Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 94 (1968)

Heft: 18: Aménagement Hongrin-Léman; 49e Comptoir Suisse, Lausanne, 7-22 septembre 1968

Artikel: Considérations sur le choix des solutions d'équipement de la centrale de Veytaux, de la chute Hongrin-Léman

Autor: Pingoud, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-69659

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: 09.07.2025

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

CONSIDÉRATIONS SUR LE CHOIX DES SOLUTIONS D'ÉQUIPEMENT DE LA CENTRALE DE VEYTAUX, DE LA CHUTE HONGRIN-LÉMAN

par P. PINGOUD, ingénieur dipl. EPUL, ingénieur en chef à la Société Générale pour l'Industrie (SGI), Lausanne

1. Préambule

La description générale de l'important aménagement de la chute de Veytaux, des Forces Motrices de l'Hongrin-Léman S.A. (FMHL), a déjà fait l'objet d'articles parus dans la presse spécialisée et même quotidienne. Il n'est donc pas dans notre intention d'y revenir ici. Nous nous bornerons à rappeler que cette installation est destinée, dans une grande mesure, à valoriser de l'énergie de déchet, par pompage en heures creuses et turbinage en heures pleines et de pointe. En pleine extension, elle sera équipée de 4 groupes ternaires de 60 MW, chacun comportant une turbine Pelton jumelle à deux injecteurs par roue, un alternateur-moteur synchrone et une pompe d'accumulation à cinq étages, cette dernière étant mise en charge, côté aspiration, par une pompe nourricière du type axial. La chute brute disponible varie entre 883 et 808 m.

Le but du présent article est de relever certains aspects particulièrement intéressants du problème qui s'est posé en l'occurence, d'indiquer les raisons qui ont conduit à tel ou tel choix et de préciser certaines caractéristiques marquantes des équipements principaux. Ajoutons que les mandats d'études des équipements hydromécaniques, respectivement électriques, de la centrale et du poste extérieur de couplage, n'ont pas été dissociés, en sorte que ces questions ont pu être traitées de front, dans le sens d'une collaboration étroite et fructueuse [1].

2. Puissance globale installée

En 1958, la Compagnie Vaudoise d'Electricité envisageait un premier projet d'équipement comportant trois groupes horizontaux de 40 MW à 750 t/mn, pourvus aussi de turbines Pelton à quatre jets, l'adjonction d'une pompe de 33 MW étant prévue pour l'un d'entre eux. Cette centrale aurait été ainsi essentiellement équipée en vue de l'utilisation des apports naturels de l'Hongrin alors que la pompe aurait été vouée à un service d'été, soit pour compléter le remplissage du bassin supérieur avant le début de l'hiver, en année hydrologiquement défavorable, soit en vue de produire de l'énergie de pointe d'été. Cette première idée a constitué l'armature du projet de base par la suite, comme nous le verrons plus loin.

Mais au vu de l'évolution rapide du marché de l'énergie, on s'est demandé s'il ne serait pas judicieux d'installer des pompes ou même des groupes ternaires supplémentaires complets, dont la seule fonction serait de valoriser l'énergie disponible en heures creuses, durant la nuit et en fin de semaine, par un cycle de pompage-turbinage. Afin d'examiner dans quelle mesure cela pouvait être intéressant, une étude économique très fouillée a été entreprise, en vue de déterminer le prix de revient du kWh supplémentaire d'hiver obtenu par ce cycle, et ceci pour des équipements d'importances diverses.

[1] Pour plus ample informé, le lecteur peut se référer à un article de M. *F. Vesligaj*, ingénieur, intitulé : « L'équipement électrique de la Centrale de Veytaux », paru dans le « Bulletin de l'Association suisse des électriciens » (ASE), nº 16 du 5 août 1967.

On remarquera que l'étude en question porte sur l'*énergie supplémentaire*, par comparaison au projet de base de 1958, ce qui permet de s'affranchir de certains invariants, tels que le barrage. Le problème se ramène donc à calculer la rentabilité du complément de capital engagé sur des équipements et travaux additifs. En conséquence, il convient que les *charges fixes supplémentaires* soient réparties sur la totalité de l'énergie accumulée par le pompage et revalorisée ensuite.

Il est clair qu'une telle étude ne pouvait être effectuée que dans le cadre de certaines limites techniques. La puissance de l'équipement est en effet fonction du prix de l'énergie excédentaire — qui peut varier au cours des saisons — et du nombre d'heures de pompage, respectivement de turbinage.

Le prix de revient dépend bien entendu du rendement énergétique du cycle global, des régimes de marche possibles et compatibles ainsi que de la tarification différentielle de l'énergie. Divers cas ont été traités, afin d'illustrer l'incidence de la variation de certains paramètres. C'est dire que les prix de revient calculés, comparativement aux conditions d'exploitation réelles, par ailleurs elles-mêmes évolutives, peuvent n'être qu'approximatifs quant à leurs valeurs absolues mais qu'en revanche ils sont tout à fait valables en valeurs relatives, ce qui suffit à leurs comparaisons respectives.

