Les projets d'équipement électro-mécaniqe

Autor(en): **Graeser, Jean-Emile**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 14: **SIA-Heft 2**

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85444

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Les projets d'équipement électro-mécanique

par Jean-Emile Graeser, Vufflens-la-Ville

Au cours de l'étude des différents projets d'aménagement qui ont finalement abouti à la réalisation de l'installation de Handeck III, l'examen de plusieurs variantes d'équipement électro-mécanique, prélude au choix définitif des machines hydrauliques, a confronté les responsables de ces projets avec la plupart des exigences fondamentales liées à l'utilisation de turbines et de pompes.

Le problème posé par le maître de l'œuvre de créer une installation (Handeck III) assurant une connexion entre deux branches d'un complexe hydroélectrique déjà en service (celle de l'Oberhasli, proprement dit, vers Innertkirchen I, d'une part, et celle du Gadmental, vers Innertkirchen II, d'autre part) imposait aux machines hydrauliques des contraintes assez sévères quant à leurs conditions d'utilisation. On y retrouvait, en particulier, un des inconvénients qui surgit fréquemment quand, aux fluctuations de chute provoquées par des changements de niveaux des bassins, vient s'ajouter l'effet d'importantes pertes de charge dans les ouvrages d'adduction. Les variations de régime auxquelles sont alors soumises les machines hydrauliques imposent la recherche de solutions spécialement adaptées à ces conditions.

Parmi les différentes solutions proposées par l'Ingenieur-Unternehmung AG., Berne, lors des études préliminaires, nous avons retenu quelques-unes des plus significatives, représentées schématiquement sur la figure 1.

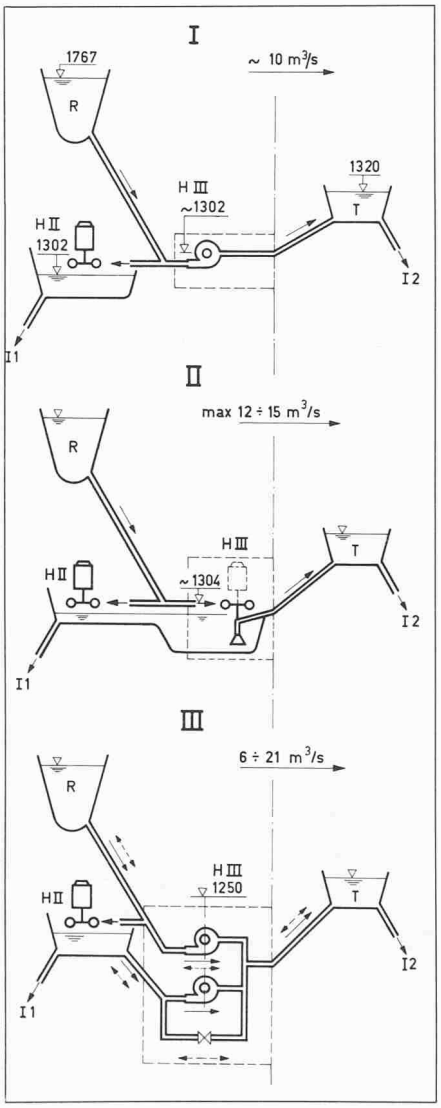


Fig. 1. Schémas de trois projets d'équipement en machines hydrauliques, établis dans le cadre des études de l'aménagement de Handeck III

Avant-projets

Pour réaliser le transfert des eaux (débit initialement prévu: env. 10 m³/s) de la branche I1 vers la branche I2 du complexe déjà mentionné, afin d'améliorer les conditions d'exploitation de ce dernier, deux avant-projets furent établis en un premier temps. Les machines hydrauliques prévues devaient être logées dans une caverne nouvelle, constituant une extension de la centrale existante et située au même niveau que cette dernière.

Turbine Francis

La première variante (figure 1, schéma I) consistait en l'aménagement d'une liaison de Räterichsboden à Trift, caractérisé par une chute moyenne de quelque 400 m. La situation du bassin aval à une altitude de 25 m plus élevée que celle de la centrale imposait le choix d'une turbine à réaction. Compte tenu des ces données, les constructeurs offrirent une turbine Francis, présentant approximativement les caractéristiques suivantes:

Chute nette	m	$337 \leq H \leq 439$
Débit nominal	m³/s	$9{,}2 \leq \dot{V} \leq 11$
Vitesse de rotation	t/min	$N = 1000$
Puissance mécanique	MW	$28 \leq \dot{E}_e \leq 44$

Le groupe équipé de cette turbine offrait non seulement l'avantage d'un encombrement réduit, découlant de la vitesse de rotation élevée, mais également celui d'une large capacité de réglage du débit.

Pompes

Une autre variante prévoyait l'aménagement d'une liaison de Handeck vers Trift, nécessitant un équipement avec une ou plusieurs pompes à basse chute (figure 1, schéma II). En raison de la faible contrepression caractérisant l'installation, située au niveau du bassin d'alimentation, et du danger de cavitation qui en résultait, seul un type relativement «lent» pouvait être envisagé. Une telle pompe, équipée d'une roue à aubage fixe, présentait l'inconvénient d'exclure le réglage pourtant indispensable du débit. Un équipement comportant deux pompes identiques permettait, dans une mesure restreinte, de pallier cette insuffisance.

