

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 80 (1962)  
**Heft:** 28

**Artikel:** L'aménagement hydro-électrique de la Gougra: les centrales et leur équipement électro-mécanique  
**Autor:** Hoeffleur, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-66189>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 16.05.2025

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

gen. Dafür lassen sich diese Kosten bekanntlich aber auch auf den Landpreis abwälzen! Wenn mit dem Bau solcher Grosssiedlungen nicht sofort begonnen werden kann, dann steigt der Bodenpreis wegen der auflaufenden Zinsen und weil sich die Nachfrage nach Land in diesem Gebiet erhöht. Am Ende steht die Baugesellschaft vielfach plötzlich vor der bitteren Erkenntnis, dass aus dem scheinbar günstigen Landkauf ein viel höherer Bodenpreis resultiert, als er für baureifes Land hätte aufgewendet werden müssen!

b) Jeder durch Kauf bezahlte Bodenpreis bildet eine neue Grundlage für künftigen Landhandel. Ein zu hoch bezahlter Preis ruft erfahrungsgemäss noch höheren Forderungen für die näheren und weiter abseits gelegenen Grundstücke. Wenn die Gemeinde das durch die plötzliche Grossbebauung hervorgerufene, für die öffentlichen Anlagen und Bauten benötigte Land nicht schon im Eigentum hat, so wird sie das Opfer der durch die Baugesellschaft selber präjudizierten Preisbildung. Dies bekümmert wiederum die Baugesellschaft nicht. Sie gibt höchstens ihrem Unwillen über die rückständige Verwaltung Ausdruck, wenn diese den Ideen einer Grossbebauung skeptisch gegenübersteht.

c) Neue, nach Gesamtprojekt zu erstellende Grosssiedlungen sollen richtigerweise in sich geschlossene Gebilde werden. Solange die Baugesellschaft so viel Land erworben hat, wie die Reservierung eines vollständig umfassenden Trenngürtels zusätzlich erfordert, so ist das Problem von der Gemeinde aus gesehen gelöst. Wenn aber deswegen eine höhere Ausnutzung des eigentlichen Baulandes verlangt wird, dann bildete ein solches Zugeständnis eine bedenkliche Präjudiz für jede spätere angrenzende Bebauung. Soll die Reservierung und Schaffung des trennenden Freihaltegürtels aber der Gemeinde überlassen werden, dann belastet dies ihre normale Bodenpolitik. Zudem sind dann, wie bereits erwähnt, höhere Bodenpreise zu bezahlen, was sich aber bekanntlich zu Lasten der Allgemeinheit auswirkt.

d) Um eine Grosssiedlung abseits des vorgesehenen Baugebietes verwirklichen zu können, ist die Gemeinde gezwungen, vorzeitig über ein topographisch logisch begrenztes Gebiet eine Planung vorzunehmen, was den normalen Ablauf des üblichen Arbeitsprogrammes zusätzlich belastet. Vor allem muss das gesamte Werkleitungsnetz so dimensioniert werden, dass es für einen erst noch festzulegenden Vollausbau genügt. Je nach meist zufälliger Lage, die sich ja nach dem möglichen Landerwerb richten musste, sind Strassen und Werkleitungen vorzeitig zu erstellen, die auf kürzere oder längere Strecken durch weiterhin landwirtschaftlich beworbene Gebiete zu führen sind. Mit den üblichen Bei-

trägen für Mehrwerte und Kanalisation, allenfalls für Trottoirs, belastet man leider das Kulturland, was den Eigentümer, dessen Land ohnehin durch die Bebauung mit Grossbauten wesentlich beeinträchtigt worden ist, veranlasst, die Bewirtschaftung seines Landes einzustellen und seinen Boden auch vorzeitig als Bauland zu verkaufen. Die Nachfrage verspricht ja in jedem Fall ohnehin einen gesteigerten Erlös!

e) Die Versorgung eines solchen konzentrierten Siedlungsgebietes ausserhalb der normal angegliederten Wohnzonen stellt die Gemeinde plötzlich vor grosse Aufgaben und vor unnötig erhöhte Ausgaben. Denkt man zum Beispiel an die Kehrriktabfuhr solcher exzentrisch gelegener Gebiete. Die vielen Leerkilometer, die mit dem Abfuhrauto gefahren werden müssen, erfordern die Abänderung des bestehenden Fahrplanes in einen unwirtschaftlichen neuen. Die Anschaffung neuer Vehikel wird vorzeitig erforderlich, obwohl die vorhandenen Wagen im Gebrauch noch nicht voll ausgelastet sind. Ebenso erwachsen dem Strassenunterhalts- und Reinigungsdienst zusätzliche Kosten. Es müssen aus den gleichen Gründen vorzeitig menschliche oder mechanische Kräfte beschafft werden. Massenverkehrsmittel werden vorzeitig notwendig, deren Einsatz und Betrieb sich aus den nämlichen Gründen unwirtschaftlich ausnimmt.

Nur diese wenigen Beispiele sollen die Problematik von abseits gelegenen Grossprojekten oder gar sogenannten «Neuen Städten» beleuchten. Wenn die Motive zur Erstellung derartiger Grosssiedlungen vorwiegend aus finanztechnischem Ursprung und nicht im Bestreben, einen vernünftigen Ausgleich zwischen Wohnort und Arbeitsstelle (Pendlerproblem) einerseits und der Schaffung besserer, ideal besonnener Wohnungen in enger Verbindung mit der freien Landschaft andererseits sind, dann müssen solche Projekte eindeutig abgelehnt werden. Kennt aber die baulustige Gesellschaft und der begeisterte Architekt diese Problematik «Neuer Städte»? Man darf vielleicht sogar fragen, ob sich die Gemeindeverwaltung über die Aufgaben, die Belastung und die Folgen, welche aus einem solchen Projekt entstehen, klare Rechenschaft ablegt?

Weist ein pflichtbewusster Planer auf diese Probleme hin, so wird sein Intervenieren als defaitistisch und jedem Fortschritt abhold ausgelegt. Frage bleibt nur, ob sich andererseits die «Neue Stadt» als vermeintlicher avantgardistischer Fortschritt nicht eher als ein Nebenaustreten für ein allzu kostspieliges Experiment ausnimmt!

Adresse des Verfassers: Dr. sc. techn. W. H. Real, Stadtplanarchitekt, Winterthur.

## L'aménagement hydro-électrique de la Gougria

DK 621.29

### Les centrales et leur équipement électro-mécanique

Annexe: planche 27 (en couleurs)

Par A. Hoeffleur, Ingénieur à la S. A. pour l'Industrie de l'Aluminium, Zurich

Suite de la page 483

#### 3. Service avec pompe d'accumulation

L'installation d'une pompe d'accumulation de cette puissance pose des problèmes assez complexes vu la grande masse d'eau qu'elle met en mouvement sous une forte pression et dont l'énergie peut, d'un moment à l'autre, être brusquement interrompue lors d'un déclenchement. Alors que chaque turbine a son régulateur de vitesse, une Pelton son pointeau et son déflecteur, et une Francis son distributeur réglable et son orifice compensateur, une pompe n'a en général aucun de ces organes. Son débit dépend, à vitesse synchrone, uniquement de la hauteur de refoulement manométrique.

