

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 45 (1954)
Heft: 25

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: 25.12.2024

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

Production et distribution d'énergie

Les pages de l'UCS

Organismes communs des entreprises d'électricité des Pays-Bas

Par E. Binkert, Lucerne

061.2(492) : 621.311

L'auteur décrit les laboratoires de la KEMA à Arnhem, qu'il a eu l'occasion de visiter lors du voyage d'étude en Hollande d'un certain nombre de directeurs d'entreprises suisses d'électricité (juin 1954). Il expose l'activité des divers organismes communs des entreprises d'électricité des Pays-Bas, notamment de la SEP (Association hollandaise pour la coordination de la production d'énergie électrique). Il décrit notamment le centre de dispatching de la SEP à Arnhem.

Es werden die Laboratorien der KEMA in Arnhem beschrieben, die der Autor anlässlich der Studienreise schweizerischer Werkleiter in Holland im Juni 1954 besichtigen konnte. Er berichtet über die Tätigkeit der gemeinsamen Organisationen der niederländischen Elektrizitätswerke, insbesondere der SEP (Holländische Verbundgesellschaft), und beschreibt die Schaltwarte der SEP in Arnhem.

Un certain nombre de directeurs d'entreprises suisses d'électricité ont fait, en juin 1954, un voyage d'étude aux Pays-Bas¹⁾, au cours duquel ils rendirent visite, entre autres, aux organismes communs que les entreprises d'électricité de ce pays ont créé à Arnhem. Sous la conduite des deux directeurs, le professeur J. C. van Staveren et le professeur G. de Zoeten, qui exposèrent en détail les buts pour-

viles ou bien à des groupes d'entre elles. Il s'agit en partie de sociétés par actions dont le capital appartient aux villes ou aux provinces en question. Le gouverneur royal de la province est souvent président du conseil d'administration. Pourtant les entreprises d'électricité ne sont pas considérées comme des administrations, elles sont vraiment des entreprises industrielles indépendantes, possédant de

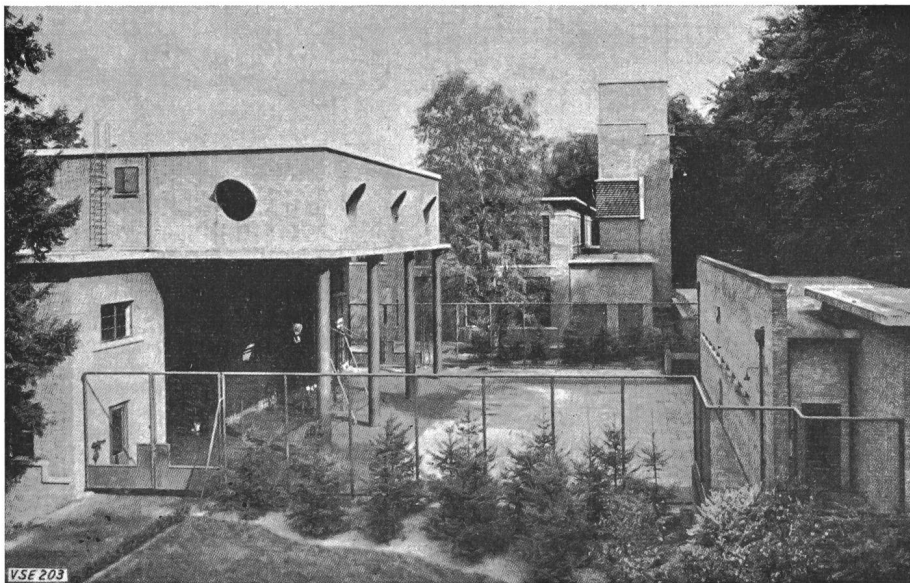


Fig. 1
Ensemble des bâtiments du laboratoire de courts-circuits

suis par ces institutions et la façon dont elles sont organisées, on visita les laboratoires et les bureaux de la «N. V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen Arnhem» (KEMA) et de la «N. V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven» (SEP). Comme ces institutions hollandaises présentent pour nous Suisses un grand intérêt, nous leur avons consacré le présent rapport.

Aux Pays-Bas, l'approvisionnement en électricité est entièrement du domaine public. Les entreprises appartiennent à différentes provinces ou

grandes compétences et dirigées avec beaucoup de largeur de vues. Leur collaboration est assurée de remarquable et très avantageuse façon par une série d'institutions qui ont toutes leur siège à Arnhem, dans le terrain appartenant à la KEMA, et ont en commun direction, secrétariat, bibliothèque, salle de dessin, magasin et atelier. L'ensemble comprend 18 bâtiments, y compris le laboratoire d'essais des matériaux et le centre de dispatching de la SEP, répartis dans un parc de 20 hectares. Tout le complexe n'est pas seulement organisé de façon très pratique; c'est aussi une réussite du point de vue esthétique. Bouquets d'arbres, pelouses et bâti-

¹⁾ Voir Bull. ASE, t. 45 (1954), n° 21, p. 889...896 resp. Prod. et Distr. Energie, t. 1 (1954), n° 12, p. 129...136.

ments, conçus dans le style hollandais moderne bien connu, forment un ensemble très représentatif de l'importance économique des entreprises d'électricité du pays.

Une société déjà ancienne, et de laquelle se détachèrent avec le temps plusieurs «sociétés-filles»,

société appartient aux entreprises d'électricité et est propriétaire du terrain et de tous les bâtiments. Comme la «Station d'essais des matériaux et station d'étalonnage» de l'ASE, elle se charge de mesures effectuées au dehors, procède à l'essai de matériel d'installation et accorde une marque de qualité,

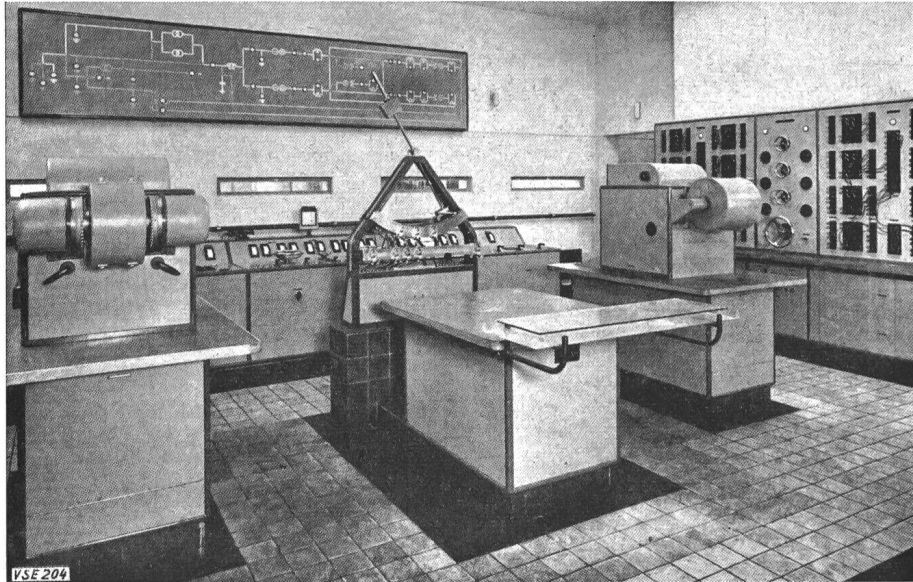


Fig. 2

La salle de commande du laboratoire de courts-circuits

le «Bureau central de l'Association de Directeurs d'Entreprises Electriques des Pays-Bas» (VDEN) a aussi son siège ici. Cette Association est formée de 39 directeurs d'entreprises d'électricité; son bureau central joue le rôle d'ingénieur-conseil pour les projets, les calculs et l'exécution de tous les équipements des entreprises, aussi bien en ce qui concerne

qui est contrôlée par la suite sur le marché. En plus des fonctions de notre station d'étalonnage, elle se charge aussi de la haute surveillance de stations d'étalonnages appartenant aux diverses entreprises, ce qui est chez nous du ressort du Bureau fédéral des poids et mesures. Le laboratoire de chimie détermine le pouvoir calorifique des combustibles,

