ici. En revanche, nous allons encore brièvement examiner la question:

#### *Est-il permis ou non d'éteindre sous tension?*

Pour répondre à cette question, qu'il me soit permis de rappeler les essais d'extinction exécutés en 1935 par la Station d'essai des matériaux de l'ASE, sur l'ordre de la commission de l'ASE et de l'UCS pour la protection contre l'incendie. Ces essais sont décrits au Bulletin ASE 1935, p. 472...477, auquel je renvoie expressément le lecteur.

Le rapport en question signale que, sur la base de nombreux essais, le tétrachlorure de carbone et l'acide carbonique peuvent être considérés comme non conducteurs.

Pour essayer les extincteurs à mousse, on aspergea une plaque métallique accusant 20 à 100 kV contre la terre. Sous la tension de 100 kV il ne fut toutefois pas possible de diriger un jet compact sur la plaque. On n'y arriva, et encore seulement par intermittences, qu'avec une tension réduite à 50 kV et à la distance de 1 m seulement.

On a répété les mêmes essais avec de l'eau comme agent extincteur. A 2 m de distance de la plaque maintenue sous 100 kV, le courant à travers le jet

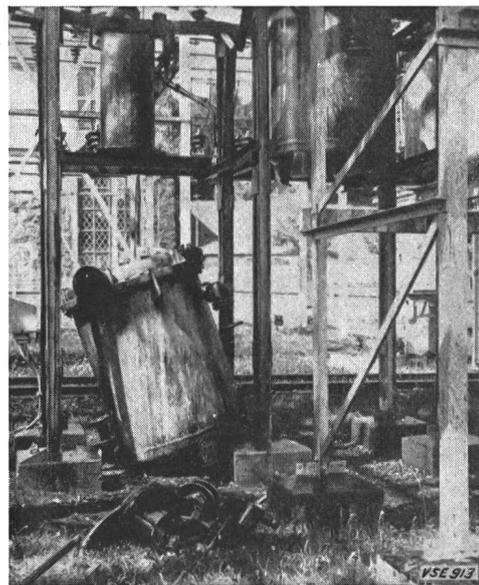


Fig. 14  
Disjoncteur à huile de 50 kV détruit par suite de puissance de coupure trop faible

liquide compact mesurait environ 0,1 mA. A 1 m de distance et avec un jet compact, le courant atteignit momentanément 1,1 mA. En arrosant la plaque d'eau pulvérisée, aucun courant mesurable ne put être décelé.

Le réglage du bec et l'arrosage furent possibles sans que l'opérateur ressente la moindre électrisation.

La résistance diélectrique fut naturellement amoindrie par l'arrosage. Avec l'usage de la mousse, des décharges disruptives se produisirent lorsque l'isolateur soutenant la plaque fut recouvert de mousse.

Se basant sur les résultats de ces essais, qui furent d'ailleurs confirmés par des recherches analogues exécutées en Allemagne, en Angleterre et avec une minutie spéciale en France (voir aussi Bull. ASE 1934), le rapport conclut que l'extinction sous tension peut être considérée comme sans danger, à condition que l'opérateur ne vienne pas directement en contact avec des parties sous tension.

A la question de savoir si une installation sous tension peut être éteinte sans danger, il est répondu comme suit dans le résumé des résultats d'essais :

1. Un danger objectif pour l'opérateur, dû à la conductivité électrique de l'agent extincteur, n'existe en aucun cas.

2. L'agent extincteur peut amorcer des courts-circuits entre phases ou à la terre lors de l'emploi d'extincteurs à mousse, si la mousse recouvre entièrement la surface des isolateurs; ce danger est pratiquement inexistant avec de l'eau; l'acide carbonique et le tetrachlorure de carbone sont des isolants parfaits.

3. Le danger subjectif de toucher par hasard des parties sous tension est naturellement toujours latent; c'est peut-être l'argument décisif contre toute tentative d'extinction dans une installation sous tension.

Pour être complet, mentionnons encore que le bicarbonate de soude en poudre sèche peut être considéré aussi comme non conducteur. Diluée dans l'eau, la soude se comporte comme la mousse et risque de provoquer des décharges par contournement.

Etant donné l'extrême rareté des incendies dans les installations électriques et que, de plus, les parties en feu peuvent la plupart du temps être déclenchées rapidement, on eut heureusement jusqu'ici très peu l'occasion d'exercer pratiquement l'extinction d'installations sous tension. Elle n'aurait d'ailleurs de sens que là où il resterait quelque chose à sauver. Pour éteindre les restes fumants d'objets pratiquement inutilisables après une explosion suivie d'incendie, il ne vaut pas la peine de courir le risque d'entrer en contact avec des organes sous tension. Dans tous les cas, seuls des électriciens familiarisés avec les lieux seraient qualifiés pour entreprendre cette action.

Si, lors d'incendies à l'intérieur de bâtiments (spécialement des incendies d'huile), on ne peut pas compter sur l'intervention immédiate du groupe des gaz d'un corps professionnel de sapeurs-pompiers, il faut constituer un tel groupe parmi le personnel

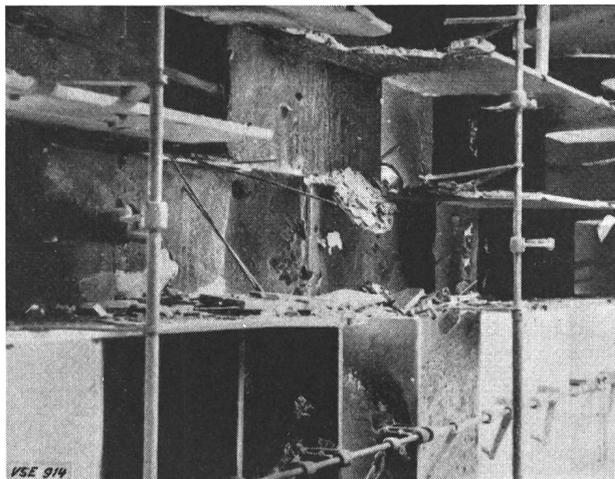


Fig. 15

Sectionneurs de barres à 16 kV ouverts en charge!

propre, l'instruire et l'exercer périodiquement. Les appareils pour la respiration en circuit fermé, à air comprimé, etc. ne peuvent remplir leur office durant la lutte contre le feu dans des locaux remplis de gaz et de fumée, que si les hommes qui en sont équipés en possèdent le maniement et peuvent se fier absolument à leur fonctionnement.

