Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 16 (1925)

Heft: 1

Rubrik: Compte-rendu de l'Assemblée de discussion de l'Association Suisse des Electriciens, concernant la première conférence mondiale de l'énergie à Londres

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.10.2025

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

SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

Erscheint monatlich,
im Januar dazu die Beilage „Jahresheft".

Alle den Inhalt des „Bulletin" betreffenden Zuschriften sind zu richten an das

Generalsekretariat
des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins
Seefeldstrasse 301, Zürich 8 — Telephon: Hottingen 7320,
welches die Redaktion besorgt.

Alle Zuschriften betreffend Abonnement, Expedition und Inserate sind zu richten an den Verlag:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G.
Stauffacherquai 36/38 Zürich 4 Telephon Selnau 7016

Abonnementspreis (für Mitglieder des S. E. V. gratis)
für Nichtmitglieder inklusive Jahresheft:
Schweiz Fr. 20.—, Ausland Fr. 25.—
Einzelne Nummern vom Verlage Fr. 2.— plus Porto.

Ce bulletin paraît mensuellement. — „L'Annuaire" est distribué comme supplément dans le courant de janvier.

Prière d'adresser toutes les communications concernant la matière du „Bulletin" au

Secrétariat général
de l'Association Suisse des Electriciens
Seefeldstrasse 301, Zurich 8 — Telephon: Hottingen 7320
qui s'occupe de la rédaction.

Toutes les correspondances concernant les abonnements, l'expédition et les annonces, doivent être adressées à l'éditeur

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A.
Stauffacherquai 36/38 Zurich 4 Telephon Selnau 7016

Prix de l'abonnement annuel (gratuit pour les membres de l'A. S. E.), y compris l'Annuaire Fr. 20.—
pour la Suisse, Fr. 25.— pour l'étranger.
L'éditeur fournit des numéros isolés à Fr. 2.—, port en plus.

XVI. Jahrgang
XVIe Année

Bulletin No. 1

Januar
Janvier 1925

Compte-rendu de l'Assemblée de discussion de l'Association Suisse des Electriciens, concernant la première conférence mondiale de l'énergie à Londres.

Berne, le 13 décembre 1924.

M. le Dr. *Tissot,* président de l'Association Suisse des Electriciens, ouvre la séance à 10 h 45 et souhaite la bienvenue aux représentants des Associations suivantes, en les remerciant d'avoir bien voulu honorer de leur présence l'Association Suisse des Electriciens et l'Union de Centrales Suisses d'électricité:

Service fédéral des Eaux	**Berne,**
Société suisse des Ingénieurs et Architectes	**Zurich,**
Association suisse pour l'Aménagement des Eaux	**Zurich,**
Association suisse des Ingénieurs-Conseil	**Zurich,**
Association suisse des Constructeurs de Machines	**Zurich,**
Association suisse des Consommateurs d'Energie	**Zurich.**

M. Tissot présente ensuite son rapport sur la première conférence mondiale de l'énergie, reproduit partiellement ci-après:

Messieurs et chers Collègues,

Vous avez peut-être pensé que je faisais preuve de beaucoup de présomption, en provoquant une Assemblée générale extraordinaire de notre Association, pour m'entendre parler de la *Première Conférence mondiale de l'Energie, qui s'est tenue à Londres du 30 juin au 12 juillet de cette année.*

Si je l'ai fait, Messieurs, ce n'est pas du tout dans un but personnel, loin de là. Les motifs qui m'ont guidé dans ma détermination émanent d'un sentiment de devoir à remplir vis-à-vis de notre Association et de nos industries.

J'estime en effet que lorsqu'un de nous a été désigné pour prendre part comme délégué officiel de notre Association à un congrès international, il doit informer ses collègues des décisions qui y ont été prises et leur communiquer dans la mesure du possible ce qu'il y a vu et entendu, afin qu'ils en profitent eux aussi.

Ce motif n'aurait peut-être pas suffi. Aussi y en avait-il un autre: certains industriels, fabricants de matériel mécanique et électrique des différentes nations représentées au congrès de Londres, s'en sont servis pour faire une réclame bien comprise en faveur de leurs produits. A les entendre, il semblait qu'ils avaient au point de vue technique une forte avance sur ceux des autres pays et par conséquent sur les nôtres.

J'ai donc pensé que la réunion d'aujourd'hui serait pour nos industriels une occasion bienvenue de remettre les choses au point, et d'exercer une juste critique aux rapports et communications présentés par leurs concurrents étrangers.

Ma conférence sera fastidieuse et longue, et cependant, elle ne donnera qu'une très faible image de ce qui a été présenté à Londres. Je vous prie donc, Messieurs, de bien vouloir vous armer de beaucoup de patience et d'indulgence pour votre conférencier. Vous serez, d'ailleurs, récompensés par ce que vous entendrez cet après-midi.

Le but que se proposait d'atteindre la Conférence mondiale de l'Energie (W. P. C.) est indiqué dans le programme envoyé aux intéressés par le Comité d'organisation. Ce but est d'examiner comment il serait possible de régler l'utilisation des sources industrielles et scientifiques d'énergie au mieux des besoins aussi bien nationaux qu'internationaux. Ce programme ne brille pas précisément par sa clarté et son élégance; je vous le donne tel quel:

En examinant les richesses dont dispose chaque pays en force hydraulique, en huiles, combustibles et en minéraux.

Par la comparaison des résultats acquis dans le perfectionnement scientifique des procédés de culture et d'irrigation, et des moyens de transport par eau, aériens et terrestres.

Par des conférences entre ingénieurs civils, électriciens, mécaniciens, de la marine et des mines, et entre experts techniques et autorités en matière de recherches scientifiques et industrielles.

En consultant les consommateurs de force motrice et les constructeurs des instruments de production.

Par des conférences sur l'enseignement technique, ayant pour objet la comparaison des méthodes d'enseignement adoptées par les divers pays, et la discussion des moyens permettant d'améliorer les facilités d'étude actuelles.

Par l'étude des aspects financiers et économiques de l'industrie, aux points de vue national et international.

En examinant la possibilité de créer un Bureau mondial permanent ayant pour but de réunir des données, d'établir des inventaires des ressources du monde, et d'échanger des renseignements, industriels et scientifiques, par l'intermédiaire de représentants nommés dans les divers pays.

Le travail de cette conférence mondiale a été réparti en un certain nombre de sections qui sont:

	Nombre de rapports annoncés:
Section A Statistique des ressourses d'énergie par pays	55
„ B Energie hydraulique	42
„ C Préparation des combustibles	19
„ D Energie thermique	
1° Production de la vapeur	83
2° Turbines à vapeur	4
3° Industrie du gaz	6
„ E Moteurs à combustion interne	9
Report	218

		Nombre de rapports annoncés:
	Report	218
Section F	Autres sources d'énergie	6
„ G	Transmission et distribution de l'énergie	47
„ H	Application de l'électricité à l'industrie	22
„ J	Application de l'électricité à l'électrochimie et l'électrométallurgie	9
„ K	Application de l'électricité aux transports	38
„ L	Application de l'électricité à l'éclairage	4
„ M	Partie économique, financière et législative	19
„ N	Standardisation, formation de l'ingénieur, hygiène	5
	Total des rapports	368

Le nombre de rapports présentés sur ces différents sujets a été de **323!** fournis par les pays suivants:

Grande Bretagne	75	Norvège	18
Suède	40	Hollande	15
Etats-Unis d'Amérique	39	Italie	15
Allemagne	23	Suisse	2[1])
Autriche	21	Autres pays	75

Les transactions de ce congrès seront réunies en un ouvrage de 4 volumes, comprenant 5500 pages, qui sera publié fin décembre de cette année, sauf retard.

Si je vous menaçais, Messieurs, de vous faire un résumé même très succinct de ces 323 rapports, vous prendriez immédiatement la fuite, et d'ailleurs, en comptant seulement un quart d'heure par rapport, il faudrait 81 heures, soit environ 10 jours de travail, pour remplir cette tâche assurément très ingrate. Aussi, comme je ne dispose guère que d'une heure et demie à deux heures et que cette conférence sera complétée cet après-midi par diverses communications, je me bornerai à traiter quelques sujets qui me paraissent dignes d'attirer plus spécialement votre attention. Je répartirai la matière en 5 chapitres principaux:

Chapitre I Ressources d'énergie:
a) dans le monde entier,
b) en charbon,
c) chez nos voisins.

Chapitre II Travaux de génie civil.

Chapitre III Turbines hydrauliques.

Chapitre IV Installations à vapeur à haute pression:
a) chaudières;
b) turbines à vapeur.

Chapitre V Transmission, régularisation et distribution d'énergie électrique.

Chapitre I.

Ressources d'énergie.

a) Dans le monde entier.

Il s'agit ici d'une revue générale des ressources d'énergie disponibles dans les pays du monde civilisé, sous les formes les plus diverses, telles que hydraulique, charbon, huiles lourdes, tourbes, force du vent, etc.

[1]) En réalité 6, dont 5 condensés en un seul.

Cette statistique générale est faite, je crois, pour la première fois et offre certainement beaucoup d'intérêt.

Il serait oiseux et d'ailleurs impossible de vous donner des chiffres sur chacun des pays qui ont participé à l'établissement de cet inventaire mondial. Aussi, ne vous parlerai-je que de deux rapports d'un intérêt général, émanant du Major Général *Nash* et de M. *Redmayne,* et de ceux présentés par les pays qui nous entourent, sauf l'Allemagne qui n'a probablement pas voulu donner de renseignements sur les ressources d'énergie dont elle dispose.

Je prends d'abord le rapport de Sir *Philip A. M. Nash* qui, quoique inscrit sous la section M, appartient, à mon avis, plutôt à la section A; il est intitulé: „The economics of world power".

M. *Nash* dit avec raison que „l'aspect économique de la force mondiale a été jusqu'à présent relativement négligé, si on le compare à l'aspect purement technique, avec ce résultat qu'il y a disproportion considérable entre le développement des deux aspects. Au point de vue technique, la science de l'utilisation de la force a fait de très rapides progrès au cours des vingt dernières années, alors qu'au point de vue économique, elle est restée presque complètement au second plan et une étude intensive de la question sous cet aspect sera encore nécessaire avant d'atteindre un degré comparable à celui qu'occupent les aspects techniques et scientifiques".

M. *Nash* reproduit d'abord un tableau dressé par le Professeur Arrhenius dans une série de conférences données à Dantzig en 1922.

Tableau I d'après Ph. Nash (chiffres du prof. Arrhenius).

		Billions de calories
1°	Chaleur émise par le soleil pendant l'année	$3 \times 10^{12} \times 10^{6}$
2°	Chaleur solaire transmise à la terre et à l'air qui l'entoure . .	1130×10^{6}
3°	Chaleur solaire transmise à la surface de la terre	530×10^{6}
4°	Evaporation de l'eau contenue dans les mers et l'air	340×10^{6}
5°	Energie de l'eau contenue dans les nuages	2800×10^{6}
6°	Energie contenue dans les cours d'eau	55 000
7°	Energie réalisable par les cours d'eau	4 000
8°	Force du vent	33×10^{6}
9°	Energie emmagasinée dans les plantes	160 000
10°	Energie contenue dans le charbon consommé annuellement . .	10 000
11°	Energie totale contenue dans le charbon fossile	44×10^{6}
12°	Energie totale contenue dans les gisements d'huiles lourdes . .	120 000

Seule l'énergie provenant des forces hydrauliques, du charbon, des huiles et du vent peut être considérée comme immédiatement utilisable.

Steinmetz a estimé que l'énergie consommée en 1915 aux Etats-Unis sous forme de charbon, soit 867 millions de tonnes, représente 87 millions de kilowatts de 24 heures avec un rendement de 10 %, et que les forces hydrauliques de ce pays peuvent produire 230 millions de kilowatts avec un rendement de 60 %. Si on pouvait capter l'énergie solaire transmise à la terre, on pourrait produire 800 000 millions de kilowatts, si le développement des sciences était tel que ce but pût être jamais atteint.

En utilisant les statistiques actuelles relatives à la production mondiale en charbon et en huiles lourdes, une estimation a été faite du nombre de kilowatt-heures que ces matériaux auraient pu produire.

Tableau II d'après Ph. Nash.

Energie mondiale en 1913, 1920, 1921.

Année	Charbon		Huile lourde		Force hydraulique		Total
	Millions de tonnes	Millions de kWh	Millions de barils*)	Millions de kWh	Millions de HP	Millions de kWh	Millions de kWh
1913	1 344	950 000	383,5	56 200	675	1 260 000	2 266 200
1920	1 320	932 000	694,4	102 000	675	1 260 000	2 294 000
1921	1 130	800 000	765,1	112 500	675	1 260 000	2 192 500

*) 1 baril = 151,4 l.

La consommation de charbon pour produire 1 kWh a été estimée à 1,41 kg, et celle de l'huile dans les moteurs à combustion interne à 0,942 kg. Ces deux chiffres paraissent *trop* prudents.

Le tableau III donne pour 1920 la production en charbon et huile pour les six pays principaux et montre qu'en additionnant l'énergie hydraulique, on aurait pu obetenir 900 000 millions de kWh.

Tableau III d'après Ph. Nash.

Energie mondiale en 1920.

Pays	Charbon		Huile		Force hydraulique	
	Millions de tonnes	Millions de kWh	Millions de barils*)	Millions de kWh	Millions de kW	Millions de kWh
Angleterre .	233 216	165 000	2,9	0,4	?	?
Etats-Unis .	597 168	422 000	442 929,0	65 000,0	52,0	97 000
France . .	25 274	17 850	—	—	6,5	12 100
Italie . . .	1 811	1 282	34,0	0,5	5,0	9 300
Allemagne .	143 221	101 200	212,0	31,2	6,0	11 200
Suisse . . .	75	53	—	—	4,0	7 460
Total	1 000 765	707 385	443 177,9	65 032,1	73,5	137 060

Utilisation du kW admise à 2500 heures par an.
*) 1 baril = 151,4 l.

Les chiffres indiqués pour la Suisse comme énergie hydraulique disponible sont très inférieurs à la réalité. En effet, l'énergie produite en 1922 a été de 2 880 000 000 kWh, et la capacité des usines existantes était de 1 490 000 HP ou environ 1 000 000 kW. A fin 1926 la puissance atteindra environ 1 340 000 kW et la production possible 5 450 000 000 kWh. A fin 1922, la Suisse disposait encore d'environ 8 000 000 HP pouvant produire environ 20 milliards de kWh.

Le tableau IV montre le pourcentage de la consommation actuelle en kWh de 'énergie totale réalisable d'après le tableau III.

Il démontre que la Suisse, l'Italie et la France, qui disposent de moins de charbon que les trois autres, ont poussé leur consommation de façon telle qu'elle se rapproche de l'énergie disponible. Il est en effet peu probable que la consommation puisse atteindre un chiffre de beaucoup supérieur à 60 % de l'énergie disponible.

Tableau IV d'après Ph. Nash.
Energie mondiale en 1920.
Rapport entre l'énergie consommée et l'énergie disponible.

Pays	Energie totale disponible d'après tableau III Millions de kWh	Energie consommée en 1920 Millions de kWh	Energie consommée en % de l'énergie disponible
Angleterre	165 000	6 400	3,88 %
Etats-Unis	584 000	49 802	8,4 %
France	29 950	5 410	16,7 %
Allemagne	143 600	8 600	6,0 %
Italie	10 582	3 400	32,1 %
Suisse	7 513	2 700	36,2 %
Total	909 477	76 312	8,36 %

Remarque: L'énergie totale disponible en Suisse étant estimée à environ 20 milliards de kWh, le pourcentage doit être ramené de 36,2 à environ 15 %.

Le tableau V montre la progression de la production d'énergie électrique depuis 1907 à 1922 pour les Etats-Unis, l'Angleterre et l'Italie.

Tableau V d'après Ph. Nash.
Augmentation de la production d'énergie 1907–1922.

Année	Etats-Unis A.		Angleterre		Italie	
	Production Millions de kWh	Augmentation en % depuis 1907	Production Millions de kWh	Augmentation en % depuis 1907	Production Millions de kWh	Augmentation en % depuis 1907
1907	5 862	–	713	–	1 097	–
1912	11 569	97	1 235	71	1 961	79
1917	25 438	334	2 366	232	3 826	250
1922	52 275	890	3 040	328	4 550	314

M. *Nash* indique comme puissance installée:

	kW	Nombre d'habitants par kW
Etats-Unis . . .	14 467 000	7
Angleterre . . .	3 400 000	12
France	1 800 000	23
Italie	1 500 000	24
Suisse	1 016 000	4

Notre pays est donc le plus avancé au point de vue de l'électrification.

Il ne m'est pas possible d'en dire plus sur cet intéressant travail, et je passe au second rapport d'intérêt général, celui de Sir *Richard Redmayne* sur «*The coal resources of the world*» («*Les ressources mondiales en charbon*»).

b) Ressources mondiales en charbon.

D'après l'état actuel de nos connaissances, les mines de charbon les plus considérables se trouvent en Europe et en Amérique. Quoique l'utilisation du charbon remonte à 2000 ans, ce n'est que dans les dernières décades que son utilisation intense pour des buts industriels s'est manifestée. Sur la base de la consommation

actuelle, il est probable que les réserves du monde en charbon ne dureront pas plus de 1500 à 2000 ans. D'ailleurs, les réserves en plomb, zinc, étain et cuivre s'éteindront très probablement bien avant celle du charbon; il est donc indispensable de trouver des métaux ou autres matières pouvant les remplacer.

Après avoir donné des renseignements sur les réserves mondiales des divers continents pour les différentes catégories de charbon, l'auteur, Sir *Redmayne,* passe à l'étude des moyens de rendre utilisables des charbons de qualité médiocre, de l'utilisation plus économique du charbon et des moyens d'empêcher le gaspillage. Il affirme qu'en Angleterre seulement, on pourrait économiser annuellement plusieurs millions de tonnes de charbon, si on construisait un système étendu et rationnel de réseaux de distributions électriques, permettant de fournir l'énergie à bas prix pour l'éclairage, la force motrice et le chauffage.

La production de charbon est actuellement de 1 200 000 000 tonnes par an. En 1913, année de grande intensité industrielle, la production a atteint 1 324 000 000 tonnes, se répartissant par continent de la façon suivante:

Tableau VI.
Production mondiale en charbon.

	Production en 1913	Production en 1920
	tonnes	tonnes
Amérique du Nord	531 600 000	601 300 000
Amérique du Sud	1 600 000	1 700 000
Europe	730 000 000	597 500 000
Asie	55 000 000	75 000 000
Arique	8 300 000	11 800 000
Océanie	15 000 000	11 900 000
Monde entier environ	1 342 300 000	1 300 000 000

Les Etats-Unis sont en tête, suivis de l'Angleterre et de l'Allemagne, mais ce dernier pays produit beaucoup de lignites.

Environ 90 % du charbon total provient de deux régions minières, celle des Etats-Unis et celle de l'Europe. Avant la guerre, l'Europe fournissait 50 %, les Etats-Unis 40 % de la production mondiale. La position des Etats-Unis est particulièrement intéressante; ils ont produit en 1910: 33,2 % de la production mondiale, en 1913: 38,5 %, et en 1920: 46,2 %.

La guerre a naturellement contribué à l'augmentation de production en faveur des Etats-Unis et à la diminution de celle de l'Europe.

En 1913, l'Angleterre a exporté 32,84 % de sa production; l'Allemagne a exporté 12,4 %; les Etats-Unis ont exporté 5,21 %. Ces trois pays ont participé ensemble pour 155 000 000 de tonnes ou pour 88,5 % au commerce d'exportation mondiale du charbon..

Il paraît certain que les Etats-Unis exploitent un certain nombre de mines supérieur à celui qui serait nécessaire, et que si ces mines étaient exploitées pendant toute l'année, au lieu de neuf mois environ, les Etats-Unis produiraient un surplus de 200 000 000 de tonnes par an; il en résulte que ce pays doit tendre à élever son chiffre d'exportation, alors que l'Angleterre ne pourra maintenir sa position qu'en produisant du charbon à bon marché et l'exportant grâce à un frêt réduit. Les frais d'extraction atteignent aux Etats-Unis environ un tiers de ceux constatés en Angleterre pour la même qualité de charbon et, cependant, les mineurs américains touchent des salaires plus forts que les mineurs anglais.

Que pourrait-on utiliser pour *remplacer* le charbon?

La production mondiale *d'huile minérale* ne représente qu'environ 3% de l'énergie contenue dans la production annuelle de charbon. Même en tenant compte des gisements nouveaux et riches du Mexique, de la Mésopotamie et du Turkestan, il est probable que les sources du monde en huile lourde ne suffiront pas longtemps, et l'auteur estime que dans 80 à 100 ans ces ressources seront complètement épuisées.

La tourbe. La quantité de tourbe disponible en Europe a été estimée par le Professeur *Gibson* comme équivalant à environ 100 000 millions de tonnes de charbon, et le Professeur *Lupton* a calculé que la réserve mondiale en tourbe représente environ 4% de la réserve mondiale de charbon.

Les forces hydrauliques. On a estimé que l'énergie des chutes d'eau pouvant être installées économiquement, représente environ 60% de l'énergie contenue dans le charbon exploité actuellement.

Le mouvement des *marées* pourra, probablement, être utilisé dans l'avenir comme pouvant remplacer le charbon dans une faible mesure.

Chaleur solaire. On admet comme un fait bien établi que toute l'énergie disponible est due, à l'origine, à la radiation solaire. On a estimé que cette énergie est égale à environ 70 000 fois celle que développerait tout le charbon dont nous disposons, s'il brûlait simultanément; mais une petite fraction seulement de cette énergie pourrait être utilisée pour créer de la force, car la vie animale et végétale en absorbe une quantité très importante pour continuer à subsister. La plus grande partie pourrait être récoltée sous les tropiques. Les expériences faites en vue d'utiliser l'énergie solaire se sont restreintes à la concentration de rayons lumineux au moyen de miroirs pour produire de la vapeur. *J. Ericsson* prétend avoir obtenu par ce moyen 1 HP par 20 pouces carrés de miroir.

Le Professeur *Schrœder* de Kiel a estimé que l'énergie accumulée annuellement dans la vie des plantes est d'environ 22 fois celle consommée en charbon dans le même temps.

L'énergie due au vent, pendant une longue durée, serait de 5000 fois celle que produirait le charbon consommé pendant le même temps.

Voilà pour ces deux rapports d'intérêt général sur les ressources mondiales d'énergie. Voyons maintenant l'inventaire des ressources en énergie hydraulique de trois de nos voisins, l'Autriche, l'Italie et la France.

c) Chez nos voisins.

Autriche. L'Autriche, par suite des réductions opérées par le traité de St-Germain, doit importer des quantités relativement importantes de charbon; ainsi en 1922, elle a importé 5,8 millions de tonnes, coûtant 11,5 millions livres sterling, tandis que sa production en lignite a été de 3,1 millions de tonnes et celle en charbon de 0,2 million de tonnes seulement. Ce pays est donc, comme nous, conduit à utiliser ses forces hydrauliques au maximum.