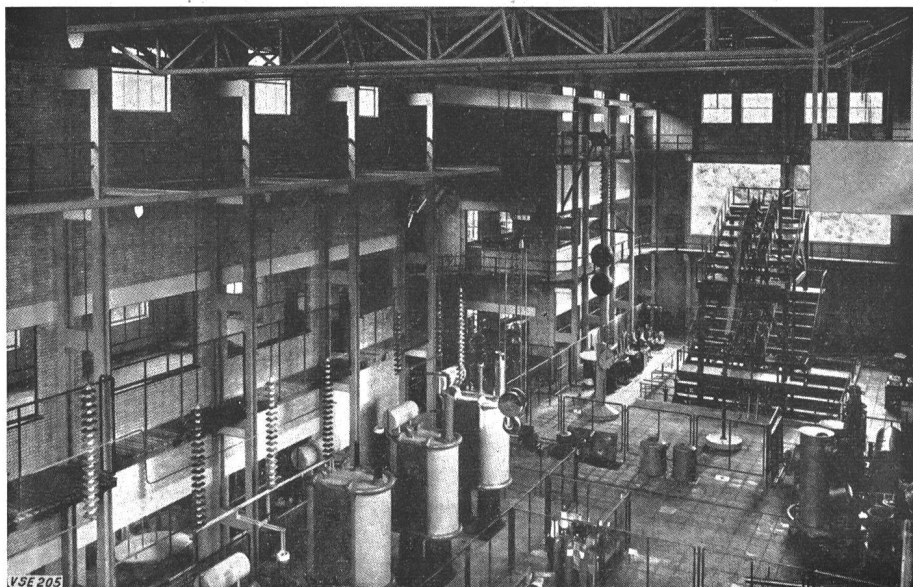


Fig. 3

Intérieur du laboratoire de haute-tension

les installations électromécaniques que les bâtiments.

La KEMA fut fondée en 1927 sous forme de société par actions, et chargée de divers essais. Cette

fait des recherches concernant l'eau employée dans les chaudières, d'autres concernant les huiles isolantes et de lubrification, étudie enfin des problèmes de corrosion. Les autres laboratoires s'oc-

cupent de différentes recherches scientifiques, dans le genre de celles que conduit chez nous la Commission de l'ASE et de l'UCS pour l'étude des questions relatives à la haute tension ou qui sont réalisées avec le modèle de réseau ou dans les réseaux eux-mêmes. D'autres recherches de base

Les deux alternateurs pour essais de courts-circuits sont entraînés par des moteurs asynchrones de 1000 kW et 3000 t./m; chaque alternateur possède deux enroulements par phase, qui peuvent être connectés en série ou en parallèle et, d'autre part, en triangle ou en étoile; la pleine puissance de

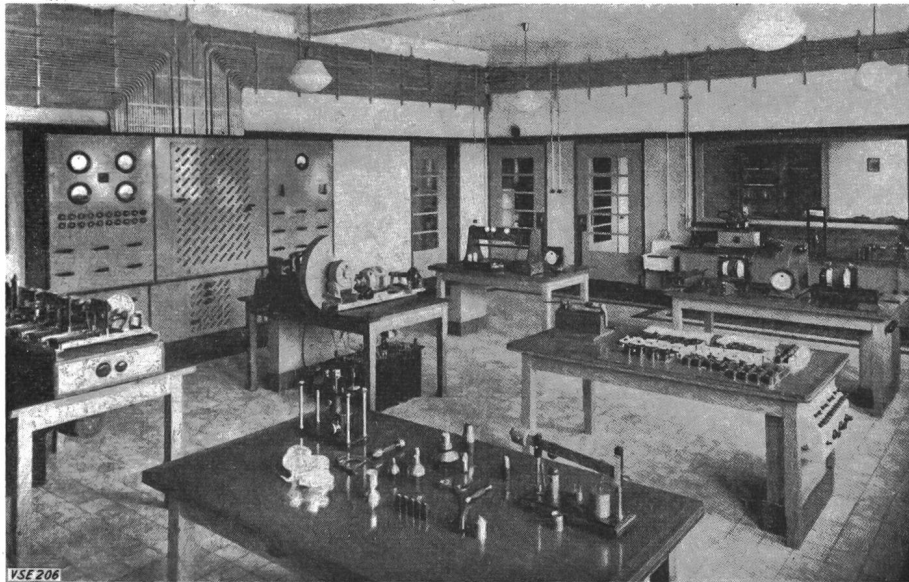


Fig. 4
Laboratoire pour l'essai du petit appareillage

concernent, entre autres, l'utilisation de l'énergie atomique.

Nous ne pouvons naturellement pas décrire en détail tous les laboratoires; nous allons cependant donner quelques-unes des caractéristiques du laboratoire de courts-circuits et du laboratoire de haute tension.

court-circuit est donc disponible sous 11,6, 6,4, 5,5 et 2,2 kV. Chaque alternateur possède un groupe de surexcitation comprenant deux génératrices à courant continu, chacune capable de fournir pendant une courte durée 10 kA sous une tension de 800 V. La surexcitation est réalisée en court-circuitant une résistance dans le circuit d'excitation, ce qui

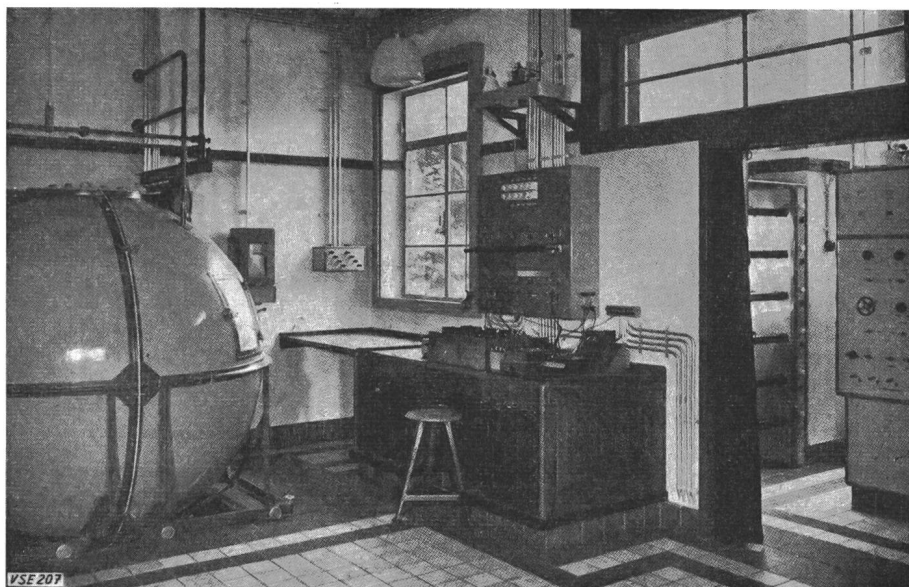


Fig. 5
Laboratoire d'éclairagisme

Le laboratoire de courts-circuits se compose de quatre bâtiments indépendants, à savoir le bâtiment des machines, le bâtiment des essais, le bâtiment de commande et l'installation de purification d'huile.

se traduit, à l'instant de l'essai, par un courant d'excitation qui est un multiple du courant normal. Ce sont des volants qui fournissent à cet instant l'énergie supplémentaire nécessaire; les moteurs en-

traînant les excitatrices sont déconnectés du réseau afin d'empêcher des variations de tension. Deux groupes de trois transformateurs monophasés, dont chacun possède quatre enroulements secondaires pouvant être connectés de différentes façons, permettent d'obtenir une série de tensions d'essais.

contient les oscillographes, les instruments de mesure et un dispositif donnant, pendant l'essai, les impulsions de commande dans l'ordre voulu. Ce laboratoire offre la possibilité de faire des essais de court-circuit jusqu'à un pouvoir de coupure symétrique triphasé de 1200 MVA, sous des tensions