La figure 2 illustre schématiquement les caractéristiques de fonctionnement propres à cette solution, les pompes travaillant chacune à tour de rôle ou ensemble, en parallèle. Entraînées par des moteurs électriques tournant à 375 t/min, le débit qu'elles refoulent dépend de la chute qu'elles ont à vaincre. On constate, entre autres, que pour une différence donnée de niveaux des deux bassins, en raison de l'importance relative des pertes de charge, le débit des deux pompes n'est que d'environ 1,6 fois le débit d'une seule pompe.

Un entraînement à vitesse variable aurait pu éliminer un tel inconvénient. En effet, pour un groupe de ce genre, à chaque vitesse de rotation correspond une nouvelle caractéristique, ce qui permet de régler le débit en agissant sur la vitesse, comme le montrent les courbes de la figure déjà citée. Les différentes solutions qu'apporte l'électricien à ce problème augmentent à la fois la complexité et le prix de l'équipement. Pour cette raison, elles ne sont que rarement prises en considération.

A Handeck, la disposition particulière des bassins de l'aménagement permettait à l'hydraulicien de résoudre ce problème de manière élégante et économique. La haute chute entre Räterichsboden et Handeck pouvait être mise à contribution pour alimenter une turbine Pelton, entraînant une pompe à basse chute refoulant l'eau de Handeck vers Trift.

La figure 3 représente cette solution dans laquelle la vitesse du groupe peut être modifiée en agissant sur l'ouverture de l'injecteur. La figure 2, déjà mentionnée, montre que, compte tenu des fluctuations de niveaux données, le débit peut être réglé à l'intérieur d'une plage de 4 à 15,5 m³/s. D'autres avantages caractérisent cet équipement peu conventionnel. En effet, à un bon rendement global moyen, il allie une économie sensible sur les frais d'achat du groupe et de ses accessoires. A Handeck, le gain sur le coût des groupes, par rapport à une solution classique

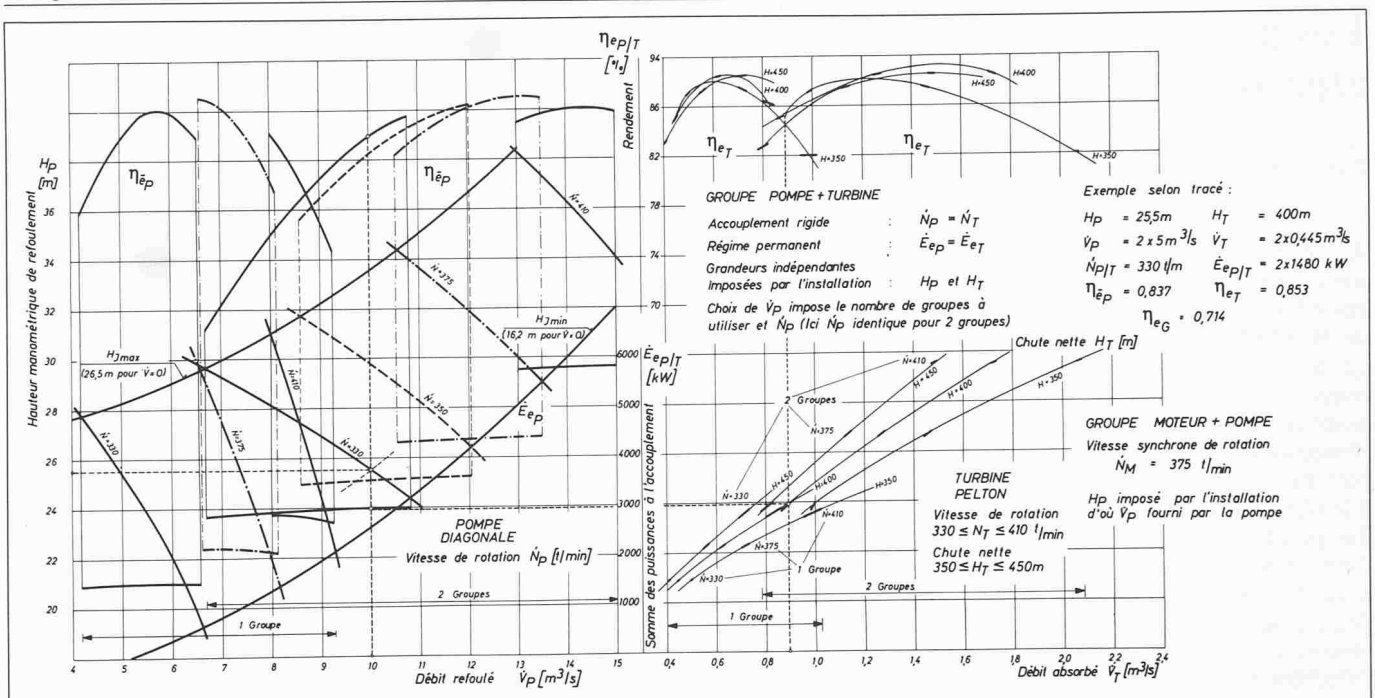


Fig. 2. Possibilités d'exploitation des groupes de pompage selon leur mode d'entraînement, à vitesse constante avec un moteur électrique synchrone (ou asynchrone), à vitesse variable avec une turbine Pelton