Le rapport No. 2, présenté par le „Bundesministerium für Handel und Verkehr", mentionne que l'Institut central hydrographique autrichien a été créé en 1895 dans le but d'étudier les forces hydrauliques disponibles dans ce pays; il a été établi 690 stations pluviométriques et 412 stations de jaugeages. Les statistiques montrent que la puissance hydraulique disponible en *basses* eaux atteint 3,7 millions de HP, et que la moitié pourrait être installée immédiatement. A fin 1923, environ 220 000 HP étaient en exploitation et 65 000 HP en période d'installation. Il reste, par contre, 1,4 million de HP, correspondant à une puissance moyenne de 2,8 à 3,6 millions de HP, suivant qu'on utiliserait des HP de huit ou de six mois.

La puissance *maximum* déjà *installée* atteint 582 000 HP, dont 231 000 HP destinés à la production d'électricité, le reste de 369 000 HP étant utilisé pour actionner des établissements industriels. La puissance moyenne de ces installations est d'environ 440 000 HP, pouvant produire 2500 millions de kW par an.

Pour financer ces entreprises, il s'est constitué des groupements provinciaux, auxquels des capitalistes américains, anglais, italiens et suisses auraient avancé des fonds, ou se seraient intéressés par prise d'actions.

L'auteur indique comme coût de premier établissement 1100 couronnes-or par HP, soit 1650 couronnes-or par kW. Si on compte les frais annuels à 12 % et une utilisation de 4500 heures, on arrive à un prix du kWh de 4,4 hellers-or, alors que le combustible coûte par kWh 6,7 hellers-or.

Italie. *Rapport Nr. 26 de M. de Marchi.*

L'énergie naturelle, dont on a actuellement vérifié l'existence et commencé l'exploitation en Italie, peut être reportée comme suit:

a) énergie hydraulique;
b) énergie dérivée des combustibles fossiles, solides et liquides;
c) énergie d'origine endogène, connexe avec des phénomènes volcaniques ou pseudovolcaniques.

Les sources appartenant à la première catégorie ont actuellement une importance beaucoup plus grande que les deux autres.

Les disponibilités en combustibles fossiles, qui ont été établies exactement, sont limitées: elles se réduisent, en effet, à des gisements de lignite et de tourbe (dans l'ensemble 340 000 000 de tonnes) et à quelques puits de pétrole, tandis que la houille manque presque complètement.

Enfin, c'est en Italie, seulement, qu'on a commencé l'exploitation industrielle de l'énergie d'origine endogène, par l'Usine de Larderello (8500 kW).

Les installations en activité au 31 décembre 1922 utilisaient dans leur ensemble une puissance hydraulique moyenne de 1 533 000 HP, tandis que 616 000 HP étaient en cours de construction; la valeur théorique de la puissance utilisée, quand toutes les installations en construction au 31 décembre 1922 seront achevées, dépassera par conséquent 2,15 millions de HP.

La production de l'énergie pendant l'année 1923 atteint environ 6 milliards de kWh.

Les grands réservoirs existant au 31 décembre 1923 étaient au nombre de 70 avec une capacité totale de 720 000 000 m³: on avait commencé la construction de 44 réservoirs ayant une capacité de plus que 580 000 000 m³. Pendant l'année 1923, on a achevé en Sardaigne le grand lac artificiel du Tirso qui, à lui tout seul, a une capacité de 416 000 000 m³.

Les usines thermoélectriques disposent dans leur ensemble d'une puissance électrique d'à peu près 400 000 kW. La production dans ces centrales (les $^{9}/_{10}$ à charbon) représente quelques centièmes seulement de la production d'énergie hydroélectrique.

France. *Rapport No. 15 de M. de la Brosse sur les forces hydrauliques en France.*

L'étude générale des forces hydrauliques a débuté dans les Alpes, il y a une vingtaine d'années; dans les Pyrénées et dans le Centre, elle ne remonte guère qu'à une dixaine d'années.

Le nombre de stations de jaugeages est actuellement de près de 600 qui ont fourni plus de 18 000 mesures de débit. Ces stations sont complétées de deux laboratoires spéciaux, à Grenoble et à Toulouse, pour le tarage des moulinets.

L'étude des pentes, qui a pour base l'établissement de profils en long détaillés des cours d'eau, est exécutée par le Service du Nivellement général de la France et se poursuit d'année en année. Cette étude a mis à ce jour à la disposition du public plus de 4000 km de profils en long qui rendent les plus grands services.

L'étude des réservoirs est non moins avancée; la plupart des lacs naturels de quelque importance ont été sondés, leurs capacités évaluées et quelques-uns déjà

sont aménagés avec des barrages qui en surélèvent le niveau, ou des orifices de fond, qui permettent d'en soutirer le contenu.

On possède d'autre part des études complètes de grands barrages-réservoirs sur d'importants cours d'eau, tels que le Rhône, la Durance, etc.

L'ensemble de ces études permet d'évaluer l'importance des forces hydrauliques françaises d'une façon tout au moins approximative.

Comment définir la puissance d'une usine?

Au début, les industriels ne considéraient que la puissance permanente, correspondant aux plus petits débits. Aujourd'hui, on envisage habituellement dans les concessions hydrauliques la „puissance normale disponible", c'est-à-dire, celle que peut donner l'usine en marche normale dans l'état moyen des eaux. M. *de la Brosse* pense qu'il serait préférable de donner dans les statistiques la „puissance installée", en y ajoutant la puissance d'étiage, quand celle-ci peut être suffisamment précisée.

D'après M. *de la Brosse*, la puissance totale des forces hydrauliques paraît comprise, suivant l'état des eaux, entre un minimum de 4 millions et une moyenne de 8 millions de kilowatts. Sur ce total, on utilise actuellement:

dans de très nombreuses petites usines de faible importance, environ	200 000 kW
dans 430 usines modernes bien outillées	800 000 „
Total	1 000 000 kW

La puissance installée paraît devoir être d'environ 1 500 000 kW à 1 800 000 kW.

Avant de quitter cet exposé sur les disponibilités mondiales d'énergie, je tiens à mentionner que la Suisse a, elle aussi, collaboré à cet inventaire par un rapport présenté par MM. *Büchi*, ingénieur-conseil à Zurich, *Eggenberger*, ingénieur adjoint à l'ingénieur en chef pour l'électrification des C. F. F., *Härry*, secrétaire de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, *Dr. Strickler*, ingénieur et chef de section au Service fédéral des eaux, à Berne, et *H. Zangger*, ingénieur, chef de la division technique du secrétariat de notre association.

Ce rapport très précis comprend les cinq chapitres suivants:

I. Aperçu général sur les ressources de la Suisse en énergie disponible et utilisée.
II. Enquête sur les ressources nationales en énergie.
III. Ressources d'énergie disponible et utilisée.
IV. Législation sur les forces hydrauliques.
V. La marché suisse d'énergie électrique.

Je saisis volontiers cette occasion pour remercier ces Messieurs de leur intéressant travail.

L'impression générale qui découle de la lecture des rapports formant cette partie importante de la Conférence de Londres, est que tous les pays cherchent à connaître aussi exactement que possible les sources d'énergie dont ils disposent, et à les utiliser au mieux pour abaisser le prix de revient de toutes choses, augmenter la production, et réduire ainsi le coût de la vie.

Chapitre II.

Travaux de génie civil.

Je ne m'étendrai pas longuement sur ce chapitre. Nous aurons l'occasion d'entendre cet après-midi un spécialiste en la matière, Monsieur *Gruner*, qui a pris part au congrès de Londres et nous donnera un aperçu des questions les plus intéressantes qui y ont été traitées.

Les rapports présentés sont répartis surtout dans la section B, Water Power Production. La plupart des pays qui ont participé à Londres ont tenu à exposer leurs richesses nationales en forces hydrauliques et les travaux exécutés pour les capter et les utiliser. C'est ainsi que le rapport No. 78 du Prof. Alexandrow, ex-

pose un projet d'utilisation du Dnjepr en Russie qui pourrait produire jusqu'à 650 000 HP.

Les communications 82 Mayoral, 83 et 84 Mendoza et 102 Orbegozo nous parlent de l'utilisation du Guadalquivir et du Duero en Espagne. Le rapport No. 70 Gürtü montre comment on peut aux Indes utiliser l'eau simultanément pour l'irrigation et la production d'énergie.

Dans les temps préhistoriques déjà, des barrages importants ont été construits aux Indes pour accumuler l'eau destinée à l'irrigation et il est regrettable que l'étude en question ne contienne pas d'indications sur la construction de ces barrages en terre et en sable.

L'étude No. 93 Pierce et Bobb se réfère aux installations des états du Sud-ouest de l'Amérique du Nord qui ont surtout pour but l'irrigation, et d'un façon secondaire, la production d'énergie; à l'aide de diagrammes, l'auteur montre qu'il est possible de combiner les deux choses d'une façon très heureuse, d'utiliser l'énergie des cours d'eau des Montagnes Rocheuses non seulement pour l'industrie, mais aussi pour actionner des pompes là où l'eau ne trouve plus son écoulement naturel dû à la pente du cours d'eau et également là où la rivière est sortie de son lit pour s'écouler vers la mer sous forme de fleuve souterrain.

Le rapport suédois No. 87 Berg montre l'influence des nombreux lacs de ce pays sur la production d'énergie, tandis que le rapport No. 65 Prof. van der Ley s'étend sur les études faites par le Gouvernement hollandais sur les ressources d'énergie hydraulique dans les Indes hollandaises où il faut tenir une juste balance entre l'irrigation et la force motrice.

Nous trouvons aussi dans cette section quelques études théoriques, parmi lesquelles je mentionnerai celle du Prof. *Schaffernak,* directeur du laboratoire hydraulique de Vienne, qui cherche à prédéterminer au moyen de formules l'influence sur le régime du fleuve, de canaux latéraux ou de remous ou encore du rétrécissement du profil par la construction d'épis.

Dans le rapport No. 62, l'ingénieur autrichien *Suess,* reprend l'idée des „Moulins à nef" et cherche ainsi par le moyen de turbines spéciales établies dans le courant du fleuve à transformer son énergie potentielle en énergie électrique.

L'ingénieur Dr. *Lavaczek,* également autrichien, voudrait utiliser l'énergie souvent perdue des hautes eaux, en installant dans les piliers des barrages, des turbines bon marché travaillant d'ailleurs à mauvais rendement, pour actionner des pompes dont l'eau alimenterait des groupes turbines-dynamos à haute pression.

De nombreux rapports s'occupent des dispositions adoptées dans divers pays pour la construction des barrages et prises d'eau.

Quelques communications intéressantes ont été faites sur les bassins d'amenée et les châteaux d'eau que Monsieur Gruner voudra bien résumer brièvement après-midi.

L'ingénieur italien *Mangiagalli,* rapport No. 71, donne des renseignements circonstanciés sur les nombreux réservoirs d'accumulation créés en Italie au moyen de *barrages* appropriés, construits sous les formes les plus diverses. Pour les barrages de gravité, cet ingénieur mentionne qu'aucun d'eux ne répond aux conditions trop sévères imposées par *Maurice Levy,* en France, par contre, ces barrages sont munis d'un système de drainage soigneusement étudié.

Les *tunnels sous pression* ne font l'objet d'aucun rapport, mais dans la séance du 4 juillet, que j'eus l'honneur de présider, la délégation suisse a été interpellée sur le tunnel de Ritom.

L'élimination des graviers, galets et broussailles a fait l'objet de diverses communications de Messieurs *Arellano* et *Azarola,* Nos. 79 à 80. Concernant les glaces, il résulte des rapports provenant de Norvège et du Canada, que c'est le sorbet „Gallerteneis" que les exploitants craignent le plus. Le chauffage des grilles par le courant électrique semble être un moyen efficace d'en combattre les inconvénients.

Chapitre III.

Turbines hydrauliques.

Rapport No. 96. Roues hydrauliques à impulsion par William Monroe White.

Ce mémoire donne un résumé de l'activité déployée aux Etats-Unis dans le domaine des turbines Pelton. Il constate que la construction proposée par Pelton pour le distributeur est devenue d'un usage courant. Le principe de cette construction consiste en ce que le distributeur fournit un jet de section circulaire dont le débit est modifié au moyen d'un pointeau central. Cette forme de jet est celle qui donne les meilleurs résultats, au point de vue rendement, comme la théorie et l'expérience l'ont prouvé. L'auteur indique que le rendement d'une pareille tuyère peut atteindre 98,5 %, chiffre qui a été obtenu également dans nombre d'installations suisses et européennes.

Il donne, d'autre part, la relation qui existe entre les rendements maxima que l'ont peut obtenir des turbines Pelton, et leur nombre de tours spécifique; selon lui le maximum de 87 à 88 % peut être obtenu pour n_s = env. 22. Ce rendement maximum tombe très rapidement dès que l'on dépasse $n_s = 24$.

Monsieur *Monroe White* donne une explication simple mais très claire de la façon dont le jet travaille dans la roue; il se sert de cette explication pour insister sur la nécessité d'obtenir des jets cylindriques sur une longueur suffisante.

Pour réaliser des jets aussi favorables que possible, les Américains adoptent des vitesses d'eau très faibles dans les tuyères, en outre les tubulures d'amenée ont des courbures aussi peu prononcées que possible. Le résultat de ces précautions est, selon l'auteur, que le jet reste cylindrique sur une longueur égale à environ 9 fois le diamètre, ce qui est suffisant pour assurer une entrée correcte du jet dans les aubes.

Le rapport de Monsieur Monroe White ne mentionne aucune turbine Pelton ayant plus d'un jet par roue; les constructeurs suisses et européens en général, ont poussé l'audace, sur ce point, plus loin que les Américains, car il n'est pas rare de voir chez nous des turbines possédant quatre jets, soit deux roues à 2 jets ou même six jets, soit 3 roues à 2 jets par roue. Cette augmentation du nombre de jets a pour effet d'augmenter la puissance unitaire des groupes toujours en vue d'arriver à des solutions économiques.

La fixation des aubes isolées sur les disques ne présente pas de caractéristiques bien remarquables et les constructeurs européens, les Suisses en particulier, ont réalisé dans ce domaine des solutions pour le moins aussi ingénieuses (Fully, douilles fendues Pic-Pic, etc.).

Au point de vue du réglage des turbines, les Américains semblent utiliser toujours l'orifice compensateur à l'exclusion du double réglage par pointeau et écran déviateur. Il est étonnant que le double réglage dont le premier brevet a été pris en 1906 par une Maison suisse (brevet Léon Dufour, Piccard-Pictet), n'ait pas trouvé d'application importante en Amérique, car il présente surtout pour les turbines ne possédant qu'un jet par roue des avantages incontestables sur l'orifice compensateur.

L'auteur semble admettre que cette attitude est dictée par le fait que le déflecteur oblige à disposer la tuyère trop loin de la roue, ce qui a une mauvaise influence sur les rendements. Ceci n'est d'ailleurs vrai que dans une certaine mesure et les constructions modernes permettent de limiter cet écart à une valeur sans importance.

En ce qui concerne les régulateurs, le mémoire est complètement muet, ce qui provient sans doute du fait que ces appareils sont exécutés non pas par les constructeurs de turbines eux-mêmes mais par des Maisons spécialistes.

Comme disposition générale des groupes Pelton, les Américains affectionnent le type des roues en porte-à-faux qui semble s'être généralisé chez nous, même dans le cas où l'alternateur est entraîné par deux roues Pelton qui sont alors dis-

posées de part et d'autre de l'alternateur; le groupe ne possède donc que deux paliers.

Les puissances réalisées ne semblent pas dépasser 30 000 CV (usine de Big Creek, chute de 630 mètres, puissance 23 000 CV, vitesse 375 t/min., deux roues en porte-à-faux, 1 jet par roue, turbines installées par Allis Chalmers); une autre usine, celle de Caribon possède deux groupes du même type que les précédents de 30 000 CV chacun. Des puissances de cette nature ont été également réalisées en Europe. Quant aux chutes utilisées, il semble que les Américains soient loin d'avoir atteint le record européen en particulier celui de l'Usine de Fully (1650 m).

Pour les rendements, l'auteur cite un chiffre de 93,34 % obtenu il est vrai avec un modèle d'essais seulement; les essais de la turbine de Big Creek ont conduit à 85 1/2 %, chiffre qui, pour une turbine de cette puissance avec un seul jet par roue, ne semble pas bien extraordinaire.

Rapport No. 97. Roues hydrauliques à réaction par H. Birchard Taylor.

L'auteur donne un aperçu très complet sur les progrès réalisés en Amérique dans ce genre de turbine.

Il résulte de ces communications que la disposition la plus générale adoptée pour ces turbines est celle à axe vertical; on n'utilise plus l'axe horizontal, pour les grosses unités, que lorsqu'il s'agit de compléter une installation dont les fondations existent déjà.

Ce type de turbine, analogue d'ailleurs à celui adopté dans nombre d'installations européennes, suisses, et autres pays, s'est développé dans une direction un peu différente de la conception européenne, en ce que les bâches amenant l'eau aux turbines sont en règle générale complètement noyées dans le béton et constituent une partie active de l'ossature des bâtiments.

Cette disposition présente l'inconvénient d'un accès moins facile aux éléments de la turbine exigeant une surveillance; il est vrai que, étant donné les dimensions imposantes des turbines américaines, cet inconvénient n'est pas prépondérant. Citons, par exemple, le cas des 3 turbines de 70 000 CV destinées au chutes du Niagara. Deux d'entre-elles sont fournies par J. P. Morris et ont une bâche composée de segments d'acier coulé; la troisième unité, livrée par Allis Chalmers possède une bâche en tôle rivée.

Les installations décrites dans ce mémoire sont imposantes par la grandeur des puissances unitaires. En voici une énumération sommaire:

Groupe de 70 000 CV pour la Niagara Falls Power Cy.
Groupe de 58 000 CV pour la Niagara Plant of the Hydro-Electric Power Commission of Ontario.
Groupe de 40 000 CV pour le Skagit River Development of the City of Seattel.
Groupe de 35 000 CV pour la Portland Railway, Light and Power Cy.
Groupe de 30 000 CV pour la St-Maurice Power Cy, et enfin des
Groupes de 28 000, 25 000 et 20 000 CV pour diverses sociétés.

La plupart de ces turbines sont munies de roues Francis d'un nombre de tours spécifiques qui ne présente rien de remarquable. Citons cependant les unités de 28 000 CV destinées au Great Fall, Plant of the Manitoba Power Cy. qui fonctionnent sous une chute de 18 m, et ont un nombre de tours spécifique de 684, ainsi que les unités de 30 000 CV pour la St-Maurice Power Cy. qui fonctionnent sous 19,5 m de chute; ce sont des roues Moody, n'ayant pas de couronne extérieure. L'auteur signale également que Allis Chalmers a livré des roues, type Nagler, également sans couronne extérieure, pour 77 500 CV avec une puissance unitaire maximum de 2750 CV.

Quant aux chutes utilisées dans ces turbines Francis, il y a lieu de noter que celle de 35 000 CV de la Portland Railway Light and Power Cy. fontionne sous une chute qui varie entre 280 et 310 m, ce qui est remarquable et ne doit pas avoir été atteint jusqu'ici pour des turbines Francis.

Toutes ce turbines sont naturellement munies da la commande extérieure des aubes du distributeur ainsi que de régulateurs à huile sous pression.

Les détails qui diffèrent des conceptions européennes, sont les paliers de guidage qui sont très généralement en bois de gaïac ne nécessitant pas de graissage à huile. Même les unités de 70000 CV citées au début de notre tableau précédent, ont des paliers de guidage de ce type-là; ces paliers possèdent des coussinets en six ou même huit segments réglables à volonté indépendamment les uns des autres.

L'auteur cite également l'emploi de coussinets garnis d'un caoutchouc spécial qui auraient l'avantage de pouvoir être utilisés, avec succès pour les paliers noyés, sans aucun graissage autre que l'eau alimentant la turbine.

Une attention toute spéciale semble avoir été accordée par les américains à la construction des tuyaux d'aspiration de leurs turbines, ces tuyaux peuvent se caractériser en ce qu'ils ont une forme de corps de rotation nettement évasée dans le but de récupérer l'énergie contenue dans la composante périphérique de la vitesse de l'eau à la sortie de la roue. C'est à cette construction que l'auteur semble attribuer, en partie du moins, les rendements obtenus qu'il signale. Ces rendements atteignent 90 % et le dépassent même. Ainsi les résultats des essais d'une turbine de 55000 CV destinée à la Hydro-Electric Power Commission of Ontario ont accusé à 50000 CV environ un rendement de 93,5 %; il s'agit d'une turbine fonctionnant sous 100 m de chute et 187,5 tours/min.

Nous nous demandons si les méthodes d'essais américaines sont absolument comparables aux nôtres; nous savons que les américains ne comptent pas à l'actif de la chute nette, l'énergie encore contenue dans l'eau à la sortie du tuyau d'aspiration, ce qui ne se fait pas, en règle générale du moins, dans nos pays.

Monsieur *Taylor* donne la description de quelques types de régulateurs utilisés en Amérique, mais il est difficile de se faire une idée exacte de leur fonctionnement, étant donné le manque de coupes et de renseignements quelque peu précis.

Un autre chapitre de ce mémoire est consacré aux vannes, ou plus particulièrement à la vanne type Johnson; c'est une vanne à tiroir équilibré, commandé hydrauliquement, d'un type semblable à celui exécuté par certaines de nos maisons suisses. L'une de ces vannes dont l'auteur reproduit la photographie est cependant impressionnante par ses dimensions; c'est celle destinée à la turbine de 70000 CV de la Niagara Falls Power Cy. Ses dimensions sont de 6,50 m sur 4,30 m environ.

L'auteur prétend que les erreurs inévitables, inhérentes aux anciens procédés de mesure ont été, grâce aux méthodes *Gibson* et *Allan,* considérablement réduites, à tel point que la mesure du débit serait devenue de ce fait plus précise même que celle de la puissance électrique débitée par les alternateurs.

Rapport No. 64. Historique concernant la turbine Kaplan par le Docteur Ingénieur J. Kneidl.

L'auteur rapelle que Monsieur le Prof. *Kaplan* mit sur pied ses études théoriques sur l'écoulement de l'eau au cours des années 1918 à 1921, puis qu'il procéda, sur la base de ces études, à des essais dans son laboratoire de Brunn. A la suite de ces essais le Prof. Kaplan prit un certain nombre de brevets sur la base desquels il construisit des roues d'essais de petites dimensions. En 1918, la maison *Storek* exécuta, sur ces plans, une roue qui permit d'atteindre un nombre de tours spécifique de 700 à 800. Le gouvernement de Tchécoslovaquie s'intéressa à ces résultats qui, il faut le reconnaître, présentaient pour l'époque une très grosse avance sur les constructeurs du monde entier, fit exécuter une roue de 1800 mm de diamètre qui fut montée et essayée à Podebrad. Cette turbine de 275 CV donna 85 % de rendement pour un nombre de tours spécifique de 1000 et encore 80 % à $n_s = 1200$.

Enfin, M. Kneidl signale que 2 turbines Kaplan ont été installées à Gorizia qui doivent donner 1000 CV avec un n_s de 1300 et 2 autres à Kromertz d'une puissance de 1000 CV également et d'un n_s = à 1100.

L'auteur ajoute cependant que des essais officiels n'ont pas eu lieu pour ces 2 installations et que des essais d'ordre privé ne peuvent pas être publiés; il prétend que la courbe des rendements serait semblable à celle de Podebrad.

Rapport No. 72. Développement récent des turbines hydrauliques en Italie par l'Ingénieur Guido Ucelli.