Dans ce cas particulier, car il s'agit d'un domaine où il faut bien se garder de généraliser, les calculs ont clairement montré :

— qu'on ne peut obtenir, quant à l'importance de l'équipement, un optimum absolu. Cela ne serait possible que si la durée globale du pompage coïncidait exactement avec les intervalles où l'énergie est à son plus bas prix, ce qui ne saurait être le cas ;
— qu'on se rapproche cependant d'un optimum si la puissance installée en pompes tend vers la puissance installée en turbines mais que, dans cette cette hypothèse, un équipement d'une puissance inférieure à 200 MW ne rente pas entièrement la dernière pompe installée ;
— qu'en fixant les valeurs journalières moyennes de pompage et de turbinage compatibles avec la tarification de l'énergie, aussi bien pour l'été que pour l'hiver, le plein emploi des machines hydrauliques est réalisé pour une puissance de 230 MW environ.

En conséquence, le maître de l'œuvre a fixé son choix sur un équipement à 240 MW en turbines et en pompes ; ainsi, pour une très grande part, la Centrale de Veytaux réalisera des reports de production, sur les heures pleines de jour et sur les heures de pointe, de l'énergie excédentaire de la Centrale thermique de Vouvry. Son rôle consistera donc à décaler la production dans le temps, l'activité humaine impliquant une consommation très fluctuante au cours d'une journée. L'énergie de déchet qu'elle absorbera sera donc restituée, dans la