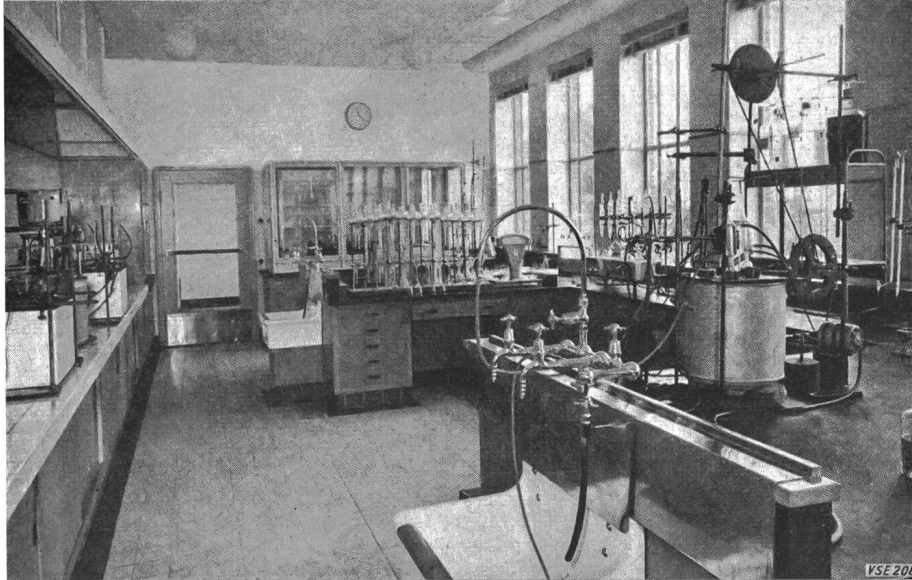


Fig. 6
Laboratoire pour l'examen des huiles

Des bobines de réactance servent à l'ajustage du courant de court-circuit, des condensateurs au réglage de la fréquence propre du circuit d'essais. Des disjoncteurs à air comprimé protègent l'installation en cas de défaut de l'appareil à l'essai. Des barres à 11 kV situées dans un tunnel et, pour les tensions plus élevées, une conduite aérienne transportent

allant jusqu'à 100 kV pour les essais triphasés et 200 kV pour les essais monophasés. On peut, en outre, faire des essais en courant continu avec des courants allant jusqu'à 37 kA sous 800 V et 18,5 kA sous 1600 V.

Le laboratoire de haute tension est installé dans une salle de 55 m de long sur 18 m de large et 15 m

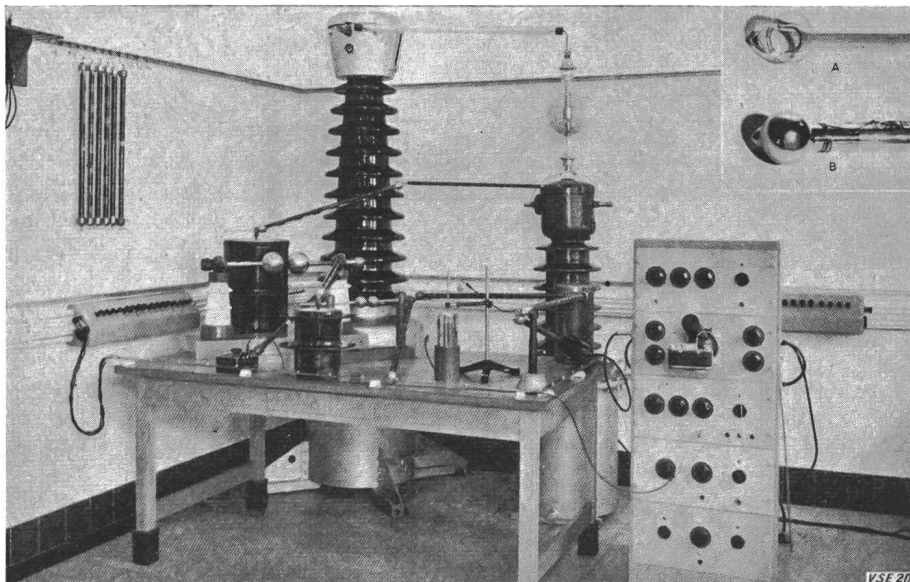


Fig. 7
Dispositif pour l'étude de la rupture diélectrique

l'énergie au bâtiment d'essais; celui-ci comprend deux cellules, équipées des diviseurs de tension et des shunts de mesure nécessaires. Les essais sont conduits et observés du bâtiment de commande, qui

de haut. Il est équipé de trois transformateurs monophasés de 200 kVA pour une tension secondaire de 175 kV; on peut, à l'aide de deux transformateurs d'isolation, les connecter en série et obtenir ainsi

une tension de 525 kV. Il possède, de plus, un générateur de choc de 2700 kV et 36 kilojoules¹⁾ et un autre de 1200 kV et 7,2 kilojoules; ce dernier peut aussi être employé en courant continu, avec une tension de 400 kV. En plus de l'appareillage courant (éclateurs à sphères, oscillographes cathodiques, ponts de Schering, etc. . .), le laboratoire dispose d'une installation spéciale d'essais de câbles. La grande pelouse entourée d'arbres qui se trouve devant le bâtiment sert à des essais effectués sur des câbles posés en terre, dans leurs conditions normales d'exploitation. La KEMA jouit, grâce à ses

Il en est de même pour l'*Institution hollandaise des Applications électrothermiques et électrochimiques*, qui a organisé les congrès internationaux de 1936 et 1947.

Une *Association pour les Congrès dans le Domaine électrotechnique* se charge de la coordination sur le plan national et international et s'occupe d'organiser les diverses délégations et de définir leurs fonctions.

L'*Association féminine hollandaise pour l'Électricité* s'est donné pour tâche d'instruire les ménagères de l'emploi correct des appareils électriques.



Fig. 8
Bâtiment pour l'enseignement: cuisine et buanderie électriques de démonstration

installations perfectionnées et à ses excellents spécialistes, d'une grande réputation; elle procède souvent à des essais pour des clients étrangers. C'est ainsi que les appareils livrés par des maisons européennes au Canada sont, en général, essayés à la KEMA.

La troisième organisation installée à Arnhem est l'*Union des Entreprises d'Électricité des Pays-Bas* (VEEN) qui, à l'encontre de la VDEN, comprend aussi des petites entreprises non productrices d'énergie, et qui réunit au total 200 entreprises environ. Cette organisation défend avant tout les intérêts économiques de ses membres et s'occupe de questions tarifaires, de propagande, de démonstrations, d'enseignement, d'achat de matériel et d'autorisations pour installations électriques. Dans un bâtiment de la KEMA, comprenant une cuisine, une buanderie, une salle de repassage, etc., les personnes chargées, auprès des entreprises d'électricité, de conseiller le public ainsi que d'autres intéressés peuvent suivre des cours; des chambres sont à la disposition des participants, ce qui permet d'organiser des cours durant plusieurs jours.

La *Fondation hollandaise d'Éclairagisme*, comité national de la Commission Internationale de l'Éclairage a aussi son siège ici et dispose du personnel commun et d'un laboratoire d'éclairagisme.

¹⁾ Voir Bull. ASE t. 45(1954), N° 21, p. 889, Fig. 1 resp. Prod. et Distr. d'Énergie t. 1(1954), N° 12, p. 129, Fig. 1.

Quant à la dernière organisation dont le siège est à Arnhem dans le terrain de la KEMA, elle est très importante puisqu'il s'agit de la «*NV Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven*» (SEP) ou Association hollandaise pour la coordination de la production d'énergie électrique. Nous allons en parler en détail.

Par suite du manque complet de forces hydrauliques, la totalité de l'énergie électrique produite aux Pays-Bas l'est dans des centrales thermiques. Si l'on excepte quelques petites centrales, qui seront bientôt mises hors service, la production se concentre dans 15 grandes centrales, d'une puissance totale de 2200 MW. Par suite de la présence d'un réseau serré de canaux, les centrales, dont les approvisionnements en charbon et en eau déterminent l'emplacement, peuvent être construites près des centres de consommation. C'est pourquoi quelques liaisons à 50 kV entre diverses centrales ont longtemps suffi aux besoins, à côté des réseaux de distribution à 12 kV. Deux raisons principales ont incité les Hollandais à construire un réseau national à haute tension. D'une part, les réserves de puissances de chaque entreprise prise en particulier peuvent être abaissées lorsqu'il y a possibilité de bénéficier de l'aide d'autres entreprises en cas de manque d'énergie; les calculs ont montré que l'écono-

mie ainsi réalisée se montait à 520 MW pour une charge maximum dans le pays entier de 2000 MW²⁾. D'autre part, seule l'interconnexion des centrales permet d'assurer les livraisons d'énergie en cas de catastrophe (feu, explosion) dans une centrale. Les négociations, entamées avant la guerre, furent interrompues par celle-ci et n'aboutirent, par conséquent, qu'en 1948 à un accord entre 10 entreprises et la SEP. La société fut fondée, avec l'accord du Ministère de l'intérieur, le 3 juin 1949; les membres ont souscrit chacun une participation en actions de 500 000 Gulden et sont représentés dans le conseil d'administration. Le président de celui-ci est le Directeur général pour l'énergie au Ministère des affaires économiques. Les principes suivants furent fixés en ce qui concerne la construction et l'exploitation des installations:

Chaque membre produit normalement l'énergie consommée dans sa zone de distribution et construit les centrales nécessaires, y compris la réserve.