Cette note très documentée fournit une série de renseignements sur les turbines installées en Italie au cours des dernières années. Un graphique montre le rapide développement de la production hydraulique dans ce domaine. On constate que la puissance installée en 1900 était de 120 000 CV environ pour atteindre 800 000 CV en 1910, 2 300 000 CV en 1920 et 3 250 000 CV en 1923. La plupart de ces installations ont été fournies par la maison Riva de Milan.

Nous pensons pouvoir analyser succinctement ce mémoire comme suit:

A. *Turbines à basses chutes:* par lesquelles l'auteur entend celles dont la chute nette est inférieure à 20 mètres.

L'auteur constate que, pour ce genre de turbine, l'axe vertical n'est utilisé que très rarement et que son emploi est limité aux chutes particulièrement faibles.

Les installations qu'il cite dans ce domaine ne présentent pas un intérêt particulier. L'installation la plus importante serait celle des turbines de Busachi fonctionnant sous 17 mètres de chute et fournissant 4500 CV à 214 tours/minute. Il s'agit d'une roue ayant 2,30 mètres de diamètre à la sortie, ce qui n'a rien de bien extraordinaire. L'auteur ne donne aucun rendement concernant ce type de turbine.

B. *Turbines pour chutes moyennes* de 20 à 200 mètres.

Les installations citées sous cette rubrique sont d'un type courant.

Nous signalerons cependant les turbines pour l'usine de la Piave; ces turbines fournissent sous 110 mètres de chute 24 000 CV à 420 t/min. Notons également la turbine Francis simple destinée à l'usine de Velino qui donne, sous 190 mètres de chute, 10 000 CV à 900 t/min. L'auteur ne donne aucun renseignement sur les rendements atteints par cette catégorie de machines.

C. *Turbines pour hautes chutes.* Dans ce chapitre qui comporte des turbines Pelton, l'auteur commence par signaler l'emploi du double réglage exécuté par une maison italienne sur la base d'un brevet obtenu en 1908. Nous avons déjà rappelé, à propos de la note No. 96, que le 1er brevet obtenu à notre connaissance pour un réglage à double action a été pris en 1906 par la maison Piccard, Pictet & Cie. au nom de Monsieur Léon *Dufour.*

Parmi les installations intéressantes citées dans cette partie du mémoire, il y a lieu de noter entre autres une turbine de 20 000 CV sous 900 mètres de chute, à 504 t/min., destinée à l'usine d'Adamello et une turbine de 26 000 CV sous 1020 mètres de chute et à 500 t/min. pour l'usine de Moncenisio. On ne trouve, pas plus que pour les turbines Francis, aucune indication quelconque sur les rendements obtenus.

L'auteur signale à ce sujet qu'une maison italienne construit en ce moment des turbines Pelton de 35 000 CV pour l'usine de la Mese. Ce chiffre constituera sans doute la plus grosse puissance unitaire en turbines Pelton.

Ce mémoire se termine enfin par un aperçu sur les mesures prises par l'Italie pour augmenter sa puissance d'exportation dans le domaine des turbines hydrauliques.

Rapport No. 90. Tendance actuelle dans la construction des turbines hydrauliques par Hjalmar O. Dahl.

L'auteur rapporte sur les progrès réalisés en particulier en Suède, dans les installations de turbines hydrauliques pour basses chutes.

Il s'occupe tout particulièrement des essais préliminaires exécutés dans son pays, préalablement à la construction de l'usine de Lilla Edet. L'étude de cette usine a conduit à diverses solutions parmi lesquelles certains constructeurs ont présenté des turbines à axe vertical et 2 roues en vue d'augmenter le nombre de tours du groupe. Parmi les soumissionnaires se trouvaient cependant des offres

comportant des turbines à roue unique et à nombre de tours spécifique relativement élevé; parmi ces offres figuraient une turbine Kaplan, une turbine Lawaczeck et une turbine de la maison Bell.

Le gouvernement suédois, fort intéressé par ces propositions, décida de les soumettre à une série d'essais préliminaires. Ces essais s'étendirent à un modèle de turbine Kaplan et à un modèle de turbine Lawaczeck. La turbine Kaplan était prévue pour un nombre de tours spécifique de 800, celle de Lawaczeck pour un nombre de tours spécifique de 600. Sur la base de ces essais une commande fut passée pour une turbine Kaplan de 10 000 CV sous 6,50 mètres de chute et tournant à 62,5 t/min., calculée cependant pour débiter 11 200 CV. Les rendements pour cette turbine sont excellents, même aux faibles charges, grâce aux aubes mobiles de la roue motrice qui font l'objet, comme chacun sait, d'un brevet Kaplan; ces rendements sont de 84,5 % à $^8/_8$ de charge, 88 % à $^6/_8$, 86 % à $^4/_8$.

Les rendements garantis pour la turbine Lawaczeck comportent à $^8/_8$ de charge 84 %, à $^6/_8$ 81 %, à $^4/_8$ 65 % avec un maximum compris entre $^7/_8$ et $^8/_8$ et atteignant 87,5 %.

La turbine Lawaczeck dont le diamètre est de 6 mètres, comporte une série d'aubes fixes sans couronne extérieure; ces aubes sont disposées en diagonales et constituent un moyen terme entre la turbine centripète pure et la turbine axiale.

Quant à la turbine Kaplan, sa roue mobile aurait un diamètre de 5,80 mètres et serait munie d'aubes axiales mobiles autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation de la turbine et manœuvré automatiquement en même temps que les aubes du distributeur. C'est cette disposition particulière de la turbine Kaplan qui explique la différence sensible des rendements à faibles charges entre ces 2 types de roues; le rendement garanti de la turbine Kaplan, à $^4/_8$ de charge, est en effet de 86 %, tandis que celui de la turbine Lawaczeck n'est plus que de 65 %. Il sera intéressant de constater comment à l'expérience se comporteront les roues de Kaplan.

Il est intéressant de noter la collaboration entre le Gouvernement suédois et les constructeurs, collaboration qui a conduit en définitive à rendre possible l'exécution d'une installation importante munie d'un type de turbine qui jusqu'ici n'était pas sorti des essais de laboratoire, si ce n'est pour des installations d'importance relativement faible.

En terminant, l'auteur signale que la maison Verkstaden à Kristineham à livré, pour le Rio Cinca en Espagne, 2 turbines Pelton de 29 500 CV à 500 t/min. sous 450 mètres. Ces turbines sont à axe vertical et auraient donné un rendement de 85 à 87 % pour des charges comprises entre 6000 et 21 500 CV; il nous a paru intéressant de signaler ce fait, cette turbine étant à notre connaissance la plus grosse unité Pelton exécutée avec axe vertical.

Chapitre IV.

Installations thermiques à haute pression.

Considérations générales.

Nous allons maintenant aborder un chapitre ne présentant qu'un intérêt secondaire pour les producteurs et distributeurs suisses d'énergie électrique, dont les réseaux ne s'étendent pas au delà de nos frontières, mais qui a une grande importance non seulement pour nos industries mécaniques et électriques, mais aussi pour nos exportateurs d'énergie électrique. Il s'agit des usines à vapeur de production d'électricité.

Ces dernières années surtout, une lutte acharnée se poursuit contre la consommation de combustible. De très notables progrès ont été réalisés grâce à l'élévation de la pression, à l'utilisation de surchauffes très poussées et de groupes électrogènes toujours plus puissants.

Afin de faciliter la compréhension de son exposé et la tâche des collègues qui ont bien voulu accepter de parler dans l'après-midi sur les installations à vapeur à haute pression, Monsieur Tissot rappelle quelques principes de thermodynamique et démontre à l'aide de tableaux et de graphiques, les avantages théoriques qui résultent de l'augmentation de la pression initiale des chaudières, de la surchauffe et de l'amélioration du vide au condenseur, au point du vue de la consommation de vapeur par kilowattheure.

Il montre en outre que c'est surtout dans les installations à contre-pression que les hautes pressions constitueront le progrès le plus considérable.

Passant ensuite à l'examen des rapports présentés à Londres dans le domaine de la productions thermique de l'énergie, Monsieur Tissot les répartit en deux sous-chapitres:

a) production de la vapeur, soit chaudières,
b) utilisation de la vapeur donc turbines à vapeur.

a) Chaudières. Il y a déjà longtemps qu'on a amélioré le rendement de la production de la vapeur, en introduisant dans la chaudière non plus de l'eau froide, mais de l'eau réchauffée, en utilisant dans des appareils nommés économiseurs, la chaleur perdue des gaz du foyer, ou en employant des vapeurs d'échappement des machines ou de retour des appareils de chauffage.

Un procédé qui tend à s'introduire dans les grandes centrales thermiques est celui de Monsieur *Stanwood* datant, paraît-il, de 1890 déjà et qui consiste à élever le rendement thermique, en réchauffant l'eau d'alimentation au moyen de vapeur dérivée de la turbine.

Ce dispositif et représenté sur la Fig. 1 que la S. A. Brown, Boveri & Cie. a bien voulu mettre à ma disposition.

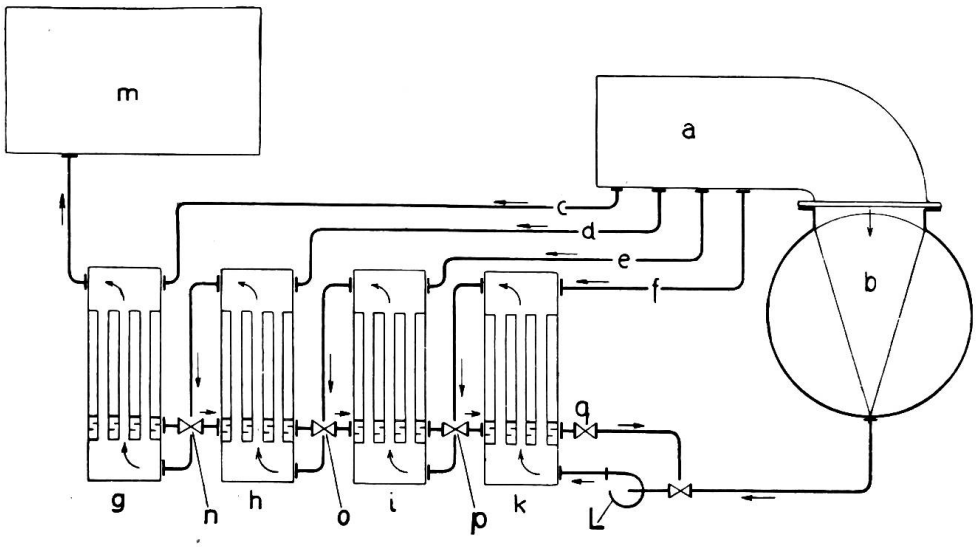

Fig. 1.

Le rectangle m représente la chaudière.
a une turbine à plusieurs étages.
b le condenseur.
c, d, e, f les tuyaux de dérivations reliant les divers étages aux réchauffeurs g, h, i, k.

Ces réchauffeurs à tubes d'eau sont traversés en série par l'eau d'alimentation extraite du condenseur, refoulée par la pompe 1 et amenée de l'un à l'autre par une canalisation appropriée, puis à la chaudière à la pression de celle-ci. La vapeur fournie par les étages de la turbine, réchauffe l'eau en circulant autour des tubes; elle se condense et revient en amont de la pompe 1. Le maintien de la pression dans les chambres de chauffage est obtenu au moyen des valves à flotteurs n, o, p. q.

L'économie résulte du fait que la chaleur de vaporisation de la vapeur dérivée, qui a déjà fourni du travail, est cédée à l'eau d'alimentation et reste ainsi acquise au cycle, au lieu d'être perdue dans l'eau du condenseur.

Ce dispositif nécessite dans la construction des chaudières et des foyers des modifications importantes contre lesquelles les constructeurs se regimbent beaucoup. En effet, les économiseurs et une partie de la surface de chauffe des chaudières deviennent superflus, et les gaz du foyer restant très chauds, on est conduit pour le moment à les utiliser non plus pour l'alimentation de foyers à grilles, mais de tuyères pour brûler soit des huiles lourdes, soit du charbon pulvérisé.

Voyons maintenant les idées qui ont conduit à des propositions nouvelles dans la construction proprement dite des chaudières. M. *Aimé Witz* dans son étude publiée dans la „Revue Générale de l'Electricité" du 20 septembre 1924, développant les phénomènes qui se produisent dans les générateurs de vapeur, d'accord avec les spécialistes, donne l'interprétation résumée dont voici un extrait:

Si l'on part d'un point des gaz chauds parcourant les carneaux pour gagner un point de la masse d'eau qui remplit la chaudière, on traverse d'abord une couche gazeuse, adhérente aux parois par viscosité et frottement, puis la tôle et d'autre part une nouvelle couche stagnante d'eau, immobilisée de même par viscosité et frottement. Or, il se forme dans la pellicule d'eau stagnante qui adhère aux parois des bulles de vapeur qui empruntent au métal leur chaleur de vaporisation et vont se condenser dans les parties les plus froides du liquide, en y transportant leur calorique. Il faut que ces bulles se forment rapidement, qu'elles n'adhèrent à la surface que par un cercle de petit diamètre et qu'elles s'en détachent aisément. C'est en se basant sur ces considérations que l'inventeur de la chaudière „Atmos", M. *Blomquist*, rapport No. 145, a eu l'idée de donner à ses tubes une vitesse de rotation qui applique l'eau pour ainsi dire contre le métal, l'y frotte, augmente l'intimité du contact, facilite l'évaporation et force les bulles à se décoller par centrifugation, tout en augmentant la surface libre du liquide.

Le diamètre des tubes est d'environ 300 mm, l'épaisseur de 18 mm et leur longueur d'environ 3,30 m. Ces tubes sont disposés en séries horizontales; leurs extrémités traversent la maçonnerie et constituent en même temps pivot. Ces tubes tournent à environ 330 tours par minute, actionnés par un moteur électrique, transmettant le mouvement de rotation par train d'engrenages.

M. *Blomquist* est certainement dans une voie nouvelle; l'exécution pratique de ses chaudières démontrera si les résultats qu'on en attend au point de vue économie du combustible, se réaliseront et si les difficultés inhérentes à la construction pourront être surmontées.

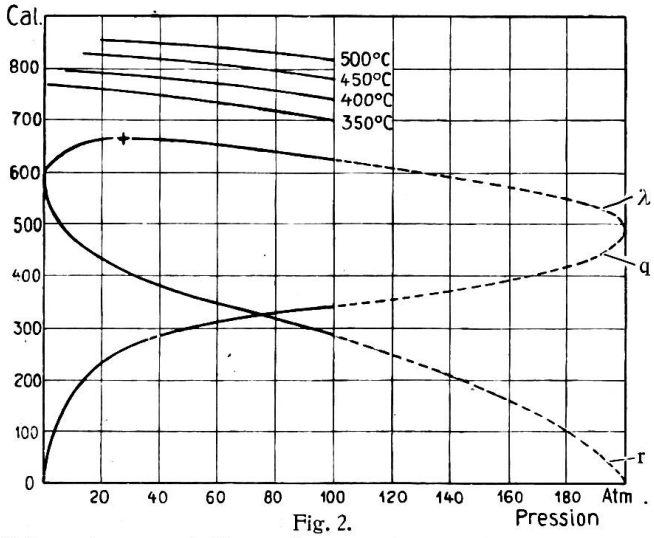

Fig. 2.
Valeurs de q, r et λ pour l'eau, en fonction de la pression.
q = chaleur de l'eau; r = chaleur de vaporisation; $\lambda = q + r$.

M. *Benson* a, lui aussi, inauguré une voie nouvelle et fait preuve de beaucoup d'audace en entreprenant la construction de chaudières utilisant 200 atm. La fig. 2 montre qu'en élevant la pression jusqu'à l'état critique, la vaporisation coûtera moins de calories. A cette température, on ne distingue plus les deux fluides l'un de l'autre et leurs volumes spécifiques sont égaux; il n'y a donc plus de chaleur de vaporisation à fournir et la production de vapeur est immédiate.

D'après M. *Aimé Witz*, la chaudière Benson est formée d'une série de serpentins en tubes d'acier, enroulés autour d'un cylindre de terre réfractaire et entourés d'une enveloppe de même nature, le tout recouvert d'une gaine métallique pour en assurer l'étanchéité.

M. *Brownlie* estime à près de 40 pour 100 l'économie qu'on peut attendre de l'emploi du générateur Benson; mais il reconnaît que ces chiffres demandent à être confirmés.

Mentionnons enfin les rapports No. 133 de M. *Kemnal* (Angleterre) et No. 146 de M. *Wiberg* (Suède). M. Kemnal prédit l'emploi dans un avenir prochain de pressions de vapeur variant de 35 à 100 kg/cm² et reproduit plusieurs installations de chaudières en service et en construction variant de 35 à 56 kg/cm². Pour de telles pressions, l'auteur insiste sur la nécessité d'utiliser de l'eau d'alimentation pure et désaérée.

La chaudière de M. *Wiberg* (No. 146) est construite en toutes grandeurs habituelles et pour des pressions allant jusqu'à 60 kg/cm². L'auteur cite comme exemple une chaudière marchant a 40 kg, 400° C de surchauffe et dont la surface de chauffe

est de	154 m²
celle du surchauffeur	70 „
celle de l'économiseur	89 „

et ayant donné 87,5 % de rendement à une évaporisation de 35,5 kg/m² de surface de chauffe et 86,8 % lorsque l'évaporisation était poussée à 58,2 kg par m².

Passons maintenant aux:

c) Turbines à vapeur à haute pression. Quatre rapports ont été présentés à Londres dont les plus importants sont ceux de MM. *Charles Parsons*, *C. F. Stork* et *V. Nordstroem.*

M. *Parsons* rappelle que des progrès considérables sont réalisés dans le rendement thermique grâce à l'utilisation de pressions de vapeur et de températures plus élevées, une pression d'échappement aussi basse que possible et grâce aussi à certains dispositifs décrits dans son rapport; il espère arriver dans l'avenir à un rendement thermique global de 30% entre le charbon et l'électricité, soit sensiblement celui des meilleurs moteurs à huile lourde.

M. Parsons estime que la capacité totale des turbines à vapeur installées dans le monde entier a atteint un chiffre supérieur à 120 000 000 HP.

M. Parsons préconise les 4 méthodes suivantes pour augmenter le rendement du cycle thermodynamique:

1° Augmentation de la température de l'eau d'alimentation, en chauffant par régénération l'eau d'alimentation à l'aide de vapeur retirée de la turbine,
2° Augmentation de la pression de la chaudière,
3° Réchauffage de la vapeur après expansion partielle,
4° Augmentation du vide et moyens de l'utiliser effectivement.

Nous avons déjà examiné les moyens préconisés sous 1° et 2°. Voyons le point 3° qui consiste à réchauffer la vapeur après expansion partielle. Cette méthode a été proposée il y a plusieurs années déjà, mais elle s'est buttée dans sa réalisation à des difficultés mécaniques. Une solution approchée paraît devoir entrer dans la réalisation pratique; dans quelques installations, la vapeur après une certaine expansion dans la turbine, en est extraite et élevée à une haute température dans un réchauffeur, avant de rentrer dans la turbine. Ce réchauffage a pour avantage d'augmenter les limites dans lesquelles la surchauffe subsiste et de diminuer celles dans lesquelles la vapeur devient humide en augmentant ainsi les pertes par viscosité. D'après Monsieur Parsons, le gain maximum obtenu dans le cas d'un seul réchauffage atteint environ 7 %.

Passons maintenant au point 4°: moyens d'utiliser le vide. Après en avoir passé en revue quelques-uns, M. Parsons arrive à la conclusion que si on n'est pas limité dans le diamètre de la dernière roue ou la vitesse, la solution la plus simple et probablement la meilleure, consiste à adopter pour les derniers étages une turbine à basse vitesse et à grand diamètre, ayant des aubes à profil normal

et installée à proximité du condenseur, de façon à réduire au minimum la longueur et la résistance au passage de la vapeur d'échappement.

Rapport No. 142 de M. Stork sur les Turbines à haute pression. M. *Stork* relève la lutte entre les constructeurs de turbines pour arriver à des chiffres de consommation de vapeur aussi bas que possible et il ajoute que toutes les conceptions envisagées dans ce but ont eu pour inconvénient de diminuer la sécurité d'exploitation, les matériaux employés étant soumis à des efforts considérables. M. *Stork* donne ensuite le résumé d'une conférence de M. *Loesel,* Directeur de la „Erste Brünner Maschinenfabrik" à Brünn sur les améliorations apportées par lui dans la construction des turbines à vapeur. M. Loesel améliore d'abord la partie à haute pression des turbines, en ce qui concerne le rendement à pleine charge, conformément aux résultats qu'il avait obtenus dans un grand nombre d'essais intéressants. En second lieu, la construction spéciale de cette turbine permet d'améliorer le rendement à charge réduite.

En troisième lieu, l'amélioration du rendement, obtenue dans un grand nombre d'étages par le système d'admission et de détente de la vapeur dans ces étages, est combinée avec une diminution des vitesses périphériques des roues motrices.

Cette diminution des vitesses périphériques a pour conséquence qu'on peut employer des matériaux ayant une résistance normale tout en étant en même temps très anti-corrosifs, ce qui augmente la sécurité d'exploitation.

Le résultat de ces avantages est, entre autres, que pour les turbines à vapeur à 3000 tours par minute, construites d'après ce nouveau système et pour l'emploi de vapeur à haute pression, de haute température et d'un vide élevé, on peut obtenir un rendement s'élevant jusqu'à 86 %. En outre, par suite du perfectionnement de la partie à haute pression, on peut également obtenir un rendement allant jusqu'à 85 % avec des turbines fonctionnant sans condensation et à une pression initiale peu élevée.

Les explications sont complétées par les résultats obtenus dans différents essais, et par la description d'une turbine en construction de 16000 kW à 3000 tours, qui sera bientôt mise en service, et pour laquelle, à une pression de vapeur de 35 atm. et une température de vapeur de 400° C, on a garanti une consommation de vapeur de *3,83* kg par kWh.

J'attire votre attention, Messieurs, sur ce chiffre de consommation de 3,83 kg de vapeur par kilowattheure pour une pression de 35° atm. seulement, et une température de la vapeur de 400° C. Si ce chiffre garanti est réellement atteint, et il n'y a pas de raisons pour supposer qu'une firme aussi sérieuse que la „Erste Brünner Maschinenfabrik" ne tienne pas ses garanties, la consommation en charbon de 7500 calories serait d'environ 500 g seulement par kWh.

Rapport No. 149 de M. V. Nordstroem, Ingénieur en chef de la Société pour la Construction des Turbines de Laval à Stockholm, sur „Extra High-Pressure Steam Turbines. M. Nordstroem mentionne qu'on projette maintenant des installations à vapeur pour des pressions allant à 30 kg/cm² et plus et que des pressions allant à 50 à 100 kg sont même déjà des réalités actuelles.

Théoriquement, en peut envisager comme particulièrement fondée la perspective de pouvoir de cette manière obtenir un meilleur rendement thermique. Cependant, on a émis des doutes sur la possibilité d'employer rationnellement, dans une turbine à vapeur, cette chute de chaleur plus grande, car une plus forte pression augmente considérablement les pertes dans la turbine. Il est évident que les difficultés croissent avec l'augmentation de la pression de la vapeur, en effet les pertes par friction des disques des turbines et les pertes dues aux fuites doivent être d'autant plus difficiles à contrôler que le fluide est plus dense; mais heureusement on peut vaincre ces difficultés en augmentant la vitesse de rotation que l'on réduit ensuite à l'aide d'engrenages, moyen qui est employé avec un succés complet par la Société des Turbines à vapeur de Laval.