D'autre part, en cas de déclenchement du moteur, la pompe tournerait en sens inverse si l'on ne prenait pas de dispositions spéciales. En général, on fait intervenir une vanne à fermeture rapide, de sorte que le groupe ne devire que peu ou pas, le coup de bélier étant par ailleurs limité à une valeur admissible pour la conduite forcée. A Motec, on a pu renoncer à une telle vanne qui est plus chère, et qui,

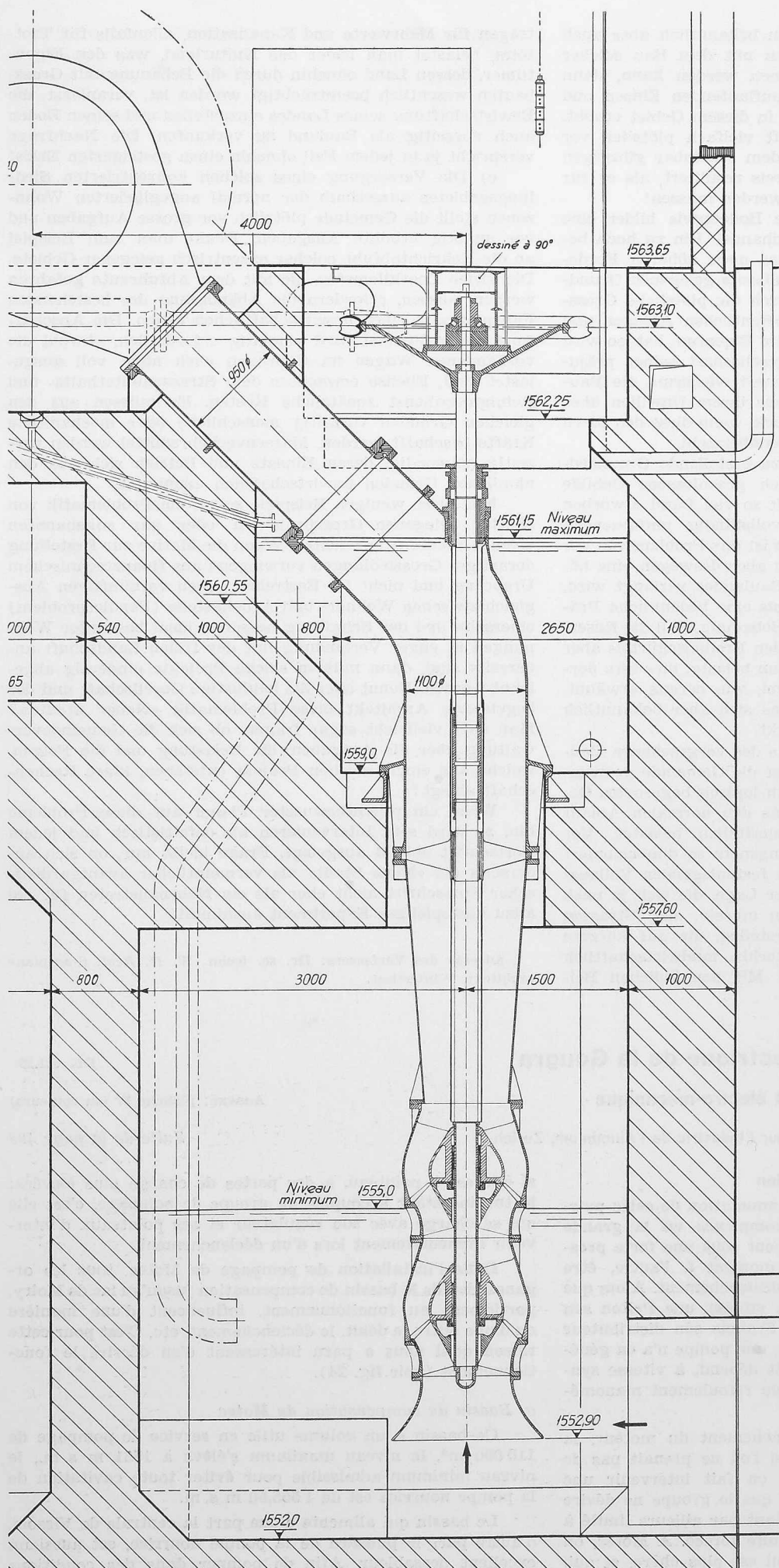
si elle est à pointeau, a des pertes de charge plus élevées; la turbine étant accouplée au groupe de pompage, c'est elle qui se charge avec son régulateur et ses pointeaux d'intervenir immédiatement lors d'un déclenchement.

Dans l'installation de pompage de Motec, tous les organes, depuis le bassin de compensation jusqu'au lac de Moiry, participent au fonctionnement, influencent d'une manière ou d'une autre le débit, le déclenchement, etc. C'est pour cette raison qu'il nous a paru intéressant d'en décrire le fonctionnement (voir fig. 24).

##### a. Bassin de compensation de Motec

Ce bassin a un volume utile en service de pompage de 110 000 m<sup>3</sup>, le niveau maximum s'élève à 1561 m s. m., le niveau minimum admissible pour éviter toute cavitation de la pompe nourrice est de 1 555,50 m s. m.

Le bassin qui alimente d'une part la centrale de Vissoie, d'autre part le punsard de la pompe nourrice, est aussi un excellent dessableur. Afin de pomper dans des conditions



optima concernant la puissance de la pompe et la qualité de décantation, ce bassin est en général plein. C'est seulement au moment où les affluents au bassin sont inférieurs au débit refoulé, qu'il faut mettre à contribution la réserve du bassin. Si le niveau du bassin atteint la cote 1550,50 l'alarme est donnée de déclencher la pompe.

#### b. Pompe nourrice

Un canal bétonné de 2 m sur 2 m amène l'eau à la pompe nourrice à axe vertical, qui a pour but d'assurer une mise en charge suffisante de la pompe d'accumulation, afin d'éviter toute cavitation. Elle est entraînée par une turbine Pelton, dont le pivot supporte en même temps la charge hydraulique de la pompe; cette poussée peut atteindre une valeur considérable au cas où la pompe d'accumulation dévire. Pour les raisons suivantes on a préféré un entraînement par turbine et non par moteur électrique:

1. Le réglage de la vitesse permet d'adapter la pression à l'entrée de la pompe d'accumulation, en fonction du niveau d'eau du bassin de compensation.
2. La turbine est noyée dans le sol de la salle des machines et n'encombre pas le passage, comme ce serait le cas avec un moteur.
3. Un moteur de 500 t/min, même non réglable, est plus cher et nécessite un appareillage de démarrage assez coûteux.
4. La sécurité est beaucoup plus grande, vu la construction très simple de l'injecteur et l'absence d'un régulateur, et le fait que l'on dispose toujours d'eau sous pression dans le collecteur.

Le réglage de la vitesse, c'est-à-dire du pointeau, se fait par un petit moteur, commandé à distance depuis le pupitre de la salle de commande.

#### c. Pompe d'accumulation

La pompe d'accumulation de Motec est actuellement la plus grande installée en Suisse. Elle est à trois étages, la bache et les couvercles sont en acier coulé, les roues motrices et directrices en acier inoxydable Cor. 13. Le diamètre extérieur des roues est de 1600 mm.

Fig. 15. Section longitudinale du groupe pompe nourrice, 1:55

Tableau 5 Données techniques des pompes

*Pompe principale*

|                        |                   |        |        |        |
|------------------------|-------------------|--------|--------|--------|
| débit                  | m <sup>3</sup> /s | 2,74   | 3,26   | 3,9    |
| hauteur de refoulement | m                 | 664    | 628    | 570    |
| vitesse                | t/min             | 750    | 750    | 750    |
| rendement              | %                 | 88     | 89     | 87     |
| puissance absorbée     | kW                | 20 300 | 22 600 | 25 100 |

*Pompe nourrice*

|                        |                   |      |      |      |
|------------------------|-------------------|------|------|------|
| débit                  | m <sup>3</sup> /s | 2,74 | 3,26 | 3,90 |
| hauteur de refoulement | m                 | 26   | 26   | 26   |
| vitesse                | t/min             | 480  | 510  | 555  |
| rendement              | %                 | 88   | 89   | 88   |
| puissance absorbée     | kW                | 795  | 936  | 1130 |

La pompe d'accumulation est accouplée à l'alternateur ou débrayée par un accouplement à denture avec servomoteur à huile sous pression à l'extrémité opposée de l'alternateur. Les manœuvres se font normalement à l'arrêt. Si le groupe a tourné auparavant en turbine, les dents des engrenages ne sont pas nécessairement dans la bonne position. La forme particulière des dents facilite toutefois la manœuvre, mais si elle ne réussit pas du premier coup, on lance la turbine à faible vitesse pour refermer aussitôt les pointeaux.

