

Nouvel ouvrage de régularisation à l'émissaire du lac Léman à Genève

Autor(en): **Wahl, Jean**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **113 (1987)**

Heft 21

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76440>

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.

Nouvel ouvrage de régularisation à l'émissaire du lac Léman à Genève

par Jean Wahl, Genève

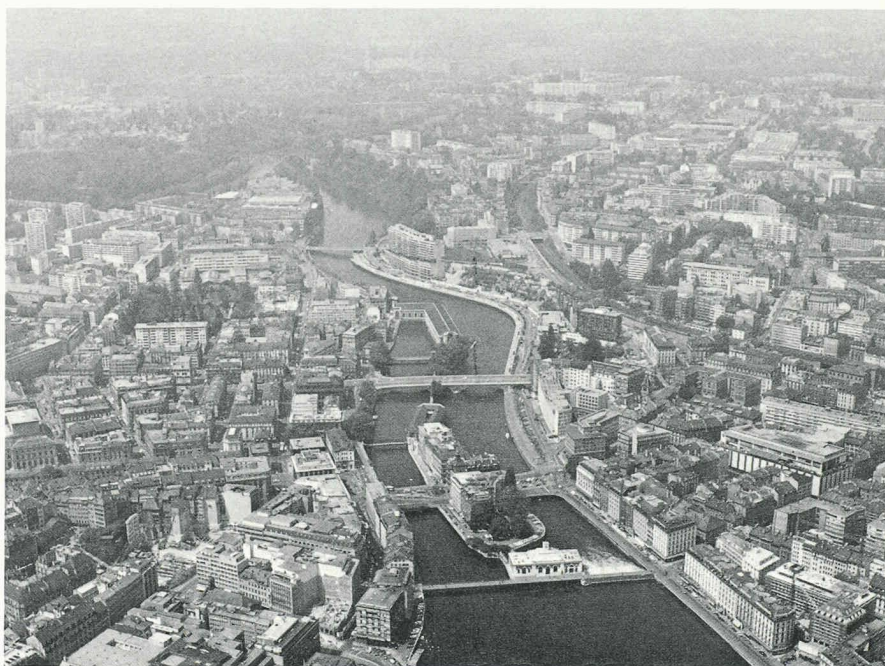


Fig. 1. — Vue aérienne de l'amont. Au premier plan, le barrage sur le bras droit (1883-1888) et l'Île.

1. Historique

Dès le XVII^e siècle, les riverains du Léman ont, semble-t-il, été gagnés par la crainte d'un exhaussement nuisible et graduel des eaux du lac. Très tôt déjà, on s'est donc tourné vers la Ville de Genève, sur le territoire de laquelle se trouvait l'émissaire: le Rhône.

En 1883, la Ville de Genève décida donc de régulariser les niveaux du lac par un barrage plus facilement manœuvrable que l'ouvrage existant alors et d'utiliser, plus complètement que jusque-là, la force motrice du Rhône, en exploitant la chute créée par la retenue. Sous l'égide de la Confédération fut passée, en 1884, une convention intercantonale entre Genève, Vaud et Valais, convention complétée de règlements d'application des consignes de régularisation des niveaux du Léman.

Entre 1883 et 1888, on réalisa l'usine de la Coulouvrenière, le pont et le barrage du pont de la Machine, ainsi que le dragage des deux bras du Rhône. Cent ans plus tard, ces installations fonctionnent encore remarquablement, mais présentent des signes certains d'usure et de corrosion. L'exploitation n'est plus rationnelle; les ouvrages doivent être remplacés sans retard.

A la fin de 1979, le Conseil d'Etat de Genève décidait de faire élaborer le projet d'un nouveau barrage, seul ou com-

biné avec une centrale hydro-électrique. Les deux projets furent terminés en automne 1982 et soumis aussitôt aux autorités fédérales et cantonales concernées, pour préavis.

En 1984, le Grand Conseil de Genève décidait qu'on allait réaliser la troisième génération de cet ouvrage indispensable à la régularisation du niveau du lac Léman, dont le plan d'eau international, de plus de 580 km², baigne les côtes des cantons riverains et la rive française.

2. Les deux premières générations d'ouvrages

A la sortie du lac, le Rhône est divisé en deux bras par l'Île, lieu de franchissement historique du fleuve.

La première génération d'ouvrages de régularisation est, jusqu'en 1886, une suite de tentatives, dont la dernière comportait un seuil en enrochements sur lequel on empilait des poutrelles horizontales en bois, prenant appui sur des piles portant un pont et des appuis intermédiaires.

Le contrôle hydraulique difficile et la capacité d'évacuation insuffisante du Rhône à l'aval étaient la cause d'inondations répétées. Une machine élévatrice, construite en 1843, destinée à alimenter les fontaines de la ville, compléta le dispositif, pourvu à la même époque de vannes à obturateurs verticaux qui reliaient les deux bras.

Le Rhône fournissait l'énergie mécanique nécessaire à diverses activités artisanales, au moyen de «tourne», roues à eau installées sur les rives.

La maîtrise du niveau du lac, réclamée à grands cris par les riverains, et la demande croissante (déjà!) d'énergie incitèrent la Ville de Genève à susciter un nouvel aménagement. Divers projets furent élaborés par d'astucieux ingénieurs et, en 1883, la décision fut prise de réaliser le projet Turretini, pour assurer une protection contre les inondations dans le haut-lac tout en bénéficiant d'une force motrice accrue.