Monsieur *Nordstroem* donne le tableau suivant pour montrer l'économie de combustible en % réalisée par un groupe destiné à la production d'énergie marchant à des pressions de 50 à 100 atm. sur un groupe marchant à 20 kg et une température de la vapeur de 350° C.

Pression à l'échappement . .	vide 96 %		1 kg/cm²		3 kg/cm²	
Pression à l'admission . . .	50	100	50	100	50	100
350° C. temp. vapeur . . .	7,5	9,0	40	45	46	51
400° C. temp. vapeur . . .	10,0	11,5	44	48	49	53
500° C. temp. vapeur . . .	15,0	16,5	51	53	55	57

M. Nordstroem cite une turbine de 600 HP qui n'a consommé que 3,9 kg de vapeur par cheval-heure mesuré au frein, marchant à 17 kg/cm², la vapeur ayant une température de 325° C.

Rapport No. 151 de MM. P. Junkersfeld de la Mc. Lellan et Junkersfeld, Ingénieurs et Constructeurs à New-York et Geo. A. Orrok, Ingénieur-Conseil de la Nouvelle Compagnie Edison à New-York, sur „Steam Power Production: General Review of Current Pratice. Ce très intéressant rapport donne un exposé général des conceptions et des idées nouvelles tendant à s'introduire dans la construction des grandes centrales à vapeur.

La capacité des stations centrales installées aux Etats-Unis est de 22 895 000 kVA, parmi lesquels 15 505 000 sont produits par des stations thermiques à vapeur.

La pratique courante montre qu'il y a une augmentation progressive de la capacité des turbines, de la pression et la température de la vapeur, en même temps qu'une amélioration de vide; et qu'il y a simultanément une diminution de la surface de l'usine par kW installé, de la surface de chauffe de la chaudière par kW installé, et pour la turbine une réduction du poids de charbon consommé par kWh.

Selon MM. Junkersfeld et Orrok la tendance actuelle irait vers une pression de vapeur d'environ 28 atm. et de 388° C. Des usines à plus haute pression sont mises en service, mais l'équipement n'est pas adopté d'une manière générale.

Je mentionnerai ici encore le rapport No. *247* du Prof. *Klingenberg* qui, en se basant sur le projet d'une centrale électrique de 200 000 kW indique les principes qui doivent être observés, afin d'obtenir un bon rendement. Le rapport donne une description des installations principales d'une centrale de cette puissance, en indiquant leurs buts et les avantages qu'on peut en tirer. Le rendement est calculé pour différentes charges, en comparant les résultats obtenus avec ceux des installations du type courant.

Vous aurez peut-être été un peu surpris, Messieurs, de l'importance que j'ai donné dans mon rapport aux installations de production d'énergie au moyen de machines thermiques.

La raison en est que si nos voisins qui disposent de mines de charbon importantes, arrivent à constuire, en suivant les progrès réalisés par la technique, des usines électriques consommant en marche normale environ 500 g de charbon par kWh, nos grandes installations de production par usines hydrauliques et de transports d'énergie par lignes à très haute tension risquent de se trouver, surtout dans des pays à monnaie dépréciée, en présence d'un concurrent sérieux, les usines thermiques modernes, avec lequel il faudra compter.

Vous me répondrez avec raison que les très hautes pressions et les très hautes températures n'ont pas encore fait leur preuve en marche normale et de longue durée et que les accessoires notamment les tuyauteries, les pompes d'alimentation, etc. doivent encore être l'objet d'études de détails très approfondies.

N'oublions pas toutefois que les difficultés techniques n'ont jamais arrêté le progrès.

Par contre, ce qui est vrai, c'est que les installations à vapeur si économiques soient-elles, mangeront toujours du charbon et que les pays qui utilisent ce combustible pour produire la force motrice dont ils ont besoin doivent se préoccuper de la diminution de leurs stocks et l'enrayer par tous les moyens possibles.

Je désirais en outre donner aux représentants de nos sociétés de construction de matériel mécanique et électrique l'occasion de s'exprimer sur ce qui a été dit à Londres à ce sujet et sur ce qu'elles font dans ce domaine qui est l'objet de perfectionnements constants.

Qu'il me soit permis maintenant de vous donner un court résumé de quelques rapports concernant la régularisation, la transmission et la distribution d'énergie électrique.

Chapitre V.

Régularisation, Transmission et distribution de l'énergie.

A. Régularisation.

Sous ce chapitre, nous trouvons d'abord une communication très intéressante No. 103 de M. Arbelot (France), directeur des forces hydrauliques et des distributions d'énergie électrique au Ministère des Travaux Publics et M. Dupin, Ingénieur à ce même ministère, intitulée «*L'évolution des idées en matière de régularisation de l'énergie hydro-électrique*».

Les auteurs répartissent leur intéressant travail en deux parties principales: 1⁰ historique de la régularisation, 2⁰ les idées actuelles.

Dans *l'historique,* ils distinguent trois périodes:

a) l'usine conçue isolément.

b) l'aménagement d'ensemble d'un bassin que l'on envisage pourvu de moyens de régularisation importants (réservoirs de haute altitude). C'est l'époque des plans d'aménagement établis par bassins, de la loi du 16 octobre 1919.

c) l'idée moderne de la compensation hydraulique interrégionale de bassin à bassin, en associant ensemble des bassins à régime complémentaire.

Idées actuelles. Jusqu'à ces derniers temps tous les efforts tendaient à régulariser la production de l'énergie. Cependant, au fur et à mesure que des études plus approfondies permettaient de se rendre compte avec une précision croissante de ce qu'il était possible d'attendre de ces divers systèmes ou de leur combinaison, on était amené à reconnaître leur insuffisance. La régularisation parfaite et d'ailleurs impossible, est-elle vraiment si désirable?

Il apparaît que la chose la plus importante est d'avoir l'énergie quand on en a besoin. Or, la courbe de la demande n'est pas du tout régulière et le problème consiste à agir sur elle de façon à la rapprocher le plus possible de celle de la production et, s'efforcer parallèlement d'obtenir une production se modelant sur la demande pour réduire au minimum l'importance des usines de secours.

Les moyens d'atteindre ce but sont de trois sortes:

1⁰ régularisation de la demande par l'association d'utilisations différentes; l'idée n'est pas nouvelle et a été appliquée depuis de nombreuses années chez nous.

2⁰ mise en commun de toutes les ressources à réaliser par la construction du réseau national de transport actuellement en cours en France.

3⁰ utilisation rationnelle de l'ensemble des moyens de production et de régularisation par la création de lacs réservoirs importants dans les Pyrénées, les Alpes et le Massif Central, le suréquipement des usines commandées par ces réservoirs et enfin l'emploi d'usines thermiques.

Comme autre communication intéressante rentrant dans ce chapitre, nous trouvons celle de *M. Motta,* Président de la Société Générale Italienne Edison à Milan, sur «*l'Influence de la co-existence d'usines hydro-électriques et à vapeur sur l'économie de la production et les nécessités d'accumulations et de réserves*» (No. 73).

M. Motta considère surtout les conditions de son pays où l'énergie des Apennins pendant l'hiver ne peut apporter qu'un secours sans importance aux manques des fleuves des Alpes.

Pour se garantir de ces variations et assurer un service satisfaisant, il devient indispensable de recourir à la centrale thermique dont la puissance doit être proportionnée à la valeur maximum des dites variations et qui protège les distributions d'électricité contre les interruptions de service auxquelles elles sont exposées.

En conclusion, dans le but d'intégrer les manques d'énergie hydraulique, comme d'assurer le fonctionnement d'importants services d'intérêt public, la centrale thermique est, même en Italie, un complément nécessaire de toute grande distribution d'énergie électrique.

B. Transmission au moyen de lignes à très haute tension.

Je mentionne d'abord un rapport circonstancié de *M. Duval,* Directeur de la Société Générale d'Entreprises, No. 207, à Paris, intitulé «*Caractéristiques des lignes à très haute tension établies en France*». M. Duval rappelle que les conditions techniques d'établissement en France des canalisations aériennes à haute tension sont déterminées par l'arrêté du 30 juillet 1921 dont M. Duval donne un résumé. Puis il décrit d'une façon détaillée les lignes les plus importantes actuellement en exploitation ou en construction, parmi lesquelles il faut citer celle de la Basse-Isère et le réseau d'Etat à 120 000 volts, les lignes des Cies. des chemins de fer du Midi et de l'Orléans à 150 000 volts.

Le rapport de *M. Tribot-Laspierre,* No. 208, sur «*Les Lignes françaises de Transmission d'Energie électrique à hautes et très hautes tensions*» complète en quelque sorte celui de M. Duval en envisageant les lignes atteignant ou dépassant 90 000 volts en exploitation ou en construction. Le tableau annexé au rapport montre que la longueur totale des lignes à haute et très haute tension atteint déjà près de 8900 km dont environ 5000 pour celles dont la tension est comprise entre 45 000 et 90 000 volts, et 3900 pour celle dont la tension est de 90 000 volts ou au-dessus. Les régions les mieux desservies à cet égard sont celles du Nord, de l'Est et des Alpes, dans lesquelles l'interconnection régionale est déjà très avancée.

En ce qui concerne l'interconnexion nationale, c'est-à-dire celle qui réunit deux régions différentes, le travail est déjà très avancé pour les deux régions du Massif Central et des Alpes: huit lignes existent, en effet, ou vont exister, entre la Savoie, le Dauphiné et la région de Saint-Etienne et de Lyon. Quatre sont en en service, avec une capacité totale de transmission de 60 000 kilowatts environ, et quatre autres sont en construction, avec une capacité totale de transmission de 120 000 kilowatts environ. Si l'on totalise les capacités de transport de ces lignes, on arrive à 180 000 kilowatts, nombre déjà fort imposant.

L'Est et le Nord vont être incessamment connectés, grâce aux réseaux d'Etat: de l'Est à 120 000 volts et du Nord à 45 000 volts, le noeud de l'interconnexion étant Mohon.

L'interconnexion de Paris avec le Centre sera chose faite, d'ici deux ou trois ans, grâce à la triple ligne d'Eguzon à Paris. Bien que dans la présente note toutes les lignes en projet aient été écartées, il n'est pas sans intérêt de faire remarquer que les futures usines hydrauliques de la Haute-Dordogne seront elles-mêmes réunies à Eguzon et par conséquent à Paris.

D'autre part, la liaison Paris-Nord, qui est amorcée jusqu'à Creil, sera vraisemblablement terminée dans quelques années, et nous voyons ainsi se dessiner,

dès maintenant, la grande artère nationale Pyrénées-Lille qui traversera le territoire du sud au nord.

Voici ensuite les rapports de deux ingénieurs italiens, dont l'un de l'ingénieur *del Buono*, No. 226: „Progrès réalisés récemment dans les lignes de transmission d'énergie en Italie au point de vue *électrique*", et le second de l'ingénieur *Rebora*, No. 227, qui constitue en quelque sorte le pendant du premier, intitulé: „Progrès réalisés récemment dans les lignes de transmission d'énergie en Italie au point de vue *mécanique*".

M. *del Buono* indique les formules en usage pour calculer la résistance, l'inductance, la capacité et la dispersion, et signale les méthodes employées pour les mesurer sur des lignes existantes. Il donne les coefficients de sûreté adoptés pour les isolateurs, ainsi que les différentes considérations sur le choix du type et sur la recherche des éléments défectueux sur les lignes en service.

M. *del Buono* expose les systèmes de calcul de la section et de la variation de tension employés en Italie.

M. *Rebora* traite le problème de l'établissement des lignes à très haute tension au point de vue mécanique et constructif. Il indique les valeurs estimées les plus convenables pour les portées normales, les types de mise à la terre les plus appropriés, etc. Il expose les calculs des pylônes, en donnant les poids d'acier employés, donne les formules pour l'évaluation des flèches, décrit les types divers de fondations et fournit les données sur le volume de béton employé.

Le rapport No. 204 de MM. *Angelo* et Prof. *Rung*, du Danemark, prouve que la Suisse n'est pas seule à faire de l'exportation d'énergie.

En 1921, le Danemark, la Suède et la Norvège nommèrent chacun une commission chargée d'étudier l'alimentation du Danemark en énergie électrique, depuis les deux autres pays. Les trois commissions réunies déposèrent leur rapport en 1923. La consommation future du Danemark est évaluée à 500 000 000 kWh par an, avec une charge maximum d'environ 157 000 kW.

La commission a étudié deux solutions à courant continu, système série, et deux solutions à courant triphasé. Les deux premières donnnent un rendement de 75 %, soit de 4 % et respectivement 1 % supérieur aux deux solutions à courant triphasé envisagées. Si on pousse la tension de la solution par triphasé à 120 kV, le rendement monte à 79 %.

Le prix de revient du kWh pour un transport de 42 000 kW et une durée d'utilisation de 6500 heures a été calculé à 3,5 à 4 œre (environ 5 à 6 cts.).

M. le Prof. *Rung*, le même que je viens de citer tout à l'heure, nous présente un rapport, No. 205, *sur les possibilités de réduire les pertes d'énergie dans les lignes de transport à haute tension.* Pour améliorer le facteur de puissance, le Prof. *Rung* étudie l'emploi de condensateurs statiques, branchés sur les réseaux à basse tension des différentes stations de transformation.

Le professeur anglais *Miles Walker* traite dans le rapport No. 217 également l'amélioration du *facteur de puissance.* Il examine les principaux types de machines et d'appareils qui créent du courant déwatté, et un remède approprié est indiqué dans chaque cas.

Pour de longues lignes de transmission à haute tension, le seul remède effectif semblerait être l'emploi du courant continu. Des chiffres sont donnés, montrant l'économie qui pourrait être réalisée, en utilisant du courant continu et un dispositif à commutateur, permettant de transformer du courant continu à haute tension en courant alternatif.

Dans son rapport No. 238, intitulé: *„Organisation économique et technique des grandes transmissions d'énergie en Suède"*, M. *W. Borgquist,* directeur du Département de l'électricité du Ministère des forces hydrauliques en Suède, nous entretient de l'organisation adoptée dans son pays pour l'utilisation des forces hydrauliques et la distribution de l'énergie sur une vaste échelle. La Suède produit sensiblement

la même quantité d'énergie que la Suisse, soit environ 2 800 000 000 de kWh. Les usines appartenant à l'Etat produisent environ 35 % et les usines municipales environ 15 % de l'énergie consommée en Suède. Le reste est fourni par des usines appartenant à des sociétés anonymes.

Jusqu'ici, la Suède a été partagée en districts naturels de force motrice indépendants. Dans les dernières années, ces districts ont commencé à échanger de l'énergie, et en raison de la densité de la population dans les parties sud du pays et des grandes ressources de force hydraulique dans le Norrland, la situation se caractérisera à l'avenir – lorsque les ressources d'énergie du Sud de la Suède seront exploitées – par un fort mouvement de l'énergie du Nord au Sud.

Durant les dernières années, il y a eu une coopération croissante entre les différents secteurs de distribution d'énergie qui a été entravée quelquefois par la différence de fréquence adoptée par eux; cette difficulté a été surmontée, soit à l'aide de générateurs jumelés pouvant fournir du courant à 25 ou 50 périodes, soit par des aciéries électriques capables d'absorber de l'énergie à 50 ou 60 ∼.

M. *Borgquist* insiste sur la construction simple et économique des lignes et stations. Les lignes de transmission sur poteaux en bois sont employées en grand, les interrupteurs à huile sont limités au strict minimum, et les appareils protecteurs contre surtension ont été éliminés.

Deux ingénieurs hollandais, MM. *Bakker* et *Staveren,* présentent un rapport trés complet sur la stabilité dans la marche en parallèle de stations génératrices, et M. *Norsa* (Italie, rapport No. 228) sur le développement et les limites de la marche en parallèle et de l'interconnexion de grands réseaux électriques.

Enfin, M. *Bennet* (Espagne, rapport No. 235) nous parle des facteurs influençant l'interconnexion de réseaux de transmission d'énergie.

Comme vous le voyez, ce sujet a fait l'objet de plusieurs communications importantes émanant d'ingénieurs élelctriciens connus.

Dans le rapport No. 246, intitulé: *„Superpower"* (superpuissance), M. *Murray* nous entretient de l'économie résultant de la répartition judicieuse des charges aux heures de pointes, entre les différents centres producteurs d'énergie, l'équilibre ainsi réalisé permettant de produire l'énergie au tarif le moins élevé possible.

Le système d'interconnexion proposé a pour but de transporter les surcroîts de puissances disponibles à certaines heures en certains points, vers d'autres centres de consommation momentanément surchargés.

L'auteur donne comme exemple le cas de la région s'étendant de Boston à Washington où, grâce à une interconnexion de six réseaux, ceux-ci pourraient fournir un surcroît de puissance de 100.000 kW actuellement inutilisés. L'interconnexion dans ce cas permettrait de substituer environ 250 000 000 kWh d'énergie hydraulique à une même quantité d'énergie thermique, sans augmenter la capacité des centrales actuelles. Les économies réalisées, placées à 12 ½ %, représenteraient un capital de 17 000 000 dollars, c'est-à-dire, une somme de beaucoup supérieure à celle que nécessiterait l'installation du système d'interconnexion.

Comme plusieurs de nos grandes installations suisses font de l'exportation en France, j'aurais voulu vous dire quelques mots de la législation française en matière de chutes d'eau et de distribution d'énergie électrique et vous montrer que l'ingérence de l'Etat en cette matière est beaucoup plus prononcée qu'en Suisse.

Lorsque l'Etat français concède à une Société de Transport d'Energie la construction et l'exploitation d'un réseau avec déclaration d'utilité publique, non seulement ces lignes doivent répondre à toutes les prescriptions officielles édictées par l'Etat, ce qui va de soi, mais même la section des conducteurs, la tension et par conséquent la capacité de transport sont prescrites. De plus, le concessionnaire peut être mis dans l'obligation de transiter sur ses lignes, l'énergie provenant d'autres usines que celles pour lesquelles il construit ses lignes de transport. La concession est accordée en général pour une durée de 75 ans dès la mise en

exploitation, et à l'échéance l'Etat peut se substituer gratuitement au concessionnaire et prendre ainsi possession de toutes les installations sans indemnité.

Le rapport No. 362 de MM. *Domergue* et *Lecat* donne à cet égard des renseignements détaillés.

Conclusions.

Pour terminer permettez-moi de vous faire part brièvement de l'impression que j'ai emportée de ce congrès.

Le Comité d'organisation a fourni un travail considérable; la tâche qu'il avait assumée a été remplie d'une façon parfaite et l'accueil réservé aux participants des plus cordial. Ces Messieurs ont fait tout ce qu'ils pouvaient, pour rendre notre séjour agréable et faciliter notre mission.

Les rapports présentés sont pour la plupart intéressants et donnent une idée exacte de la situation actuelle des nombreux problèmes de la production et de l'utilisation de l'énergie.

S'il m'est permis de faire une critique, je dirai que le programme était beaucoup trop vaste. Cette critique se fait jour d'ailleurs sous chiffre 6 du Memorandum signé par les représentants des nations ayant participé au congrès de Londres, où il est dit que dans une prochaine séance du Comité international, qui se réunira dans un délai pas trop éloigné pour examiner à nouveau les buts poursuivis par la Conférence Mondiale de l'Energie, on étudiera les moyens de les atteindre sans gêner aux Commissions internationales existantes et sans que les mêmes travaux soient entrepris simultanément de plusieurs côtés différents.

En effet, on ne voit pas pourquoi la Conférence de Londres a inséré dans son programme par exemple sous section N la «Standardisation» alors que cette question rentre dans celui de la Commission Electrotechnique Internationale, ou encore les «Grandes Transmissions d'Energie», puisque cette question constitue le programme essentiel de la conférence des Grands Réseaux. La conséquence de ce programme beaucoup trop vaste a été que les rapporteurs n'ont disposé que de quelques minutes pour résumer leurs travaux dont plusieurs auraient mérité une discussion approfondie qui n'a pu avoir lieu.

Il me paraît que l'idée de la Conférence Mondiale de l'Energie ne doit pas être abandonnée, mais qu'elle devrait se restreindre à la mise au net continue de l'inventaire des ressources mondiales d'énergie, à l'utilisation de cette énergie par la construction de centrales hydrauliques et thermiques, sujet en lui-même déjà très vaste, à l'application de l'énergie électrique à diverses industries telles que les transports, l'électro-chimie et l'électrométallurgie. La conférence mondiale pourrait aussi s'occuper de problèmes économiques, financiers et législatifs. Son programme ainsi réduit serait plus que suffisant pour retenir les participants pendant au moins une semaine de travail suivi et intense.

J'ai été surpris aussi de ce qu'aucun des Départements fédéraux intéressés ne se soit fait représenter; ni le Département fédéral des Chemins de fer ni celui de l'Intérieur, ni celui de l'Economie Publique que les questions traitées à Londres touchent de près, n'a envoyé un délégué. Si c'est par économie, c'est une grave erreur, car c'est une économie bien mal placée. Nous avons parmi nos fonctionnaires d'excellents ingénieurs, sérieux, étudiant les questions à fond, qui auraient pu présenter eux aussi des rapports de grande valeur. Les autres pays avaient au contraire plusieurs délégués officiels triés sur le volet, et par conséquent parmi les plus qualifiés.

Ceci dit, quelle doit être dans l'avenir l'attitude de la Suisse? J'estime qu'elle devra y participer d'une façon moins modeste qu'elle ne l'a fait à Londres. Dans plusieurs domaines, nous ne sommes pas en retard sur les autres nations, au contraire; l'intensification de l'électrification générale de notre pays et plus particulièrement celle de nos chemins de fer le prouvent. Il faut aussi que nos industriels et constructeurs saisissent de telles occasions pour rappeler par des rapports qu'ils

sont capables de réaliser les problèmes les plus divers aussi bien que leurs concurrents étrangers, en un mot, qu'ils sont à la page et par conséquent dans la voie du progrès. Le congrès de Londres a été pour les constructeurs étrangers une occasion de faire valoir d'une façon très habile leurs produits et il est fâcheux que nos bonnes maisons dont la réputation est universelle, ne se soient presque pas fait entendre.

Sans aller aussi loin que la Suède, pays d'environ 6 millions d'habitants, qui a présenté 40 rapports, nous pourrons facilement faire mieux que ce que nous avons fait à Londres et exposer des choses tout aussi intéressantes que nos sympathiques collègues suédois qui ont droit à toutes nos félicitations pour le travail important qu'ils ont fourni.

Nous avons été plutôt mal renseignés sur ce qui se préparait et nous sommes laissés surprendre. En étant représentés dans le Comité international, nous saurons mieux ce que nous aurons à faire pour montrer à nos collègues d'autres pays les progrès réalisés chez nous en matière de construction de stations centrales, de grands transports de force, d'électrification sous ses formes les plus diverses, puis au point de vue industriel, en matière de construction de matériel électrique et mécanique.

Sa conférence terminée, M. le Dr. Tissot lève la séance à midi et demi, en rappelant que la discussion doit commencer à 14 h précises et qu'elle sera introduite par les communications de divers spécialistes sur quelques sujets traités à Londres.