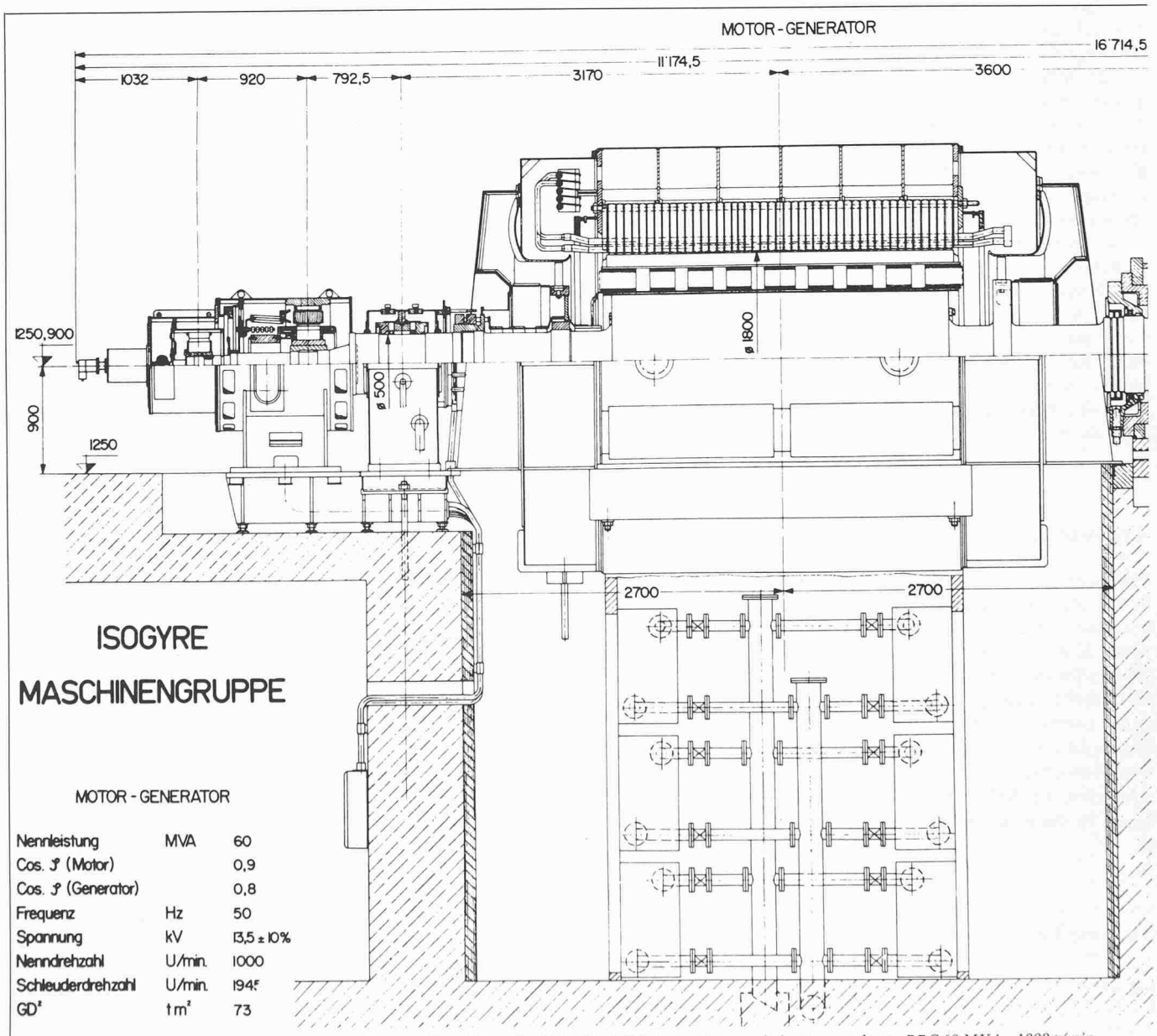


Fig. 5. Coupe longitudinale du groupe Isogyre. Pompe-turbine Charmilles 55 MW – 1000 t/min. Moteur-générateur synchrone BBC 60 MVA – 1000 t/min

comportant des moteurs électriques, atteignait environ 10% sur un montant de quelque trois millions de francs.
Une pompe du type diagonal, avec un aubage moteur orientable, permettant le réglage du débit et présentant, de ce fait, un avantage certain, aurait exigé une contre-pression beaucoup plus importante pour ne pas être exposée au danger de cavitation. En effet, une solution de ce genre avec les caractéristiques suivantes, correspondant à un équipement comprenant deux pompes,

Hauteur de refoulement	m 27	$\leq H \leq 75$
Débit réglable	m^3/s 4,5	$\leq \dot{V} \leq 9$
Vitesse de rotation	t/min	N =500
Puissance absorbée	MW 2,5	$\leq \dot{E}_e \leq 6,7$

ne pouvait être retenue qu'à condition d'abaisser la centrale d'une trentaine de mètres, au moins. Une telle variante fut envisagée et finalement écartée, comme les précédentes, au profit de l'équipement décrit plus loin.