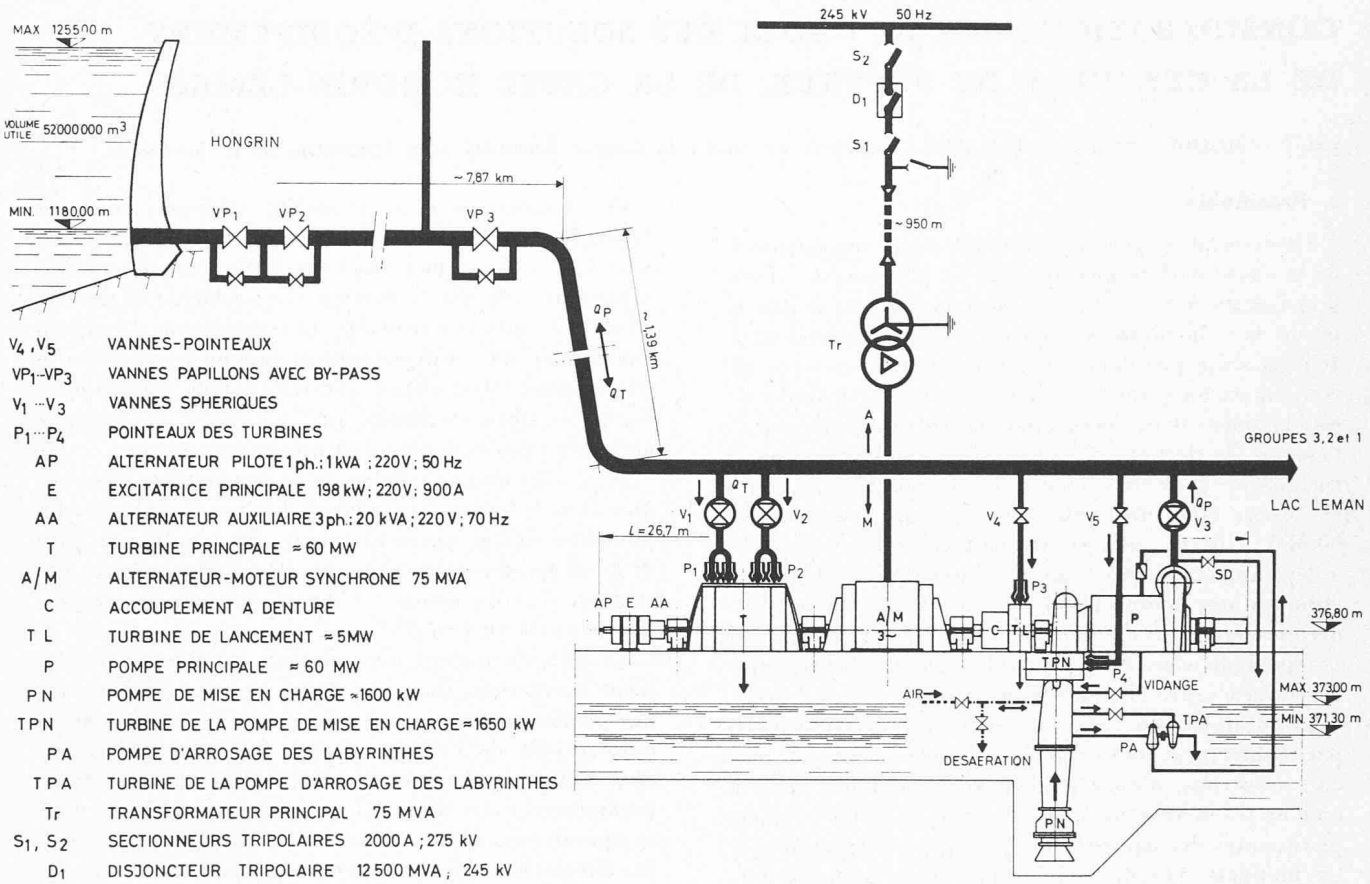

Fig. 1. — Schéma de principe de l'aménagement hydro-électrique.

mesure du rendement du cycle, sous forme d'énergie de de valeur. Notons que ce mode de fonctionnement aura aussi un heureux effet sur l'allure du diagramme journalier de charge, en contribuant à combler les creux qu'il accuse aujourd'hui.

3. Nombre de groupes

La puissance globale ayant été fixée à 240 MW, il convenait d'examiner le nombre de groupes sur lesquels elle serait répartie.

Nous ouvrons ici une parenthèse au sujet des turbines Pelton, seul type de turbines réglables entrant en ligne de compte pour la chute dont il s'agit. Si l'on désigne par D_t le diamètre théorique de la roue motrice et par B_2 la largeur interne maximum de ses augets, il existe, d'une part, pour une chute de calcul donnée, une limite inférieure admissible du rapport D_t/B_2 ; d'autre part, la valeur de B_2, pour un même diamètre de plein jet, dépend dans une certaine mesure de la valeur de la charge pour laquelle on désire obtenir le meilleur rendement. En l'occurence, puisqu'il s'agit d'une centrale dite de pointe, nous sommes convenus que cette valeur optimum s'obtiendrait à 80 % de la puissance nominale.

Puisque la valeur de D_t ne dépend que de la chute de calcul et de la vitesse synchrone de rotation, nous pouvions en déduire que les puissances nominales limites pour des turbines à quatre jets, pour les conditions particulières à Veytaux, étaient les suivantes :

pour 750 t/mn : 40 MW
pour 600 t/mn : 62,5 MW.

Sous le rapport des pompes correspondantes, l'adoption de la vitesse synchrone supérieure eût conduit à une légère amélioration du rendement mais l'idée d'interposer un multiplicateur de vitesse à cet effet, entre la pompe et la machine électrique, surtout pour de telles puissances, ne résistait pas à un examen sérieux, comme on peut s'en douter.

Au vu de ce qui précède, on comprendra pourquoi, dans l'étude économique, les comparaisons ont porté sur des puissances globales installées qui sont des multiples entiers de 40 et 60 MW. Dès lors se posait l'alternative suivante : six groupes de 40 MW ou quatre de 60 MW. Un examen des prix respectifs de ces deux possibilités a parlé en faveur de la seconde, la différence étant même quelque peu accentuée par la capitalisation de leurs pertes respectives.

Relevons aussi qu'un équipement à quatre groupes satisfaisait encore pleinement à la souplesse d'exploitation et aux possibilités de revision dont on voulait s'assurer.

4. Disposition des groupes

La disposition verticale des groupes, considérée sous le seul aspect électromécanique, aurait ici permis de supprimer les pompes de mise en charge des grosses pompes d'accumulation, d'où une première économie. Elle aurait conduit à un prix légèrement plus bas pour le reste de