M. le *Président* rouvre la séance de l'après-midi en donnant la parole à M. Gruner.

Herr *H. E. Gruner,* beratender Ingenieur in Basel, macht folgende

Mitteilungen über die Zivilingenieurbauten:

Den eingehenden, statistischen Mitteilungen von Herrn Dr. Tissot ist nur noch beizufügen, dass die Addition der in den verschiedenen Publikationen von Sektion A angegebenen Zahlen über ausgebaute Wasserkräfte und über die Ausbaumöglichkeit in den Kulturländern Kanada, Oesterreich, Italien, den Vereinigten Staaten von Amerika, der Schweiz, Holländisch Indien, Australien, Japan, den Skandinavischen Staaten, England und Irland, Südamarika usw., die Zahl der ausgebauten Wasserkräfte ungefähr 85,4 Millionen PS ergibt, und die Ausbaumöglichkeit von den betr. Staatstechnikern auf 256,23 Millionen PS geschätzt wird. In der Abteilung B, welche speziell der Wasserkraftgewinnung gewidmet ist, und die eine grosse Zahl sehr interessanter Details birgt, sind auch wieder einige allgemeinere Berichte enthalten, auf die Herr Dr. Tissot schon eingetreten ist. Es bleibt also nur noch übrig, einige wichtige Details hervorzuheben. Um in die verschiedenen und verschiedenerleiartigen Details doch ein System zu bringen, soll dem Laufe des Wassers gefolgt werden.

Die interessanteste Publikation (No. 71) über Staumauern ist von Mangiagalli, Italien, abgefasst. Es zeigt sich aus dieser Publikation, welche grosse Anzahl Staumauern in Italien gebaut worden sind und wie die Italiener sich nicht gescheut haben, alle möglichen Systeme zur Anwendung zu bringen. Bei den Schwergewichtsmauern wird noch für den gekrümmten Grundriss gesprochen. Dagegen erklärt Mangiagalli, dass in ganz Italien keine einzige Staumauer mit den grossen Anforderungen, wie sie die alten, französischen Bedingungen nach Levy stellten, gebaut worden sei, dagegen sind die meisten Mauern mit einem ausgebildeten Drainagesystem versehen. Was die Bogenmauer anbetrifft, so ist eine Bemerkung hervorzuheben über die Talsperre von Cortino in Toscana. Diese Mauer ist 40 m hoch, 7 m am Fuss und 1,50 m dick an der Gräte und hat einen wasserseitigen Radius von 23,5 m. Sie wurde in 72 Tagen gebaut und es wird besonders hervorgehoben, dass sie das heftige Erdbeben von Garfagnana, welches die umliegenden Gebäude zerstörte, ohne Beschädigung überstanden hat. In der Berechnung der

Bogenmauern geht Mangiagalli mit den schweizerischen Berechnungen nicht ganz einig, er gibt den einfachen, amerikanischen Berechnungen den Vorzug.

In eingehender Weise wurde das System der aufgelösten Mauer in Italien ausgebildet. Hier ist die grösste und bekannteste Mauer diejenige des Tirso in Sardinien, mit einer Höhe von 69 m und der Anlage der Zentralen im Damm selbst.

Ausser diesen festen Dämmen sind auch steingeschüttete Dämme in Italien ausgeführt und sei hier besonders der Damm von Hone als spezielles Charakteristikum hervorgehoben. Dieser Damm hat eine Gesamthöhe von 37 m, eine Wasserhöhe von 33 m und erforderte 150000 m^3 Mauerwerk, um 33 Millionen m^3 Wasser aufzuspeichern.

Die Schweden (Mitteilung No. 89) geben ebenfalls in einem besondern Aufsatz über ihre Erfahrungen mit Bogenmauern Aufschluss, und zwar vertreten sie die Ansicht, dass die Bogenmauern armiert werden sollten, um sich gegen die Temperaturspannungen, das Betonschwinden und die daraus entstehenden Risse zu schützen.

Die Amerikaner (Mitteilung No. 95) befassen sich mehr mit den Erddämmen. Es ist ja bekannt, dass in den Vereinigten Staaten die Anschüttung von grossen Erddämmen grosse Fortschritte gemacht hat. Diese Dämme werden zum Teil hydraulisch eingeschwemmt und sind damit auch wieder besondere Erfahrungen gemacht worden, wie z. B. beim Calaveras Damm in Kalifornien und beim Nexas Damm in Mexiko, wo es sich zeigte, dass der innere, angeschwemmte Kern gar nicht austrocknen konnte und bei der Einwirkung des seitlichen Wasserdruckes wie eine Blase auslief.

Der grösste und wichtigste Erddamm ist bekanntermassen der Gatundamm, dessen Rückstau einen Teil des Panamakanals bildet. Er hat eine Höhe von 35 m, eine Breite von 670 m. Die Böschungen sind flussaufwärts 7 : 1 und flussabwärts 12 : 1 und seine Anschüttung erforderte 16 Millionen m^3.

Die Steindämme und Bogenmauern sind leider in dieser amerikanischen Publikation nur oberflächlich behandelt.

Es ist zu bedauern, dass die Schweiz trotz ihres grossen Talsperrenbaues nicht einen Beitrag zu diesem Kapitel geliefert hat. Um diesem Uebelstand etwas abzuhelfen, wurde in der mündlichen Diskussion neben andern Fragen auch der Bau von Talsperren in der Schweiz und durch Schweizer Ingenieure im Ausland besprochen. Von den schweizerischen Referenten wurde vorgeschlagen, den Bau von Talsperren auf die Traktandenliste der nächsten Weltkraftkonferenz zu setzen, besonders auch im Hinblick darauf, dass ja auch von den verschiedenen Behörden immer wieder versucht wird, durch enge und zu strenge Vorschriften, die Entwicklung dieser wichtigen Bauwerke zu hemmen, wie dies ja z. B. bis vor kurzem in Frankreich durch die Vorschriften von Levy der Fall war.

Ueber die grossen, kombinierten Wehre, die aus Pfeilern und dazwischen liegenden Schützen bestehen, ist nur von Schweden (Mitteilung No. 86) eine Mitteilung gemacht worden. Auf diese soll besonders hingewiesen werden, da sie zwei sehr interessante Tabellen enthält, welche alle in Schweden bekannten Schützenkonstruktionen in bezug auf Details, Ausführungsart und Gewicht vergleicht. Gerade hierüber hätte ja die Schweiz einen sehr schönen Beitrag durch ihre verschiedenen Niederdruckwerke liefern können.

Den Bau von Eisenbetonrohren schildern ebenfalls die Kanadier (Mitteilung No. 74) und sie führen aus, dass sie für ein Eisenbetonrohr von ca. 6 m Durchmesser nicht mehr die Kreisform gewählt haben, sondern eine in die Breite gezogene Form, welche genau der Drucklinie entspricht und z. B. im Modell dadurch erhalten werden kann, dass ein mit Wasser gefüllter Schlauch, der nicht ganz prall gefüllt ist, auf die Erde gelegt wird. Die Eisenarmierung kann bei grossen Rohren bei Anwendung dieser Formgebung wesentlich vermindert werden.

Ueber Vorbecken und Wasserschlösser bringen die Publikationen insofern etwas Interessantes, als die Kanadier die sorgfältige Verteilung im Vorbecken eines

Kanalwerkes durch einen sogenannten „Forbay-Defuser", den sie zuerst im Modell und hernach praktisch ausprobiert haben, schildern.

Als besondere Neuheit wird das sogenannte Differenzial-Wasserschloss angegeben, eine Konstruktion, die durch Ueberfall und Zurückfliessen arbeitet, und die ja in der Schweiz und in Oesterreich schon verschiedentlich angewendet wurde.

Nicht sehr viel ist über den Druckleitungsbau mitgeteilt. Kanada weist darauf hin, dass bei ausserordentlich niederer Temperatur die Druckleitung durch Eingraben oder durch Einbetonieren gegen Gefrieren zu schützen sei. Als Abschlussorgan wird speziell von Kanada der bekannte Johnson Schieber empfohlen, und zwar werden folgende Bedingungen für einen Druckleitungsschieber aufgestellt:

Ein solcher Schieber muss in jeder beliebigen Grösse und für jeden beliebigen Druck gebaut werden können. Seine Bedienung muss rasch vor sich gehen können und er muss unter den verschiedenen Beanspruchungen wasserdicht schliessen und sich auch unter jedem beliebigen, statischen Druck öffnen lassen. Bei grossen Druckleitungen ist ein automatisch arbeitender Abschluss zu empfehlen.

Wenn man Gelegenheit hat, mit andern Kulturvölkern in einem speziellen, technischen Gebiet seine Erfahrungen auszutauschen, so ist es auch wichtig zum Schluss zu überlegen, in welcher Richtung uns die Kollegen überlegen sind. Es muss da zuerst wiederholt werden, dass leider die Schweiz keine technischen Details über ihre Bauten gegeben hat und so fällt es auf, dass in dem Tiroler Bericht von Herrn Dr. Innerebner mehr über die schweizerischen Erfahrungen gegeben ist als über die österreichischen Beobachtungen. Für einen kommenden Kongress muss dies besser organisiert werden.

Italien, die Vereinigten Staaten und Schweden haben sehr vollständige Monographien über die Talsperren geliefert und gerade hier hätten wir doch auch allerhand zu sagen gehabt, denn von den andern Ländern braucht hier nicht alles kopiert zu werden. In unserm dichtbevölkerten Land kommen z. B. doch nur selten Stellen vor, wo ein *Erddamm* am Platze ist, dessen Konstruktion in den Vereinigten Staaten mit so grosser Sorgfalt ausgebildet ist, und auch für *Trockenmauerungsdämme* können wir uns nur schwer zur Ausführung entschliessen, besonders da wir nicht die geschickten Maurer Italiens in grosser Zahl und zu billigem Preis haben. Bis jetzt ist meines Wissens in unserm Land keine grössere *Eisenbetonsperre* gebaut worden. Auch hier scheint es nicht durchaus angezeigt, das Ausland zu rasch nachzuahmen, denn über die Verwendung von Eisenbeton für ein Bauwerk, von dem soviel abhängt, kann man doch zweierlei Meinung sein. Dagegen ist die schon vorhin erwähnte Mitteilung, dass die dünne, 40 m hohe Bogenmauer von Cortino in Toscana dem Erdbeben gut widerstanden hat, hervorzuheben. Gegen die Bogenmauern ist noch immer ein gewisses Bedenken in der Schweiz und doch ist erwiesen, dass die Bogenmauer, wenn sie richtig konstruiert wird, nicht nur eine sparsame Konstruktion ist, sondern auch eine sehr sichere, denn jede Konstruktion, bei welcher das Material auch richtig ausgenützt wird, kann als sicherer angesehen werden, als eine Baute, in der man nur plump grosse Massen anbringt.

Es darf da auch einmal die elegante Konstruktion der S. B. B. bei Amsteg hervorgehoben werden. Es ist zu hoffen, dass auch in Zukunft in der Schweiz bei passender Gelegenheit diese Konstruktion ihre richtige Verwendung findet.

In den kanadischen Mitteilungen fallen die sorgfältig studierten Einläufe der Kanäle, der Vorbecken und der Turbinen-Syphons auf. Diese guten Konstruktionen erklären sich durch die sorgfältigen Versuche, welche für diese Konstruktionen gemacht werden.

Aber in dem Kapitel der Versuche im Wasserbau sind wir gegenüber dem Ausland noch weit zurück. Die Deutschen hatten eine sehr interessante Broschüre von Prof. Thoma, „Experimental research in the field of water power" hierüber vorbereitet, aber dann an der Weltkraftkonferenz nicht herausgegeben. Ich habe mir den deutschen Teil dieser Arbeit schon vor längerer Zeit verschaffen können und daraus sehr wichtige Beobachtungen entnommen und mit Erfolg angewendet.

Die Deutschen haben vielleicht mit Absicht diese wichtige Broschüre nicht in alle Sprachen übersetzt.

Aus Oesterreich ist die schöne, theoretische Studie von Prof. Schaffernak No. 61: „The Influence of large water power installations on the regime of flow" ganz auf Laboratoriumsversuche begründet. Auch in den kanadischen, norwegischen und schwedischen Publikationen ebenso wie in den amerikanischen kann man lesen, wie viel Versuche und wie systematisch sie gemacht wurden.

Es ist merkwürdig, dass in der Schweiz diesen Versuchen noch so viel Misstrauen und Widerstand entgegengebracht wird und es ist zu hoffen, dass die Herren Elektriker, welche ja selbst in ihren verschiedenen Laboratorien und in der maschinentechnischen Abteilung der Technischen Hochschule beweisen, welches Verständnis sie im Allgemeinen für Versuche haben, die neuen Bestrebungen der Wasserbauer bei der Schaffung eines solchen Wasserbaulaboratoriums unterstützen. Es ist hier nicht der Platz, den grossen Vorteil eines solchen Laboratoriums für die Ausprobierung der Konstruktionen und auch für die Ausbildung der jungen Ingenieure hervorzuheben, aber es soll die Gelegenheit benützt werden, darauf hinzuweisen, dass ein sorgfältig ausgearbeitetes Projekt von dem Dozenten für Wasserbau, Herrn Professor Meyer-Peter, dem Departement des Innern vorgelegt wurde. Leider hat dieses erklären lassen, dass zur Zeit an die Ausführung eines solchen Laboratoriums nicht zu denken sei, wenn nicht die Industrie durch Aufbringung grösserer Fonds das Interesse an dieser Anstalt beweist. Um diese Fonds aufzubringen, müssen wir an alle Freunde einer solchen Anstalt appellieren.

Es ist zu hoffen, dass an einem kommenden Kongress nicht nur in praktischer Erfahrung, sondern dank einer solchen Anstalt auch in theoretischen Problemen die Schweiz im Wasserbau diejenige Stelle ausfüllt, die ihr nach ihrem Naturschatz und nach der für die Ausbeutung dieser Wasserkräfte geleisteten Arbeit auch gebührt.

M. le Dr. *Tissot* remercie l'orateur et relève en particulier la constatation faite par M. Gruner comme par lui-même, que la Suisse s'est présentée trop modestement à Londres. Lors de la prochaine conférence mondiale de l'énergie, il s'agira d'être préparé et d'apporter son juste tribut. M. le Président a été surpris de l'affirmation de M. Gruner relative à l'indifférence, voire à l'opposition que rencontrerait en Suisse l'idée d'essais touchant aux travaux du génie civil. En ce qui concerne les électriciens, il rappelle que l'A. S. E. s'intéresse, au contraire, vivement à ces questions, puisqu'elle a désigné un délégué officiel à la Commission d'étude chargée de travailler à la réalisation d'un laboratoire d'essai pour installations hydrauliques.

M. le Dr. Tissot constate ensuite avec satisfaction que nos maisons suisses de construction de turbines hydrauliques sont représentées ici, et il demande à Messieurs Neeser des Ateliers des Charmilles, Genève, et Caflisch de la Maison Escher Wyss & Cie., Zurich, d'exposer ce dont notre industrie nationale est capable dans le domaine des

turbines hydrauliques.

M. le Prof. *R. Neeser,* Directeur des Ateliers des Charmilles S. A. à Genève prend la parole:

Monsieur le Président et chers Collègues!

Pour répondre au désir que vient d'exprimer M. le Président, je vais vous rappeler sommairement ce que l'on entend par „nombre de tours spécifique" d'une turbine:

Supposons une turbine quelconque que je désigne par A et dont les dimensions auraient été établies pour les conditions de marche suivantes:

Chute en mètres	Puissance en CV	Vitesse en t/m
H	N	n

et placez cette turbine A sans rien changer à ses dimensions, sous une chute de 1 mètre; la puissance qu'elle fournira ne sera plus N mais $N_1 = N : H^{\frac{3}{2}}$ et sa vitesse de rotation passera de n à $n_1 = n : H^{\frac{1}{2}}$; ses conditions de marche nouvelles seront donc de:

$$1 \qquad N_1 \qquad n_1 .$$

Supposez maintenant que vous installiez, sous cette chute de 1 m une turbine B, exactement semblable à celle considérée et que vous obtiendriez, par exemple, en modifiant convenablement, dans le même rapport r, l'échelle de tous les dessins d'exécution de la turbine A de façon à ce que la turbine nouvelle développe, toujours sous 1 m de chute, une puissance de 1 cheval au lieu de N_1; il va de soi que la vitesse de rotation de la turbine B ne sera plus de n_1 tours/minute mais $n_s = n_1 \times r$, si r désigne le rapport entre les dimensions linéaires des turbines A et B. Les conditions de marche de la turbine B seront:

$$1 \qquad 1 \qquad n_s .$$

Ce chiffre n_s est ce que l'on appelle le nombre de tours spécifique de la turbine A; il peut se définir comme suit:

„Le nombre de tours spécifique d'une turbine quelconque, c'est le nombre de tours de régime avec lequel tournerait une turbine exactement semblable à la turbine considérée, mais dont toutes les dimensions linéaires auraient été modifiées dans un même rapport, choisi de telle façon que, sous une chute de 1 m, la turbine ainsi modifiée, débite 1 cheval de puissance effective".

Ce coefficient n_s est lié aux caractéristiques de fonctionnement N, H et n de la turbine considérée par la relation:

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{N}{\sqrt{H}}} .$$

Les valeurs de n_s citées au cours de cette note supposent que:

N est mesuré en chevaux vapeur de 75 kg × m/sec,
H „ „ „ mètres,
n „ „ „ tours/minute.

Certains des chiffres que M. le Dr. Tissot nous a cités concernant les installations hydro-électriques récemment construites en Amérique, sont particulièrement éloquents et bien faits pour donner aux lecteurs des mémoires publiés à l'occasion de la 1re conférence mondiale de l'énergie à Londres, une idée impressionnante des conceptions américaines dans ce domaine.

Il est probable que certains des records cités dans ce mémoire ne seront jamais battus en Europe; par exemple on ne réalisera vraisemblablement jamais, dans nos pays, des unités de 70000 CV comme celles de la Niagara Falls Power Co., car à supposer que l'on pût disposer d'un cours d'eau permettant de réaliser une puissance unitaire aussi considérable, il faudrait encore que la nécessité de condenser en un seul groupe une pareille quantité d'énergie fût justifiée; c'est dire qu'il faudrait disposer d'un centre d'absorption d'énergie d'une importance considérable, comme il s'en trouve dans certaines régions des Etats-Unis, mais pas chez nous.

Mais je n'hésite pas à dire que la plupart des constructeurs de turbines européens — je parle bien entendu des maisons de premier ordre — seraient parfaitement capables de dessiner, d'exécuter et de mettre en marche des unités de cette puissance; je suppose d'ailleurs qu'au cours de cette séance, M. Caflisch, ingénieur en chef de la maison Escher Wyss & Cie., pourra nous donner quelques indications sur les unités de 30000 CV et plus, sorties récemment des ateliers de sa maison.

Il va de soi que je répudie l'idée de prétendre qu'il n'y ait aucun mérite ni aucune difficulté à réaliser des turbines de très grande puissance; dans une assemblée comme celle-ci, comportant des spécialistes au courant de ces problèmes, une affirmation semblable ne serait pas prise au sérieux. En matière de construction de machines et surtout de machines hydrauliques, tout problème non encore résolu présente ses difficultés et ses risques particuliers; ceux-ci ne dépendent pas uni-

quement, il est vrai, de la puissance des groupes, mais encore d'une quantité d'autres facteurs.

Vous aurez conclu de ce que je viens de vous dire concernant le nombre de tours spécifique qu'une turbine fournissant N CV sous une chute de H m débitera sous une chute X fois plus grande une puissance donnée par $N \times X^{\frac{3}{2}}$, à condition que le nombre de tours primitif augmente dans le rapport de $X^{\frac{1}{2}}$. Ainsi une turbine qui serait construite pour:

$H = 4$ m;	$N = 2000$ CV;	et $n = 100$ t/m;
débiterait sous 18,5 m,	20000 CV	à 215 t/m
et sous 43 m,	70000 CV	à 325 t/m.

Ces résultats s'obtiendraient sans modification importante aux éléments purement hydrauliques de la turbine, tels que les aubages du distributeur et de la roue mobile. Ces éléments auraient les mêmes dimensions dans les 3 cas, à condition bien entendu qu'ils puissent supporter sans risque les efforts mécaniques nouveaux auxquels ils seront soumis. Les risques techniques afférents à une semblable opération ne sont pas négligeables, mais ils sont certainement bien moins considérables que ceux auxquels il faut faire face, lorsque l'on réalise l'augmentation de puissance, non pas par l'augmentation de chute, mais par une augmentation des dimensions linéaires des organes de la turbine.

Or, si les constructeurs européens ont tardé à mettre sur le marché leurs dernières créations en turbines rapides, c'est poussés par le souci de ne pas transformer les usines de leurs clients en laboratoires d'essais ou du moins de limiter les risques d'une telle collaboration au strict minimum.

Les caractéristiques des turbines modernes ne peuvent pas être déterminées avec une précision suffisante par le calcul seul; les phénomènes d'écoulement sont beaucoup trop complexes pour pouvoir être mis en équation. Les recherches théoriques exécutées dans ce domaine ne peuvent servir que d'indication sur la marche à suivre; à ce titre elles sont, je le reconnais, absolument nécessaires si l'on veut éviter d'innombrables fausses manœuvres qui toujours se traduisent par une perte de temps et d'argent. La seule façon de procéder consiste à essayer dans des laboratoires appropriés les formes de turbine à une échelle suffisamment grande. Mais, et c'est ici que la difficulté commence, les résultats obtenus sur une turbine, type d'essais, ne doivent être utilisés pour une turbine semblable de dimensions plus grandes ou plus petites qu'avec une grande circonspection; il faut procéder par étapes successives et seules des expériences de longue haleine peuvent fournir la matière susceptible de limiter ce genre de risques. Comme ces risques subsistent toujours, il faut être reconnaissants aux exploitants qui donnent aux constructeurs l'occasion de se lancer dans des constructions nouvelles, condition essentielle du progrès. Sur ce point, nos concurrents américains ont peut-être un avantage sur nous; la prudence, dans notre pays, est non seulement le propre du constructeur, mais aussi l'apanage du client; je devrais dire que pour l'un comme pour l'autre, c'est moins une vertu qu'une nécessité dictée par le souci de compromettre aussi peu que possible les finances qui leur sont confiées, car en définitive un insuccès se traduit toujours par une question de gros sous. C'est pourquoi je n'hésite pas à dire qu'il y a souvent davantage de mérite pour un constructeur de turbines à réaliser une installation de quelques centaines de CV plutôt qu'une turbine à grande puissance, lorsqu'il s'agit d'un type de roue nouveau soit par ses dimensions, soit par sa vitesse spécifique, soit par des difficultés inhérentes aux installations hydrauliques. Ces difficultés se présentent en particulier lorsqu'il s'agit de moderniser des installations existantes. Or, ce problème se pose très fréquemment dans notre Europe apauvrie. Les installations nouvelles coûtent cher; on préfère rénover les anciennes afin de ne pas immobiliser des capitaux importants. Or, s'il est relativement facile de construire une turbine à 600 ou 800 tours spécifiques lorsque l'on

taille en plein drap et que l'on peut disposer de la place nécessaire pour créer de bonnes chambres d'admission et de longs canaux d'évacuation, il est certainement beaucoup moins aisé de résoudre le même problème, quand il faut respecter des fondations et maçonneries existantes, créées il y a 20 ou 30 ans pour des turbines d'un type tout différent et leur adapter, sans frais importants, des construction nouvelles. C'est précisément là une des raisons pour lesquelles je prétends que l'industrie européenne des turbines hydrauliques, l'industrie suisse en particulier, a réalisé au cours de ces dernières années des progrès indéniables; ces progrès ne frappent pas l'imagination du grand public, ni même celle de l'ingénieur non spécialiste dans ce domaine, mais il n'en sont pas moins remarquables et dignes d'être signalés à votre attention.