Malgré cela, même où il existe des équipes spéciales d'extinction munies de masques à gaz, elles devraient toujours être organisées et entraînées en collaboration avec les équipes locales de pompiers. Il est certainement utile, en effet, que les pompiers du lieu connaissent en quelque sorte les installations électriques de leur district.

Je rappellerai en terminant qu'il devrait aller de soi — lors de travaux impliquant des risques accrus d'incendie, comme p. ex. lors des revisions périodiques de transformateurs, transformateurs de mesure et disjoncteurs, en chauffant et en filtrant l'huile, etc. — qu'il ne faut pas attendre qu'un incendie éclate, mais prendre déjà d'avance les mesures de sécurité qui s'imposent. En l'occurrence on veillera à ce que les locaux pour la réparation des transformateurs puissent être séparés des locaux adjacents par des portes réfractaires ou des rideaux de fer. Une canalisation sera prévue pour évacuer vers un puits destiné à recueillir l'huile pouvant s'échapper du transformateur. Avant de se mettre au travail on préparera l'équipement extincteur et protecteur contre les gaz.

Le précepte «prévenir vaut mieux que guérir» est valable tout spécialement pour la protection contre l'incendie des installations électriques.

Ces considérations, avec les démonstrations faites pour les illustrer, ne sauraient donner une image complète de tous les points de vue à prendre en considération. Elles visent avant tout à vous inciter à un examen critique de vos propres installations quant aux possibilités d'incendie, puis à faciliter le choix des mesures préventives et des moyens les plus convenables pour lutter contre le feu.

Adresse de l'auteur:

M. Grossen, ing., chef d'exploitation aux Forces Motrices Bernoises S. A., Berne.

## Communications de nature économique

### Production et consommation d'énergie électrique en Allemagne Occidentale en 1956

Des statistiques de la production et de la consommation d'énergie électrique en Allemagne Occidentale en 1956 et des statistiques annuelles de l'Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Electrique, nous extrayons les données suivantes.

Comparaison simplifiée des bilans 1955 et 1956  
Tableau I

|  | 1955<br>GWh   | 1956<br>GWh   | Variation<br>% |
|--|---------------|---------------|----------------|
| <i>Energie produite nette:</i>   |               |               |                |
| Services publics . . . . .   | 44 206        | 49 249        | + 11,4         |
| Autoproducteurs . . . . .  | 28 049        | 31 011        | + 10,6         |
| <b>Total</b>   | <b>72 255</b> | <b>80 260</b> | <b>+ 11,1</b>  |
| Energie importée de l'étranger . .   | 2 946         | 3 353         | + 13,8         |
| Energie exportée à l'étranger . .  | -1 710        | -2 050        | + 19,9         |
| <b>Energie totale fournie pour la consommation dans le pays . . . . .</b>  | <b>73 491</b> | <b>81 563</b> | <b>+ 11,0</b>  |
| <i>Consommation industrie et traction</i>  |               |               |                |
| Consommation éclairage public, commerciale et domestique, autres usages domestiques, petite force motrice industrielle artisanale et agricole, consommation propre des entreprises . . . . . | 52 234        | 57 353        | + 9,8          |
| <b>Total</b>   | <b>14 652</b> | <b>16 858</b> | <b>+ 15,1</b>  |
| <b>Energie absorbée par les pompes</b>   | <b>1 218</b>  | <b>1 394</b>  | <b>+ 14,4</b>  |
| <b>Energie perdue dans les réseaux</b>   | <b>5 387</b>  | <b>5 958</b>  | <b>+ 10,6</b>  |
| <b>Total général</b>   | <b>73 491</b> | <b>81 563</b> | <b>+ 11,0</b>  |

Le tableau I donne une comparaison simplifiée des bilans 1955 et 1956. Ce tableau montre que l'énergie totale fournie pour la consommation dans le pays a augmenté en 1956 de 11,0% par rapport à 1955 (81 563 GWh contre 73 491 GWh). Cette augmentation avait été de 11,4% en 1955 par rapport à 1954. Le fort accroissement de la consommation d'énergie électrique en Allemagne Occidentale durant 1956 est la cause d'une conjoncture économique très favorable. Toutefois l'extension économique a diminué d'intensité. Comme la production industrielle est un des principaux facteurs pour la consommation d'énergie électrique, le taux d'accroissement de la production industrielle influence fortement le développement de la consommation d'énergie électrique. Comme le montre le tableau I la consommation «industrie et traction» s'est accrue de 9,8% par rapport à l'année précédente; la consommation de l'industrie proprement dite a augmenté de 10,0%, taux qui est en-dessous de celui de 12,4% constaté en 1955 par rapport à 1954. La consommation du groupe «éclairage public, commercial et domestique, autres usages domestiques, petite force motrice industrielle artisanale et agricole, consommation propre des entreprises» a augmenté de 15,1%; cette augmentation avait été de 12,5% en 1955.

L'hydraulicité de l'année 1956 fut favorable dans l'ensemble. De 11 815 GWh en 1955 la production hydraulique

Production d'énergie en 1956  
Classement d'après la nature de l'industrie  
Tableau II

| Nature de l'industrie  | Production nette |                    |               |              |
|--|------------------|--------------------|---------------|--------------|
|  | thermique<br>GWh | hydraulique<br>GWh | totale        |              |
|  |                  |                    | GWh           | %            |
| Services publics électriques                                   | 38 267           | 10 982             | 49 249        | —            |
| Autoproducteurs:   |                  |                    |               |              |
| Industrie minière . . . . .                                    | 13 999           | 65                 | 14 064        | 45,3         |
| Industrie sidérurgique . . .                                   | 3 958            | 25                 | 3 983         | 12,8         |
| Industries électrochimiques et électrométallurgiques . . . . . | 4 752            | 605                | 5 357         | 17,3         |
| Chemins de fer électriques et tramways . .                     | 425              | 372                | 797           | 2,6          |
| Industries de la fibre de bois et du papier . . . . .          | 1 768            | 219                | 1 987         | 6,4          |
| Industries diverses . . . . .                                  | 4 317            | 506                | 4 823         | 15,6         |
| <b>Total</b>   | <b>29 219</b>    | <b>1 792</b>       | <b>31 011</b> | <b>100,0</b> |
| <b>Total général</b>   | <b>67 486</b>    | <b>12 774</b>      | <b>80 260</b> | <b>—</b>     |

est passée à 12 774 GWh en 1956 (voir tableau II), ce qui correspond à une augmentation de 8,1%. La production thermique est passée de 60 440 GWh en 1955 à 67 486 GWh en 1956 (voir tableau II), en augmentation de 11,7%. La participation des centrales thermiques à la production globale d'énergie était égale à celle de l'année précédente, soit de 84%.