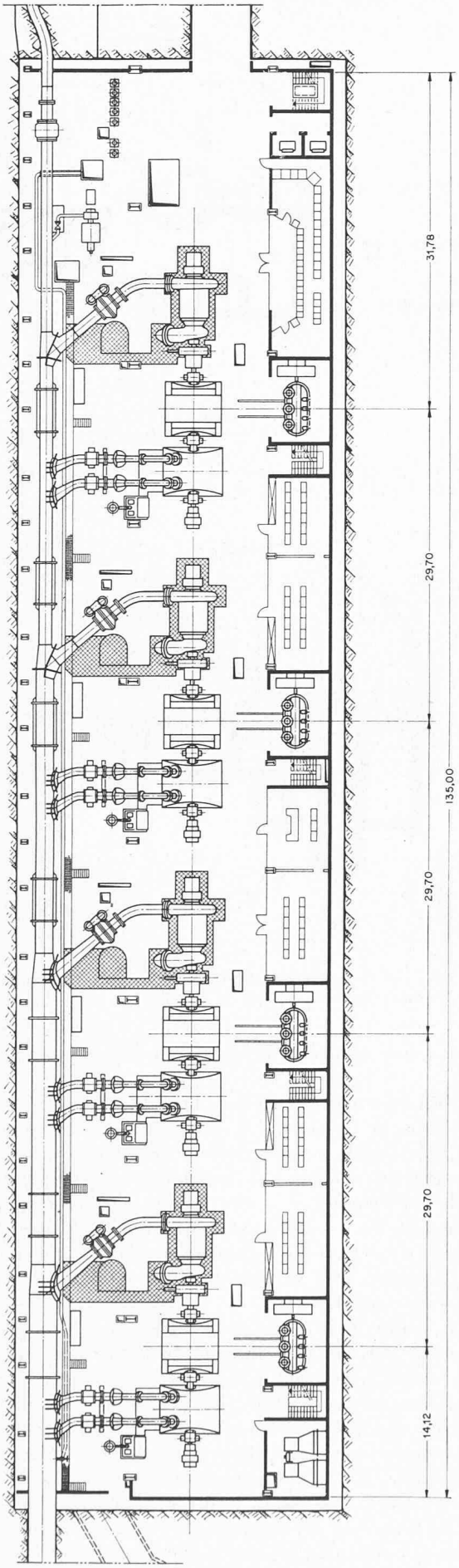

Fig. 2. — Vue en plan de la centrale au niveau de la salle des machines. Echelle 1 : 600.

l'équipement et à certaines simplifications d'ordre technique, notamment en ce qui concerne les problèmes de démarrage. Toutefois à Veytaux, sous l'aspect du génie civil, on se trouvait dans des conditions de travail particulières car, à l'endroit de la caverne, il existe une nappe d'eau souterraine dont le niveau, à quelques cm près, est celui du Léman. En adoptant la disposition verticale, il aurait fallu édifier des infrastructures à 25 m, et parfois davantage, au-dessous du bief aval, ce qui se serait traduit par des travaux très onéreux, sans compter des retards sur le programme de bétonnage et, finalement, sur le délai prévu pour la mise en service.

En conséquence, les avantages qu'auraient pu présenter des groupes verticaux, dans d'autres conditions d'installation, étaient ici non seulement anéantis, mais, compte tenu de tout, cette solution conduisait à un supplément de dépenses. Il fallait donc opter pour des groupes horizontaux.

5. Possibilités d'installer des groupes réversibles

On parle beaucoup aujourd'hui de machines hydrauliques réversibles, capables de fonctionner soit en turbine, soit en pompe, et les publications à leur sujet ne se comptent déjà plus. Diverses possibilités se présentent, que nous avons successivement examinées :

La première consiste à exploiter la machine à une seule vitesse de rotation. Dans ce cas, les puissances en jeu aux deux régimes de marche s'écartent passablement l'une de l'autre et le facteur d'utilisation de la machine synchrone n'est guère favorable. En outre, les rendements respectifs sont sensiblement altérés par rapport à ceux d'un groupe ternaire. Cette solution doit être abandonnée.

La deuxième possibilité consiste à envisager un fonctionnement à des vitesses synchrones différentes, suivant le mode d'opération et, dans ce cas, on peut obtenir des rendements intéressants aux deux régimes. A Veytaux, les vitesses de rotation seraient respectivement de 600 t/mn en turbine et de 750 t/mn en pompe. Le rapport 1,25 de ces valeurs n'est pas le plus favorable, car il est déjà trop élevé, ce qui conduirait, pour un optimum en turbinage, à défavoriser le régime en pompage dans une mesure déjà sensible. De plus, la puissance en turbine baisse nettement par rapport à celle en pompe. Il faut prévoir des alternateurs-moteurs à pôles commutables et à deux vitesses de rotation, solution onéreuse qui, à maints égards, ne donne pas encore tous les apaisements et garanties voulus.

Une troisième possibilité peut être envisagée : construire la machine de façon à utiliser, en turbine, un étage de moins qu'en pompe, soit ici quatre au lieu de cinq, mais à la même vitesse synchrone. Dans ce cas, c'est alors la puissance moyenne en turbine qui dépasse celle de la pompe de 10 %. Cela peut paraître acceptable, mais on se rend compte que la machine électrique est mal utilisée car on peut être amené à fournir une énergie électrique réactive, mettons sous $\cos \varphi = 0{,}8$, tandis qu'on peut pomper pratiquement à $\cos \varphi = 1{,}0$. Avec un groupe ternaire on est bien plus libre dans le choix de la puissance de construction de la machine électrique, car on peut conférer aux machines hydrauliques les caractéristiques qui visent à son utilisation optimum.

Quant à l'adjonction d'un aubage directeur réglable à l'amont de la machine, qui peut améliorer la situation dans le cas d'un seul étage et, dans une mesure sensiblement plus restreinte dans celui de deux, elle eût été inopérante à Veytaux.