En cas de besoins, chaque membre s'engage à mettre à disposition de ses partenaires la puissance qu'il n'utilise pas à l'instant considéré. L'énergie livrée est comptée conformément à son coût moyen, sans tenir compte des charges de capital.

On peut dispenser un membre de construire des installations de production pendant un certain nombre d'années, si le pays en a suffisamment à sa disposition. Il doit payer pour son «manque de puissance» 50% des charges de capital moyennes des centrales hollandaises, ce montant étant distribué au prorata aux entreprises disposant d'un «surplus de puissance».

Chaque membre peut, au delà d'un minimum exigé, installer autant de puissance qu'il le désire. Il peut acheter de la puissance à ceux qui en ont en surplus; sa quote-part de la charge maximum augmente alors parallèlement à la diminution de celle du «vendeur». Les échanges d'énergie et de

puissance sur la base de tels accords spéciaux sont considérés comme des livraisons d'urgence ou livraisons forcées et sont comptées comme telles.

Un accord fixe pour chaque membre la puissance minimum en service qui doit être disponible en tant que réserve immédiate.

Les lignes de transport reliant deux centrales du réseau interconnecté appartiennent en commun à ces deux entreprises et sont entretenues par elles.

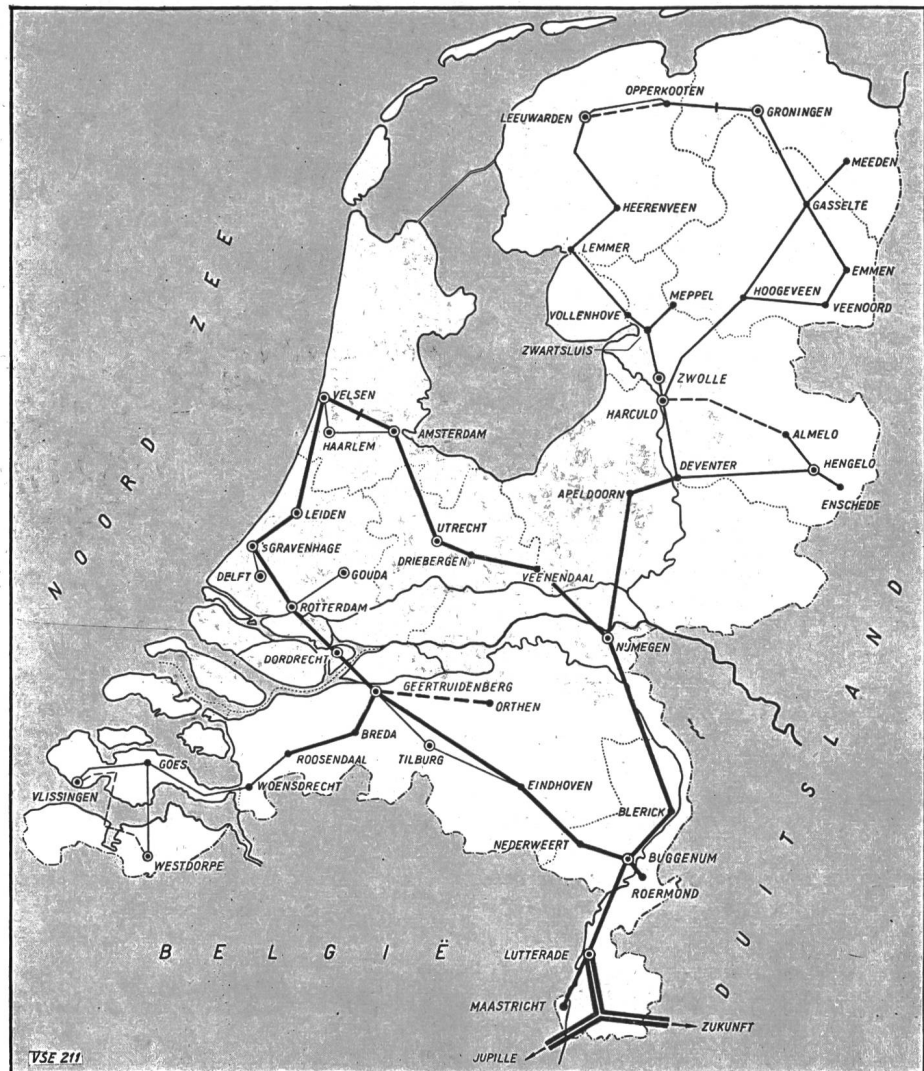


Fig. 9
Le réseau hollandais d'interconnexion

< 110	110	150	220 kV	
—	—	—	—	lignes existantes
- - -	- - -	- - -	- - -	lignes qui doivent être encore complétées
· · ·	· · ·	· · ·	· · ·	lignes en construction ou projetées
⊙	●			Centrale
				Sous-station

Si un terme de la ligne est utilisé par l'un des partenaires pour la distribution de sa propre énergie, il est entièrement à sa charge. De même, les stations transformatrices appartiennent aux entreprises en particulier, qui s'engagent à les équiper de transformateurs correspondant à la quote-part de puissance fixée par la SEP sans tenir compte de la puissance nécessaire pour les besoins propres. Toute ligne d'interconnexion doit comprendre deux termes, et un membre ne peut utiliser, pour ses be-

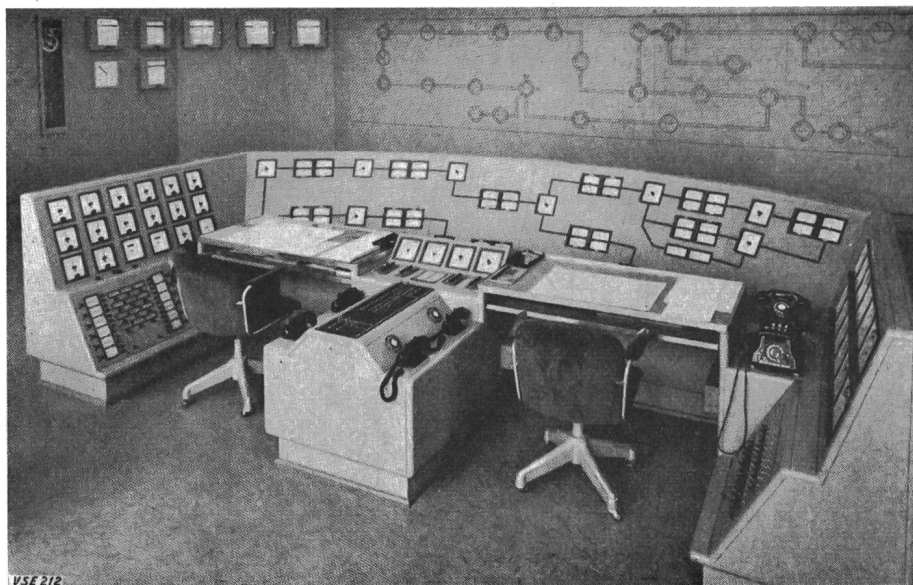
²⁾ Voir: G. J. Bakker et prof. J. C. van Staveren: Rapport n° 331 de la Conférence Internationale des Grands Réseaux, Paris 1939.

soins propres, que la capacité d'un seul terme, si bien que le deuxième reste libre pour les échanges d'énergie dans le cadre de l'interconnexion. Les lignes doivent être mises à disposition de livraisons d'urgence éventuelles; l'énergie de pertes est payée exactement comme l'énergie réellement livrée; les travaux de révision des lignes sont effectués en commun.