Du tableau II, qui donne la production d'énergie en 1956 classée selon la nature de l'industrie, on déduit, d'autre part, que la production des services publics a atteint 61,4% de la production totale, le reste étant produit par les autoproducteurs. Relevons enfin que l'industrie minière et l'industrie sidérurgique produisent ensemble 58,2% de l'énergie produite par les autoproducteurs.

Production d'énergie thermique par les services publics en 1956

Classement d'après la nature du combustible utilisé

Tableau III

| Nature du combustible           | Energie produite |              |
|---------------------------------|------------------|--------------|
|                                 | GWh              | %            |
| Charbon <sup>1)</sup> . . . . . | 20 351           | 53,2         |
| Diesel . . . . .                | 6                | —            |
| Lignite <sup>1)</sup> . . . . . | 17 910           | 46,8         |
| <b>Total</b>                    | <b>38 267</b>    | <b>100,0</b> |

<sup>1)</sup> Les combustibles liquides ou gazeux sont compris dans ces chiffres, car ils ne servent que pour chauffage de pointe.

Le tableau III classe la production d'énergie thermique par les services publics en 1956 d'après la nature du combustible utilisé. Sur une production thermique totale de 67 486 GWh les services publics ont produit 38 267 GWh, soit 56,7%, et les autoproducteurs 29 219 GWh, soit 43,3%. D'autre part 53,2% de l'énergie thermique fournie par les services publics ont été produit en partant du charbon et 46,8% en partant du lignite. Remarquons que la production d'énergie provenant de chaudières chauffées au moyen de combustibles liquides ou gazeux installées dans les centrales thermiques fonctionnant normalement au charbon ou au lignite — chaudières qui servent à couvrir les pointes — a été comprise dans les chiffres donnant la production à base de charbon, respectivement de lignite; il ne reste donc qu'une production pratiquement insignifiante à base de combustibles liquides (il s'agit principalement de moteurs diesel).

La puissance maximum réalisable brut des usines des services publics s'élevait le 1<sup>er</sup> janvier 1957 à 9407,2 MW (78,8%) pour les usines thermiques et 2537,5 MW (21,2%) pour les usines hydrauliques, soit 11 944,7 MW au total.

Par rapport au 1<sup>er</sup> janvier 1956, où elle était de 11 529,4 MW, la puissance maximum réalisable de l'ensemble des usines appartenant aux services publics a augmenté de 415,3 MW.

La puissance des installations nouvelles prises en service en 1956 par les services publics a été de 532,5 MW (usines hydrauliques 76,7 MW, usines thermiques 455,8 MW), la perte de puissance résultant des centrales mises hors de service ou des désaffectations étant de 114,4 MW.

D'autre part la puissance maximum réalisable s'est accrue de 42 MW par suite de la suppression de certaines limitations de puissance dans le secteur des usines thermiques. Une diminution de 44,8 MW est due à quelques corrections de chiffres.

Le tableau IV concerne la consommation d'énergie électrique en Allemagne Occidentale en 1956. Il montre que, si l'énergie produite nette totale fut de 80 260 GWh, l'énergie totale fournie à la consommation se monta à 81 563 GWh, l'excédent des importations sur les exportations ayant été de 1303 GWh. L'échange d'énergie électrique avec l'étranger s'effectua principalement avec l'Autriche et la Suisse.

Les autoproducteurs ont livré aux services publics 7356 GWh, soit 12,7% de l'énergie totale fournie par ces derniers pour la consommation dans le pays. L'énergie effectivement fournie à la consommation fut de 74 211 GWh: 1394 GWh ont été absorbés par les pompes pour l'élévation de l'eau dans les

## Consommation d'énergie électrique en 1956

Tableau IV

|  | Services publics<br>GWh | Auto-producteurs<br>GWh | Total   |       |
|--|-------------------------|-------------------------|---------|-------|
|  |                         |                         | GWh     | %     |
| Energie produite nette . . .   | 49 249                  | 31 011                  | 80 260  | —     |
| Energie fournie aux services publics par les auto-producteurs . . . . .  | + 7 356                 | - 7 356                 | —       | —     |
| Energie importée de l'étranger . . . . .   | 3 266                   | 87                      | 3 353   | —     |
| Energie exportée à l'étranger . . . . .  | - 1 998                 | - 52                    | - 2 050 | —     |
| Energie totale fournie pour la consommation dans le pays . . . . .   | 57 873                  | 23 690                  | 81 563  | —     |
| <i>Energie fournie à la consommation:</i>  |                         |                         |         |       |
| Mines de charbon . . . . .   | 690                     | 6 315                   | 7 005   | 9,4   |
| Sidérurgie . . . . .   | 3 523                   | 3 684                   | 7 207   | 9,7   |
| Electrochimie, électrometallurgie, électrothermie  | 11 504                  | 6 077                   | 17 581  | 23,7  |
| Traction . . . . .   | 1 936                   | 790                     | 2 726   | 3,7   |
| Autres industries . . . . .  | 16 819                  | 6 015                   | 22 834  | 30,8  |
| Eclairage public, commercial et domestique, autres usages domestiques, petite force industrielle artisanale et agricole, consommation propre des entreprises . . . . . | 16 858                  | —                       | 16 858  | 22,7  |
| <i>Total</i>   | 51 330                  | 22 881                  | 74 211  | 100,0 |
| Energie absorbée par les pompes pour l'élevation de l'eau dans les réservoirs . . . . .  | 1 394                   | —                       | 1 394   | —     |
| Energie perdue dans les réseaux . . . . .  | 5 149                   | 809                     | 5 958   | —     |
| <i>Total général</i>   | 57 873                  | 23 690                  | 81 563  | —     |

réservoirs et 5958 GWh (7,3 % du total) ont été perdus dans les réseaux. Si l'on considère la répartition selon les divers consommateurs de l'énergie fournie à la consommation, le tableau IV montre que 22,7 % ont été consommés par le groupe «éclairage public, commercial et domestique, autres usages domestiques, petite force motrice industrielle artisanale et agricole, consommation propre des entreprises», que d'autre part l'industrie a consommé 73,6 % et la traction 3,7 % de l'énergie fournie à la consommation. *Fl.*

### Les industries mécaniques et électriques européennes

Le rapport que vient de publier l'OECE décrit l'évolution économique intervenue, de 1955 à 1957, dans les industries mécaniques et électriques des pays de l'OECE et analyse les principales causes de cette évolution.