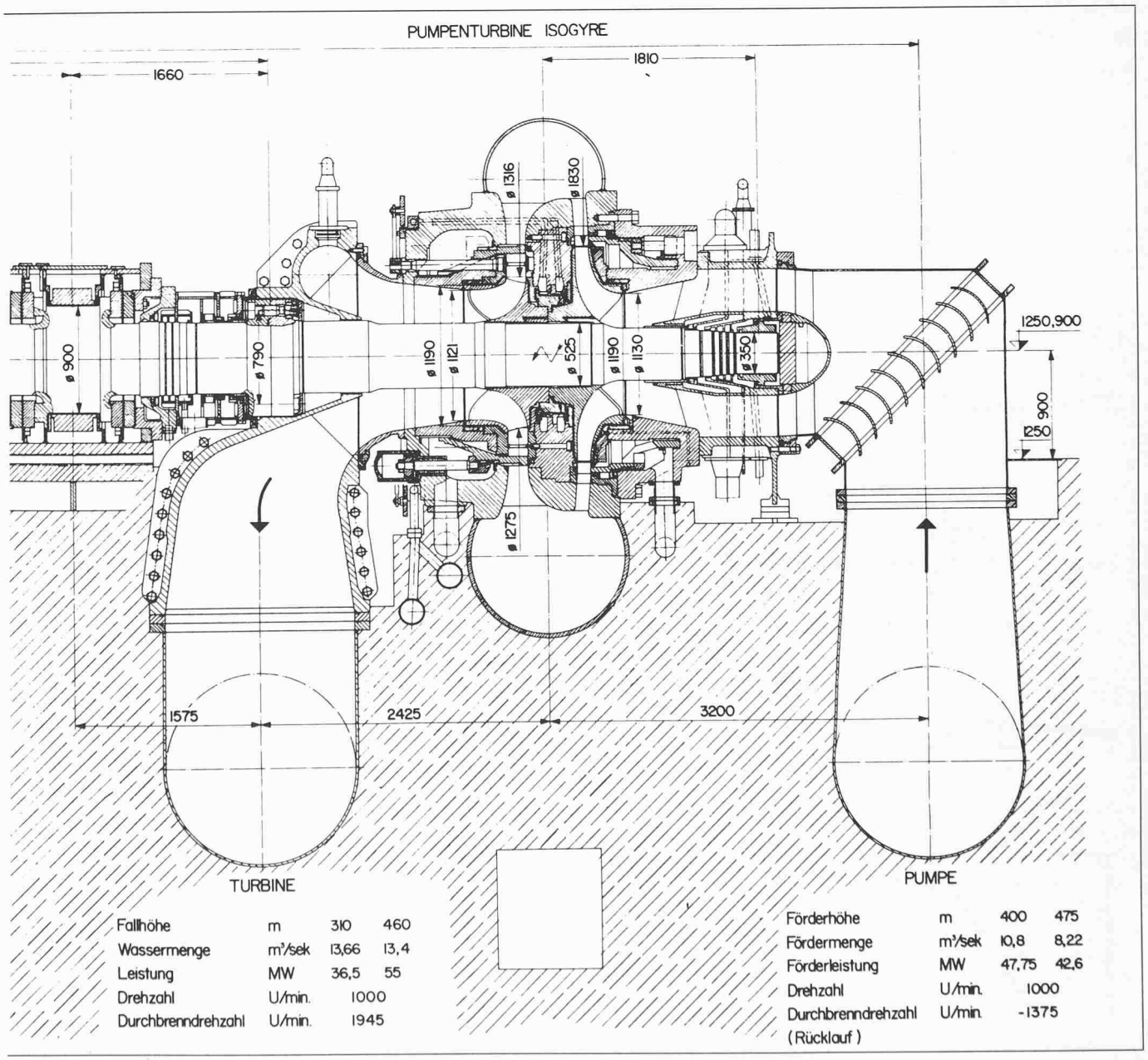
Projet final

La décision du maître de l'œuvre de réaliser un projet satisfaisant les conditions d'exploitation décrites au chapitre initial entraîna l'étude d'un nouvel aménagement, objet du schéma III de la figure 1.

L'installation de deux groupes hydroélectriques différents était nécessaire pour assurer les services prévus.