La SEP a établi des directives générales pour la construction du réseau d'interconnexion, tout en laissant à chaque membre le soin de construire ses installations. Un comité d'experts, dont font partie tous les membres, traite des questions qui sont d'importance pour l'exploitation en commun:

Fig. 10

Les 2 postes de commande du centre de dispatching de la SEP à Arnhem



Mise à terre du point neutre par l'intermédiaire de bobines d'extinction et répartition des mises à terre dans le réseau;

Connexion des transformateurs, prises côté haute tension et domaine des commutateurs de prises de $\pm 15\%$ (pour tous les réseaux à 12 kV la suite des phases est la même);

Coordination de normes pour l'isolation, le pouvoir de coupure des disjoncteurs en tenant compte de la forte augmentation de la puissance de court-circuit (on a employé dans ce but un modèle de réseau);

auquel sont raccordées: Lutterade, Buggenum, Roermond, Blerick, Nijmegen, Veenendaal, Driebergen, Utrecht, Amsterdam, Velsen, Leiden, Den Haag, Rotterdam, Dordrecht, Geertruidenberg, Eindhoven, Nederweert et Maastricht. Un réseau bouclé de 110 kV situé dans le Nord-Est relie: De-

venter, Harculo, Zwolle, Vollenhove, Lemmer, Heerenveen, Leeuwarden, Opperkooten, Groningen, Gasselte, Hoogeveen, Emmen, Veenoord, Almelo et Hengelo. Ces deux réseaux bouclés sont reliés entre eux par une ligne à 150 kV Nijmegen-Apeldoorn-Deventer. Quelques autres villes que celles que nous avons mentionnées y sont reliées par des lignes spéciales. La liaison entre Rotterdam et la Haye est assurée par 4 câbles isolés à l'huile. Toutes les autres lignes du réseau à 150 kV ont une section de 150 mm² et une capacité de transport de 2×100 MVA, celles du réseau à 110 kV une section de 95 mm² et une capacité de transport de 2×50 MVA.

Les installations appartenant à la SEP comprennent le centre national de dispatching, la station

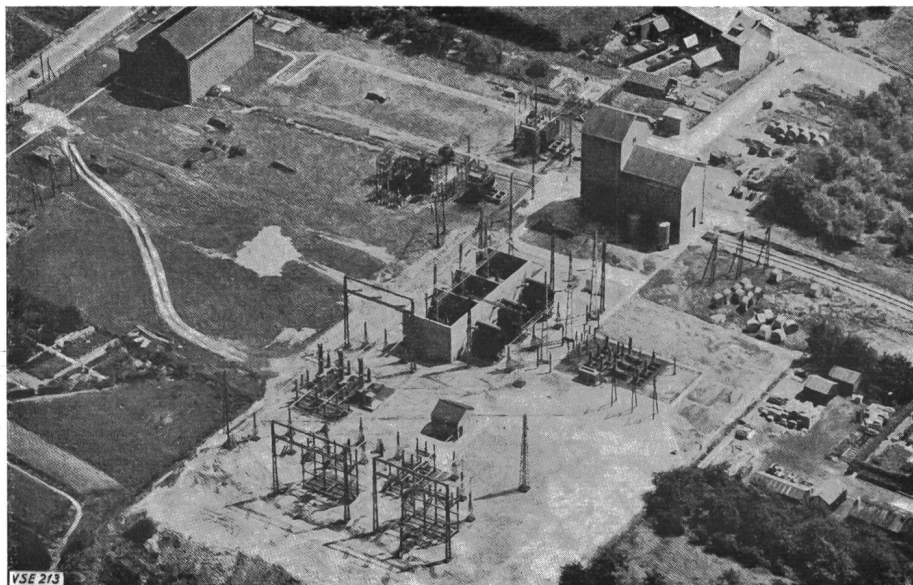


Fig. 11

Le poste de transformation à 220 kV de Lutterade

Protection par relais d'impédance, comprenant l'emploi de lignes de commande qui sont posées avec les lignes pour mesures à distance et les lignes de téléphone appartenant en propre aux entreprises.

Le réseau interconnecté des membres de la Société (Fig. 9) comprend tout d'abord un réseau bouclé à 150 kV dans le Sud et l'Ouest du pays,

transformatrice 150/220 kV de Lutterade dans l'extrémité Sud-Est du pays et les lignes à 220 kV en direction de la Belgique (Jupille) et de l'Allemagne (Weissweiler).

A Lutterade se trouve un transformateur de 100 MVA, un deuxième est prévu. Dans un bâti-

ment situé dans le terrain de la KEMA à Arnhem a été installé, comme nous l'avons déjà rappelé, le centre national de dispatching avec bureaux, magasin, salle de conférence et collections. La salle de commande elle-même comprend deux postes de commande (Fig. 10) pour les deux «Loaddispatcher», un schéma du réseau, l'appareillage de mesure à distance et de commande à distance, qui permettent de surveiller et diriger l'exploitation de tout le réseau interconnecté. Tous les postes de dispatching des membres sont reliés avec le centre national par des lignes de téléphone appartenant à la société. Ces lignes travaillent avec des sélecteurs rotatifs, celles qui transmettent les signaux de mesure et de commande à distance fonctionnent selon un système à impulsions à courants porteurs (distance entre canaux 120 c./s, 24 valeurs de mesure transmises simultanément). Le centre connaît à chaque moment la production de chaque entreprise membre ainsi que l'importation et l'exportation. Il surveille l'exécution de contrats spéciaux, est res-

pensable de maintenir constantes la tension et la fréquence, et prend toutes les mesures nécessaires en cas de défaut dans le réseau.

La SEP rend de précieux services en ce qui concerne les échanges internationaux avec la Belgique, l'Allemagne et la France, et notre pays a déjà eu l'occasion d'utiliser ces installations en tant que vendeur d'énergie de pointe, mais aussi en tant qu'acheteur d'énergie de nuit pendant les hivers secs.

La KEMA, comme la SEP, sont pour nous, du point de vue technique, d'un grand intérêt. Ce sont, d'autre part, des organisations qui répondent très exactement aux buts poursuivis, qui tiennent compte de la structure fédéraliste du pays et réalisent une solution simple et claire, sans avoir recours à l'étatisation. Elles sont donc dignes de toute notre attention.

Adresse de l'auteur:

M. E. Binkert, ing. dipl., directeur du Service de l'Electricité de la Ville de Lucerne, Lucerne.

Congrès et Sessions

Cours d'énergétique pratique

620.9

Le Centre de recherches pour l'économie énergétique de l'Ecole polytechnique de Karlsruhe avait organisé du 9 au 11 septembre 1954 à Munich, dans les locaux de l'Ecole polytechnique, un cours de perfectionnement pour ingénieurs d'entreprises de production et distribution d'énergie. Ce Centre de recherches est soutenu par la Société pour l'énergétique pratique, qui a été fondée en 1949 par Monsieur H. F. Mueller. Son but est d'étudier les bases de l'économie énergétique dans son ensemble; les recherches concernent essentiellement la question de savoir comment les besoins en énergie se répartissent et comment ils peuvent être couverts. La réunion précédente avait eu lieu, il y a un an et demi, dans la région de la Ruhr, c'est-à-dire au milieu des bassins de charbon de l'Allemagne de l'Ouest. Cette fois, c'est Munich qui avait été choisie, ce qui permit aux participants de visiter, à la fin du cours, des installations hydroélectriques de production d'énergie. Les exposés des différents orateurs doivent être naturellement considérés du point de vue des conditions régnant dans la République fédérale allemande.

Monsieur H. F. Mueller avait choisi comme thème de son discours d'introduction:

«Quels sont les problèmes qui préoccupent actuellement les milieux de l'économie énergétique?»

Cet exposé était divisé d'après le schéma: production, consommation, vente. C'est le charbon qui, dans le domaine de la production, est à la base de l'économie énergétique. Aux Etats-Unis, la place prépondérante du charbon est de plus en plus menacée par le pétrole. En Allemagne par contre, il s'agit de porter, aujourd'hui comme autrefois, la plus grande attention à l'extraction et à la prépara-

tion du charbon pour la consommation. L'extraction de la houille pose des problèmes qui sont très vastes. On essaye d'augmenter la quantité extraite par homme et journée de travail, en poussant la mécanisation. Les difficultés qui apparaissent dans ce domaine ne sont pas de nature technique, mais proviennent du fait que l'épaisseur moyenne des couches dans le bassin de la Ruhr ne dépasse pas 1 mètre. Mais l'augmentation des quantités extraites pose aussi des problèmes de salaire et de logement. C'est ainsi que l'on a construit, jusqu'à fin 1953, 300 000 nouveaux appartements de mineurs. Il a fallu déployer d'énormes efforts pour réparer les dégâts causés par la guerre. Il a été souvent impossible de rassembler les capitaux qui auraient été nécessaires dans ce but. On porte, d'autre part, une grande attention aux questions de recrutement de jeune personnel, car l'âge moyen a, également par suite de la guerre, augmenté fortement dans la profession de mineur. On manque aujourd'hui de mineurs d'âge moyen, c'est-à-dire ayant de 30 à 45 ans.