En 1956, les industries mécaniques et électriques d'Europe employaient directement plus de 8 millions de personnes (soit 7,5 % de la population active des pays Membres); à cette même époque, ces industries avaient contribué pour plus de 12 % au produit national brut (au coût des facteurs) de l'ensemble des pays Membres.

Au cours de cette même année, la valeur brute de la production de ces industries oscillait entre 41 et 43 milliards de dollars et leurs exportations à destination des pays extra-européens s'élevaient au total à presque 7 milliards de dollars.

De 1955 à 1957, les industries mécaniques et électriques d'Europe, ainsi que les principales industries connexes, ont poursuivi leur expansion. Compte tenu de l'évolution des prix, on peut estimer que la production de ces industries a progressé entre 1953 et 1957 de plus de 40 %. En 1956 et en 1957 où l'expansion générale a été nettement plus faible qu'en 1955, ce secteur industriel a cependant développé sa production beaucoup plus que l'ensemble des autres industries.

Le développement de la production et l'amélioration de la productivité ont été rendus possibles par l'importance des investissements qui se sont élevés au total, en 1956, à environ

2,6 milliards de dollars, ce qui représente environ 6,5 % du chiffre d'affaires total.

Les difficultés d'approvisionnement qui se sont produites en 1955 et pendant une certaine partie de 1956 pour certaines matières premières n'ont pas en général restreint la production des industries mécaniques et électriques. A partir de l'automne de 1956, la situation s'est améliorée et, dans l'ensemble, aucun problème grave ne s'est posé en 1957 pour les approvisionnements de matières premières ou les fournitures d'énergie électrique.

Dans la plupart des pays, les prix des produits des industries mécaniques et électriques ont monté au cours de 1955 et 1956 et cette tendance s'est poursuivie dans la plupart des pays jusqu'à l'automne de 1957. Toutefois, par rapport aux hausses subies par les coûts, ces augmentations de prix ont été relativement faibles.

L'évolution des industries mécaniques et électriques européennes peut donc, dans l'ensemble, être considérée comme satisfaisante au cours de la période allant de 1955 à 1957.

Pour ce qui concerne l'avenir, on pense, du fait même de la nécessité ressentie par les Gouvernements de prendre des mesures pour restreindre la demande et de la nature, en principe temporaire de ces mesures, que la demande européenne de produits mécaniques et électriques aura probablement tendance à poursuivre son développement. Il ne faut cependant pas négliger la répercussion que pourraient avoir sur la production européenne, certains éléments propres aux pays tiers. Il s'agit notamment de l'évolution incessante des marchés d'exportations à la suite de l'industrialisation des pays sous développés ou de l'incidence des fluctuations de prix de certaines matières (surtout ces dernières années dans le sens de la baisse) sur la demande des pays dont l'économie dépend en grande partie de l'exportation de ces produits ou encore de l'influence du niveau d'activité aux Etats-Unis.

On peut néanmoins conclure que, sous réserve de l'absence de tout changement fondamental intervenant dans la situation économique et politique générale, les perspectives d'évolution de la demande globale de produits mécaniques et électriques européens ne semblent pas défavorables et qu'en général, la demande suscitera une nouvelle augmentation de la production dans l'ensemble des industries mécaniques et électriques européennes. *Fl.*

### Le coût des réacteurs

Dans son numéro 2 (juin 1958), le Bulletin d'information du délégué aux questions atomiques reproduit quelques indications intéressantes sur les sommes qu'exige la mise au point d'un réacteur, données par Sir *Edwin Plowden*, chef de l'autorité atomique britannique, à une conférence organisée par la «Federation of British Industries». Selon l'expérience de la «British Atomic Energy Authority», il faut distinguer trois phases dans le développement d'un système donné de réacteur, qui nécessitent en tout une somme de travail égale à 1000 années d'homme pour une équipe de physiciens, d'ingénieurs et de techniciens entraînés. La première phase est consacrée à l'examen des solutions possibles; les «feasibility studies» en question sont poursuivies durant une année environ par 50...100 spécialistes. Pendant la seconde phase, d'une année également, 100...150 savants et ingénieurs étudient la meilleure construction possible dans le cadre de la solution choisie. Au cours de la troisième phase on procède aux essais expérimentaux proprement dits et l'on édifie un prototype, ce qui requiert, durant 2...3 ans environ, le travail suivi de 200 spécialistes. Dans certains cas il faut compter encore avec une durée plus longue et un nombre plus élevé de cerveaux. Après cette troisième phase on ne peut pas encore songer à exploiter commercialement l'énergie électrique produite par le réacteur. Il faut préalablement exécuter de longs essais d'exploitation avec le prototype du réacteur. Le chef de l'autorité atomique britannique estime à quelque 20 millions de livres le coût total auquel conduit le développement d'un nouveau système de réacteur, y compris les frais élevés de construction pour la mise au point d'un prototype. *Fl./Bq.*

## Production et distribution d'énergie électrique par les entreprises suisses d'électricité livrant de l'énergie à des tiers

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie électrique et l'Union des Centrales Suisses d'électricité

La présente statistique concerne uniquement les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers. Elle ne comprend donc pas la part de l'énergie produite par les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs) qui est consommée directement par ces entreprises.