Pompe-turbine

La chute élevée, pouvant atteindre 470 m dans les conditions extrêmes, sous laquelle le service «pompage-turbinage» devait être effectué, dépassait la limite jusque là fréquemment admise pour l'utilisation de pompes à un étage. Néanmoins, de nombreuses raisons économiques concouraient à écarter une pompe à plusieurs étages qui aurait entraîné l'adoption d'un groupe ternaire coûteux et encombrant. L'heureuse disposition des lieux qui permettait d'implanter la centrale cinquante mètres au-dessous du niveau minimum du bassin d'alimentation le plus bas, assurait la contrepression nécessaire au bon fonctionnement d'une pompe à un seul étage, refoulant quelque 8 à 10 m^3/s à 1000 t/min. Compte tenu des progrès réalisés dans la construction, cette circonstance autorisait le choix d'une pompe-turbine réversible ou d'une pompe-turbine Isogyre, toutes deux conduisant à la réalisation d'un groupe compact, avantageux à plus d'un titre.
Des projets d'équipement avec ces deux types de machines furent soigneuse-



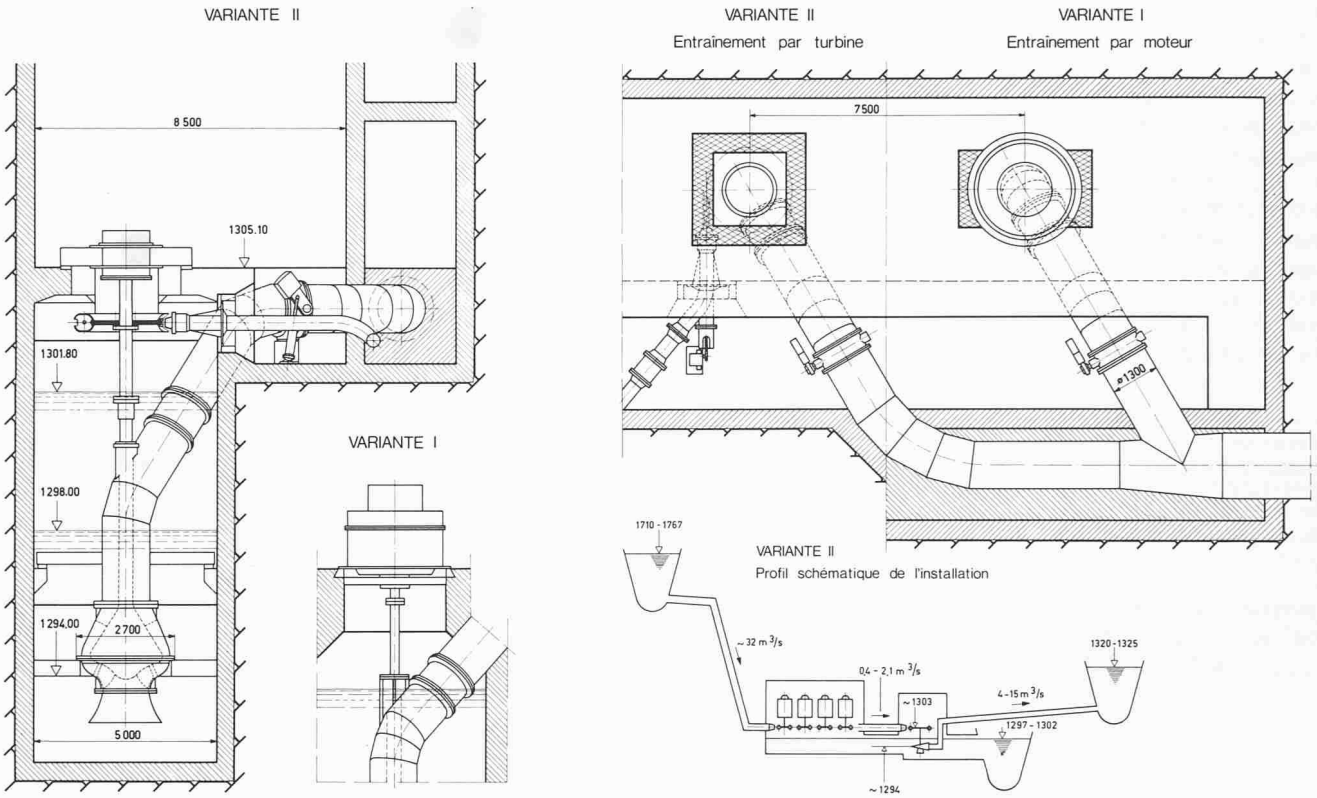
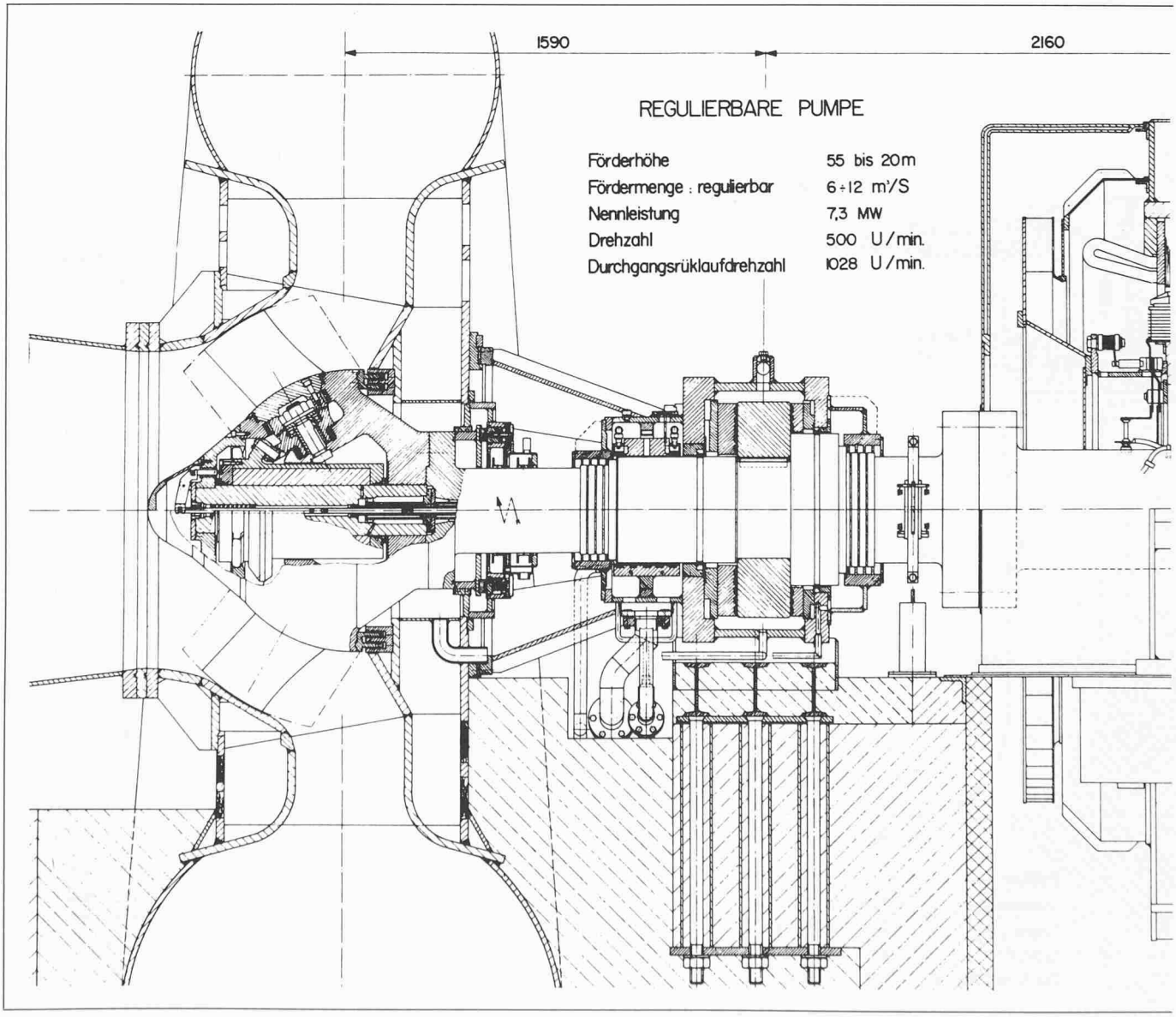