On peut certes regretter que nos turbiniers n'aient pas eu à Londres, l'été dernier, un porte-paroles autorisé; la matière ne lui aurait pas manqué et il eut été facile de faire la preuve que la Suisse, berceau de l'industrie des turbines hydrauliques, continue à conserver le rang qu'elle a toujours occupé.

La littérature technique qui nous vient d'Amérique, en particulier les publications de M. Birchard Taylor (dans Power du 19 février 1924, comme aussi l'opuscule No. 97 publié à l'occaison de la conférence de Londres) insinue volontiers que les constructeurs européens ne sont pas au niveau de leurs collègues américains. Il me paraît que cette affirmation, pour le moins puérile, est basée sur une observation un peu superficielle et unilatérale des faits. M. Taylor semble se laisser avant tout impressionner par les „records de puissance" qui, cependant, pour les raisons déjà énoncées, ne donnent pas à eux seuls la mesure des capacités techniques des constructeurs. L'opinion que j'émets ici à ce sujet est d'ailleurs partagée par M. le Professeur Reindl qui à publié dans la „Wasserkraft" (No. du 15 juin 1924) une réfutation de cette opinion à laquelle j'emprunte une partie des renseignements qui vont suivre. Cette opinion est également celle de M. Schmitthenner (V. d. I. 12. IX. 24).

Le temps qui m'est accordé étant relativement restreint je vais me limiter à compléter les indications que vous a faites M. le Docteur Tissot ce matin et saisirai les occasions qui se présenteront pour relever les points où notre industrie des moteurs hydrauliques peut soutenir avec honneur la comparaison avec celle de nos concurrents d'outre-mer. J'espère que ces renseignements seront complétés par d'autres de mes collègues; pour ma part, désireux d'éviter l'impression que ces quelques notes pourraient avoir un but de réclame, et constitueraient un plaidoyer pro domo, je resterai aussi objectif que possible: je signalerai à l'occasion les performances de mes concurrents et je m'excuse par avance si, pour compléter tel point de mes explications il m'arrivait de glaner dans le jardin de leurs propres expériences.

1° Turbines Pelton.

La note de M. William Monroe White sur les turbines à impulsion (turbines Pelton) ne renferme à tout prendre rien de particulièrement remarquable. Si pour suivre une méthode chère aux américains nous partons des différents records réalisés, il sera facile d'établir que notre industrie n'a rien à envier dans ce domaine à l'industrie américaine.

En ce qui concerne *la puissance,* la note en question parle d'unités de 25 000 CV et de 28 000 CV réalisées au moyen de 2 roues en porte-à-faux de part et d'autre de l'alternateur, ce qui constitue en fait des roues de 12 500 à 14 000 CV. Nombreuses sont les installations européennes et suisses qui approchent ou dépassent par roue et même par jet cette puissance. Il me suffirait de citer les turbines de Ritom livrées par Pic-Pic et de Barberine livrées par Bell qui atteignent chacune avec un jet, l'une 15 000 CV l'autre 17 000 CV ainsi que les groupes commandés récemment par les Chemins de Fer Fédéraux Suisses pour Vernayaz, usine qui comportera pour le moment 4 groupes, deux d'Escher Wyss et deux des Charmilles, pour débiter en un seul jet et en surcharge 20 000 CV. Deux roues semblables,

disposées de part et d'autre d'un alternateur, livreraient 40000 CV sans que les difficultés techniques, en ce qui concerne les turbines, fussent augmentées en quoi que ce soit.

En ce qui concerne *la hauteur de chute*, le record reste toujours aux turbines de Fully, livrées par Piccard, Pictet & Cie. également, en 1914, et qui utilisent 1650 mètres; ces turbines qui n'accusent aucune trace d'usure ont été mises en marche sans aucune difficulté. Elles constitueront pendant longtemps encore le record de la hauteur de chute qui ne leur sera probablement enlevé que par les turbines de la Dixence si le projet de concession récemment accordé s'exécute en une seule usine.

Quant aux *rendements* réalisés, la note de M. White renferme très peu d'indications; il n'y figure aucune courbe d'essais; on y parle, il est vrai, des turbines de Big Creek qui ont donné 85,5 %. Comme il s'agit d'unités de 23000 CV sous 600 mètres à 375 tours/minute ce rendement n'a rien de bien extraordinaire. Chacun sait que les turbines Pelton mises en marche au cours de ces dernières années ont réalisé 86 ou 87 %, même 88 % dans de bonnes conditions de chute et de vitesse. Par exemple les turbines de Ritom ont donné, à la suite d'essais officiels, exécutés avec toute la précision voulue par un expert neutre et compétent, une courbe de rendements comprise entre 86 et 87 % pour des limites de charge assez étendues.[2])

Il faut bien se garder d'ailleurs d'attribuer, à la valeur absolue d'un rendement de turbine Pelton, une signification qu'elle ne saurait avoir; telle turbine donnant 80 % peut fort bien être au fond aussi remarquable que telle autre marchant avec 87 % ou plus; il ne nous paraît pas impossible, dans certains conditions de chute et de puissance, d'atteindre le 90 %, mais il est parfois exclu de pouvoir dépasser 80 %. Pour les turbines Pelton, comme pour les turbines Francis, la valeur du nombre de tours spécifique joue, à ce point de vue, un rôle prépondérant; le nombre des jets agissant sur la roue Pelton a aussi son importance. A ce sujet la notice de M. White donne des renseignements qui corroborent ceux acquis par notre expérience personnelle. M. White donne une courbe du rendement maximum réalisable dans les turbines Pelton, en fonction du nombre de tours spécifique par jet, et il admet que l'on puisse atteindre 88 % pour un nombre de tours spécifique de 20 à 22, ce qui correspond à un rapport du diamètre moyen de la roue au diamètre du jet de 12 à 11 environ. Il résulte de cette courbe qu'à partir de 22 tours spécifiques le rendement maximum réalisable diminue rapidement pour atteindre 80 % à 32,5 tours environ.

Les Ateliers des Charmilles ont mis en marche il y a 2 ans environ une turbine Pelton à 2 roues et 2 jets, dont le nombre de tours spécifique par roue et par jet est de 33. Cette turbine, installée dans un pays d'outre-mer, n'a pas été soumise à des essais de rendement. Mais on peut cependant tirer des valeurs de la puissance réalisée, en faisant intervenir les sections des distributeurs et les coefficients d'écoulement connus pour ces organes, la conclusion que le rendement de ces turbines dépasse certainement 80 % et j'admets pour ma part qu'il doit être possible de dépasser encore ce nombre de tours spécifique de 33 par jet.

Les Américains ont certainement reconnu, comme nous, l'importance de ce qu'ils appellent la distorsion du jet et ce que nous désignons par la dispersion de celui-ci; ce phénomène qui se traduit par une augmentation de diamètre de la veine liquide, après sa sortie du distributeur, est dû au fait que les filets liquides en quittant la tuyère ne sont pas toujours rigoureusement contenus dans des plans passant par l'axe de la tuyère. Ces veines liquides possèdent déjà, en amont de la tuyère, une vitesse dirigée obliquement par rapport à cet axe; cette obliquité est due à l'influence des coudes qui précèdent la tuyère. Or, si l'on ne prend pas

[2]) Il résulte d'essais de précision exécutés le 18 novembre 1924 par les C. F. F. sur la turbine No. 4 de Ritom que cette turbine atteint un rendement maximum de *88,2* % à $^3/_4$ de charge environ. Les rendements mesurés dépassent 87 pour toute la région comprise entre $^1/_2$ charge et pleine charge.

Le 13 décembre, date de notre séance de discussion à Berne, ces résultats ne nous avaient pas encore été communiqués officiellement.

certaines précautions, la valeur de la composante périphérique de la vitesse, augmente selon une loi connue, au fur et à mesure que la veine liquide sortant de la tuyère diminue de diamètre. Il s'en suit que la plus petite obliquité des filets liquides dans la tuyère d'amenée peut s'accentuer au point de provoquer une dispersion du jet prejudiciable au rendement. C'est la raison pour laquelle il est d'usage courant de diriger ces veines liquides par divers moyens, par exemple, en disposant en amont de la tuyère et dans celle-ci une série de cloisons parallèles à l'axe de la tuyère.

M. White préconise un autre moyen, qui consiste à utiliser une tuyère alimentée par 2 conduites disposées symétriquement par rapport à l'axe du pointeau. Cette symétrie, si elle n'annule pas complètement les effets de la distorsion, doit cependant les limiter dans une certaine mesure. L'auteur préconise également les moyens utilisés chez nous, savoir l'emploi de rayons de courbure aussi grands que possible pour les coudes précédant nécessairement l'injecteur; à interprêter les croquis figurant dans sa note, on constate aussi que nos concurrents américains utilisent des diamètres de tuyauteries, en amont des tuyères, relativement plus grands que ce n'est le cas en Europe. Ces 2 derniers moyens sont évidemment efficaces, mais conduisent à des constructions plus coûteuses et j'insiste sur ce point pour la seconde fois — j'y reviendrai encore plus tard — il est de fait que nos concurrents d'outre-mer ne semblent pas tenus, comme nous le sommes en Europe, à chercher par tous les moyens à diminuer leurs prix de revient.

A ce sujet-là j'ai constaté avec surprise que les Américains n'utilisent presque jamais plus d'un jet par roue. En Europe, la nécessité d'arriver à des solutions économiques nous force, à condenser sur le même arbre 2, 4 ou même 6 jets, répartis sur 1, 2 ou 3 roues de turbines.

M. le Dr. Tissot vous a signalé ce matin que les constructeurs américains n'utilisent pas le double réglage et lui préfèrent l'orifice compensateur. Je ne crois pas m'avancer trop en affirmant que le réglage à double action, si fréquemment utilisé en Europe, depuis 1906, réalise à tous points de vue une forme de réglage plus simple, plus complète et surtout plus sûre que l'emploi d'orifices compensateurs.

2° *Turbines Francis.*

La remarquable communication faite par M. Birchard Taylor au congrès de Londres donne une preuve évidente de l'activité déployée par les américains en matières de turbines Francis. Il ne faut pas oublier, si l'on veut trouver une explication du développement de ce type de turbine en Amérique, que ce pays, comme le Canada, son voisin du Nord, possède dans sa partie Est un réservoir formidable de chutes d'eau comprises entre 50 et 200 mètres, disposant d'un énorme débit et situé dans une contrée très riche en grosses industries. Les caractéristiques de ces chutes d'eau conduisent tout naturellement à l'adoption de la turbine Francis en unités de puissance impressionnantes.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler à cette occasion que les premières turbines de puissance quelque peu importante et destinées au Niagara ont été exécutées par des maisons suisses; les premières grosses turbines sont dues à la maison Piccard Pictet & Cie. Il s'agissait de turbines doubles à axe vertical conçues en 1891 et débitant 5000 CV sous 44 mètres de chute nette, cette puissance constituant pour l'époque un record qui était certainement audacieux.

Par la suite, en 1906, sauf erreur, la maison Escher Wyss a livré, pour le Niagara également, des unités de 10000 CV. Il avait donc fallu près de 15 ans pour franchir cette étape nouvelle de 5000 à 10000 CV. A partir de ce moment là, les livraisons d'Europe en Amérique et au Canada se sont singulièrement ralenties pour cesser presque complètement, les Américains ayant préféré faire venir de Suisse non plus des turbines, mais des ingénieurs sortis de nos écoles, nourris des expériences acquises dans nos usines, et dont plusieurs occupent maintenant encore des situations en vue aux Etats-Unis. Il n'est donc certainement pas trop

prétentieux de dire que l'indépendance technique que les américains ont acquise au cours de la dernière décade, ils la doivent en bonne partie, qu'ils le veuillent ou non, au rayonnement de notre industrie suisse.

Les Américains adoptent avec une préférence marquée le type de turbine à axe vertical, comme nous le faisons d'ailleurs en Europe, et il faut reconnaître que cette disposition dont le prototype, sauf erreur, est Keokuk, se justifie parfaitement tant au point de vue du coût, qu'à celui des rendements; l'eau passe du niveau amont au niveau aval avec un minimum de pertes de charge, surtout en ce qui concerne les changements de section, de direction et de vitesse.

Comme pour les turbines Pelton, les dimensions des tubulures d'amenée sont en général plus considérables qu'en Europe, ce qui permet de diminuer les vitesses de passage et partant de réduire les frottements. Les Américains ont accordé une attention particulière aux tuyaux d'aspiration; leurs études les ont amenés à abandonner presque complètement l'emploi des tuyaux d'aspiration coudés si fréquents chez nous. Chacun connaît les tubes d'aspiration, type White et type Moody qui sont, ce dernier surtout, très sympathiques il faut le reconnaître, à cause de leur symétrie presque parfaite par rapport à l'axe de la turbine.

Sur ce point nous reconnaissons que les Américains ont innové; ils disposaient cependant d'études théoriques très complètes parues en 1904 déjà sous la signature de M. le Professeur Prášil de l'Ecole Polytechnique Fédérale à Zurich.

Pour répondre à une remarque exprimée par M. Gruner dans son exposé de tout-à-l'heure, je tiens à signaler que les Américains ne sont pas seuls à étudier, dans leurs stations d'essais, non seulement les roues de turbines mais aussi les tuyaux d'aspiration. Aucun constructeur européen ne saurait méconnaître l'importance du tuyau d'aspiration sur la marche de la turbine; en ce qui concerne les Ateliers des Charmilles, je tiens à déclarer que cette question a été de tout temps l'objet de nombreux essais et que certains de nos clients nous ont passé leurs ordres précisément à la suite d'études très complètes sur le fonctionnement des tuyaux d'aspiration destinés à leurs installations.

M. Taylor donne au sujet du fonctionnement de ces tuyaux d'aspiration des courbes comparatives de rendement exécutés avec la même turbine et des tuyaux d'aspiration différents. Le résultat de ces essais serait un avantage marqué au point de vue du rendement en faveur du tube, type Moody. L'écart entre les rendements obtenus par le tuyau Moody et le tuyau d'aspiration coudé varierait entre 1 et 4 % environ pour des charges comprises entre $^2/_4$ et $^4/_4$.

Nos expériences personnelles ont cependant prouvé qu'il était possible de réaliser avec le tuyau coudé des rendements très voisins et même parfois supérieurs à ceux d'un tuyau type Moody. Je reconnais que pour les faibles charges surtout, le tuyau d'aspiration Moody réalise un progrès sur le coude ordinaire en ce qu'il récupère une plus grande partie de l'énergie contenue dans la composante circonférentielle de la vitesse de l'eau à la sortie de la roue; mais c'est aussi le cas pour tout tube d'aspiration fortement évasé et restituant l'eau à une distance convenable de l'axe de la turbine.

En ce qui concerne les essais comparatifs dont nous venons de parler, nous devons faire la remarque suivante. A en juger par les croquis quelque peu sommaires publiés dans la brochure No. 97 de M. Taylor, il nous paraît qu'il compare un tuyau d'aspiration Moody de forme particulièrement favorable à 3 types de tuyaux coudés dont la forme ne paraît pas heureuse et pourrait probablement être améliorée dans une large mesure, en sorte que les conclusions qui découlent de ces essais ne nous paraissent pas devoir être prises nécessairement à la lettre.

D'ailleurs un des inconvénients des tuyaux d'aspiration genres américains réside dans le fait qu'ils exigent une profondeur des fondations ainsi qu'une distance d'axe entre les groupes relativement plus considérables que les tuyaux coudés européens. Si l'on se base sur les croquis publiés dans le brochure déjà citée on constate que la distance d'axe entre les divers groupes doit être prise, si l'on utilise un tube

Moody, à une valeur égale de 4 à 5 fois le diamètre de sortie de la roue; les urbines de Chancy, munies d'un coude d'aspiration genre européen, n'ont que 2,8 fois le diamètre de sortie de la roue. Ceci veut dire que l'usine de Chancy, si elle avait été exécutée avec des tubes Moody, aurait vraisemblablement 22 ou 24 mètres de distance d'axe entre groupes au lieu des 14,5 qu'elle possède, ce qui, pour les 5 groupes dont elle est équipée, aurait augmenté sa longueur de 40 mètres au moins, soit de 50 %.

En outre, la profondeur du canal d'évacuation comptée depuis l'axe des turbines jusqu'au radier du canal de fuite sous la roue paraît être, dans les turbines américaines, de 2,6 à 3,5 fois le diamètre de sortie; pour les turbines de 58000 CV de la Queenstown Station, cette profondeur est de 3,5 fois le diamètre de sortie; pour les turbines de 35000 CV du Portland Railway Light et Power Cy. elle est de 4,5 fois; pour les turbines de 70000 CV de Niagara Falls Cy. elle est de 3 fois le diamètre de sortie alors que pour les turbines de Chancy, elle n'atteint que 2,2 fois ce diamètre. A ce taux-là, il aurait fallu, pour utiliser un tube Moody, approfondir les fondations de l'usine de Chancy de 6 à 7 mètres en-dessous de la cote qui a été adoptée.

Nous reconnaissons ainsi une fois de plus que la question du coût d'établissement semble jouer en Amérique un rôle moins important que chez nous, à moins que nos concurrents américains soient plus persuasifs que nous, puisqu'ils réussissent à justifier des dispositifs manifestement plus coûteux que ceux réalisés par les constructeurs européens.

Les chiffres de puissances unitaires que M. le Dr. Tissot nous a cités ce matin ne donnent pas, à eux seuls, la mesure des difficultés vaincues, puisque, comme je l'ai déjà dit, il n'est en somme pas très difficile de réaliser une puissance considérable lorsque l'on dispose d'une hauteur de chute convenable; si l'on veut faire intervenir la valeur de la puissance unitaire comme barême de record, il faut prendre non pas la puissance totale débitée réellement par la turbine, mais la puissance de la turbine ramenée à 1 mètre de chute; ce chiffre donne une idée plus exacte des dimensions linéaires et partant des difficultés de réalisation de ces machines.

Sur cette base, on constate que le record de la puissance n'est pas détenu par les Américains, mais par des maisons européennes. Et nous citerons à cette occasion quelques chiffres tirés en partie de la publication du professeur Reindl déjà citée.

Les turbines de Lilla Edet, types Lavaczeck et Kaplan disposent d'une puissance par mètre de chute de 675 CV pour la turbine Kaplan et de 600 CV pour la turbine Lavaczeck. Les plus grosses turbines américaines, si l'on en juge du moins par les renseignements de M. Taylor, ne viennent ensuite qu'avec 398 CV et 395 CV. Il est intéressant de signaler ici que les turbines de Chancy viendraient tout de suite après dans ce tableau avec 340. Les turbines livrées par les Ateliers de Vevey pour l'usine de Wynau qui constituent une réalisation technique intéressante d'une turbine à grande vitesse, posséderaient une puissance de 250 CV par mètre de chute.

En ce qui concerne les dimensions linéaires qui sont fonction, nous l'avons déjà dit, de cette puissance par mètre de chute, le record appartient aux turbines de Lilla Edet qui auront 6 mètres de diamètre extérieur. Les turbines de Chancy ne s'en éloignent pas trop puisqu'elles possèdent environ 5,20 mètres à la sortie.

Quant au nombre de tours spécifique réalisé en Europe et en Amérique, il me paraît incontestable que si les constructeurs européens ont été peut-être au cours et du fait de la guerre, handicapés provisoirement par leurs collègues américains, cet écart a été très vite comblé. Il ne faut pas oublier que le grand essor enregistré depuis une dizaine d'années dans le domaine des nombres de tours spécifiques élevés, essor qui a conduit aux constructions de roues désignées communément par roue à „hélice“ ou roues sans couronne extérieure, est dû, en grande partie, à l'influence d'un novateur, M. le Professeur Kaplan à Brunn qui, à la suite d'études théoriques commencées en 1906 déjà, a pris une série de brevets sur des turbines à grande vitesse, brevets qui se sont, en définitive, cristallisés dans la construction des turbines type Kaplan.

Les roues Nagler et Moody très répandues déjà en Amérique, puisque d'après M. Taylor il existe environ pour 200000 CV de roues Moody et 77500 CV de roues Nagler, avec une puissance unitaire maximum de 30000 CV (Moody), ont certainement été inspirées par les résultats de Kaplan.

Les constructeurs européens n'ont pas encore mis en service une batterie de turbines à hélice aussi importante que leurs collègues d'outre-mer; cela provient, comme nous l'avons dit, en partie des effets de la guerre et en partie du fait que sur notre vieux continent on est sans doute un peu plus craintif en ce qui concerne les risques d'une invention nouvelle. Cette crainte procède très certainement aussi du fait des exigences imposées aux constructeurs européens de turbines par leur clientèle, exigences qui sont, en ce qui concerne la responsabilité des conceptions, tellement dures parfois que seule une politique d'extrême prudence s'impose.

Ces roues rapides risquent, en effet, de conduire à des phénomènes de cavitation, c'est-à-dire à la production de pressions tellement faibles en certains endroits de la roue qu'il en résulte un décollement de la veine liquide susceptible d'amener une usure extrêmement rapide de la roue mobile.

Les constructeurs européens, instruits par l'expérience, ont tenu à étudier d'aussi près que possible ces phénomènes, à fixer les limites entre lesquelles ils se produisent avant d'engager leur clientèle à choisir ce nouveau type de roue.

Actuellement, il existe déjà de remarquables exemples de turbines à grand nombre de tours spécifique qui semblent donner toute satisfaction. Un groupe de maisons européennes, qui s'est assuré les brevets du Professeur Kaplan, a procédé à toute une série d'essais qui mettent ces maisons à même de fournir des turbines rapides d'un nombre de tours spécifique compris entre 600 et 1000 et accusant un rendement maximum, dans de bonnes conditions des canaux d'amenée et de sortie, voisin de 87 et 89 %.

Cette valeur maximum a d'ailleurs récemment été atteinte par des roues à hélices à aubages fixes. Mais il faut reconnaître que ces turbines, comme aussi celles construites en Amérique, sur ce type (Nagler, Moody) accusent, à charge fractionnaire, une diminution notable de rendement. Seule la turbine Kaplan avec ses aubes de roues mobiles pivotant autour d'un axe perpendiculaire à l'axe de rotation est susceptible d'atteindre à la fois les maxima de rendement, tels que ceux qui viennent d'être cités, et de conserver une courbe de rendement très favorable à charge fractionnaire à tel point que des turbines possédant de 600 à 800 tours spécifiques ont encore, à 50 % de la charge, environ 85 % de rendement et à 30 % environ 80 % de rendement, alors que les turbines à hélices et aubes fixes ne donnent plus à 30 % de la charge que 40 à 45 % de rendement.