| Mois               | Production et achat d'énergie |         |                      |         |   |         |                  |         |                             |         |   | Accumulation d'énergie   |         |  |         | Exportation d'énergie |         |
|--------------------|-------------------------------|---------|----------------------|---------|---|---------|------------------|---------|-----------------------------|---------|---|--|---------|--|---------|-----------------------|---------|
|                    | Production hydraulique        |         | Production thermique |         | Energie achetée aux entreprises ferroviaires et industrielles |         | Energie importée |         | Energie fournie aux réseaux |         | Différence par rapport à l'année précédente | Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois |         | Différences constatées pendant le mois — vidange + remplissage |         |                       |         |
|                    | 1956/57                       | 1957/58 | 1956/57              | 1957/58 | 1956/57   | 1957/58 | 1956/57          | 1957/58 | 1956/57                     | 1957/58 |   | 1956/57  | 1957/58 | 1956/57  | 1957/58 | 1956/57               | 1957/58 |
| en millions de kWh |                               |         |                      |         |   |         |                  |         |                             |         | %   | en millions de kWh   |         |  |         |                       |         |
| 1                  | 2                             | 3       | 4                    | 5       | 6   | 7       | 8                | 9       | 10                          | 11      | 12  | 13   | 14      | 15   | 16      | 17                    | 18      |
| Octobre ....       | 1112                          | 1035    | 6                    | 4       | 41  | 23      | 89               | 165     | 1248                        | 1227    | - 1,7                                       | 1887   | 2167    | - 110  | - 202   | 142                   | 112     |
| Novembre ..        | 988                           | 907     | 19                   | 23      | 15  | 17      | 154              | 250     | 1176                        | 1197    | + 1,7                                       | 1590   | 1895    | - 297  | - 272   | 76                    | 78      |
| Décembre ..        | 908                           | 854     | 21                   | 31      | 17  | 18      | 212              | 344     | 1158                        | 1247    | + 7,7                                       | 1241   | 1520    | - 349  | - 375   | 69                    | 86      |
| Janvier ....       | 904                           | 870     | 34                   | 31      | 20  | 21      | 253              | 345     | 1211                        | 1267    | + 4,6                                       | 813  | 1158    | - 428  | - 362   | 75                    | 89      |
| Février ....       | 808                           | 978     | 15                   | 6       | 19  | 27      | 222              | 114     | 1064                        | 1125    | + 5,7                                       | 624  | 974     | - 189  | - 184   | 69                    | 83      |
| Mars .....         | 1043                          | 1168    | 1                    | 2       | 26  | 23      | 63               | 56      | 1133                        | 1249    | +10,2                                       | 483  | 522     | - 141  | - 452   | 91                    | 81      |
| Avril .....        | 1052                          | 1054    | 3                    | 4       | 20  | 21      | 41               | 69      | 1116                        | 1148    | + 2,9                                       | 293  | 327     | - 190  | - 195   | 88                    | 75      |
| Mai .....          | 1053                          | 1322    | 17                   | 1       | 37  | 67      | 101              | 12      | 1208                        | 1402    | +16,1                                       | 323  | 1043    | + 30   | + 716   | 130                   | 258     |
| Juin .....         | 1229                          | 1387    | 3                    | 1       | 56  | 48      | 26               | 35      | 1314                        | 1471    | +12,0                                       | 1183   | 1693    | + 860  | + 650   | 243                   | 338     |
| Juillet .....      | 1453                          | 1482    | 1                    | 1       | 69  | 50      | 12               | 53      | 1535                        | 1586    | + 3,3                                       | 1746   | 2505    | + 563  | + 812   | 371                   | 402     |
| Août .....         | 1312                          |         | 0                    |         | 68  |         | 13               |         | 1393                        |         |   | 2232   |         | + 486  |         | 256                   |         |
| Septembre ..       | 1092                          |         | 1                    |         | 51  |         | 66               |         | 1210                        |         |   | 2369 <sup>1)</sup>   |         | + 137  |         | 153                   |         |
| Année .....        | 12954                         |         | 121                  |         | 439   |         | 1252             |         | 14766                       |         |   |  |         |  |         | 1763                  |         |
| Oct.-Mars ..       | 5763                          | 5812    | 96                   | 97      | 138   | 129     | 993              | 1274    | 6990                        | 7312    | + 4,6                                       |  |         | -1514  | -1847   | 522                   | 529     |
| Avril-Juillet .    | 4787                          | 5245    | 24                   | 7       | 182   | 186     | 180              | 169     | 5173                        | 5607    | + 8,4                                       |  |         | +1263  | +1983   | 832                   | 1073    |