Les conditions régnant sur le marché de l'énergie rendent de plus en plus nécessaire l'exploitation des couches minces, si l'on veut atteindre le but qu'on s'est fixé, c'est-à-dire une extraction de 150·10⁶ t en 1960. Il est évident que, lorsque l'on veut exploiter de telles couches minces, le problème du ballast joue un grand rôle. On s'efforce aujourd'hui de brûler sur place le charbon riche en ballast, en l'utilisant pour produire de l'énergie électrique. Pour atteindre ce but, il a fallu réaliser de grands progrès, de nature technique aussi bien qu'économique, dans le domaine des foyers de combustion. Il existe, de plus, des procédés pour gazéifier le charbon de qualité inférieure. La technique tout entière doit être mise au service de l'extraction

du charbon et de son utilisation au maximum, afin que tout le combustible qui est utilisable d'une façon ou d'une autre soit sorti de terre. Les réserves des gisements de charbon sont encore très grandes (on calcule que les réserves correspondent aux besoins de 300 à 400 ans au moins dans le bassin de la Ruhr) et ce n'est pas de ce côté que l'extraction risque d'être limitée; la difficulté réside dans la création de nouveaux puits de mine. Un puits déterminé ne peut être exploité avantageusement du point de vue économique que dans un certain rayon à l'entour. Lorsqu'un puits est épuisé, un nouveau devrait déjà être là pour le remplacer. Or l'ouverture d'une nouvelle mine exige des investissements se montant à 120 jusqu'à 130 DM par tonne de charbon extrait. Rappelons encore qu'un puits ne peut travailler vraiment à pleine capacité qu'au bout de 10 à 20 ans. Or l'argent manque en Allemagne de l'Ouest pour les investissements qui seraient nécessaires. Une comparaison avec la France le montre clairement; tandis qu'on a investi en Allemagne au cours des dernières années 5 à 6 DM par tonne de production annuelle, le chiffre correspondant a été en France de 20 à 25 DM par tonne.

A côté de la houille, il faut citer le lignite. On en extrait aujourd'hui en Allemagne $85 \cdot 10^6$ t par an, alors qu'on extrait $123 \cdot 10^6$ t par an de houille. Mais $85 \cdot 10^6$ t de lignite correspondent, du point de vue énergie, à $\frac{1}{5}$ seulement des $123 \cdot 10^6$ t de houille.

L'orateur est d'avis qu'il faudra attendre longtemps pour que l'énergie nucléaire joue un rôle important dans l'économie énergétique allemande. Il estime qu'il s'agit aujourd'hui d'accorder toute son attention aux sources d'énergie conventionnelles; il cite le pétrole comme autre source d'énergie actuellement de grande importance.

En Europe de l'Ouest, où l'Allemagne est le pays qui produit les plus grandes quantités de pétrole, on ne peut pas espérer couvrir un jour tous les besoins par la production propre. Les importants champs pétrolifères de Zistersdorf près de Vienne sont aux mains des Russes. Les procédés de raffinage ont beaucoup progressé, ce qui permet, lors de la distillation, de fabriquer en quantité toujours croissante des produits pétroliers de haute valeur. On discute déjà avec animation de la question de savoir si les produits pétroliers vont supplanter le charbon dans le domaine du chauffage. Les prix des produits pétroliers sont, en Allemagne, maintenus à un niveau élevé grâce à des mesures fiscales, ceci tout d'abord dans le but de protéger l'industrie allemande d'extraction de pétrole, mais aussi pour empêcher que les charbonnages ne subissent de trop grandes pertes. A l'inverse des Etats-Unis, où les conditions d'extraction du charbon sont très favorables, il est impossible en Europe de reprendre l'exploitation des puits qui ont été mis provisoirement hors service. Il est donc d'une importance vitale pour l'économie européenne de ne pas laisser s'enfler sans raison les besoins en produits pétroliers, et d'assurer au charbon un marché suffisant.

Le gaz naturel est une autre des sources d'énergie que la nature met à notre disposition. En Europe, seule l'Italie possède des gisements de gaz naturel importants; aux Etats-Unis, par contre, près d'un quart des besoins en énergie sont couverts par le gaz naturel. La production européenne de gaz était, jusqu'ici, liée étroitement aux conditions régnant sur le marché du coke. Mais il existe maintenant des procédés permettant une gazéification intégrale. Si on réussit à résoudre le problème du stockage en grandes quantités, on pourra peut-être diminuer le prix du gaz, au moins pour certaines applications.

Lorsqu'on considère les besoins en énergie, il ne faut pas oublier que ce que le consommateur achète est non pas l'énergie brute, mais l'énergie utile (lumière, force motrice et chaleur). Il s'agit donc d'améliorer les rendements des processus de transformation d'une quantité donnée d'énergie brute, de façon à ce que l'on puisse extraire toujours plus d'énergie utile. On peut se poser la question de savoir si les besoins en lumière, force motrice et chaleur vont augmenter régulièrement et dans les mêmes proportions. Les besoins en chaleur représentent la partie de beaucoup la plus importante de l'ensemble des besoins. Mais pourquoi les besoins en chaleur augmenteraient-ils, si la production reste constante, plus rapidement que le rendement de la transformation de l'énergie brute en chaleur? Les besoins en énergie brute ne montrent pas une tendance nette à augmenter; c'est la demande des sources d'énergie dites «nobles» qui grandit. Ces questions concernant les besoins doivent être étudiées à temps. Nous avons aujourd'hui, pour les besoins dans les ménages, en plus du coke les briquettes de lignite. Si on devait un jour ne plus pouvoir obtenir ces briquettes, par quoi faudrait-il les remplacer, par du coke, du gaz ou des produits pétroliers?

Le principe fondamental de la vente devrait être de satisfaire aux désirs du client. Il sera, dans ce but, absolument nécessaire de rationaliser les besoins; cela demande une collaboration étroite de tous les groupes, à savoir l'électricité, le gaz, le charbon, le pétrole. Les intérêts de l'économie prise dans son ensemble doivent être placés au-dessus des intérêts particuliers de chacun. Monsieur Mueller croit qu'il est juste de diriger la vente en agissant sur les prix et que c'est un des devoirs de toute l'économie européenne de travailler en commun à satisfaire les désirs des clients en veillant à l'évolution optimum de l'ensemble de l'économie énergétique.

Monsieur *H. F. Mueller* parle ensuite, dans un deuxième exposé du thème:

«L'ingénieur et le commerçant dans la production et la distribution d'énergie.»

L'orateur fait remarquer que le commerçant ne peut pas, dans ce domaine, se passer de l'ingénieur s'il veut que son activité soit féconde, mais que l'ingénieur a, inversement, besoin du commerçant et qu'il devrait montrer plus de compréhension pour le travail de ce dernier. L'ingénieur pense en calories,

le commerçant en unités de monnaie. Vendre de l'énergie suppose la mesurer; or, on ne peut mesurer que l'énergie brute, mais non l'énergie utile. Si la calorie reste à la base des mesures, il n'en reste pas moins que les caractéristiques de chacune des formes d'énergie jouent aussi leur rôle. Si l'on considère tous les facteurs, y compris ceux de nature psychologique, l'économie énergétique se résume à un compte de valeurs, bien plus qu'à un compte de calories. Le but de l'ingénieur est d'augmenter le rendement technique, celui du commerçant d'augmenter le revenu (rapport des recettes aux dépenses). Une collaboration est donc nécessaire. C'est ainsi qu'une augmentation du rendement technique suppose une augmentation de dépenses. Si le revenu n'augmente pas parallèlement, toute l'opération n'est pas avantageuse du point de vue économique.

L'orateur traite ensuite rapidement du problème du coût. Il faut faire une différence entre le calcul du coût et celui du prix. On devrait connaître exactement les coûts d'une exploitation; si les prix peuvent être toujours adaptés à ces coûts, c'est là une autre question. La différence fondamentale entre les coûts et les prix se montre clairement lors de l'emploi du tarif comprenant une taxe de base. La taxe de base a été introduite avec l'intention de couvrir les dépenses faites pour mettre l'énergie à disposition du consommateur. On adapte en général cette taxe à la bonne volonté de paiement du consommateur; malgré cela ce dernier ne comprend souvent pas l'existence d'une telle taxe.