Il est cependant clair que le fait d'adopter une machine hydraulique unique, rigidement accouplée au moteur-alternateur, conduit à un prix d'équipement plus bas, ainsi qu'à une réduction des dimensions de la centrale. Ajoutons encore que la vitesse d'emballement est plus faible, par rapport à celle de la solution adoptée, ce qui peut aussi avoir une incidence favorable sur le prix de la machine électrique à vitesse synchrone unique.

En revanche, à Veytaux, un tel équipement présente de gros inconvénients. Afin de ne pas entrer dans trop de détails, nous laisserons de côté l'influence sur le rendement global du cycle, les problèmes de changement de marche et de souplesse d'exploitation, pour ne retenir que les deux causes majeures qui nous ont conduits à renoncer à des machines réversibles :

— Il n'y a pas de possibilité de réglage en turbine pour une pompe à cinq étages, même en court-circuitant l'un d'eux, comme dit plus haut. Autrement dit, on produit de l'énergie « en ruban » par tout ou rien, dont la place devrait se situer à la base du diagramme journalier de charge. Au chapitre suivant, nous reviendrons en détail sur l'importance de ce fait.

— Pour toutes les possibilités examinées ci-dessus, en matière de machines hydrauliques réversibles, nous sommes contraints de les installer sous de fortes contre-pression par rapport au niveau dynamique minimum dans le bief aval. Or, au chapitre précédent, nous avons vu les conséquences d'une telle exigence.

6. De l'intérêt de turbines réglables

Dans une centrale valorisant l'énergie par pompage-turbinage, les conduites servant respectivement au refoulement et à l'adduction, suivant le mode d'opération, sont surdimensionnées comparativement à celles des centrales classiques équipées de turbines seulement. En effet, les diamètres économiques de ces conduites dépendent pour une grosse part des volumes d'eau transités et du rapport du prix de l'énergie restituée à celui de l'énergie absorbée. Cette particularité, à cause de l'incidence réduite du coup de bélier, confère à Veytaux une aptitude au réglage tout à fait remarquable. Comparativement à une centrale classique de même chute, le taux de correction de charge de Veytaux en MW/s, pour un écart de fréquence donné, peut être choisi à une valeur sensiblement plus élevée. En télé-réglage, la réponse indicielle à un ordre peut s'opérer avec une constante de temps nettement plus favorable ou, en régime fluctuant, avec une « infidélité » bien moindre en module et en phase.

N'oublions pas qu'une centrale avec accumulation et ouvrages d'adduction en charge n'a pas « d'inertie énergétique », dans ce sens qu'elle est immédiatement disponible et prête à contribuer, par son réglage, aux fluctuations de la demande d'énergie. Elle n'est même ici pas influencée par le régime de marche de centrales situées plus en amont. Ces faits contribuent certainement à une meilleure valorisation de l'énergie accumulée.

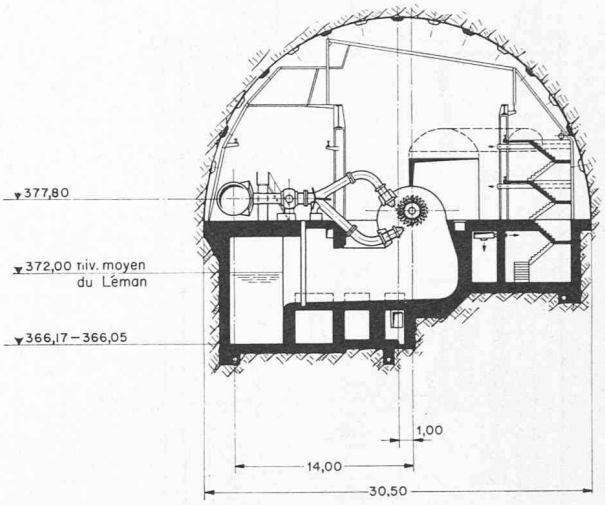

Fig. 3. — Coupe de la centrale au droit d'une turbine. Echelle 1 : 600.

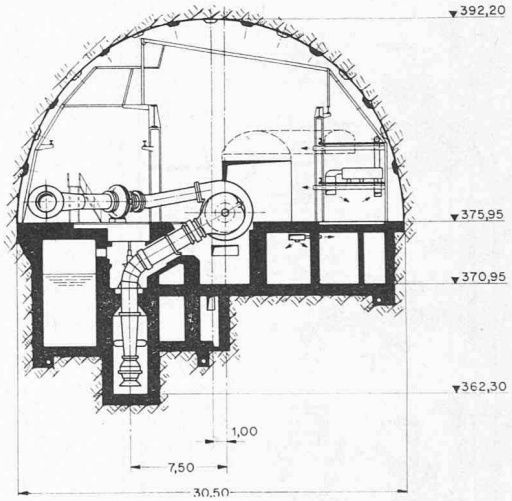

Fig. 4. — Coupe de la centrale au droit d'une pompe. Echelle 1 : 600.