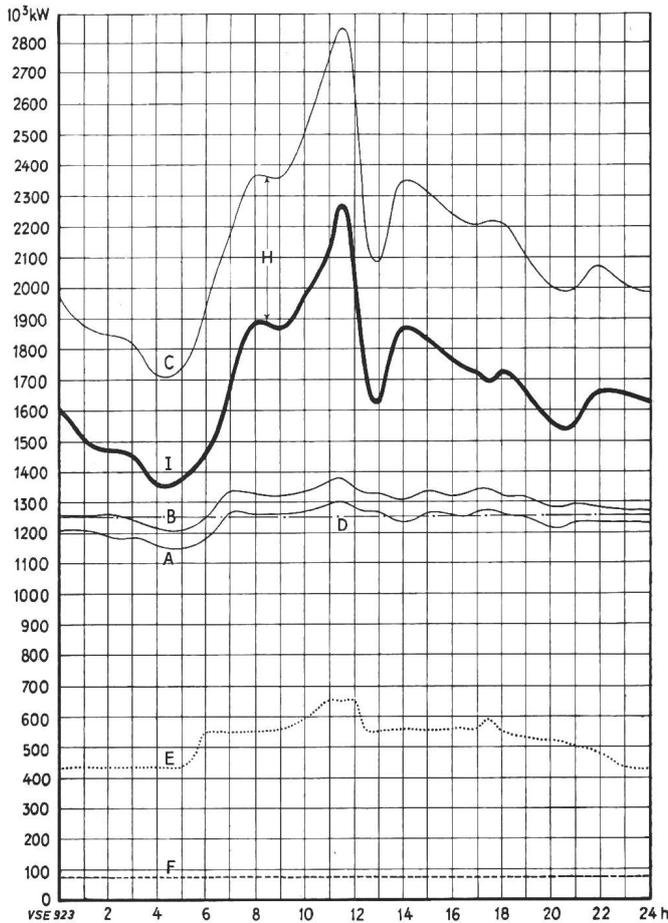
| Mois               | Distribution d'énergie dans le pays |         |           |         |                                     |         |                                      |         |          |         |  | Consommation en Suisse et perte <sup>2)</sup> |                                   |         |                            |                                   |         |
|--------------------|-------------------------------------|---------|-----------|---------|-------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|----------|---------|--|---|-----------------------------------|---------|----------------------------|-----------------------------------|---------|
|                    | Usages domestique et artisanat      |         | Industrie |         | Electrochimie, métallurgie, thermie |         | Chaudières électriques <sup>1)</sup> |         | Traction |         | Pertes et énergie de pompage <sup>3)</sup> |   | sans les chaudières et le pompage |         | Différence % <sup>3)</sup> | avec les chaudières et le pompage |         |
|                    | 1956/57                             | 1957/58 | 1956/57   | 1957/58 | 1956/57                             | 1957/58 | 1956/57                              | 1957/58 | 1956/57  | 1957/58 | 1956/57                                    | 1957/58                                       | 1956/57                           | 1957/58 |                            | 1956/57                           | 1957/58 |
| en millions de kWh |                                     |         |           |         |                                     |         |                                      |         |          |         |  |   |                                   |         |                            |                                   |         |
| 1                  | 2                                   | 3       | 4         | 5       | 6                                   | 7       | 8                                    | 9       | 10       | 11      | 12   | 13  | 14                                | 15      | 16                         | 17                                | 18      |
| Octobre ....       | 501                                 | 523     | 202       | 218     | 173                                 | 169     | 17                                   | 14      | 73       | 55      | 140  | 136   | 1083                              | 1099    | + 1,5                      | 1106                              | 1115    |
| Novembre ..        | 521                                 | 540     | 204       | 217     | 155                                 | 153     | 5                                    | 4       | 71       | 65      | 144  | 140   | 1091                              | 1110    | + 1,7                      | 1100                              | 1119    |
| Décembre ..        | 538                                 | 582     | 193       | 209     | 136                                 | 144     | 4                                    | 3       | 74       | 73      | 144  | 150   | 1080                              | 1151    | + 6,6                      | 1089                              | 1161    |
| Janvier ....       | 565                                 | 586     | 212       | 214     | 133                                 | 138     | 4                                    | 3       | 68       | 81      | 154  | 156   | 1128                              | 1164    | + 3,2                      | 1136                              | 1178    |
| Février ....       | 479                                 | 512     | 191       | 190     | 128                                 | 131     | 5                                    | 5       | 63       | 69      | 129  | 135   | 983                               | 1025    | + 4,3                      | 995                               | 1042    |
| Mars .....         | 495                                 | 570     | 197       | 208     | 153                                 | 170     | 8                                    | 6       | 60       | 76      | 129  | 138   | 1026                              | 1160    | +13,1                      | 1042                              | 1168    |
| Avril .....        | 462                                 | 506     | 187       | 195     | 182                                 | 182     | 18                                   | 9       | 52       | 55      | 127  | 126   | 1004                              | 1060    | + 5,6                      | 1028                              | 1073    |
| Mai .....          | 489                                 | 484     | 203       | 191     | 178                                 | 180     | 22                                   | 60      | 47       | 55      | 139  | 174   | 1044                              | 1044    | ± 0                        | 1078                              | 1144    |
| Juin .....         | 441                                 | 463     | 187       | 193     | 170                                 | 169     | 61                                   | 84      | 52       | 56      | 160  | 168   | 969                               | 1017    | + 4,9                      | 1071                              | 1133    |
| Juillet .....      | 444                                 | 468     | 190       | 194     | 184                                 | 180     | 108                                  | 99      | 64       | 59      | 174<br>(33)                                | 184<br>(28)                                   | 1023                              | 1057    | + 3,3                      | 1164                              | 1184    |
| Année .....        | 5871                                |         | 2352      |         | 1948                                |         | 354                                  |         | 745      |         | 1733<br>(166)                              |   | 12483                             |         |                            | 13003                             |         |
| Oct.-Mars ..       | 3099                                | 3313    | 1199      | 1256    | 878                                 | 905     | 43                                   | 35      | 409      | 419     | 840<br>(34)                                | 855<br>(39)                                   | 6391                              | 6709    | + 5,0                      | 6468                              | 6783    |
| Avril-Juillet .    | 1836                                | 1921    | 767       | 773     | 714                                 | 711     | 209                                  | 252     | 215      | 225     | 600<br>(92)                                | 652<br>(104)                                  | 4040                              | 4178    | + 3,4                      | 4341                              | 4534    |

<sup>1)</sup> Chaudières à électrodes.

<sup>2)</sup> Les chiffres entre parenthèses représentent l'énergie employée au remplissage des bassins d'accumulation par pompage

<sup>3)</sup> Colonne 15 par rapport à la colonne 14.

<sup>4)</sup> Energie accumulée à bassins remplis: Sept. 1957 = 2739 · 10<sup>6</sup> kWh.



**Diagramme de charge journalier du mercredi**  
**(Entreprises livrant de l'énergie à des tiers)**  
**mercredi 16 juillet 1958**

**Légende:**

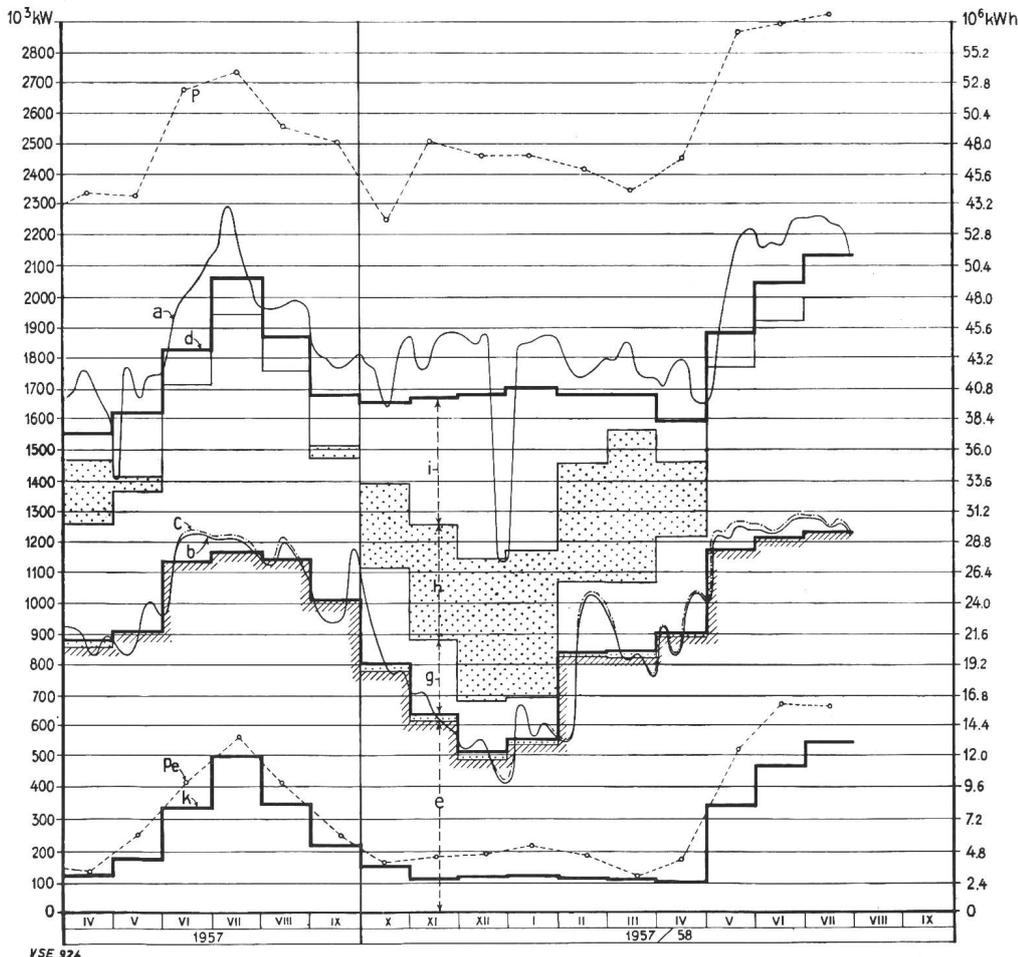
- 1. Puissances disponibles:** 10<sup>8</sup> kW  
 Usines au fil de l'eau, par débits naturels (0-D) 1256  
 Usines à accumulation saisonnière (à bassins remplis) . . . . . 2370  
 Puissance totale des usines hydrauliques . . . . . 3626  
 Réserve dans les usines thermiques . . . . . 155