Il est vrai que les usines à basses chutes possèdent en général un grand nombre d'unités et qu'il est possible de faire fonctionner celles-ci dans le voisinage de leur charge maximum, c'est-à-dire dans des conditions de fonctionnement où les turbines Kaplan et les turbines à hélice ont pratiquement le même rendement. C'est en particulier le cas des usines américaines qui disposent d'un très grand nombre d'unités. Il faut cependant remarquer que, même dans le cas d'une usine possédant un nombre assez considérable de groupes, la turbine Kaplan à aubes pivotantes de la roue mobile est la seule turbine qui permet actuellement d'utiliser dans de bonnes conditions de rendement tout le débit du cours d'eau. Les turbines à hélice et aubes fixes demandent, pour tourner à vide seulement, un débit que l'on peut estimer de 30 % à 35 % de leur débit maximum; sous ce débit là, la puissance qu'elles fournissent est donc nulle; la turbine Kaplan, par contre, est susceptible d'utiliser ce même débit avec un rendement voisin de 60 à 65 %; elle ne demande, pour tourner à vide, qu'environ 10 à 15 % de son débit maximum. Il est donc hors de doute que la turbine Kaplan, surtout pour les conditions européennes, prendra la position à laquelle elle a droit en ce que, à côté d'un certain nombre de groupes munis de roues à hélice et aubes fixes, chargés de réaliser la puissance de base

de l'installation, on verra figurer, dans la même usine, des turbines Kaplan 1, 2 ou 3, à qui sera confié le soin d'utiliser le débit fractionnaire.

L'avenir est certainement là.

En ce qui concerne les détails d'exécution des turbines Francis, les Américains utilisent comme palier inférieur de guidage des coussinets en bois de gaiac, sans huile, le graissage étant fourni par une circulation d'eau. C'est le cas des turbines de 70000 CV. M. Taylor voit un avantage énorme dans le fait que les paliers ne risquent pas de chauffer par manque de circulation du lubrifiant. Pour les paliers noyés, des essais sont en cours, qui tendent à substituer les coussinets métalliques ou ligneux, par des coussinets en caoutchouc pour lesquels, à en croire les renseignements qui nous viennent de là-bas, l'eau même sale, même boueuse, constitue le meilleur des lubrifiants. Quant aux pivots, supportant d'énormes charges sans pompage d'huile spécial, les constructeurs européens n'ont rien à envier à leurs collègues d'Amérique. Cette difficulté là peut être considérée comme vaincue et la vogue toujours grande des turbines à axe vertical est certainement une des conséquences de cette victoire.

Enfin au sujet des rendements communiqués par M. Taylor je constate que son mémoire ne mentionne qu'une seule courbe atteignant 93,3 % et réalisée par une turbine Francis de 50000 CV. Le débit de cette turbine a été déterminé par le procédé de Gibson basé sur les variations de pression créées en amont du distributeur par la fermeture de cet organe en un temps déterminé. Je n'ai pas eu l'occasion de suivre de près le développement de cette nouvelle méthode de jaugeage pour laquelle les données sont rares, mais je tiens à vous signaler un article paru dans la V. d. I. du 12 avril 1924; l'auteur de cet article conclut en ce que cette méthode, pour le cas qui nous occupe, a dû donner un débit de 7 % trop faible.

Signalons encore que les méthodes américaines de détermination du rendement sont, sur un point, nettement plus favorables aux constructeurs de turbines que les méthodes européennes.

Dans le calcul de la chute nette, la cahier des charges américain prévoit que l'on déduira la hauteur représentative de la vitesse de l'eau à la sortie du tuyau d'aspiration; chez nous, à ma connaissance du moins, cette valeur n'est jamais déduite de la chute nette. Les Américains se basent, pour appuyer leur manière de voir, sur le fait que l'énergie contenue dans l'eau quittant le tuyau d'aspiration est restituée à la rivière en sorte qu'elle est évidemment perdue pour la turbine puisqu'elle n'a pas contribué à la création de la puissance effective; ils estiment que, dans ces conditions, on doit la retrancher de l'énergie apportée à la turbine par l'eau au même titre que l'on ajoute celle correspondante à la vitesse à l'entrée dans la turbine proprement dite.

Ce poste d'énergie correspondant à la vitesse de sortie du tuyau d'aspiration n'a d'ailleurs d'importance pratique que lorsque l'on a affaire à des turbines pour basse chute; mais il peut dans ce cas comporter des fractions et même une ou deux unités du rendement.

Ces réserves faites au sujet de ce rendement de 93,3 %, nous pensons qu'il est intéressant de signaler que des constructeurs suisses ont atteint le 90 % dans des conditions de mesure absolument inattaquables et pour des unités de beaucoup plus faible puissance; je signalerai de mémoire que ce chiffre de 90 % a été atteint sur les turbines d'Hauterive, de Massaboden et d'autres encore fournies par Piccard, Pictet. La „Schweizerische Bauzeitung" signalait encore récemment que les turbines de 15000 CV fournies par Bell pour le Lungernsee ont atteint également cette valeur. Il ne me paraît donc pas impossible que les constructeurs suisses puissent réaliser des unités de 50000 CV et atteindre un rendement assez voisin du maximum signalé par M. Taylor, même si l'on utilise, pour les essais, les méthodes de mesure en vigueur chez nous.

M. le Président remercie l'orateur de son très intéressant rapport, réconfortant pour nous Suisses, parce qu'il en ressort que notre industrie de turbines hydrauliques maintient son rang et que si nous ne battons pas tous les records étrangers, en particulier celui de puissance, c'est faute d'occasion, mais non pas manque de capacités.

Herr Oberingenieur *Caflisch* der Firma Escher Wyss & Cie., Zürich, berichtet dann über den

modernen Wasserturbinenbau

an Hand der Londoner Berichte und über den Stand desselben in der Schweiz.

Von den rund 70 Berichten der Sektionen A und B der First World Power Conference in London, die über die Erzeugung von Energie aus Wasserkraft eingereicht wurden, sind nur 6, die die dazu benötigten Krafterzeuger, die Wasserturbinen, behandeln. Von diesen 6 Berichten geben 2 ganz allgemein Aufschluss über den Fortschritt des Wasserturbinenbaues in den Ländern Italien, Oesterreich, einer aus der Tschechoslowakei, insbesondere über die historische Entwicklung der Kaplanturbine. Der vierte Bericht spricht sich aus über die modernen Tendenzen im Wasserturbinenbau in Schweden, während die beiden letzten Berichte eingehend die Entwicklung des Baues der Reaktions- und anderseits der Freistrahlturbinen in Amerika besprechen.

In No. 72 der Berichte entwirft Herr Oberingenieur Guido Ucelli der Firma Riva in Mailand ein ausführliches Bild über die historische Entwicklung des Wasserturbinenbaues in Italien vom Beginn in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts an. Diese zeigt sich einerseits in der Erteilung der Wasserkraftkonzessionen, die im Jahre 1914 die Zahl von rund 1 Million Pferdestärken und heute den dreifachen Betrag erreicht hat; anderseits in der Zunahme der Leistung pro Einheit, welche von 2160 PS im Jahre 1896 der Turbinen der Anlage Paderno sukzessive stieg auf 35000 PS für die Turbinen der gegenwärtig im Bau befindlichen Anlage Mese.

Entsprechend den hydrologischen Verhältnissen in Italien liegt der Schwerpunkt des italienischen Wasserturbinenbaues in Ausführungen von Mitteldruckanlagen zwischen 20 und 200 m. Die meisten Anlagen werden mit horizontaler Welle gebaut. Die Anlage Tirso in Sardinien enthält Turbinen mit vertikaler Welle, berechnet für ein Gefälle von 17 m und einer Leistung von 4500 PS bei 214 Umdrehungen, was einer spezifischen Drehzahl von 415 entspricht, während Ucelli allgemein ein n_s von 500 als obere Grenze angibt.

Bericht No. 75, erstattet vom Verband der deutsch-österr. Maschinen-Industrie, erwähnt, dass in letzter Zeit in Oesterreich Anlagen gebaut worden seien von 40000 bis 80000 PS Gesamtleistung, mit grössten Einheitsleistungen von 15000 PS. Besondere Erwähnung finden die Anlagen Teigitsch und Partenstein; die erstere besonders bezüglich des für Francisturbinen sehr hohen Gefälles von 250 m und die Anlage Siebenbrunn an der Traun mit zwei vertikalen Kaplanturbinen.

Bericht No. 64 von Dr. J. Kneidl behandelt die historische Entwicklung der Kaplanturbine, wobei besonders zwei Anlagen mit solchen Turbinen mit den spezifischen Drehzahlen von 330 bezw. 1060 erwähnt werden. Leider fehlen hierüber die interessantesten Angaben, die Versuchsresultate.

Bericht No. 90 von H. O. Dahl, Professor der technischen Hochschule in Stockholm, gibt nach einem kurzen Ueberblick über die historische Entwicklung des Wasserturbinenbaues in Schweden, die sich infolge der allgemeinen Wasserverhältnisse, kleine Gefälle, grosse Wassermengen, zum weitaus grössten Teil in Richtung der Niederdruckturbinen, und zwar ausschliesslich der horizontal-achsigen bewegt, Aufschluss über die von der Königlich schwedischen Wasserbaudirektion für den Ausbau der Anlage Lilla Edet durchgeführten Versuche. Diese wurden durch die Turbinenlieferanten in Verbindung mit der Königlichen Wasserbaudirektion angestellt und führten zur Aufstellung von einer Kaplan- und 2 Lawaczeckturbinen.

In Bericht No. 97 behandelt M. H. Birchard Taylor, Präsident der Pelton Water Wheel Co. in sehr eingehender Weise den heutigen Stand des Baues von Francis-

turbinen und die kürzlichen Fortschritte in der Entwicklung dieses Turbinentypes in Amerika.

In Bezug auf die Anordnung erklärt Herr Taylor, dass wohl der ausgesprochendste Charakter der amerikanischen Praxis die Annahme der vertikalen Einradturbine sei, und zwar für Klein- und Hochgefälle. Dies ist der Einfachheit in Konstruktion, Platzersparnis und den überlegenen hydraulischen Bedingungen zuzuschreiben.

Eingehende Besprechung erfahren in diesem Berichte die verschiedenen Konstruktionsteile, wie das Gehäuse, Laufrad, Halslager, Brechlaschen, sodann Saugrohre und Abschlussorgane. Zum Schluss werden die kürzlich erreichten hohen Wirkungsgradziffern angegeben.

Bericht No. 96 behandelt ebenso ausführlich die Entwicklung des Baues von Freistrahlturbinen in Amerika durch M. H. White. Eingehende Würdigung erfahren die Durchbildung von Nadel und Düse, Lagerung, insbesondere der grossen horizental-achsigen Turbinen der Regulierung, und die Anordnung. Was diese letztere anbelangt, so gibt White der horizontalen Welle den Vorzug bei Rädern mit einem Strahl. Wenn aber zur Erzielung einer grössern Drehzahl mehrstrahlige Turbinen zur Verwendung gelangen sollen, so erachtet er die Aufstellung von Turbinen mit vertikalen Wellen, weil raumsparend, als gegeben. Dies umso mehr, als bei dieser Anordnung die Zuleitung zu den Düsen, entsprechend der aufgestellten Bedingung, schlank ausgeführt werden kann. Kürzlich unternommene Versuche sollen auch gezeigt haben, dass die Ableitung des aus dem Laufrade nach oben austretenden Wassers keinen Schwierigkeiten begegnet.

Auf Grund besonders dieser letztern Berichte darf nun wohl behauptet werden, dass die Tendenz des neuern Wasserturbinenbaues dahin geht, Turbinen für Grosskraftwerke mit vertikaler Welle vorzusehen. Es war dies bis vor einigen Jahren infolge Fehlens geeigneter Spurlager nicht, oder nur auf Kosten umständlicher Betriebseinrichtungen möglich. Durch die Einführung der selbstöldruck-erzeugenden Spurlager ist die Schranke für die weitere Entwicklung in diesem Sinne gefallen.

Die Vorzüge der vertikalen Anordnung sind:

Allgemein:

1. Reinliche Trennung des hydraulischen vom elektrischen Teil.
2. Grössere Uebersichtlichkeit im Maschinenraum, daher einfachere Bedienung durch weniger Personal.
3. Möglichkeit der Anordnung der Generatoren über dem Hochwasser.
4. Geringer Platzbedarf, infolgedessen geringere Baukosten für die Kraftwerke.

In Bezug auf die Francisturbine kommt dazu:

1. Hydraulisch günstigere Bedingungen.
2. Grössere Freiheit in der Wahl der Höhenlage der Turbine.

Dieser zweite Punkt ist ganz besonders wichtig bei der heutigen Tendenz, der Steigerung der Drehzahl, wobei zur Verhütung von Kavitationserscheinungen eine durch den Rückgewinn im Saugrohr festgelegte statische Saughöhe nicht überschritten werden darf.

In Bezug auf die Freistrahlturbine kommt dazu:

1. Ausnützung des grössten Teils des Freihängens und dementsprechende Gefälls- bezw. Leistungserhöhung von 1 bis 5 %, je nach Umständen.
2. Günstige Beaufschlagung eines Rades mit mehreren Düsen, dadurch höhere Drehzahl und entsprechend billigere Maschinen.

Diese letztere Anordnung wurde von der Firma Escher Wyss & Cie. bereits in den Jahren 1906 bis 1911 zur Anwendung gebracht in den Anlagen Rio mit 92 000 PS, Necaxa mit 81 200 PS und Biaschina mit 33 000 PS Leistung.

Wie sehr auch der schweizerische Turbinenbau sich die Anordnung mit vertikalen Wellen zu eigen gemacht hat, geht daraus hervor, dass die Firma Escher Wyss & Cie. in den letzten zirka 7 Jahren an Einheiten über 6000 PS Einzelleistung Turbinen für die Totalleistung von zirka 850000 Pferdekräften geliefert hat.

Von diesen seien kurz die Folgenden erwähnt: *Chancy-Pougny.* Zwei von den total 5 Turbinen, jede gebaut für die Gefälle von 4,41 bis 8,87 m und eine Leistung von 1900 bis 8620 PS bei der Drehzahl von 83,3 pro Minute. Spezifische Drehzahl 583.

Die Schluckfähigkeit eines Turbinenlaufrades von zirka 5400 mm Durchmesser beträgt zirka 100 m^3/Sek. bei dem höchst vorkommenden Gefälle. Die Bauart der Anlage ist ähnlich wie bei den bekannten Werken Olten-Gösgen, Eglisau und Mühleberg, wobei jedoch die Spirale durch 2 vertikale und eine horizontale Zwischenwand unterteilt ist, um eine möglichst gleichmässige Beaufschlagung des Leitapparates zu erzielen.

Für die *Anlage Gatineau* in Kanada ist zurzeit eine Propellerturbine im Bau für ein Gefälle von 9,15 m, eine Leistung von 3500 PS bei 180 Touren pro Minute. Die spezifische Drehzahl beträgt 770 pro Minute.

Für die *Anlage Parahyba* der Brazilian Hydro-Electric Co. in London wurden gegen Ende 1922 und anfangs 1923 2 Turbinen geliefert, die kürzlich dem Betriebe übergeben wurden. Diese Turbinen sind hinsichtlich Dimensionen bemerkenswert.

Das nutzbare Gefälle beträgt 31,7 m, die maximale Leistung 35000 PS bei 125 Umdrehungen pro Minute.

Die Zuleitung des Aufschlagwassers von dem Verteilbecken direkt oberhalb der Zentrale erfolgt zu jeder Turbine mittelst einer Druckleitung von 6 m Durchmesser. Der Einlaufdurchmesser der Blechspirale beträgt 4 m, der grösste Aussendurchmesser derselben 13 m. Infolge dieser Dimension musste das Gehäuse in Schalen spediert werden, wobei jedoch die einzelnen Viertel in der Werkstätte fertig zusammengestellt und verbohrt wurden. Die Gehäuse sind an Ort und Stelle zusammengenietet und vollständig einbetoniert worden.

Das Leitrad besitzt Aussenregulierung, welche betätigt wird durch 2 Servomotoren, die direkt auf den Regulierring wirken. Das Steuerwerk des Regulators ist auf einem Bedienungsboden auf der Höhe der Erregermaschine angeordnet.

Die Gruppen besitzen drei Lager, wovon eines auf dem Turbinendeckel angeordnet ist und als Pockholzlager ausgebildet wurde. Das Spurlager ist auf dem oberen Generatorarmkreuz angeordnet und über demselben die Erregermaschine montiert.

Die elektrische Ausrüstung ist insofern bemerkenswert, als nur die kleinen Maschinenschaltpulte sich im Innern der Zentrale befinden. Die Transformatoren sind auf der Saugrohrverlängerung ausserhalb des Gebäudes aufgestellt. Die ganze übrige Einrichtung mit dem Oelschalter befindet sich auf dem flachen Dach der Zentrale. Die Höhe von dem Fundament für die Saugrohre bis zur Höhe der abgehenden Leitung beträgt 69 m, also gut Kirchturmhöhe.

Als Beispiel für eine Anlage mit Francisturbinen mit hohem Gefälle ist zu erwähnen die *Anlage Rempen* der Wäggital A.-G. Die 4 für diese Anlage bestellten Turbinen sind konstruiert für ein maximales Nettogefälle von 260 m, eine Leistung von je 22500 PS bei 500 Touren pro Minute.

Für die *Zentrale Siebnen* der Wäggital A.-G. werden insgesamt 4 Francisturbinen mit vertikalen Wellen geliefert für ein maximales Gefälle von 197 m, eine Leistung von 17500 PS bei 500 Umdrehungen.

Die Gesamtleistung der für die Kraftwerke Wäggital A.-G. zu liefernden und gelieferten Turbinen beträgt somit 160000 PS.

Eine eingehendere Beschreibung dieser Turbinen wird später noch in schweizerischen technischen Zeitschriften veröffentlicht werden.

Für die *Anlage Kanidera* in Japan hat Escher Wyss & Cie. im Laufe dieses Jahres 2 Turbinen geliefert, die berechnet sind für ein Gefälle von 134,1 m, eine

Leistung von je 40000 PS bei 300 Umdrehungen pro Minute. Es sind dies die leistungsfähigsten Einheiten, die bisher in Europa hergestellt wurden. Insbesondere ist es bemerkenswert, dass die Leistung von 40000 PS von einem Turbinenrade abgegeben wird.

Die Turbinen sind vertikale Spiralturbinen, deren Leiträder Aussenregulierung besitzen. Die Gruppen haben 3 Lager, wobei 2 Lager auf den Generator entfallen, während die Turbine infolge der fliegenden Laufradanordnung nur 1 Lager besitzt. Das Spurlager ist auf dem oberen Generatorstern aufgebaut und darüber die Erregermaschine angeordnet.

Die Wasserabführung erfolgt durch ein vertikales, vollständig in Gusseisen ausgeführtes Saugrohr, dessen oberer Teil teleskopartig nach unten versenkt werden kann zur Freilegung des Laufrades zwecks Revision oder Auswechslung.

Gegen die Zuleitung des Wassers, die eine lichte Weite von 2 m besitzt, sind die Turbinen durch Kugelschieber absperrbar. Es ist dies eine neue Konstruktion von Absperrschiebern, welche der Firma Escher Wyss & Cie. patentiert ist. Die Hauptmerkmale dieser Konstruktion sind gedrängte Bauart und demzufolge sehr geringen Platzbedarf, sowie eine äusserst günstige Wasserführung. Die Betätigung der Schieber geschieht durch hydraulische Servomotoren.

Die Regulierung der Turbinen erfolgt durch Präzisions-Oeldruckregulatoren, deren Steuerwerke auf den Generatorboden, die Servomotoren auf den Spiralgehäusen der Turbinen angeordnet sind. Das Drucköl für die Regulatoren wird durch eine separate Pumpenzentrale erzeugt, die am Ende des Maschinenhauses aufgestellt ist und zwei von einer Freistrahlturbine angetriebene Zahnradpumpen umfasst.

In derselben Zentrale ist noch ein weiterer Maschinensatz, bestehend aus einer Freistrahlturbine von 300 PS Leistung bei 600 Umdrehungen und einem Gleichstromgenerator als Hilfserreger aufgestellt.

Eine weitere interessante Turbine, die von der Firma Escher Wyss & Co. geliefert worden ist, ist bestimmt für die *Anlage Schwarzenbach,* eine Erweiterung des Murgwerkes der Badischen Landes-Elektrizitäts-Versorgungs-A.-G. in Karlsruhe.

Es ist dies eine Freistrahlturbine mit horizontaler Welle, berechnet für ein Gefälle von 315 bis 357 m, eine Leistung von 21500 bis 25800 PS bei 500 Umdrehungen pro Minute. Um diese hohe Umdrehungszahl zu erreichen, wurden auf der Welle 3 Laufräder angeordnet mit je 2 Einläufen. Da der Durchmesser der Laufräder für Durchbildung normaler Laufräder zu klein wurde, erhielt die Welle angeschmiedete Scheiben, auf welche die Schaufeln aufgesetzt sind. Die Turbine besitzt Doppelregulierung, welche von einem normalen Oeldruckregulator gesteuert ist. Die Ablenker werden direkt betätigt, die Düsen bezw. Nadeln sind durch Ventile gesteuert, wodurch es möglich wird, je eine obere oder untere Düse ganz abzuschalten.

Als Absperrorgan besitzt die Turbine ebenfalls einen Kugelschieber mit hydraulischem Servomotor. Für die gesamte Anlage des Schwarzenbachwerkes lieferte die Firma Escher Wyss & Cie. 8 Kugelschieber.

Diese Anlage ist ein Speicherwerk ähnlich wie die Wäggital-Anlage. Es sind in demselben auch 2 Pumpen aufgestellt, welche von der horizontalen Turbinenwelle aus mittelst Stirngetriebe angetrieben werden. Der Kraftbedarf dieser Pumpen beträgt bei einer Lieferung von 3 m^3/Sek. auf eine Förderhöhe von 181 m zirka 9900 PS. Infolge der ungewöhnlichen Betriebsverhältnisse, ist nicht nur die Förderhöhe, sondern auch die für das Pumpen zur Verfügung stehende Leistung veränderlich, wurden die Pumpen mit Leitschaufelregulierung ausgestattet, wodurch eine Drosselung bei der Regulierung vermieden wird. Die Steuerung dieser Regulierung erfolgt von einem normalen Oeldruckregulator aus, der an Stelle des Pendels einen sehr empfindlichen Synchronmotor hat. Dieser spricht auf die kleinsten Variationen in der Frequenz des Netzes an und reguliert die Pumpe entsprechend der zur Verfügung stehenden Energie.

Après avoir remercié le rapporteur, M. le Dr. *Tissot* regrette que ni la Maison Bell, ni les Ateliers de construction mécanique de Vevey ne soient représentés. Avant de donner la parole à M. Ringwald, Président de l'Union de Centrales Suisses pour une brève communication, M. le Président propose une interruption de 5 minutes.

Mitteilung des Herrn Direktor Ringwald. Der Redner will das Thema der Vermittlung und Verwertung elektrischer Energie heute nicht anschneiden, weil im nächsten Frühjahr eine Diskussionsversammlung des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke stattfinden wird, in welcher dieser Gegenstand und insbesondere die Anwendungen der elektrischen Energie zur Sprache gelangen soll. Der Redner möchte sich auf einen Vorschlag beschränken. Nachdem in London beschlossen worden ist, die Weltkonferenz periodisch zu wiederholen, regt Herr Ringwald an, dass das Schweizerische Nationalkomitee für die „World Power Conference" die Frage prüfen möchte, ob nicht die nächste Konferenz in der Schweiz veranstaltet werden könnte. Eine günstige Gelegenheit würde darin bestehen, dass im Jahre 1926 in Basel eine internationale Ausstellung für Binnenschiffahrt und Wasserkraftnutzung stattfinden wird und dass eventuell mit derselben die W. P. C. verbunden werden könnte.

M. le Dr. *Tissot* prend note de la proposition de M. Ringwald, mais il rend attentif à la charge écrasante, tant au point de vue financier qu'à celui de la préparation, que représenterait pour la Suisse l'organisation d'une conférence aussi vaste que celle de Londres. Le comité national suisse de la „World Power Conference" étudiera néanmoins la question.