Au ralentissement du groupe, lorsque la vitesse est inférieure à 3 t/min, c'est-à-dire juste avant l'arrêt, on procède alors aisément à l'embrayage. Cette manœuvre se fait depuis le tableau de commande près de la pompe. En général le groupe 2 est exclusivement réservé au pompage pendant l'été. La position relative des dents ne change donc pas.

*Système de lubrification.* Au démarrage une pompe entraînée par moteur électrique alimente le système de lubrification des différents paliers de la pompe. A partir de 500 t/min la pompe montée en bout d'arbre assure ce service et l'autre est alors déclenchée. Lors de la manœuvre d'arrêt, soit à la main, soit automatique, la pompe de lubrification électrique est enclenchée automatiquement.

*d. Moteur*

L'alternateur, travaillant en moteur, entraîne la pompe, soit en totalité, soit à charge partielle si la puissance électrique disponible du réseau n'est pas suffisante.

*e. Turbine*

Sous chute maximum à lac plein, la turbine produirait une puissance de 29 MW et le groupe monterait environ à 915 t/min au cas d'une défaillance du régulateur au démarrage puisque la pompe n'absorbe à vanne fermée qu'une puissance réduite; la pression au refoulement dépasserait légèrement celle d'essai. Il est donc nécessaire de limiter l'ouverture de la turbine afin qu'elle n'absorbe pas plus de 4 m<sup>3</sup>/s sous n'importe quelle chute. On le fait en agissant sur les volants du limiteur mécanique des pointeaux inférieurs. Les pointeaux supérieurs en revanche sont, en régime de pompage, automatiquement ouverts en entier, afin d'assurer la reprise instantanée du groupe en cas de déclenchement intempestif.

*f. Vannes*

*Vanne du côté de refoulement de la pompe.* Un verrouillage hydraulique empêche l'ouverture de cette vanne, si la pompe d'accumulation n'est pas sous pression. Si en service, elle quitte la position ouverte, le groupe est automatiquement déclenché. Une soupape de marche à vide montée entre la pompe

et la vanne est ouverte au démarrage et assure une circulation d'eau afin d'éviter tout échauffement, la puissance absorbée de la pompe en marche à vide étant d'environ 12 000 kW. Le débit de cette soupape, qui se décharge dans le canal de fuite, a été porté à 800 l/s afin de limiter la vitesse d'emballlement en cas de défaillance du régulateur de la turbine et du dispositif de déclenchement par survitesse durant la manœuvre de démarrage. Si cette soupape — qui se referme — n'est pas ouverte, le démarrage de la pompe est empêché.

*Vanne de séparation au milieu du collecteur.* Afin d'éviter que l'eau refoulée par la pompe d'accumulation se dirige vers Tourtemagne, cette vanne reste fermée durant le pompage. Un verrouillage empêche le démarrage de la pompe, qui est de plus déclenchée si la vanne quitte sa position fermée.

*Vanne papillon de Tsarmette.* Si au démarrage de la pompe, cette vanne restait fermée ou si en service elle se fermait, la pression de la pompe atteindrait une valeur inadmissible pour la vanne. Pour parer à ce danger, le papillon de la vanne est excentrique, de sorte qu'une pression côté aval en provoque l'ouverture. Cette vanne agit donc en régime de pompage comme clapet de retenue. Là aussi, des contacts de fin de course verrouillent le démarrage à vanne fermée ou déclenchent la pompe, si elle se fermait en service.

*Vanne papillon de Moiry.* Si au démarrage de la pompe, cette vanne restait fermée, ou si elle se fermait en service, l'eau serait refoulée à la chambre supérieure du château d'eau, et se déverserait en causant de gros dégâts. Des contacts de fin de course verrouillent le démarrage des pompes à vanne fermée, ou les déclenchent si la vanne se ferme en service. De plus, un flotteur disposé dans la chambre supérieure du château d'eau déclenche la pompe, au cas où les contacts de fin de course de la vanne n'auraient pas fonctionné.

Les vannes papillon de Tsarmette et de Moiry s'ouvrent par un servomoteur à pression d'huile qui les maintient dans la position ouverte sans verrouillage mécanique. Par suite de fuites d'huile inévitables, le piston baisse de 2 mm par heure. Après une course de 20 mm, c'est-à-dire après 10 heures, un contact enclenche la pompe à huile qui rouvre entièrement la vanne.

Le système de déclenchement à distance depuis la centrale, est à courant de repos; deux circuits indépendants alimentent les deux bobines de l'électroaimant. Chaque bobine consomme 30 mA à 20 V. Pour déclencher la vanne, il faut couper les deux circuits simultanément. C'est à ce moment seulement que le contre-poids de 1,5 kg tombe, agissant sur un tiroir et mettant la pression d'huile à l'échappement. Pour la vanne

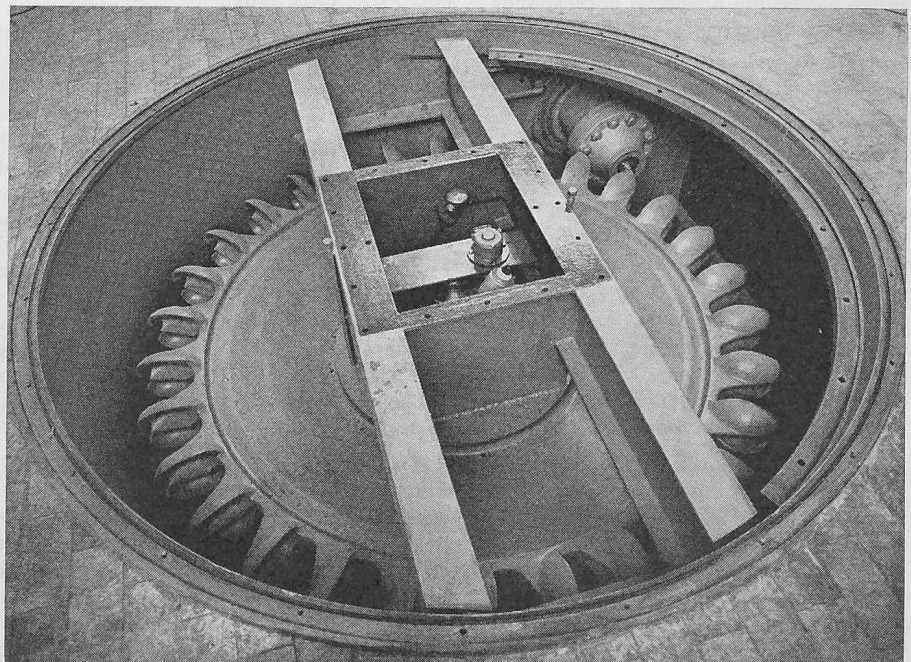


Fig. 16. Vue sur la roue de la turbine, entraînant la pompe nourrice. A centre: Thermostat et thermomètre du palier pivot et tachymètre

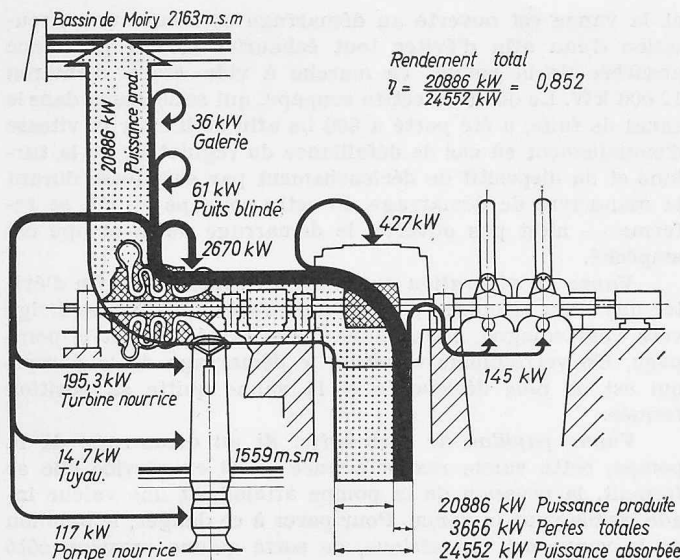


Fig. 17. Bilan d'énergie pour «pompage total»