- 2. Puissances constatées:**  
 0-A Usines au fil de l'eau (y compris usines à accumulation journalière et hebdomadaire).  
 A-B Usines thermiques et achats aux CFF et aux autoproducteurs industriels.  
 B-C Usines à accumulation saisonnière.  
 0-I Consommation dans le pays.  
 0-E Energie exportée.  
 0-F Energie importée.  
 G Excédent d'importation.  
 H Excédent d'exportation.

**3. Production d'énergie** 10<sup>6</sup> kWh

|  |             |
|--|-------------|
| Usines au fil de l'eau . . . . .                   | 30,0        |
| Usines à accumulation saisonnière . . . . .        | 20,8        |
| Usines thermiques . . . . .                        | 0           |
| Livraisons des usines des CFF et de l'industrie    | 1,2         |
| Importation . . . . .                              | 1,8         |
| <b>Total du mercredi 16 juillet 1958 . . . . .</b> | <b>53,8</b> |
| Total du samedi 19 juillet 1958 . . . . .          | 48,9        |
| Total du dimanche 20 juillet 1958 . . . . .        | 40,0        |

- 4. Consommation d'énergie**  
 Consommation dans le pays . . . . . 41,3  
 Energie exportée . . . . . 12,5



**Production du**  
**mercredi et pro-**  
**duction mensuelle**  
**des entreprises**  
**livrant de l'énergie**  
**à des tiers**

**Légende:**

- 1. Puissances maxima:** pour le 3<sup>e</sup> mercredi  
**P** de la production totale;  
**P<sub>e</sub>** de l'exportation.  
**2. Production du mercredi** (puissance moyenne ou quantité d'énergie)  
**a** totale;  
**b** effective d. usines au fil de l'eau;  
**c** possible d. usines au fil de l'eau.  
**3. Production mensuelle** (puissance moyenne mensuelle ou quantité journalière moyenne d'énergie)  
**d** totale;  
**e** des usines au fil de l'eau par les apports naturels;  
**f** des usines au fil de l'eau par les apports provenant de bassins d'accumulation;  
**g** des usines à accumulation par les apports naturels;  
**h** des usines à accumulation par prélèvement s. les réserves accumul.;  
**i** des usines thermiques, achats aux entreprises ferrov et indust. import.;  
**k** exportation;  
**d-k** consommation dans le pays.

## Production et consommation totales d'énergie électrique en Suisse

Communiqué par l'Office fédéral de l'économie électrique

Les chiffres ci-dessous concernent à la fois les entreprises d'électricité livrant de l'énergie à des tiers et les entreprises ferroviaires et industrielles (autoproducteurs).

| Mois            | Production et importation d'énergie |         |                      |         |                  |         |                                 |         |   |  | Accumulation d'énergie |  |         |         | Exportation d'énergie |         | Consommation totale du pays |  |
|-----------------|-------------------------------------|---------|----------------------|---------|------------------|---------|---------------------------------|---------|---|--|------------------------|--|---------|---------|-----------------------|---------|-----------------------------|--|
|                 | Production hydraulique              |         | Production thermique |         | Energie importée |         | Total production et importation |         | Différence par rapport à l'année précédente | Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois |                        | Différences constatées pendant le mois — vidange + remplissage |         |         |                       |         |                             |  |
|                 | 1956/57                             | 1957/58 | 1956/57              | 1957/58 | 1956/57          | 1957/58 | 1956/57                         | 1957/58 |   | 1956/57  | 1957/58                | 1956/57  | 1957/58 | 1956/57 | 1957/58               | 1956/57 | 1957/58                     |  |
|                 | en millions de kWh                  |         |                      |         |                  |         |                                 |         |   |  | en millions de kWh     |  |         |         |                       |         |                             |  |
| 1               | 2                                   | 3       | 4                    | 5       | 6                | 7       | 8                               | 9       | 10  | 11   | 12                     | 13   | 14      | 15      | 16                    | 17      | 18                          |  |
| Octobre . . . . | 1358                                | 1264    | 11                   | 11      | 89               | 165     | 1458                            | 1440    | -1,2  | 2110   | 2332                   | -110   | -223    | 149     | 112                   | 1309    | 1328                        |  |
| Novembre ..     | 1158                                | 1064    | 27                   | 31      | 154              | 256     | 1339                            | 1351    | + 0,9                                       | 1786   | 2039                   | -324   | -293    | 76      | 78                    | 1263    | 1273                        |  |
| Décembre ..     | 1063                                | 980     | 29                   | 38      | 213              | 356     | 1305                            | 1374    | + 5,3                                       | 1398   | 1639                   | -388   | -400    | 69      | 86                    | 1236    | 1288                        |  |
| Janvier . . . . | 1044                                | 982     | 43                   | 40      | 254              | 358     | 1341                            | 1380    | + 2,9                                       | 924  | 1256                   | -474   | -383    | 75      | 89                    | 1266    | 1291                        |  |
| Février . . . . | 936                                 | 1099    | 23                   | 14      | 223              | 123     | 1182                            | 1236    | + 4,6                                       | 700  | 1063                   | -224   | -193    | 69      | 83                    | 1113    | 1153                        |  |
| Mars . . . . .  | 1216                                | 1307    | 9                    | 10      | 63               | 60      | 1288                            | 1377    | + 6,9                                       | 534  | 580                    | -166   | -483    | 91      | 87                    | 1197    | 1290                        |  |
| Avril . . . . . | 1251                                | 1222    | 8                    | 10      | 41               | 73      | 1300                            | 1305    | + 0,4                                       | 324  | 355                    | -210   | -225    | 96      | 88                    | 1204    | 1217                        |  |
| Mai . . . . .   | 1317                                | 1645    | 22                   | 5       | 101              | 12      | 1440                            | 1662    | +15,4                                       | 351  | 1125                   | + 27   | + 770   | 146     | 293                   | 1294    | 1369                        |  |
| Juin . . . . .  | 1551                                | 1725    | 6                    | 4       | 26               | 35      | 1583                            | 1764    | +11,4                                       | 1277   | 1850                   | + 926  | + 725   | 271     | 393                   | 1312    | 1371                        |  |
| Juillet . . . . | 1789                                | 1835    | 4                    | 5       | 12               | 53      | 1805                            | 1893    | + 4,9                                       | 1885   | 2734                   | + 608  | + 884   | 411     | 460                   | 1394    | 1433                        |  |
| Août . . . . .  | 1643                                |         | 2                    |         | 13               |         | 1658                            |         |   | 2403   |                        | + 518  |         | 295     |                       | 1363    |                             |  |
| Septembre ..    | 1378                                |         | 6                    |         | 66               |         | 1450                            |         |   | 2555 <sup>1)</sup>   |                        | + 152  |         | 161     |                       | 1289    |                             |  |
| Année . . . . . | 15704                               |         | 190                  |         | 1255             |         | 17149                           |         |   |  |                        |  |         | 1909    |                       | 15240   |                             |  |
| Oct.-Mars ..    | 6775                                | 6696    | 142                  | 144     | 996              | 1318    | 7913                            | 8158    | + 3,1                                       |  |                        | -1686  | -1975   | 529     | 535                   | 7384    | 7623                        |  |
| Avril-Juillet . | 5908                                | 6427    | 40                   | 24      | 180              | 173     | 6128                            | 6624    | + 8,1                                       |  |                        | +1351  | +2154   | 924     | 1234                  | 5204    | 5390                        |  |