Monsieur *H. Vogt*, Munich, parla de :

«Théorie et pratique dans le domaine du calcul des coûts.»

Conformément aux principes économiques du marché libre, le prix est dicté par les conditions régnant sur le marché du point de vue concurrence. C'est seulement en deuxième lieu que le coût a une influence sur le prix, si bien que souvent les coûts doivent s'aligner sur les prix et non l'inverse. Les coûts d'une exploitation donnée doivent être continuellement contrôlés, aussi bien par des comparaisons à l'intérieur de l'exploitation que par des comparaisons avec d'autres exploitations.

Un calcul des coûts suppose une comptabilité exacte. Le plan comptable doit être établi par l'ingénieur et le commerçant travaillant en étroite collaboration. Le plan comptable constitue la base qui permet de déterminer exactement les différents éléments du coût. A quoi doivent se rapporter les coûts dépendant de la puissance? Il existe différents procédés qui permettent de répondre à cette question, comme par exemple le procédé de la durée d'utilisation et celui de la participation à la pointe. Aucun n'est tout à fait satisfaisant; le meilleur est sans doute celui à la base duquel se trouve le concept de la durée d'utilisation.

Lorsqu'on parle de coûts moyens et de prix moyens, il faut toujours donner aussi la durée d'utilisation, faute de quoi toute comparaison est impossible. Comme on ne peut pas stocker l'énergie, on peut dire que l'on a, strictement parlant, à chaque instant un autre coût. Une discrédance con-

tinuelle existe entre la production d'un côté et la consommation de l'autre, discrédance qui ne pourrait être surmontée qu'en dirigeant la production et la consommation. Cet état de choses conduit à rechercher des durées d'utilisation aussi grandes que possible.

Un autre problème est celui du calcul des coûts pour les produits liés ou pour des puissances liées. A la base des théories correspondantes se trouve le calcul d'équivalence, qui consiste à chercher en quelque sorte un «dénominateur commun», par exemple la chaleur. Quoi qu'il en soit, tous ces calculs demandent de celui qui les fait qu'il ait une grande sagacité et le «sentiment» de l'opportunité des répartitions.

Monsieur *H. P. Winkens*, Dusseldorf, parla des

«Problèmes posés par les amortissements.»

Il décrit les différentes méthodes d'étalement possibles: les méthodes progressive, linéaire et dégressive. On peut considérer les amortissements comme permettant de répartir uniformément dans le temps des dépenses ultérieures, comme étant un moyen de refinancement ou des charges ayant pour but de diminuer le gain. La méthode d'étalement la plus couramment employée est la méthode linéaire. Les amortissements sont calculés sur la base de la durée d'usage, c'est-à-dire sur le temps; on pourrait cependant les calculer sur la base de la production, c'est-à-dire de l'usage lui-même. M. Winkens exposa les dispositions des lois fiscales dans la République fédérale allemande. La méthode d'étalement, une fois choisie, doit être conservée. En Allemagne les dotations d'amortissements servent aujourd'hui dans la plupart des cas au refinancement, car il y a manque de capitaux sur le marché.

Un autre groupe de conférences étaient consacrées aux problèmes des pointes de charge et d'interconnexion dans la production et la distribution d'énergie.

Monsieur *W. Zankl*, de l'école polytechnique de Karlsruhe, traita tout d'abord de la question de savoir si

«de petites usines à gaz peuvent être exploitées économiquement.»

Selon lui, les plus petites parmi les usines à gaz ont une production de 2000 à 5000 m³ par jour; il considère comme étant de grandeur moyenne une entreprise produisant jusqu'à 100 000 m³ par jour; au delà, il s'agit de grandes entreprises. Lorsqu'on essaye de répondre à la question prise comme titre de la conférence, il faut considérer un grand nombre de facteurs, à savoir le milieu des consommateurs, la rationalisation de l'exploitation, le niveau technique de l'entreprise, le charbon dont elle dispose, sans oublier le facteur humain, c'est-à-dire la personnalité du chef d'entreprise. Les conditions au départ sont souvent meilleures pour de petites entreprises que pour des moyennes entreprises qu'on continue souvent à gérer comme des petites avec un faible effectif de personnel, alors que du point de vue de la production, il faudrait les compter comme des grandes. La question de savoir si de petites

usines à gaz peuvent être exploitées économiquement doit être traitée séparément pour chaque cas; cependant on peut certainement y répondre par l'affirmative, si certaines conditions sont réalisées. Les grandes entreprises ont, il est vrai, tendance à étouffer les petites et à créer un réseau collectif dans lequel le rôle de ces dernières se bornerait à distribuer l'énergie.

Monsieur *Zankl* traita ensuite de la question:

«Quelles sont, pour l'ingénieur des entreprises de production et distribution d'énergie, les conséquences à tirer des progrès réalisés dans le domaine de la gazéification du charbon et du pétrole?»

Ce sont le déplacement du charbon vers le pétrole sur le marché de l'énergie ainsi que la nécessité de livrer par à-coups de plus grandes quantités de gaz qui ont conduit à de nouvelles méthodes de production. On s'est même sérieusement posé la question de savoir si l'on devait quitter complètement le charbon dans la fabrication de gaz. Ce sont avant tout les pointes causées par le chauffage au gaz qui causent de plus en plus de désagréments; elles atteignent 80 à 100 % des besoins pendant la période sans chauffage. Il n'est pas économique d'installer un four supplémentaire qui couvrirait uniquement la pointe et serait mis hors service pendant la période sans chauffage. On utilise donc de meilleurs charbons et de meilleurs fours. Nous sommes aujourd'hui en mesure d'utiliser du pétrole pour la production de gaz; le coût des installations utilisant le pétrole atteint seulement 50 à 60 % de celui des installations de gazéification classiques. L'orateur indique un prix de revient, pour le gaz produit à partir du pétrole, de 10 DPf par m³ à la sortie du réservoir.

Monsieur *K. Beck*, Trèves, traita de

«La possibilité d'emploi de la turbine à gaz».

Il étudie si la turbine à gaz permet de produire les kWh à meilleur compte que les machines thermiques classiques. Il explique la construction de la turbine à gaz en s'appuyant principalement sur les installations de Beznau (40 MW) et de Weinfelden (20 MW). L'Allemagne ne peut s'occuper théoriquement et pratiquement de la turbine à gaz que depuis le relâchement des prescriptions alliées. La turbine à gaz est caractérisée par son haut rendement thermique, par son élasticité de fonctionnement et par sa mise en marche rapide. Cette dernière qualité la rend particulièrement apte à la couverture des pointes. On travaille aujourd'hui avec des températures d'admission des gaz de 700 °C environ. Si l'on arrive à augmenter cette température, par l'emploi de nouveaux matériaux, le rendement thermique en sera augmenté. Quant à la situation en Allemagne en 1953, la comparaison entre la turbine à gaz et une installation à vapeur montre que la première l'emporte économiquement sur la seconde jusqu'à une durée d'utilisation de 1000 heures environ. Il faut cependant faire le calcul pour chaque installation, les frais de capital et de combustible jouant un rôle impor-

tant. La limite de 1000 heures n'est qu'une moyenne grossière. Chaque machine a ses avantages et ses inconvénients au point de vue économie de l'énergie. Il ne faut pas les mettre en concurrence, mais les utiliser à bon escient.

Monsieur *Th. v. Keller*, Munich, parla de

«L'exploitation combinée et les échanges d'énergie — aujourd'hui et à l'avenir.»

L'orateur distingue entre exploitation combinée interne, exploitations combinées entre entreprises d'un pays et exploitation combinée sur le plan international.

L'exploitation combinée interne suppose la présence de différentes sources d'énergie. Tant que la pointe n'atteint pas la capacité totale des usines, on peut mettre les usines en service à son gré; ce ne sont pas les frais fixes — intérêts et amortissements — qui décident, mais les frais de combustibles. On fera marcher avec la plus forte durée d'utilisation l'usine dont les frais de combustibles par kWh sont les plus faibles. En pratique il est toutefois souvent difficile de trouver l'optimum. Les prévisions de charge sont incertaines. Souvent ce sont les lignes de transport, dont la section est donnée, qui s'opposent à une répartition économique. Les difficultés sont encore plus grandes lorsqu'il s'agit de la collaboration entre une usine thermique et une usine hydraulique dont les échanges sont régis par un contrat fixant une fourniture minimum. Les possibilités sont si nombreuses que l'ingénieur doit souvent se fier à son intuition pour choisir la solution la meilleure.