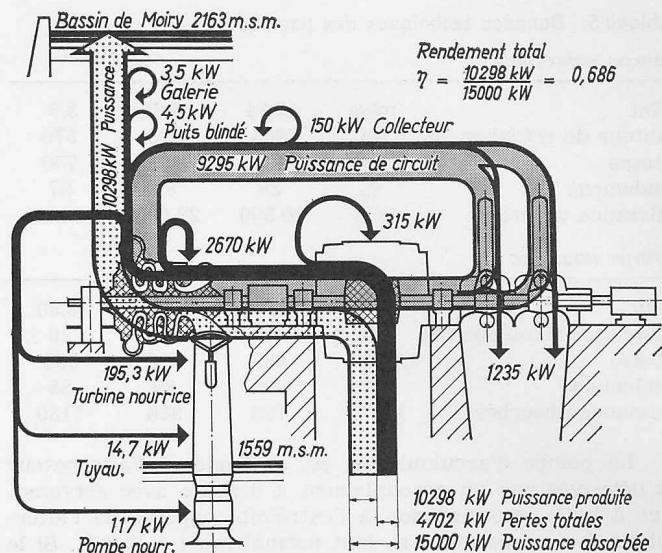


Fig. 18. Bilan d'énergie pour «pompage partiel»

de Tsarmette, les 4 fils nécessaires se trouvent dans le câble téléphonique Motec-Tsarmette. Pour la vanne de Moiry, 2 des 4 fils passent dans le câble du téléphone Motec-Grimentz-Moiry. L'ouverture ne peut se faire que sur place et non à distance.

#### g. Lac de Moiry

Le niveau du bassin d'accumulation de Moiry est déterminant pour le débit de la pompe qui varie de 2900 l/s à lac plein à 3750 l/s à lac vide.

#### h. Marche de la pompe d'accumulation

La mise en marche de la pompe d'accumulation se fait d'après le programme suivant contrôlé par un tambour:

1. Contrôle turbine, vannes
2. Marche service auxiliaire
3. Préparation accouplement
4. Embrayage accouplement
5. Préparation pompe mise en charge
6. Marche pompe accumulation, synchronisation
7. Ouverture vanne pompe
8. Groupe en service.

**Différents régimes de pompages.** Si toute l'énergie électrique absorbée par la pompe d'accumulation peut être fournie par le réseau, on parle d'un «pompage total». Si en revanche la puissance électrique disponible ne suffit pas entièrement, on peut décharger partiellement le moteur en ouvrant les pointeaux de la turbine jusqu'à ce que la puissance électrique absorbée corresponde à celle disponible dans le réseau. On parle alors d'un «pompage partiel».

#### i. Arrêt du groupe

Nous distinguons trois modes d'arrêt.

##### 1. Arrêt normal

Se fait par ordre du service d'exploitation. La puissance absorbée par le moteur est réduite à 12 MW par ouverture partielle de la turbine. Puis on ferme la vanne du côté du refoulement de la pompe; à fin de course, alors que la puissance électrique est nulle, on déclenche le disjoncteur.

##### 2. Arrêt rapide

Cet arrêt est provoqué automatiquement en cas de certaines défaillances qui ne nécessitent pas un arrêt d'urgence. Le premier ordre donné est celui de la fermeture de la vanne de la pompe, le déclenchement se fait ensuite automatiquement, le disjoncteur coupant une puissance de 12 MW.

##### 3. Arrêt d'urgence

L'arrêt d'urgence est provoqué non seulement dans tous les cas où une désexcitation rapide est nécessaire pour éviter des dégâts sérieux, mais aussi et surtout en cas de dérangements extérieurs à la centrale de Motec. Ce mode d'arrêt entraîne le déclenchement de la puissance totale de 25 MW par le disjoncteur, et l'ouverture rapide de la turbine en 4 secondes.

#### 4. Service avec pompe siphon

Dans l'aménagement de la Gougria la pompe siphon est de première importance; il lui incombe de refouler la moitié de l'eau accumulée à Moiry. Elle aurait pu être installée dans la chambre des appareils de Barneusa, et par suite être construite pour une pression de 150 m seulement au lieu de 750 m. Les problèmes posés aux constructeurs auraient été fortement simplifiés et par conséquent le prix de la pompe même sensiblement réduit. La hauteur de refoulement de la pompe étant très variable (hauteur géodésique 0—84 m, hauteur manométrique 44—104 m), on aurait dû prévoir un groupe à plusieurs vitesses. En considérant les frais d'un tel équipement et en tenant compte des installations supplémentaires (câble d'alimentation, câble de commande et de mesure), des difficultés de transport, etc., on a abandonné cette variante et on s'est décidé à installer cette pompe dans la centrale de Motec.

Le projet primitif prévoyait un entraînement par turbine seulement, branchée sur la conduite forcée de Tourtemagne. Le fait que les turbines des trois groupes principaux ont 4 jets chacune et que la puissance d'un seul jet correspond à celle absorbée par la pompe siphon, son accouplement à un groupe principal était indiqué. Cette solution offre de plus l'avantage que la pompe peut être entraînée par le moteur du groupe, ce qui est surtout utile au moment où les apports de la Navisence au bassin de Motec sont très élevés.

Comme pour la pompe d'accumulation, on n'a pas prévu une vanne à pointeau du côté du refoulement de la pompe siphon, mais une simple vanne sphérique qui est suffisante. Au déclenchement du moteur du groupe, le régulateur répond à la baisse de vitesse et ouvre la turbine. Si la pompe siphon est seule en service, le coup de bélier est pratiquement nul. Si les deux pompes sont en service, la dépression au déclenchement dans la conduite forcée de Moiry entraîne momentanément une augmentation sensible du débit de la pompe siphon. Pour éviter qu'à la reprise par la turbine, ce débit et par la suite le coup de bélier s'élèvent trop, il est nécessaire que cette reprise ne soit pas brusque. C'est pour cette raison que pour le régime en pompe de ce groupe, il est absolument nécessaire de ne travailler qu'avec un seul injecteur de la turbine.

Si le dérangement, qui provoque le déclenchement, ne provient pas de la centrale même, c'est la turbine qui se substitue au moteur.

Comme pour la pompe d'accumulation, une série de verrouillages est nécessaire afin d'éviter les fausses manœuvres au démarrage, au déclenchement et à l'arrêt du groupe.

Le fonctionnement de la pompe siphon est influencé par tous les organes principaux du bassin de Tourtemagne jusqu'au bassin de Moiry, leurs fonctions en service avec la pompe siphon sont les suivantes:



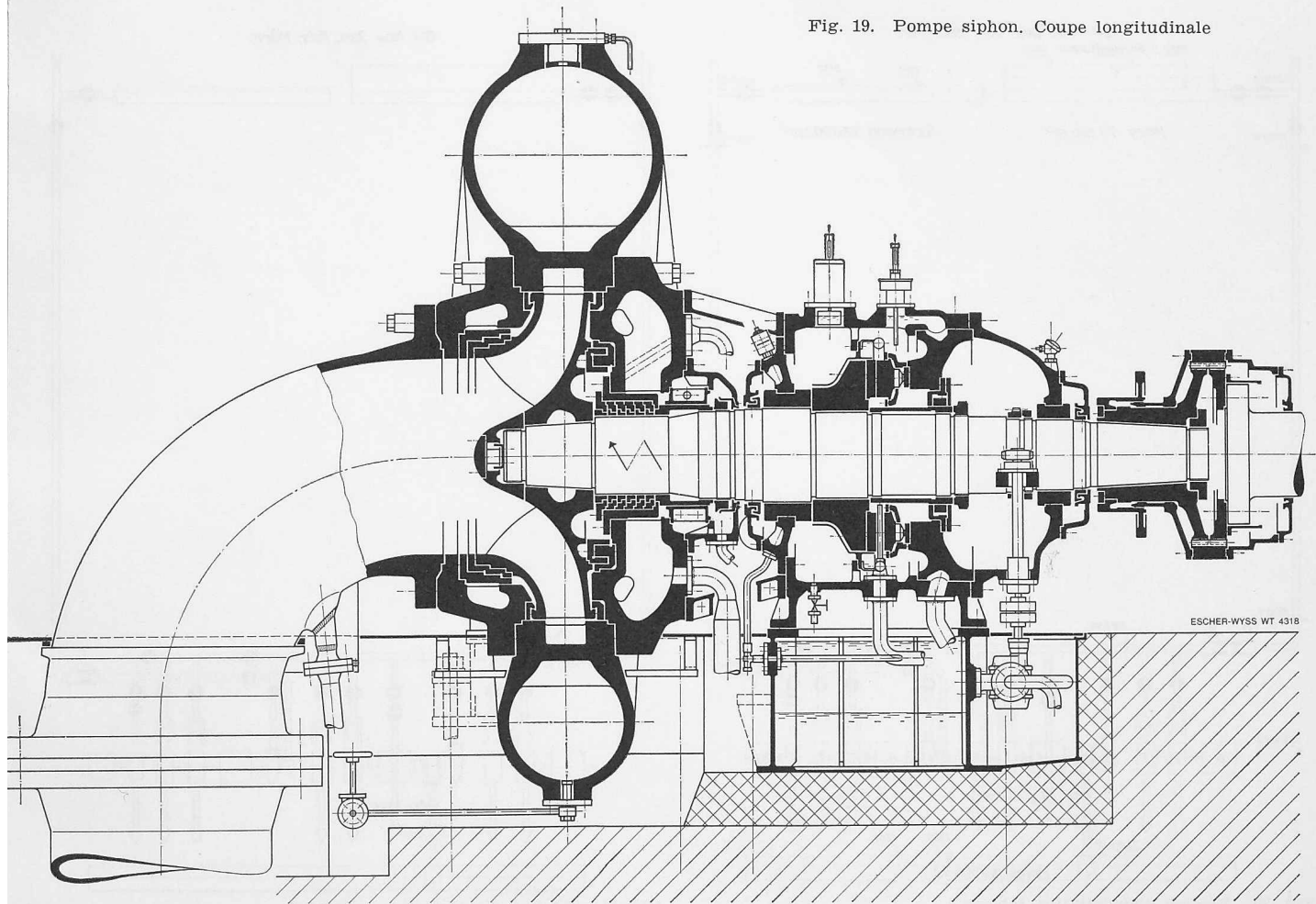
Centrale de Motec. Au premier plan la pompe d'accumulation

Seite / page

0496 - 03

leer / vide /  
blank

Fig. 19. Pompe siphon. Coupe longitudinale



a. Le bassin d'accumulation de Tourtemagne a un volume utile de 780 000 m<sup>3</sup>, le niveau maximum se trouve à 2177 m s. m., le niveau minimum à 2165 m s. m. Le niveau de ce bassin influence le débit de la pompe et surtout le rendement de toute l'installation, car le coefficient énergétique, c'est-à-dire le nombre de kWh qu'il faut pour pomper 1 m<sup>3</sup> d'eau de Tourtemagne à Moiry, est directement proportionnel à la hauteur de refoulement. On a donc intérêt à maintenir le niveau près du déversoir.

b. La vanne d'entrée de Tourtemagne à tiroir a les fonctions d'un organe de sécurité, et doit protéger la centrale en cas de rupture du collecteur ou de la conduite forcée. Elle est maintenue en position ouverte par un servomoteur à pression d'huile. Sa fermeture est provoquée à distance depuis la centrale de Motec. Le système de déclenchement est le même que celui décrit plus haut pour la vanne papillon de Moiry. Pour ouvrir la vanne, il faut se rendre sur place, soit à travers la galerie, si l'exploitation permet la vidange de cette dernière, soit en y accédant par le col de la Forcletta en été, le col d'Arpette en hiver ou de Tourtemagne-Oberems.

c. Les vannes papillon de Barneusa, Tsarmette et Moiry, les vannes de séparation, les vannes sphériques de la pompe siphon qui, en service avec la pompe siphon, sont dans le circuit hydraulique, ont des fonctions et des verrouillages analogues à ceux des organes de fermeture en service avec la pompe d'accumulation.

d. Pompe siphon. La hauteur de refoulement manométrique de la pompe siphon variant de 44 à 140 m suivant le régime et la hauteur de mise en charge très élevée de 610 m, exigeaient des études spéciales des formes hydrauliques et constructives. D'une part cette mise en charge était favorable en ce qui concerne la cavitation, d'autre part elle permettait de renoncer à une solution avec diffuseur séparé. Ce dernier a pu être combiné avec les entretoises de la bache spirale.

La pompe est à un étage, le diamètre extérieur de la roue en acier inoxydable est de 1360 mm. Les caractéristiques tech-

niques sont données au tableau 6. La pompe siphon est embrayée et débrayée par un accouplement à denture. Les manœuvres se font à l'arrêt du groupe, la bonne position des dents est obtenue en tournant à la main le rotor de la pompe. Celle-ci reste, en général, embrayée durant toute la saison de pompage. Au démarrage, c'est une pompe électrique qui alimente le système de lubrification des différents paliers de la pompe. A la vitesse de 300 t/min la pompe mécanique s'en charge et la pompe électrique se déclenche. A la manœuvre d'arrêt, soit à la main, soit automatique, la pompe de graissage est réenclenchée automatiquement.

Tableau 6 Caractéristiques techniques de la pompe siphon

|        |       |      |      |      |      |
|--------|-------|------|------|------|------|
| H      | m     | 89   | 100  | 126  | 139  |
| Q      | l/s   | 6380 | 5940 | 4800 | 4210 |
| N      | kW    | 6450 | 6600 | 6550 | 6350 |
| n      | T/min | 750  | 750  | 750  | 750  |
| $\eta$ | %     | 86   | 88,7 | 91   | 90,3 |

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| Vitesse réglable        | 550—750 T/min |
| Pression à vanne fermée | 169,44 m      |
| Pression d'essai        | 1200 m c. E.  |

e. Moteur. L'alternateur travaillant en moteur entraîne la pompe entièrement, si la puissance électrique disponible du réseau est suffisante, ou en charge partielle, dans le cas contraire.

f. Turbine. En service de pompage du groupe, la turbine a les fonctions suivantes: 1. Démarrage du groupe, 2. Entraînement de la pompe, 3. Reprise du groupe si le moteur déclenche.

## 5. Régimes d'exploitation

Les régimes d'exploitation ressortent des schémas indiqués sur les figures 20 à 25.