D'un autre côté, et même à l'échelle du super-réseau européen, la proportion d'énergie réglante disponible par MW installé ira sans cesse en s'amenuisant, surtout à partir du moment où, les ressources hydrauliques ayant été épuisées, il faudra de plus en plus s'équiper au moyen de centrales thermiques ou nucléaires. Or, jusqu'à nouvel avis, le réglage de la charge au moyen de ces dernières est, du point de vue économique, une mauvaise opération.

Le temps n'est donc pas éloigné où la proportion d'énergie réglante aura diminué de moitié par rapport à la situation actuelle, si l'on s'en tient aux critères actuellement encore admis pour les équipements futurs. Dès lors une question se posait, à savoir si l'on pouvait sans inconvénient contribuer à accélérer ce processus inéluctable, fût-ce dans une mesure relativement restreinte, alors qu'il faudra bien y remédier un jour.

Une saine économie énergétique conduira à une spécialisation de plus en plus poussée des centrales de production. Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on constate cette évolution qui veut que les centrales d'accu-

mulation deviennent de plus en plus des usines de réglage et de pointe. Plus encore, il est à prévoir que d'anciennes centrales pourvues de barrages d'accumulation devront être progressivement transformées et suréquipées après l'adjonction d'unités de pompage ; ce sera même le moyen essentiel de retrouver une proportion suffisante d'énergie réglante.

On comprendra dès lors qu'il eût été fort regrettable de se priver, à Veytaux, des possibilités offertes par des turbines Pelton réglables, dont la promptitude de réponse est, au surplus, exceptionnellement favorable. C'eût été contraire à l'évolution pressentie.

7. Choix définitif de la constitution des groupes

Les considérations ci-dessus ayant conduit à l'adoption de groupes ternaires comportant, en allant de l'amont vers l'aval, comme nous l'avons déjà dit, une turbine à deux roues alimentées chacune par deux injecteurs, la machine électrique synchrone, puis la pompe d'accumulation, deux problèmes essentiels restaient à examiner, soit le mode de démarrage de la grosse pompe d'accumulation à cinq étages et le mode d'entraînement de la pompe nourricière montée à l'aspiration de celle-ci. En ce qui concerne le mode d'accouplement de la pompe, on se trouvait devant trois possibilités :

1) utilisation d'un accouplement du type Föttinger. Un tel équipement est très onéreux et se traduit par un allongement déjà notable du groupe, entraînant par conséquent une augmentation du volume de la centrale. Il ne se justifie, à la rigueur, que dans des centrales où les changements de marche doivent être très fréquents et rapides. Il existe par exemple, en Allemagne et en Autriche notamment, des centrales d'accumulation où l'on profite même de la pause du travail, vers 9 h. pour passer du régime de turbinage à celui de pompage, durant ¼ d'heure seulement ;

2) accouplement de la pompe au moteur en pleine vitesse, grâce à l'adjonction, sur la ligne d'arbre de la pompe, d'une turbine Pelton de lancement et d'un accouplement automatiquement embrayable en marche, commandé par un discriminateur de vitesses ;

3) accouplement de la pompe à l'arrêt qui, grâce à un freinage électrique du groupe, permettrait néanmoins de réaliser des manœuvres suffisamment rapides.

La première solution susmentionnée avait été, comme on peut le pressentir, très rapidement éliminée. Restait à comparer la deuxième et la troisième.

Le freinage électrique comporte certains avantages que nous allons rapidement citer :

— C'est d'abord la suppression de la perte par ventilation de la roue Pelton de lancement durant le pompage, perte évaluée à 25 kW. Cet avantage est tout à fait mineur, compte tenu du prix de l'énergie de déchet.

— Vient ensuite la suppression des organes nécessaires au dénoyage préalable de la pompe, qui peut être démarrée alors qu'elle est restée remplie. Cet avantage n'est certes pas négligeable.

— Enfin il n'est pas nécessaire de disposer d'un discriminateur des vitesses relatives de la pompe et de l'alternateur-moteur.

En revanche, le freinage électrique comporte divers inconvénients, par suite de l'adjonction d'un assez important équipement électrique supplémentaire. Sous le rapport mécanique, l'accouplement à double denture doit être pourvu d'un système d'encliquetage qui assure l'engrènement quelles que soient les positions respectives des plateaux d'accouplement du moteur-alternateur et de la pompe.

Tout compte fait, le freinage électrique aurait conduit à une certaine économie. Il a quand même été finalement écarté pour des raisons de souplesse d'exploitation.

Par conséquent, c'est la solution à dénoyage et turbine Pelton de lancement qui a fini par prévaloir. Elle facilite aussi la possibilité intéressante d'un fonctionnement en compensateur de phase durant certaines périodes séparant les régimes de marche principaux.