M. le Président prie ensuite M. Ad. Meyer de la Maison Brown, Boveri & Cie., Baden, de bien vouloir présenter sa communication relative aux *installations thermo-électriques modernes*, celles à haute pression en particulier.

Herr Oberingenieur *Ad. Meyer* teilt über

thermo-elektrische Energieerzeugungsanlagen,

unter besonderer Berücksichtigung der modernen *Hochdruck-Dampfanlagen* folgendes mit:

Bei Kohlenpreisen von Fr. 36.– bis 40.– pro Tonne 1000 Basel, wie sie jetzt bei grossen Jahresabschlüssen erzielbar sind, kann die Dampfkraft die Wasserkraft bereits mit Erfolg konkurrenzieren. Dies geht am einfachsten und kürzesten aus folgender Ueberlegung hervor:

Nach Angaben zuverlässiger amerikanischer Autoren machen in modernen amerikanischen Grosszentralen von einigen Zehntausend kW Leistung die Kohlenkosten 75 % der Gesamtausgaben pro kWh inklusiv Amortisation und Verzinsung, Löhne und Gehälter aus. Da bei uns die Kohle im Verhältnis zu den übrigen für den kWh-Preis massgebenden Faktoren bestimmt höher ist, dürften wir für Schweizerverhältnisse noch mit einem höheren Prozentsatz rechnen, tun das aber nicht.

Es werden heute in der Schweiz Kessel und Dampfturbinen für 35 Atm. und 400° Dampftemperatur hergestellt, mit denen BBC bereit ist, bei Verwendung von Kohle von 7500 Kal. und bei den guten Wasserverhältnissen für die Kondensation, wie man sie in der Schweiz überall findet, 0,47 kg Kohlenverbrauch pro kWh, gemessen an den Klemmen des Generators, zu garantieren, d. h. einen Kohlenpreis von 0,47 × 4 Rappen = 1,88 Rappen pro kWh.

Mit dem vorstehend angegebenen Verhältnis zwischen Kohlen und Gesamtkosten umgerechnet, ergibt sich hieraus ein Preis der kWh von 2,5 Rappen. Detailliertere Nachrechnungen unter Annahme von Maschinen-, Kessel-, Gebäude- und Bedienungskosten bestätigen diese Zahl.

Nimmt man an, dass die Kosten für Amortisation, Verzinsung und Personal auch bei Aenderung des vorstehend zu 60 % angenommenen Belastungsfaktors gleich bleiben, was wieder zu ungünstig ist, so ergeben sich für verschiedene Belastungsfaktoren folgende Preise für die kWh:

Belastungsfaktor	%	60	40	20
kWh-Preis	Rappen	2,5	3,65	5,4

wobei als Belastungsfaktor das prozentuale Verhältnis der jährlich erzeugten kWh zu den bei voller Ausnützung aller installierten Einheiten während 8700 Stunden erzeugbaren kWh zu verstehen ist.

Man sieht, dass diese Preise bei allen Belastungsfaktoren von 60 % entsprechend einer verhältnismässig gut ausgenützten Zentrale bis herunter zu 20 % entsprechend einem reinen Spitzenwerk den Vergleich mit Wasserkraftspreisen wohl aushalten.

Will man sich trotzdem, unter Berücksichtigung des Umstandes, dass sie nur durch Anwendung höherer, bisher nicht üblicher Dampfdrücke erreichbar sind und dass dadurch eine grössere Kohleneinfuhr notwendig würde, noch fragen, ob die Anwendung von Dampfkraftwerken an Stelle von Akkumulierwasser-Kraftwerken zweckmässig sei, so steht dies für eine andere Art von Dampfkraftwerken auch in der Schweiz absolut ausser Frage.

Wird nämlich in irgendwelchen Betrieben Wärme für Koch- oder Heizzwecke gebraucht, die durch Dampf an die Verbrauchsstellen übertragen werden kann, so lohnt es sich in allen Fällen, statt Dampf von der Verbrauchsspannung, Hochdruckdampf zu erzeugen und diesen unter Kraftgewinn in einer Turbine auf den Verbrauchsdruck zu entspannen.

Als Beispiel einer solchen Anlage sei die Zentralheizung der A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden genannt, welche jetzt schon einen grossen Teil der Werkstätten und sämtliche Bureaugebäude umfasst und für das ganze Werk ausgebaut werden soll.

Hier wird in der bereits für Betriebs- und Versuchszwecke vorhandenen Kesselanlage der Heizdampf mit 15 – 18 Atm. und 350 – 380° C erzeugt, und in einer ebenfalls vorhandenen Betriebsturbine auf deren Kondensatordruck entspannt. Das durch den Abdampf im Kondensator erwärmte Wasser dient als Wärmeträger für die Heizung und wird durch Pumpen durch die Heizkörper gedrückt und kehrt dann nach dem Kondensator zurück, um die in den Heizungen abgegebene Wärme dort wieder aufzunehmen. Um eine genügende Temperatur zu erreichen, muss das Wasser, je nach der Aussentemperatur, auf 50 – 90° Vorlauftemperatur erwärmt werden, welche Temperaturen noch einem Vacuum im Kondensator von 88 – 30 % entsprechen. Nimmt man folgende Betriebsverhältnisse an:

Frischdampfdruck . .	18 Atm.
Frischdampftemperatur .	350° C.
Gegendruck . . .	0,5 Atm. absolut entsprechend einer Vorlauftemperatur des Heizwassers von zirka 80° Celsius,

so ergibt sich für die Erzeugung der Energie folgende Grundlage: Erzeugungswärme des Dampfes 753 Cal, bei adiabatischer Expansion in einer verlustlosen Turbine ergibt sich für den genannten Gegendruck ein Wärmegefälle von 166 Cal, so dass theoretisch noch 587 Cal mit dem Abdampf in den Kondensator strömen und der Heizung zur Verfügung gestellt würden. Nimmt man jedoch für die Turbine einen Wirkungsgrad von 74 % an, wobei 3 % auf mechanische und Strahlungsverluste fallen mögen, so ergeben sich für den Wärmeentzug nur 118 Cal. Es bleiben somit für den Heizprozess 635 Cal, d. h. zirka 85 % der ursprünglichen Dampfwärme übrig.

Aus der in mechanische Energie verwandelten Wärme ergibt sich ein Dampfverbrauch von 7 kg/kWh entsprechend dem Aufwand von 0,8 kg Kohle bei 8,75-facher Verdampfung. Mit einer solchen Verdampfung darf man wohl ohne weiteres rechnen, da bei der hohen Temperatur, mit welcher das Kondensat als Speisewasser in den Kessel zurückkommt, dieser Verdampfungsziffer nur ein Wirkungsgrad des Kessels von 77,5 % entspricht. Es ergibt sich somit der Kohlenpreis für die Erzeugung von 7 kg Dampf bei Annahme eines Tonnenpreises von Fr. 50.– zu 4 Rappen. Hiervon sind der Krafterzeugung nur 18,5 %, die übrigen 81,5 % der Heizung zu verrechnen, d. h. es stellt sich die kWh auf zirka 0,75 Rappen.

So kann natürlich nur dort gerechnet werden, wo, wie im vorliegenden Fall, Kessel und Betriebsmaschinen für die Erzeugung und Entspannung des Hochdruckdampfes bereits zur Verfügung stehen, in vielen Fällen sind dagegen diese Teile der Anlage erst zu beschaffen. Aber auch dann ergeben sich für den Preis der kWh Zahlen, wie sie von keinem Wasserkraftwerk erreicht werden können.

Eine Schwierigkeit besteht darin, dass in vielen Fällen Wärmebedarf und Kraftbedarf des betreffenden Werkes zeitlich nicht übereinstimmen. Es ist deshalb, falls

es auf sich selbst gestellt ist oder sein will, gezwungen, entweder Wärme oder Kraft zu speichern. Wie bekannt, sind alle Speicher-Systeme, von denen es mehrere für Kraft und Wärme gibt, ausserordentlich kostspielig und weisen teilweise auch einen schlechten Wirkungsgrad auf.

Es wird deshalb meistens ein anderer Weg beschritten, der darin besteht, dass statt einer reinen Gegendruckturbine, welche allen Dampf auf den Verbrauchsdruck entspannt, eine Anzapfturbine aufgestellt wird, bei der nur ein Teil des Dampfes an einer gewissen Stufe der Turbine, wo er auf den Verbrauchsdruck entspannt ist, entnommen wird, während ein anderer Teil in der Turbine weiter auf den Kondensatordruck expandiert. Auf diese Weise kann bei stets überwiegendem Kraftbedarf die wechselnde Betriebsdampfmenge stets mit konstantem Druck der Turbine entnommen werden, deren Kondensationsteil den nötigen Ueberschuss an Kraft erzeugt. Ueberschreitet zeitweise der Bedarf an Heizdampf die nötige Energie, so arbeitet die Turbine als reine Gegendruckturbine, indem der Kondensationsteil ganz abgeschlossen ist und es muss dann der Ueberschuss an Heizdampf durch ein Reduzierventil aus der Frischdampfleitung zugesetzt werden.

Hier spielt nun die Anwendung höherer Dampfdrücke eine besondere Rolle, indem heute der Bau von Hochdruckkesseln und Turbinen die Mittel an die Hand gibt, in vielen Fällen, wo früher die unwirtschaftlichere Anzapfturbine verwendet werden musste, eine reine Gegendruckturbine, deren Abdampf vollständig für Heizzwecke Verwendung findet, aufzustellen. In der Tat sieht man, dass bei gegebenem Kraftbedarf, Heizdampfbedarf und Heizdampfdruck nur bei freier Wahl der Frischdampfverhältnisse der spezifische Dampfverbrauch der Turbine so bemessen werden kann, dass sich stets gleichzeitig die nötige Energie- und Wärmemenge bei dem verlangten Gegendruck ergibt. Durch Variation des Anfangsdruckes hat man es in der Hand, beliebigen Aenderungen der zwei anderen Variabeln zu entsprechen.

Man braucht jedoch weder Akkumulier-Einrichtungen, noch Anzapfturbinen, noch speziell hohe Dampfdrücke für den Betrieb von Gegendruckturbinen für industrielle Heiz- und Kochdampfbetriebe, sofern dieselben mit einem Elektrizitätswerk parallel arbeiten, das bereit ist, nicht nur an das industrielle Werk Energie abzugeben, sondern auch ihm Ueberschuss-Energie abzunehmen zu Zeiten, wo der Wärme- und damit der Heizdampfbedarf höher ist als der Energiebedarf. Man sollte meinen, dass durch eine Art Kontokorrentverkehr, bei welchem sowohl für die bezogene als für die gelieferte Energie gewisse Staffeltarife angesetzt wären, ein Modus gefunden werden könnte, der sowohl dem Elektrizitätswerk als auch dem Heizdampfbetrieb Vorteile bietet. Es wäre sehr zu wünschen, dass in der Schweiz die Elektrizitätswerke solche Bestrebungen, die in national-ökonomischer Hinsicht unbedingt zu begrüssen sind, das nötige Entgegenkommen zeigen würden, wie dies im Auslande zum Teil bereits der Fall ist.

Die Verwendung der Abdampfwärme, wenigstens eines Teiles des Betriebsdampfes einer Turbine, kann auch im Kondensationsbetrieb erreicht werden, indem dieser Dampf, bevor er die Turbine vollständig durchströmt hat, einer Zwischenstufe entnommen und zur Vorwärmung des Kondensates bezw. Kesselspeisewassers verwendet wird. Dadurch bleiben die in diesem Abdampfe enthaltenen Wärmemengen dem Wärmehaushalt der Zentrale erhalten, indem sie mit dem Kondensat, das als Speisewasser dient, zum Kessel zurückkehren. Diese Art der Vorwärmung des Speisewassers, die schon von Herrn Dr. Tissot erwähnt worden ist, hat umso grössere Vorteile, je höher der Anfangsdampfdruck ist und gestattet z. B. bei Dampfdrücken von 50 – 100 Atm. Ersparnisse im Kohlenverbrauch von 10 – 15 %.

Für die Realisierung einiger der vorstehenden Probleme ist, wie bereits erwähnt, der Uebergang auf höhere Drucke, als bisher üblich, notwendig. Seit Anfang des Dampfturbinenbaues ist, nach einer Statistik von Brown, Boveri & Cie., welche ihre normalen Kondensationsturbinen mit einer Gesamtleistung von zirka 4000000 kW umfasst, bis heute der Druck von 12 Atm. vorzugsweise, d. h. prozentual in den meisten Anlagen angewandt worden. Nur in wenigen Werken ist man bis 20 Atm.

gegangen und die Temperaturen haben 375° selten überschritten. Auch heute noch ist zu sagen, dass zwar über Hochdruckanlagen sehr viel gesprochen und geschrieben, aber noch wenig getan worden ist. Von den Anlagen, in welchen mit Dampfdrücken von wesentlich mehr als 20 Atm. gearbeitet wird, ist uns nur eine bekannt, welche nicht eine reine Versuchsanlage ist und in der die Turbinen mit dem gleichen Druck arbeiten wie die Kessel. Es ist dies die Noorth Tees Zentrale, in welcher Babcockkessel seit zirka 3 Jahren mit 33 Atm. und 370° betrieben werden, deren Dampf in von der Metropolitan-Vickers-Gesellschaft gelieferten Turbinen verarbeitet wird. Es sollen in dieser Anlage sehr viele Schwierigkeiten aufgetreten sein, die jedoch jetzt behoben seien.[3])

Mit einem noch wesentlich höheren Druck arbeiten in einer Papierfabrik in Göthenburg 2 Atmos-Kessel mit rotierenden Röhren, wie sie Herr Dr. Tissot beschrieben hat, der eine seit zirka 2 Jahren mit 50 Atm., der andere seit zirka 6 Monaten mit 100 Atm. Da es sich hier nur um einen Versuch über die Betriebstauglichkeit der Kessel handelt, so wird unseres Wissens der Druck auf den Betriebsdruck der Papierfabrik herunter gedrosselt. Drei weitere Anlagen sind nahe an der Verwirklichung, 2 derselben, die in Amerika aufgestellt wurden und demnächst in Betrieb kommen sollen, werden mit 80 Atm. betrieben werden, während die Turbine einer dritten Anlage, welche in Belgien zur Aufstellung kommt, sich momentan auf dem Versuchsstand der Firma Brown, Boveri & Cie. befindet. Die Kessel dieser 3 Anlagen sind Sektionalkessel von Babcock.

Im folgenden soll die zuletztgenannte Anlage näher beschrieben werden. Es handelt sich, wie bei den beiden amerikanischen Anlagen, um einen Hochdruckteil, der einer bestehenden Normaldruckanlage vorgeschaltet ist und an diese den Abdampf abgibt. Die bestehende Anlage enthält drei 6600 kW Turbinen, welche mit Dampf von 20 Atm. betrieben werden. Die neue Anlage ist bestimmt für einen Kesseldruck von 55 Atm. und eine Temperatur von 425°, so dass für die Turbine bestimmt auf einen Druck von 50 Atm. und 400° gerechnet werden kann. Die Leistung der Kessel ist so bemessen, dass diese Vorschaltturbine, welche, wie erwähnt, auf den Gegendruck von 20 Atm. arbeitet, zirka 2000 kW abgeben kann. Ihr Abdampf reicht aus, um eine der vorhandenen 6000 kW-Turbinen mit Vollast zu betreiben, so dass also gegenüber den früheren Betriebsverhältnissen durch die Vorschaltung des Hochdruckteiles mit dem gleichen Kohlenverbrauch zirka 30 % an Leistung gewonnen werden.

Die Vorwärmung durch Anzapfdampf wird in dieser Anlage sehr weit getrieben, indem das Speisewasser, bevor es in den Kessel tritt, auf 190° erwärmt wird. Dadurch wird im Verein mit dem hohen Druck ein Gesamtwirkungsgrad der Anlage von 24 % erreicht, gegenüber zirka 18 % ohne Hochdruck-Vorschaltturbine.

Herr Oberingenieur Meyer führte dann einige interessante Lichtbilder vor, die einerseits die Heizungsanlage der Firma Brown, Boveri & Cie. als Beispiel für die Verwertung von Turbinenabdampf und andererseits die Ergänzung von bestehenden Turbinenanlagen durch Hochdruck-Gegendruckturbinen zeigen. Bei diesen letzteren Einrichtungen fällt der geringe Platzbedarf der Gegendruckturbinen im Verhältnis zu ihrer hohen Leistung auf. Solche Anlagen bieten den grossen Vorteil, dass eine bestehende ältere Turbo-Generator-Anlage ohne wesentliche Erweiterungsbauten mit leistungsfähigen Gegendruckturbinen zur Erzielung eines besseren Gesamtwirkungsgrades ergänzt werden können.

Der Redner schliesst seine Ausführungen, indem er die Anwesenden einladet, eine 50 Atm. Hochdruck-Dampfturbine, die sich im Prüfstand der Firma Brown, Boveri & Cie. befindet, zu besichtigen.

M. le Dr. *Tissot* remercie M. Meyer de son intéressante communication et de l'invitation par laquelle il a terminé son exposé. Il constate que de tous côtés l'on travaille à la réalisation de hautes pressions. De nouvelles questions se posent à ce sujet, à cause des sollicitations très élevées auxquelles le matériel des chaudières et des turbines est soumis, par suite des hautes températures

[3]) Siehe Engineering vom 13. Juni und 11. Juli 1924.

et des hautes pressions. Mais les difficultés d'ordre technique n'ont jamais arrêté le progrès et l'orateur exprime le ferme espoir de voir un jour des turbines fonctionner couramment sous 50 et même 100 atm.

M. *Quiby* de la Maison Escher Wyss & Cie. Zurich annonce que cette Firme se prépare à faire des essais sur une turbine, alimentée par une chaudière du type Benson, de vapeur à la pression de 100 atm. et à la température de 400°. La chaudière Benson n'est composée, à proprement parler, que d'un réchauffeur d'eau d'alimentation et d'un surchauffeur, car si l'on admet qu'une chaudière est un appareil où se produit la vaporisation, cet appareil devient infiniment petit dans le cas présent. L'eau est introduite dans un serpentin sous une pression supérieure à la pression critique, qui est à peu près de 225 atm.; elle est chauffée sous cette pression à une température qui dépasse la température critique, soit environ 390°. Lorsque le point critique est atteint, la vaporisation a lieu instantanément, sans ébullition. Cette vapeur est ensuite détendue jusqu'à la pression d'admission de la turbine soit 105 atm., puis surchauffée à 400°. La vapeur s'échappe de la turbine à une pression d'environ 15 atm., ayant atteint par sa détente à peu près la limite de saturation. En ce moment on la surchauffe de nouveau à environ 300° avant de l'amener à la turbine basse pression, turbine normale à condensation et qui existe déjà. Cette surchauffe intermédiaire est nécessaire pour éviter qu'à la fin de la détente une trop forte saturation de la vapeur se présente. La turbine de haute pression est prévue pour une puissance de 1000 kW environ. C'est du moins ce que la Maison Escher Wyss & Cie. espère obtenir. Le problème est résolu au point de vue théorique; on sait qu'on a avantage à augmenter la pression et en même temps la température, la pression et la température optima dépendant l'une de l'autre; mais ce que personne ne peut dire encore, c'est dans quelle condition exacte travaille ce fluide nouveau. Si la Maison Escher Wyss & Cie. s'est abstenue de toute communication jusqu'à ce jour, c'est qu'elle estime qu'en matière technique surtout, il ne faut pas vendre la peau de l'ours avant de l'avoir tué; la mise au point de l'installation d'essai exigera un ou deux mois encore, après lesquels l'orateur espère être à même de fournir des renseignements plus précis. Ces essais gagnent en importance du fait qu'une Maison concessionnaire de Escher Wyss & Cie. entreprend des essais parallèles avec une turbine alimentée par une chaudière à cylindre tournant, du type Atmos. La Maison Escher Wyss & Cie. présentera une communication relative à ces sujets à la prochaine conférence mondiale de l'énergie.

M. le *Président* remercie l'orateur de sa courte mais très intéressante communication et donne la parole à M. Karrer, des Ateliers de Construction Oerlikon.

Herr *Karrer,* Oberingenieur der Dampfturbinenabteilung der Maschinenfabrik Oerlikon weist auf die Hauptschwierigkeit hin, der man bei der Ausführung von Dampfanlagen mit hoher Temperatur und hohem Druck begegnet, nämlich die Wahl eines passenden Materials. Er zeigt an Hand einer Kurve, wie die mechanische Festigkeit des Stahles mit zunehmender Temperatur abnimmt. Der im Turbinenbau gewöhnlich gebrauchte Stahl weist z. B. bei der Temperatur bis zu 300° C eine Zugfestigkeit von 70÷80 kg/mm² auf, während er bei einer Temperatur von 600° C nur noch eine solche von zirka 10 kg/mm² besitzt. Eine Firma behauptet zwar, sie sei imstande, eine besondere Stahlsorte zu erstellen, die bei 900° noch 25 kg/mm² Festigkeit erreicht. Auf eine Anfrage der Maschinenfabrik Oerlikon haben hingegen verschiedene Kesselfabrikanten geantwortet, 450° C sei die maximale für Dampfkessel zulässige Temperatur. Was den Druck anbelangt, so ist zu sagen, dass sehr wenig Turbinenanlagen mit 50 Atm. und mehr im Betrieb und sogar im Bau sich befinden. Hier ist die Preisfrage massgebend, wie aus einer Tabelle hervorgeht, die der Redner, laut Angaben einer Kesselfirma, aufgestellt hat. Ist z. B. der Preis einer Anlage bei einem Niederdruck von 16 Atm. durch die Zahl 1 dargestellt, so steigt die Verhältniszahl auf 1,28 bei 30 Atm., auf 1,50 bei 40 Atm., auf 2,85 bei 60 Atm. und erreicht 3,25 für eine 100atm.-Hochdruckanlage. Daraus ist ohne weiteres ersichtlich, dass man der Wirtschaftlichkeit halber einen Dampfdruck von 40 Atm. nicht gerne überschreiten wird. Viele Firmen sind tatsächlich der Meinung, mit Hochdruckkesseln von 40÷50 Atm. sei man an der wirtschaftlichen Grenze angelangt. Die kolossale Zunahme der Erstellungskosten beim Uebergang einer 40atm.- auf eine 60atm.-Hochdruckanlage kommt hauptsächlich davon her, dass über 40÷50 Atm. genietete Kessel nicht mehr brauchbar sind.

M. le Dr. *Tissot* exprime à M. Karrer ses remerciements pour ses intéressantes communications sur les sollicitations auxquelles les matériaux des installations à hautes pressions sont soumis et l'augmentation du coût de première installation en fonction de la pression. Il insiste sur la valeur des communications faites par des spécialistes, qui seuls sont en mesure de renseigner leurs collègues moins bien informés, sur des questions techniques particulières qu'il est impossible à chaque ingénieur d'approfondir. Les communications entendues aujourd'hui nous ont prouvé que l'industrie suisse des machines reste à la hauteur des derniers progrès et qu'elle ne craint pas les études et les essais coûteux, pour maintenir avec honneur son rang parmi les firmes étrangères.

M. le Président remercie encore une fois tous ceux qui, par leurs communications, ont contribué à rendre cette journée intéressante, il remercie aussi l'auditoire de l'attention qu'il a témoignée, puis lève la séance à 17 h 20.