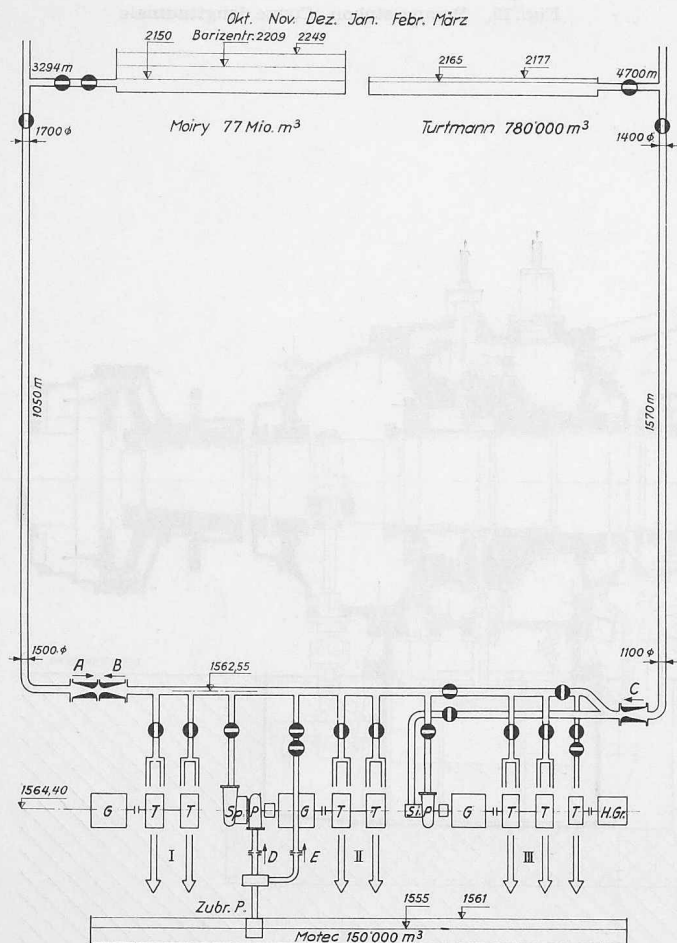


Fig. 20. Régime d'exploitation schema 1

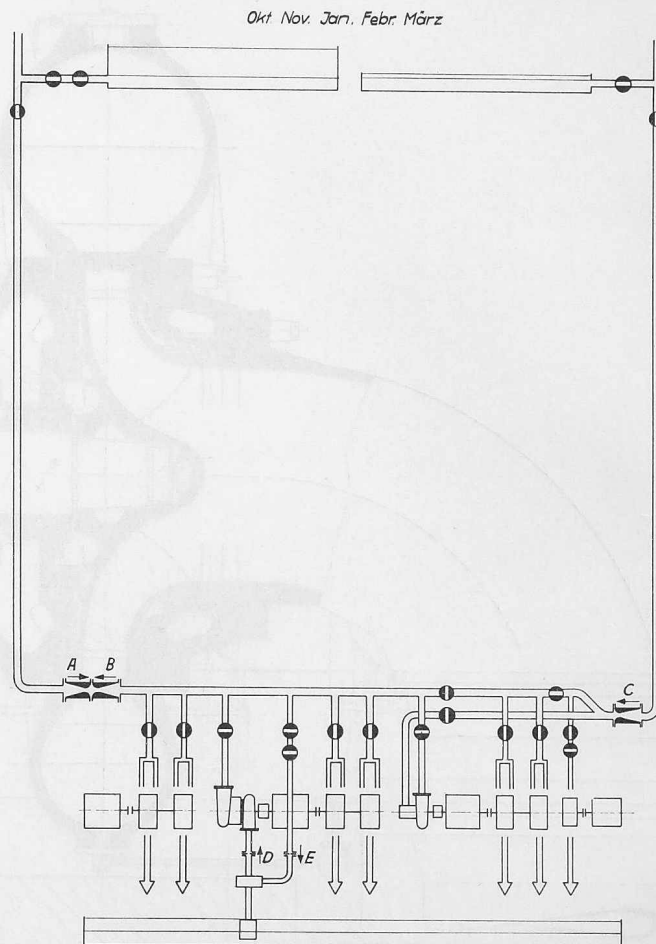


Fig. 21. Régime d'exploitation schema 2

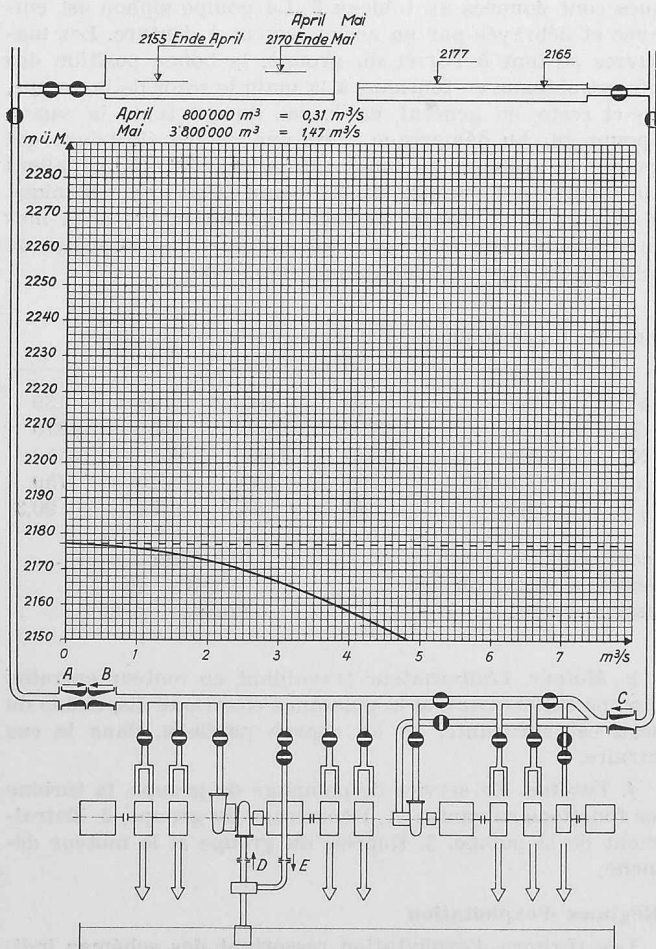


Fig. 22. Régime d'exploitation schema 3

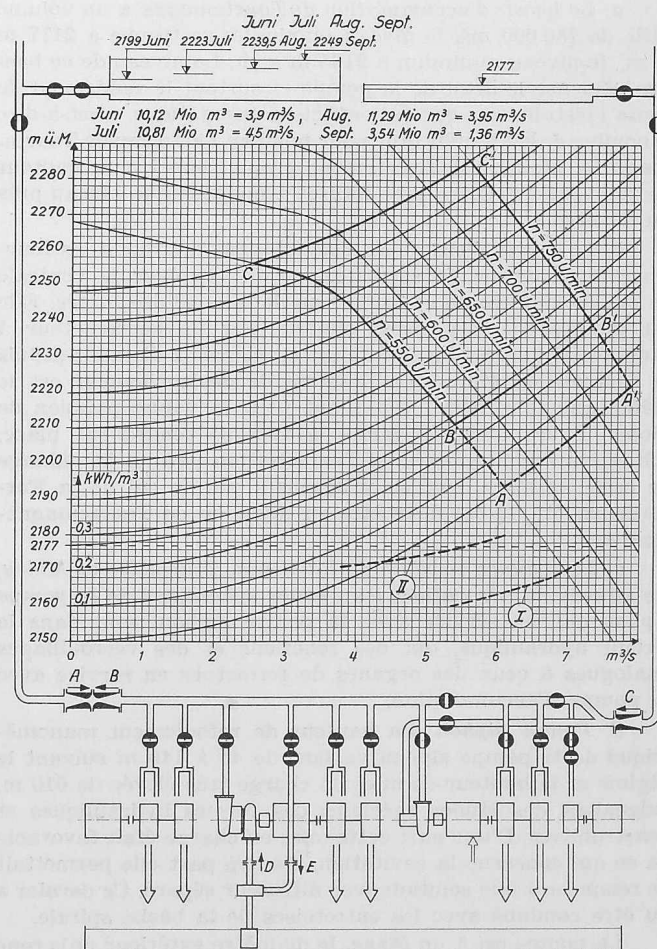


Fig. 23. Régime d'exploitation schema 4

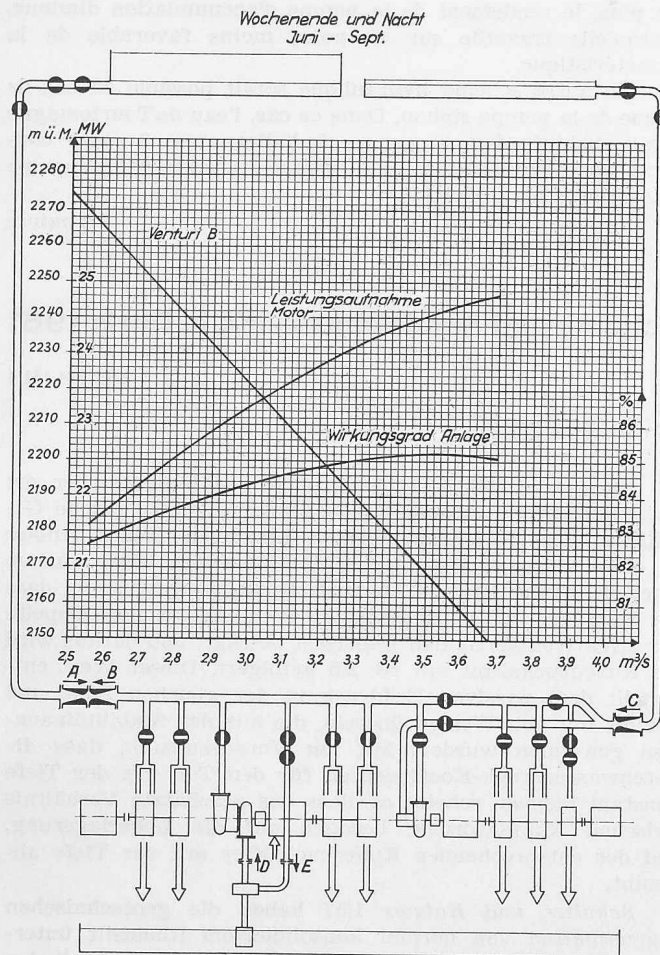


Fig. 24. Régime d'exploitation schema 5

Schéma 1: Les trois groupes turbines-alternateurs travaillent sur Moiry

Schéma 2: Les groupes 1 et 2 travaillent sur Moiry, le groupe 3 sur Tourtemagne

Schéma 3: L'eau s'écoule par gravité de Tourtemagne à Moiry. Le débit maximum est de 4800 l/s. Au fur et à mesure que le niveau du lac de Moiry monte, le débit diminue. Il sera nul si le niveau de Moiry se rapproche de celui de Tourtemagne.

Schéma 4: La pompe siphon est en service. Son débit ne dépend à vitesse constante que des pertes de charge du système hydraulique Tourtemagne-Moiry. Sur la figure 23 la caractéristique de tout ce système hydraulique est représentée de 10 en 10 m. A la cote 2150 à Moiry, elle passe par les points A-A', à la cote 2177 par les points B-B' et à la cote 2249 par les points C-C'. La caractéristique de la pompe siphon est dessinée pour les vitesses de 550, 600, 650 et 750 t/min. A 550 t/min, elle est représentée par la courbe A-B-C et à 750 t/min par A'-B'-C'. La pompe travaille au point d'intersection des deux caractéristiques. Le champ d'utilisation de la pompe pendant une saison est donc délimité par le polygone B-B'-C'-C.

Si le bassin de Tourtemagne est plein et celui de Moiry plus bas, la pompe travaillerait dans le champ A-A'-B'-B. En réalité, cette manœuvre de pompage serait inopportune. Etant donné que les pertes de charge du système hydraulique Tourtemagne-Moiry augmentent avec le carré de la vitesse de l'eau, c'est-à-dire du débit, il est indiqué, surtout au début de la saison, de pomper à vitesse