Citons aussi, à titre d'exemple, le cas où surviendrait une perturbation due à la mise hors service intempestive d'une centrale importante alors que Veytaux fonctionne en pompage. Le dispatching lancerait alors immédiatement l'ordre de turbinage ce qui aurait d'abord pour effet de soulager le réseau d'une charge de 240 MW, puis de lui fournir ensuite une puissance équivalente, le secours apporté pouvant même approcher 500 MW suivant la valeur de la chute statique disponible.

Pour amener la pompe au synchronisme avant l'accouplement en marche, la turbine de lancement la porte tout d'abord à une vitesse légèrement supérieure à 600 t/mn. Puis le pointeau de cette turbine se referme automatiquement en partie. La pompe est alors freinée, surtout sous l'effet de ses pertes par ventilation, et le régime de vitesse baisse jusqu'à la valeur où le discriminateur donne l'ordre d'accouplement. Si l'engrènement ne peut alors pas s'opérer, les automatismes ordonnent la répétition de la manœuvre, mais la probabilité du cas est déjà bien faible.

On notera cependant que l'accouplement de la pompe à l'arrêt, mais sans freinage électrique, reste prévu à titre de séquence de secours, en cas de défaillance accidentelle du système de dénoyage ou du discriminateur. Dans ce cas, si les positions respectives des plateaux d'accouplement de la pompe et du moteur sont telles que l'engrènement soit impossible, on corrige la position de la pompe en utilisant très momentanément la turbine de lancement.

Durant le pompage, la turbine, rigidement accouplée à la machine synchrone, tourne dans l'air, ce qui provoque une perte de 140 kW environ exigeant alors un arrosage permanent de ses deux roues Pelton. On s'est demandé s'il ne vaudrait pas la peine d'envisager aussi un accouplement à dentures entre la turbine et l'alternateur-moteur, que l'on découplerait pendant le pompage afin d'éviter ce brassage d'air. Un calcul économique a prouvé que cette adjonction ne serait pas rentable, étant donné le prix réduit du kWh dépensé.

Passons maintenant au mode d'entraînement de la pompe de mise en charge verticale, du type axial, montée du côté de l'aspiration de la pompe d'accumulation. Pour le groupe principal, dont l'axe de rotation est horizontal, il est clair que les roues Pelton exigent une hauteur de suspension minimum par rapport au niveau dynamique maximum dans le canal de fuite ; elle impliquerait donc, pour la pompe, une hauteur d'aspiration

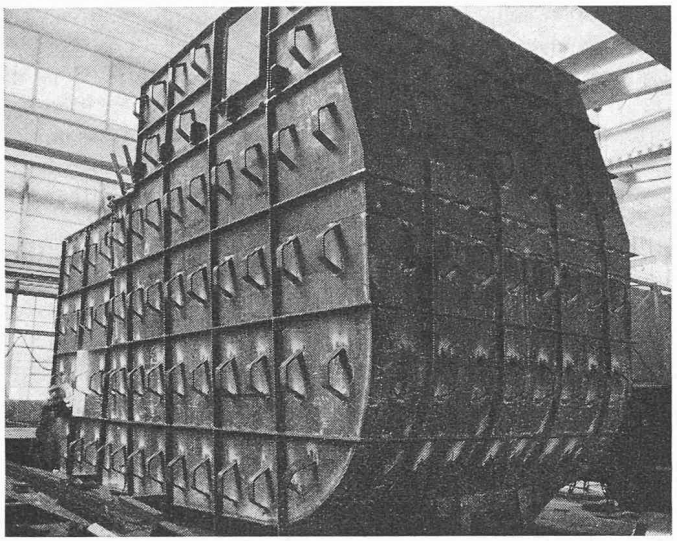

Fig. 5. — Montage en atelier du blindage de fosse d'une turbine.

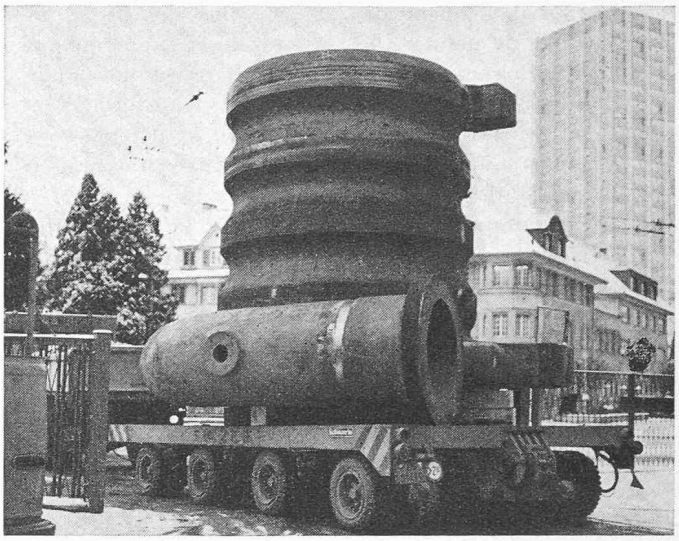

Fig. 6. — Transport du corps de pompe entre deux ateliers d'usinage, à Winterthour. Poids de la pièce terminée : 80 t.