| Mois            | Répartition de la consommation totale du pays |         |           |         |                                     |         |                                      |         |          |         |         |         |                    |         | Consommation du pays sans les chaudières et le pompage |         | Différence par rapport à l'année précédente |
|-----------------|---|---------|-----------|---------|-------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|--------------------|---------|--|---------|---|
|                 | Usages domestiques et artisanat               |         | Industrie |         | Electrochimie, métallurgie, thermie |         | Chaudières électriques <sup>1)</sup> |         | Traction |         | Pertes  |         | Energie de pompage |         |  |         |   |
|                 | 1956/57                                       | 1957/58 | 1956/57   | 1957/58 | 1956/57                             | 1957/58 | 1956/57                              | 1957/58 | 1956/57  | 1957/58 | 1956/57 | 1957/58 | 1956/57            | 1957/58 | 1956/57  | 1957/58 |   |
|                 | en millions de kWh                            |         |           |         |                                     |         |                                      |         |          |         |         |         |                    |         |  |         | %   |
| 1               | 2   | 3       | 4         | 5       | 6                                   | 7       | 8                                    | 9       | 10       | 11      | 12      | 13      | 14                 | 15      | 16   | 17      | 18  |
| Octobre . . . . | 512   | 532     | 225       | 239     | 284                                 | 277     | 21                                   | 17      | 109      | 107     | 151     | 151     | 7                  | 5       | 1281   | 1306    | + 2,0                                       |
| Novembre ..     | 532   | 549     | 227       | 236     | 229                                 | 223     | 8                                    | 6       | 107      | 105     | 155     | 148     | 5                  | 6       | 1250   | 1261    | + 0,9                                       |
| Décembre ..     | 549   | 592     | 214       | 225     | 192                                 | 189     | 6                                    | 4       | 114      | 112     | 155     | 158     | 6                  | 8       | 1224   | 1276    | + 4,2                                       |
| Janvier . . . . | 576   | 596     | 231       | 233     | 173                                 | 174     | 6                                    | 5       | 110      | 112     | 166     | 160     | 4                  | 11      | 1256   | 1275    | + 1,5                                       |
| Février . . . . | 488   | 520     | 213       | 211     | 162                                 | 165     | 7                                    | 9       | 101      | 100     | 135     | 135     | 7                  | 13      | 1099   | 1131    | + 2,9                                       |
| Mars . . . . .  | 505   | 581     | 221       | 232     | 209                                 | 203     | 12                                   | 8       | 105      | 112     | 136     | 152     | 9                  | 2       | 1176   | 1280    | + 8,8                                       |
| Avril . . . . . | 473   | 515     | 209       | 218     | 256                                 | 223     | 21                                   | 13      | 101      | 105     | 137     | 138     | 7                  | 5       | 1176   | 1199    | + 2,0                                       |
| Mai . . . . .   | 502   | 493     | 225       | 215     | 279                                 | 295     | 26                                   | 69      | 104      | 102     | 145     | 152     | 13                 | 43      | 1255   | 1257    | + 0,2                                       |
| Juin . . . . .  | 451   | 473     | 209       | 214     | 296                                 | 299     | 67                                   | 91      | 104      | 104     | 139     | 155     | 46                 | 35      | 1199   | 1245    | + 3,8                                       |
| Juillet . . . . | 454   | 480     | 212       | 216     | 304                                 | 310     | 115                                  | 107     | 113      | 112     | 162     | 177     | 34                 | 31      | 1245   | 1295    | + 4,0                                       |
| Août . . . . .  | 471   |         | 208       |         | 309                                 |         | 80                                   |         | 111      |         | 152     |         | 32                 |         | 1251   |         |   |
| Septembre ..    | 484   |         | 220       |         | 290                                 |         | 34                                   |         | 106      |         | 141     |         | 14                 |         | 1241   |         |   |
| Année . . . . . | 5997  |         | 2614      |         | 2983                                |         | 403                                  |         | 1285     |         | 1774    |         | 184                |         | 14653  |         |   |
| Oct.-Mars ..    | 3162  | 3370    | 1331      | 1376    | 1249                                | 1231    | 60                                   | 49      | 646      | 648     | 898     | 904     | 38                 | 45      | 7286   | 7529    | + 3,3                                       |
| Avril-Juillet . | 1880  | 1961    | 855       | 863     | 1135                                | 1127    | 229                                  | 280     | 422      | 423     | 583     | 622     | 100                | 114     | 4875   | 4996    | + 2,5                                       |

<sup>1)</sup> Chaudières à électrodes.

<sup>2)</sup> Energie accumulée à bassins remplis: Sept. 1957 = 2982 · 10<sup>6</sup> kWh.

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.