réduite, lorsque les apports naturels ne permettent pas un pompage ininterrompu. La pompe sera donc entraînée par la turbine de 550 t/min; elle travaillera au point B et refoulera 5,4 m³/s. A 750 t/min elle travaillerait au point B' à 7,3 m³/s. La courbe I représente les coefficients énergétiques à l'arbre de la pompe pour le niveau de 2177 m à Moiry et pour différentes vitesses; la courbe II donne ces valeurs pour 2230 m. s. m. A un niveau de 2177 m, le coefficient énergétique au point B est de 0,10 kWh/m³ et point B' de 0,24 kWh/m³. Pour refouler 1 m³ d'eau de Tourtemagne à Moiry, il faudrait donc 0,14 kWh de plus si l'on pompait à 750 t/min au lieu de 550 t/min.

Il est évident que l'eau consommée par la turbine devra ensuite être pompée par la pompe d'accumulation de Motec à Moiry. Les pertes de charge étant dans ce cas très basses (environ 3 m) le coefficient énergétique n'est que de 10 % environ de la valeur que l'on aurait si l'on avait pompé avec le moteur. Pour des raisons économiques, il faudrait donc pomper à 550 t/min pour autant que l'eau turbinée puisse être stockée dans le bassin de Motec et que l'énergie électrique pour le pompage avec la pompe d'accumulation soit ensuite disponible. Ce régime, évidemment, prend fin dès que l'affluent de la Navisence au bassin de Motec se rapproche de 12 m³/s.

Schéma 5: La pompe d'accumulation est en service. Le débit effectivement refoulé à Moiry ne dépend, à turbine fermée, que des niveaux du bassin de Motec et du lac de Moiry. A pompage partiel, c'est-à-dire à turbine par-

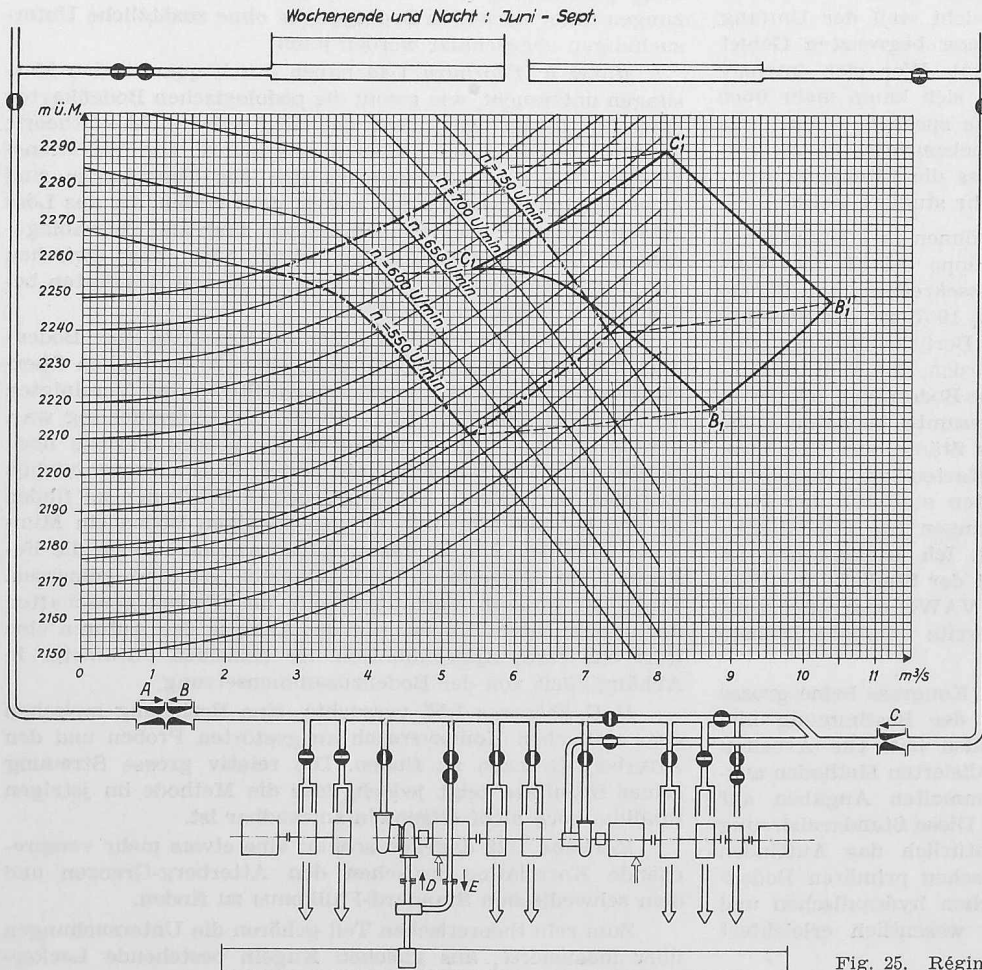


Fig. 25. Régime d'exploitation schema 6

tiellement ouverte, ce débit est alors diminué de celui absorbé par la turbine.

*Schéma 6: Service simultané de la pompe d'accumulation et de la pompe siphon.* Ce service simultané des deux pompes est possible. Sur fig. 25, ce champ de travail est représenté par le polygone  $B_1 - B_1' - C_1' - C_1$ .