Fig. 3. Projet d'installation de groupes de pompage avec entraînement par moteur électrique (variante I) ou par turbine Pelton (variante II)



ment comparés sur la base de propositions de constructeurs suisses.
La question de la disposition de l'arbre du groupe fut l'objet d'un débat soutenu avec les ingénieurs civils, avant que la solution à axe horizontal ne l'emporte.
Sur le plan technique, l'étude comparative des variantes proposées mit en évidence les avantages et les inconvénients respectifs de ces solutions. Nous nous bornerons à relever quelques-uns des aspects positifs les plus marquants de chaque variante.

A l'avantage du groupe réversible: L'encombrement le plus réduit et la plus grande simplicité mécanique d'une construction déjà éprouvée. Le plus petit nombre de raccordements hydrauliques, les temps de révision les plus courts.

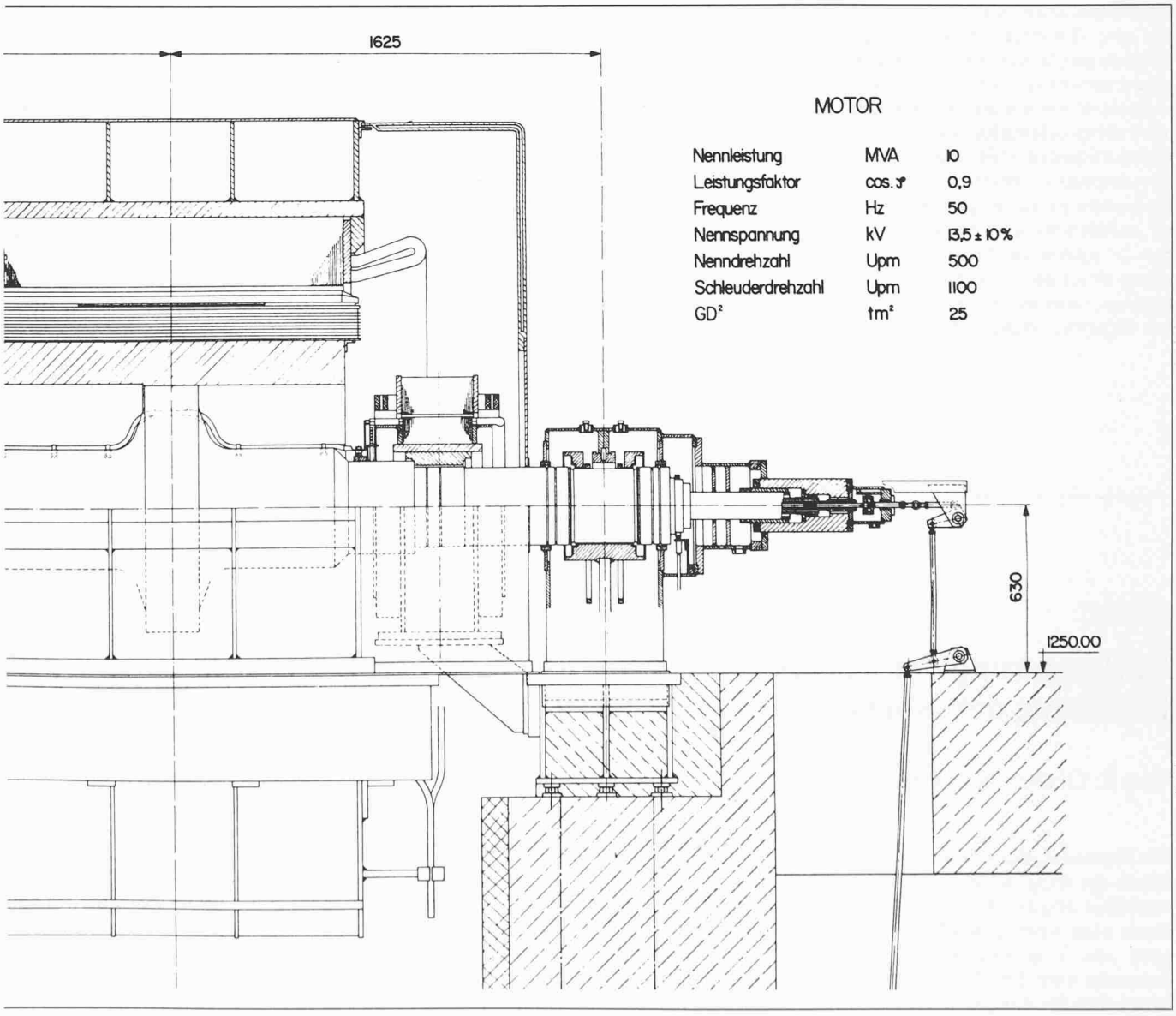
A l'avantage du groupe Isogyre: Des caractéristiques de fonctionnement, en turbine particulièrement, mieux adaptées aux conditions d'exploitation (conséquence de la présence de deux roues, l'une de turbine, l'autre de pompe, tracées chacune pour le service auquel elle est destinée). Un diffuseur fixe pour la pompe, éliminant le risque de vibrations que présente un diffuseur à pales mobiles. Le sens unique de rotation autorisant le passage d'un service à l'autre sans avoir à arrêter le groupe, la pompe-turbine assure le démarrage en toutes circonstances. Il s'ensuit un allègement important des conditions de service pour la machine électrique synchrone, par rapport à celle équipant un groupe réversible dont le démarrage exige un appareillage important et provoque une fatigue des enroulements en raison de la brutalité des appels de courant et des contraintes qu'ils engendrent.

Pour la comparaison des deux variantes, trois offres furent prises en considération, deux relatives à une pompe-turbine réversible, une concernant une pompe-turbine Isogyre. L'examen des prix fit intervenir le coût de la fourniture, d'une part, et un prix comparatif combinant le prix du groupe avec les accessoires nécessaires à son bon fonctionnement, les corrections dues aux frais d'excavation supplémentaire pour l'Isogyre et le déficit capitalisé de rendement pour les pompes-turbines réversibles, d'autre part. Le résultat de cette comparaison des prix peut se résumer grossièrement comme suit:

	Coût de la fourniture	*Prix comparatif*
Isogyre (pris comme référence) %	100	100
Pompe-turbine réversibles (Offres A et B) %	95—107	115—120

En ce qui concerne le rendement, la valeur moyenne retenue pour ces calculs tenait compte d'une pondération clairement indiquée sur la figure 4. La courbe en colline, relative à une pompe-turbine réversible, représentée sur cette figure, illustre à quel point la caractéristique de

Fig. 6. Coupe longitudinale du groupe avec pompe réglable. Pompe réglable Vevey 7,5 MW – 500 t/min. Moteur synchrone BBC 10 MVA – 500 t/min



fonctionnement en turbine est peu adaptée à la plage d'utilisation imposée à la machine. Un déficit de 2% sur le rendement moyen est la conséquence du compromis que constitue l'unique roue d'une machine réversible.

En conclusion d'études dont il serait fastidieux de relater ici les détails, le maître de l'oeuvre porta finalement son choix sur la pompe-turbine Isogyre, conscient d'apporter par cette décision une contribution au développement d'une construction nouvelle, fruit de l'industrie suisse. Cette machine est décrite par son constructeur dans un chapitre qui lui est consacré. La figure 5, établie par l'Ingenieur-Unternehmung, AG, Berne, à partir des plans d'ensemble fournis par les constructeurs respectifs, représente une coupe longitudinale du groupe entier avec la machine électrique synchrone.