positive, ce qui n'est pas admissible, parce qu'elle provoquerait, dans le premier étage de celle-ci, des phénomènes de cavitation aussi dangereux que destructeurs. Ceci explique l'adoption d'une pompe nourricière produisant une charge nette positive (contre-pression) à l'entrée de la pompe principale.

Deux possibilités d'entraînement se présentaient pour cette pompe de mise en charge :

— soit au moyen d'un moteur électrique tournant à 500 t/mn. C'est une solution légèrement plus favorable que la suivante sous le rapport des pertes ;
— soit au moyen d'une turbine Pelton à axe vertical, à consigne d'ouverture ajustable selon la chute mais dépourvue de réglage. Elle fonctionne donc par tout ou rien, sous l'effet de la manœuvre d'une vanne automatiquement ouverte tout au début du pompage.

C'est ici une question de sécurité qui nous a guidés. On a constaté que, dans le cas d'un entraînement par moteur électrique, une panne d'alimentation provoquerait un coup de bélier encore supérieur à celui engendré par une fermeture intempestive et accidentelle de la vanne montée sur le refoulement de la pompe principale. Son effet aurait été fort dangereux. Ce n'est que s'il eut été possible de conférer au groupe nourricier une inertie spécifique (temps de lancer) pour le moins égale à celle du groupe principal, qu'un tel phénomène aurait pu être évité. Or cela ne pouvait être ici le cas. A cette exigence s'ajouterait encore l'impérieuse nécessité d'un arrêt automatique simultané, dans le sens strict du terme, de la pompe principale, ce qui suppose l'intervention d'un appareillage de sécurité dont l'action devrait être aussi prompte qu'infaillible. La première condition n'étant de toute façon pas satisfaite, c'est donc l'entraînement par turbine Pelton qui s'est imposé à notre choix.

8. Vannes des turbines et des pompes

Comme nous l'avons déjà laissé entendre, la capitalisation des pertes atteint un taux très élevé dans une centrale de ce genre. Il faut à tout prix aller aux solutions susceptibles de les minimiser, ce qui signifie que pour les vannes d'entrée des turbines et sur le refoulement des pompes, le type sphérique à obturateur rotatif s'imposait sans discussion.

Ces vannes, bien entendu, sont pourvues d'un siège auxiliaire de révision. Elles sont manœuvrées au moyen de servo-moteurs toriques dont le cylindre de fermeture reste en permanence sous la pression d'eau de la chute. Cette pression antagoniste étant considérable, l'huile nécessaire à l'ouverture est fournie par un accumulateur eau-huile à cylindres séparés, sous une pression de 125 kg/cm². Il est prévu un accumulateur par groupe, donc commun aux deux vannes d'entrée de la turbine et à la vanne de pompe.

Ces vannes étant installées dans la caverne de la centrale, et non dans une galerie séparée, on n'a pas hésité à demander à leurs constructeurs respectifs qu'elles puissent couper un débit de gueule bée dû à l'éclatement accidentel d'une conduite montée à l'aval. Des détecteurs d'inondation à contact de mercure sont répartis dans la centrale et provoquent immédiatement l'arrêt d'urgence de toute l'installation, par fermeture des vannes principales et, simultanément, de la vanne-papillon montée en tête du puits blindé.

Afin d'être assurés, lors d'un tel accident, de disposer encore d'une pression d'eau suffisante, un collecteur général de pression de fermeture est branché tout à l'amont du collecteur-répartiteur principal de la centrale, sur une section de fort diamètre. Ainsi, mise à part la pression d'eau de fermeture permanente, tous les circuits de force et de commande sont manœuvrés par pression d'huile, condition que nous avons exigée dans ce cas particulier.

Nous ne parlerons pas de certaines particularités des services internes et des installations auxiliaires de cette centrale, traitées partiellement dans l'article mentionné en note au début de celui-ci. Notre intention n'était que de faire ressortir ici les critères et considérations qui nous ont conduits au cours des études générales de cet équipement important.

Rédaction : F. VERMEILLE, ingénieur

DOCUMENTATION GÉNÉRALE
(Voir page 21 des annonces)
DOCUMENTATION DU BATIMENT
(Voir page 25 des annonces)
SERVICE TECHNIQUE SUISSE DE PLACEMENT
(Voir page 21 des annonces)