L'exploitation combinée entre entreprises est facilitée par une supervision claire des phénomènes de l'exploitation interne. On ne peut pas la considérer comme une simple marche en parallèle. L'exploitation combinée commence avec l'échange élastique de puissance, c'est-à-dire lorsqu'on fait intervenir la production à l'endroit où elle est nécessaire. Chaque partenaire est responsable de fournir une puissance suffisante¹⁾. Lors d'échanges, il s'agit d'excédents d'énergie. Ce genre d'exploitation combinée est très développé dans la Ruhr. En Allemagne du Sud, il semble aussi s'établir une exploitation combinée entre centrales thermiques, avec un poste central de dispatching. La collaboration entre centrales hydrauliques et centrales thermiques est bonne en Allemagne; elle est pratiquement nécessitée par l'aménagement très poussé des forces hydrauliques. L'exploitation combinée comprend aussi les échanges énergie de nuit contre énergie de jour et énergie d'été contre énergie d'hiver. Une société a été créée pour l'étude de ces questions.

Sur le plan international, l'exploitation combinée se déroule en principe comme sur le plan national. En Europe nous avons les deux «zones hydrauliques» nord et sud, et entre deux la «zone thermique». La zone hydraulique nord (Norvège, Suède) n'a guère d'importance pour l'Allemagne, vu les grandes distances. Par contre, une liaison existe entre la zone thermique et la zone hydraulique sud. Il ne faut toutefois pas surestimer la part de la pro-

¹⁾ S'il s'agit de centrales thermiques à vapeur, une réserve tournante est nécessaire.

duction nationale engagée dans les échanges internationaux. Ces échanges atteignent aujourd'hui 1,3...1,5 % de la production totale d'Europe. La technique du réglage fréquence-puissance permet une collaboration toujours plus étroite. L'hiver dernier par exemple, la puissance des machines marchant en parallèle atteignit $24 \cdot 10^6$ kW environ.

Sous le titre

«Tâches futures de la distribution d'énergie»

Monsieur *H. Bachl*, Erlangen, parla des problèmes que pose la transformation de l'énergie. Dans sa conférence illustrée de nombreux clichés, l'orateur explique tout d'abord le processus thermique de la centrale à vapeur, de la turbine à gaz et du moteur à combustion interne, signalant que le rendement ne peut dépasser 45 %. Si l'on ne peut plus augmenter la température d'admission du fluide, il n'y a qu'un moyen d'améliorer le rendement: la production simultanée d'énergie électrique et de chaleur dans une installation mixte. Suivant la part attribuée à l'électricité et à la chaleur, on peut obtenir des rendements variant entre 88 % (chaleur seule) et 36 % (électricité seule).

La situation est analogue pour la production combinée de gaz d'éclairage et de coke, le gaz d'éclairage pouvant prétendre au titre d'énergie noble. Suivant le traitement du charbon, on obtient des quantités variables de coke, de gaz et de produits de synthèse, le rendement total variant de façon analogue à celui d'une installation mixte électricité-chaleur. Dans ces processus on peut obtenir des rendements totaux allant jusqu'à 80 %.

La possibilité de produire simultanément de l'électricité et de la chaleur est cependant limitée aux endroits où l'on peut écouler la chaleur produite. D'autre part, le besoin de coke dans les ménages et dans l'industrie métallurgique est restreint, et seulement une partie des réserves de charbon se prête à la fabrication de coke. Ce qui est de plus en plus demandé, c'est de l'électricité et du gaz. Il serait donc logique d'accoupler la production de ces deux formes d'énergie. Le couplage externe, c'est-à-dire la mise en série des deux processus, ne mène pas au but. Il faut un couplage interne, de telle sorte que du même processus on puisse tirer du gaz et de l'électricité. Il sera ainsi possible de donner au rendement une valeur optimum comprise entre les limites de 58 % pour la production d'hydrocarbures liquides ou gazeux et 36 % pour la production d'électricité, ceci en choisissant le rapport le plus favorable entre le gaz et l'électricité. Si l'on compare entre eux les schémas thermodynamiques de la production d'électricité par la vapeur et de la transformation du charbon, on constate qu'il doit être possible, en principe, de combiner les deux procédés. Espérons qu'il sera aussi possible de réaliser cette combinaison dans l'intérêt d'une meilleure utilisation de l'énergie brute «charbon».

Pour terminer, Monsieur *Höcker* traita le sujet:

«Energie nucléaire et centrales nucléaires.»

L'orateur résume les expériences acquises aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne, l'Allemagne étant, de par le statut d'occupation, fortement handicapée dans ses recherches en la matière. Les Américains estiment que l'électricité produite dans les centrales nucléaires ne doit pas coûter plus de 0,7 cent par kWh, pour que la production soit économique. Il semble que ce chiffre peut être atteint aujourd'hui.

Les participants au cours eurent l'occasion de visiter les centrales mixtes de chauffage et électriques en construction de la ville de Munich, qui produiront 50 000 kW lorsqu'elles seront terminées. Le but de ces installations est le chauffage du centre de la ville combiné avec la production d'énergie d'hiver, ce qui permettra d'économiser sur la production hydraulique. Pour le moment on y raccorde toutes les nouvelles constructions et les bâtiments où l'installation de chauffage à combustible doit être remplacée. Les centrales sont en ville et on espère que les fumées et poussières, que l'on s'est appliqué de réduire au minimum, ne donneront lieu à aucune réclamation.

Une excursion dans les environs de Munich conduisit tout d'abord les participants à Penzberg, où ils eurent l'occasion de visiter une centrale thermique travaillant pour les chemins de fer et la distribution publique. L'installation, actuellement en transformation, comprendra finalement 2 groupes de 12 MW et 2 groupes de 25 MW pour les chemins de fer (16 $\frac{2}{3}$ Hz), ainsi que 2 groupes de 7 MW pour la distribution publique (50 Hz). Dans le voisinage se trouve une mine dont le charbon est utilisé pour chauffer les chaudières de l'usine.

L'excursion se termina par une visite de l'aménagement de Walchensee, dans les Préalpes bavaroises. La retenue est formée par ce lac, dont le niveau peut varier de 6,5 m. La chute moyenne est de 200 m. La centrale est équipée de 8 groupes totalisant 168 000 ch ou 124 000 kW. La production annuelle moyenne possible est de $270 \cdot 10^6$ kWh.

Bibliographie

- H. Bachl*: Verbunderzeugung von Heizgas, elektrischem Strom und Syntheseprodukten; Brennstoff - Wärme - Kraft 1954, Heft 5 Mai.
K. Beck: Die Gasturbine, ihr technischer Stand und ihre Bedeutung in der Energiewirtschaft; Praktische Energiekunde 1953, Heft 5.
Th. V. Keller: Verbundwirtschaft und Stromaustausch heute und in Zukunft; Praktische Energiekunde 1954, Heft 5.
H. F. Mueller: Kosten, Werte und Preise in der Energiewirtschaft; Praktische Energiekunde 1953, Heft 3.
W. Reerink: Die Kohlenveredelung und ihre Auswirkung auf die Energiewirtschaft; Praktische Energiekunde 1954, Heft 1/2.
W. Spallek: Die Bedeutung der Steinkohle in der Energiewirtschaft; Praktische Energiekunde 1954, Heft 4.
H. Vogt: Theorie und Praxis der energiewirtschaftlichen Kostenrechnung; Praktische Energiekunde 1954, Heft 5.
H. Vogt: Probleme der Versorgungswirtschaft, Verlag Oldenbourg, München 1950.
H. P. Winkens: Die Grundlagen der Problematik der Kostenrechnung in der Energiewirtschaft; Praktische Energiekunde 1953, Heft 5.
W. Zankl: Über die Wirtschaftlichkeit kleiner Gaswerke; Praktische Energiekunde 1954, Heft 5.

Adresse de l'auteur:

M. K. Achermann, ing. dipl. EPF, Elektrizitätswerke Wynau, Langenthal.

Rédaction des «Pages de l'UCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, téléphone (051) 34 12 12; compte de chèques postaux VIII 4355; adresse télégraphique: Electrunion Zürich.

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.