Il est toutefois indiqué d'éviter ce service pour des raisons économiques, car les mêmes observations qu'on a faites plus haut pour le service de la pompe siphon restent valables.

De plus, le rendement de la pompe d'accumulation diminue, puisqu'elle travaille sur un point moins favorable de la caractéristique.

Un autre schéma hydraulique serait possible en cas de panne de la pompe siphon. Dans ce cas, l'eau de Tourtemagne serait turbinée dans le groupe 3, l'alternateur 3 serait connecté sur le moteur 2, et l'eau turbinée refoulée par la pompe d'accumulation à Moiry.

à suivre

## Ergebnisse des 5. Int. Kongresses für Bodenmechanik und Foundationstechnik, Paris 1961

### Sektion 1: Bodeneigenschaften und deren Bestimmung

DK 624.131.4

Von J. Huder, dipl. Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE), ETH, Zürich

Die Zahl der Beiträge zu diesem Thema beträgt 72, und mit 427 Seiten nimmt es mehr als ein Viertel des von den eingereichten Mitteilungen beanspruchten Raumes in Anspruch. Viele der unterbreiteten Arbeiten befassen sich mit eigentlich physikalischen Untersuchungsmethoden und deren Anwendung auf Böden. Ihre Zahl hat im Vergleich zum Londoner Kongress zugenommen. Das deutet darauf hin, dass das Interesse für ein besseres Verständnis der grundlegenden Eigenschaften der Böden zunimmt. Die grössere Forschungsaktivität kann damit begründet werden, dass eine bessere Korrelation zwischen den im Laboratorium bestimmten Eigenschaften und den Feldmessungen gesucht wird. Ein grosser Teil der Mitteilungen, sei es über die Untersuchungen physikalisch-chemischer Natur oder über die grundlegenden Untersuchungen über Scherfestigkeit und Deformationseigenschaften der Böden, befassen sich direkt mit diesem Problem. Diese allgemeine Tendenz wird auch durch die verschiedenen Konferenzen und Symposien über Bodeneigenschaften unterstrichen, die in den letzten Jahren seit dem Londoner Kongress abgehalten wurden. Leider sind viele der Ergebnisse dieser Konferenzen unbeachtet geblieben, wenigstens scheint es so; vielleicht weil der Umfang der Fachliteratur auch auf diesem eng begrenzten Gebiet bereits ein sehr grosses Ausmass hat. Wer sich intensiv mit einem Problem beschäftigt, kann sich kaum mehr über all das ins Bild setzen, was über das spezielle Gebiet, das er bearbeitet, bekannt ist. Um Doppelspurigkeiten zu vermeiden, ist unbedingt anzuregen, dass die Literaturzusammenfassungen und Bibliographien mehr studiert werden.

Die Beiträge zu dieser Sektion können in 7 Hauptgruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe betrifft das *Vorkommen*, die *Klassifikation* und die *Beschreibung* von Böden. Seit der letzten Konferenz in London, 1957, ist das Studium der Böden auf bekannter Basis mit Berücksichtigung geologischer Faktoren aktiv verfolgt worden, wie z. B. das interessante Symposium über kanadische Bodenarten zeigt. Von grösstem Wert ist es, wenn das gesamte bodenkundliche Wissen für grössere Gebiete, seien es Städte oder Regionen, in der Form von geotechnischen Karten und Rapporten zusammengefasst wird. Diese Arbeiten sind für den Bauingenieur für die ersten Untersuchungen bei Foundationen und Erdarbeiten von grösstem Wert. Ich erinnere hier an das Baugrund-Archiv über das Gebiet der Stadt Zürich, das, von Dr. von Moos angeregt, von der VAWE bearbeitet wird und für viele Arbeiten in Zürich bereits nützliche Dienste leistet.

Es scheint, dass seit dem letzten Kongress keine grosse Entwicklung mehr auf dem Gebiet der Bestimmung und Klassifikation der Böden stattgefunden hat. Die Arbeiten werden überall nach ziemlich standardisierten Methoden ausgeführt, die es erlauben, die gesammelten Angaben auf rationaler Grundlage zu vergleichen. Diese Standardisierung der Untersuchungsmethoden hat natürlich das Auffinden von zuverlässigen Korrelationen zwischen primären Bodeneigenschaften und dem hauptsächlich hydraulischen und mechanischen Verhalten der Böden wesentlich erleichtert und gefördert.

*Skempton* 1/61 gibt einen wichtigen Beitrag über die Ruhedruckziffer und die wahrscheinliche geotechnische Geschichte des über-konsolidierten Londoner Tones. Anlass zu dieser Untersuchung gab eine Rutschung beim Aushub einer Baugrube. Bis zur Aushubtiefe wurde festgestellt, dass der Kapillardruck an ungestörten Proben etwa das Doppelte der effektiven vertikalen Ueberlast beträgt, und daraus wird die Ruhedruckziffer mit rd. 2,5 gefolgert. Dieser Wert entspricht dem passiven Erddruck in der gleichen Zone und stimmt mit den Werten überein, die aus der Stabilitätsanalyse gewonnen wurden. Mit der Voraussetzung, dass die Porenwasserdruck-Koeffizienten für den Ton mit der Tiefe konstant bleiben, scheint es, dass das geschätzte Verhältnis zwischen Kapillardruck, bezogen auf die Ueberlagerung, und der entsprechenden Ruhedruckziffer mit der Tiefe abnimmt.

*Schultze und Kotzios* 1/57 haben die geotechnischen Eigenschaften von normal konsolidiertem Rheinsilt untersucht und verschiedene Klassifikationseigenschaften mit den Kompressibilitätseigenschaften des Bodens in Zusammenhang gebracht, so dass die wahrscheinliche Grösse der Setzungen unter normalen Bedingungen ohne zusätzliche Untersuchungen abgeschätzt werden kann.

*Morse u. Thorburn* 1/44 haben durch quantitative Messungen untersucht, wie genau die pedologischen Bodenkarten sind. Sie haben dies nach der Wahrscheinlichkeitstheorie an fünf verschiedenen Orten durchgeführt. Die Variationsgrenzen des Plastizitätsindex und des Tongehaltes sind dabei bestimmt worden. Sie zeigen, dass Böden, die aus Löss entstanden sind, viel gleichmässiger sind als Flussablagerungen. Die erhaltenen Daten zeigen auch, dass zwischen den Kartierungsangaben und den gefundenen Resultaten bedeutende Unterschiede bestehen.

*Tornbull u. Knight* 1/64 geben die Resultate einer Bodenklassifikation, die an Bodenproben einer 30 cm dicken Oberflächenschicht aus 100 verschiedenen Stellen der Vereinigten Staaten entnommen wurden. Zweck der Untersuchung war, herauszufinden, welche Böden in der nassen Periode noch befahrbar seien. Das Ergebnis lautet, dass in regenreichen Regionen der grösste Feldwassergehalt bei Tonen zu finden ist und bei Silt abnimmt, um bei sandigen Böden ein Minimum zu bilden. Die Verfasser haben an den Proben die Festigkeit im ungestörten und gestörten Zustand gemessen. Trotz der grossen Variationsbreite der Bodeneigenschaften der untersuchten Proben gibt die Analyse der Autoren eine wertvolle erste Approximation der einzelnen Parameter in Abhängigkeit von der Bodenzusammensetzung.

*H. U. Scherrer* 1/55 versuchte, eine Beziehung zwischen dem statischen Konusversuch an gestörten Proben und den Atterberg-Grenzen zu finden. Die relativ grosse Streuung seiner Resultate zeigt jedoch, dass die Methode im jetzigen Stadium noch nicht allgemein anwendbar ist.

*Karlsson* 1/29 dagegen scheint eine etwas mehr versprechende Korrelation zwischen den Atterberg-Grenzen und dem schwedischen Standard-Fallkonus zu finden.

Zum rein theoretischen Teil gehören die Untersuchungen über idealisierte, aus gleichen Kugeln bestehende Locker-