Pompe réglable

Pour le service de pompage sous la chute relativement petite séparant Handeck de Trift, il fallait donc une pompe présentant de bonnes qualités de fonctionnement dans une plage d'utilisation aussi étendue en chute qu'en débit.

La cote d'implantation imposée à la centrale par la machine principale autorisant sans restriction d'ordre technique le choix d'une pompe du type diagonal, avec aubes orientables de la roue, la décision s'imposa d'elle-même, ce service de pompage ayant été estimé rentable.

La pompe proposée par la firme Vevey en collaboration avec Nohab, choisie par le maître de l'oeuvre fait l'objet d'une description détaillée, avec illustrations, dans un des chapitres suivants. La figure 6, établie par l'Ingenieur-Unternehmung AG, Berne, sur la base des dessins des constructeurs respectifs, représente une coupe longitudinale du groupe entier, avec le moteur électrique synchrone.

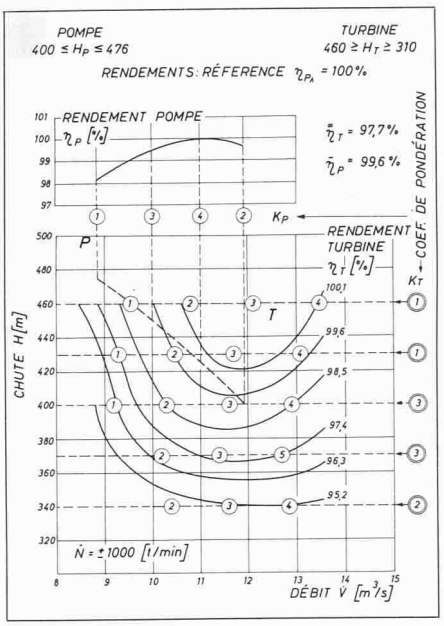


Fig. 4. Caractéristiques de fonctionnement en pompe et en turbine d'une pompe-turbine réversible et plages d'utilisation avec coefficients de pondération pour le calcul des rendements moyens, propres à chaque service

Vannes

L'ensemble des services imposés à la centrale de Handeck III nécessitait pour leur réalisation une dizaine de vannes répondant chacune à des conditions particulières de service et de sécurité. Ce nombre s'explique par le fait qu'aux vannes de garde des machines s'ajoutent plusieurs vannes supplémentaires, dont deux à Handeck même, permettant d'isoler certains circuits en fonction des besoins d'exploitation.

A l'exception de la vanne de service et de sécurité, à l'amont de la pompe-turbine Isogyre, soumise à de hautes pressions, et pour laquelle le type sphérique s'imposait, les autres organes d'obturation étaient caractérisés par des dimensions (DN 1,60 et 2,20 m) et des pressions (PN 60 à 160 mCE) qui justifiaient le choix de vannes papillon ou de ses dérivés (vannes treillis, par exemple).

Afin que chaque machine et l'installation soient à l'abri de situations dangereuses, un soin particulier fut apporté à l'étude de dispositifs de verrouillage destiné à éviter les manoeuvres indésirables.

La fourniture de ces vannes (à l'exception des vannes de garde de l'Isogyre) incomba à Escher Wyss dont l'offre avait été retenue en raison de son prix particulièrement avantageux. Ces vannes, d'un type nouveau, intéressantes à plus d'un titre, sont décrites plus loin.

Machines et équipement électriques

Alors que le choix des machines hydrauliques imposait au maître de l'œuvre des études diversifiées, tendant à des buts variés, celui des machines électriques s'inscrivait dans le cadre de démarches plus classiques, dont la relation a été abandonnée au profit d'une description plus complète du matériel électrique fourni par Brown Boveri & Cie (voir également figures 5 et 6).

Adresse de l'auteur: *J.-E. Graeser*, ingénieur EPFL, 1302 Vufflens-la-Ville.

Steuerrecht

Verlängerung der Verlustvortragsperiode und Erhöhung der Normalabschreibungssätze

Von E. Gerber, Solothurn

Mit Bundesbeschluss vom 15. Dez. 1978 haben die Eidg. Räte den Wehrsteuerbeschluss abgeändert. Einerseits wird damit eine *weitergehende Berücksichtigung von Vorjahresverlusten* und andererseits eine *Erhöhung der Abschreibungssätze für Anlagegüter* ermöglicht.

Verlängerung der Verlustvortragsperiode

Während bisher nur der durchschnittliche Verlust aus der Vorperiode vom steuerbaren Einkommen bzw. Ertrag in Abzug gebracht werden konnte, können mit Wirkung ab der 20. Wehrsteuerperiode (1979/80) auch solche von zwei weiteren Vorperioden geltend gemacht werden. Dies bedeutet, dass in der dieses Jahr auszufüllenden Steuererklärung alle Verluste seit dem 1. Jan. 1971 geltend gemacht werden können, wenn sie nicht bereits früher mit Gewinnen verrechnet wurden.

Der Verlustvortrag ist grundsätzlich von Amtes wegen zu berücksichtigen, in der 20. Wehrsteuerperiode können jedoch Verluste aus den Berechnungsperioden 1971/72 und 1973/74 nur dann angerechnet werden, wenn der Steuerpflichtige einen entsprechenden