La deuxième génération d'ouvrages mise en service en 1886 est encore en exploitation à ce jour. Cette remarquable conception d'ensemble comporte un barrage à 39 rideaux en bois sur le bras droit, une longue digue formée de l'Île, prolongée en aval pour constituer un canal d'amenée à l'usine des forces motrices.

Bras droit et gauche du Rhône sont mis en communication à volonté en cas de



Fig. 2. — Le barrage système Caméré du Pont de la Machine, vue d'amont.

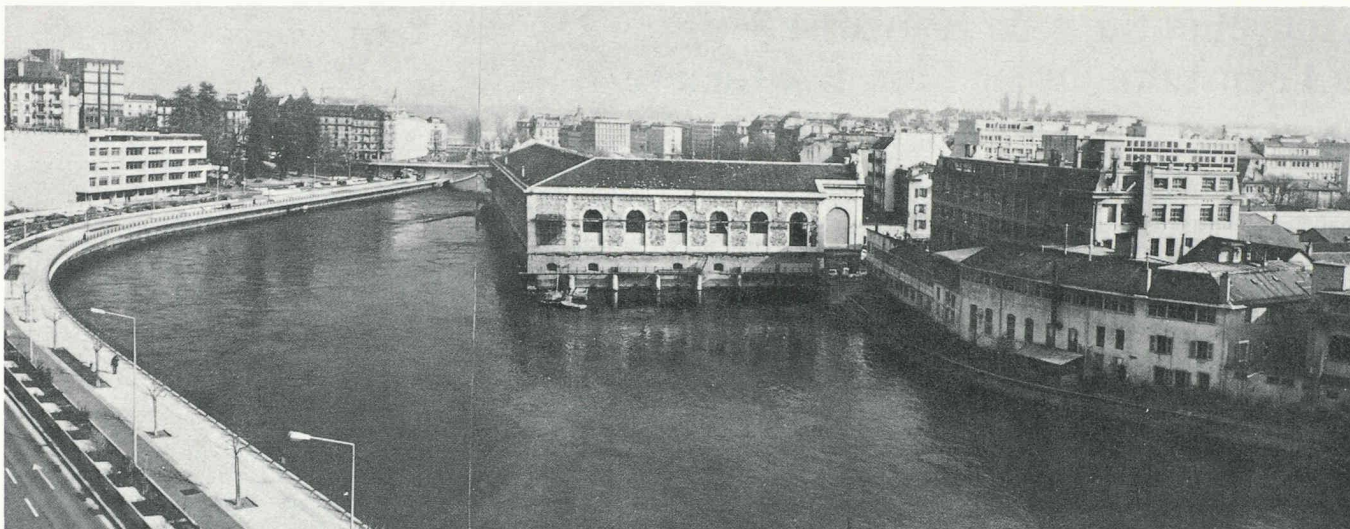


Fig. 3. — Le site du nouvel ouvrage avec le bâtiment actuel des Forces Motrices, vue d'aval.

crues ou d'arrêt de l'usine par des vannes à obturateurs verticaux et, peu avant l'usine, par 12 vannes de décharge.

L'usine fut équipée de 16 turbines hydrauliques Girard, chacune couplée à une pompe à double piston ; elle alimentait les réseaux de distribution d'eau et de force hydraulique pour les moteurs à eau des usagers industriels. Le jet d'eau de Genève en était à l'origine la « soupape de décharge ».

Centenaire, cet aménagement aura rendu d'incalculables services à la collectivité genevoise. Son équipement, conçu et façonné il y a un siècle, force l'admiration et appartient sans conteste au patrimoine industriel de ce pays.

3. Le nouvel ouvrage

L'ouvrage de la troisième génération comporte barrage et usine hydro-électrique. Le projet, dès septembre 1983, est l'objet

des procédures légales de consultation et de requêtes en autorisation de construire.

Les contraintes d'un tel aménagement sont nombreuses. Nous ne résumons ici que l'essentiel.

3.1 Fonctions de l'ouvrage

Ces fonctions sont :

- régularisation du niveau du Léman
- évacuation des débits de crues
- maîtrise du débit du Rhône permettant d'assurer l'écoulement des eaux de l'Arve
- production d'énergie électrique et modulation des débits pour les usines hydro-électriques situées en aval.

Il convient en outre :

- de maintenir les migrations piscicoles par le fleuve ;
- de créer une possibilité de franchissement du Rhône pour les piétons et cyclistes ;

- d'assurer la navigation de la petite batellerie entre l'amont et l'aval de l'ouvrage (écluse).

Les études ont permis d'élaborer un concept se dégageant des installations existantes, qui resteront en service pendant la construction.

3.2 Contraintes

Le nouvel ouvrage de régularisation des eaux du lac Léman, du fait de son rôle et des consignes d'exploitation en vigueur, mais aussi de sa localisation en milieu urbain, est soumis à nombre de contraintes dont ingénieurs et architectes ont tenu compte, notamment :

- a) le site ;
- b) le bâtiment des Forces motrices à la Coulouvrenière, qui doit être conservé ;
- c) le tracé des quais, qui ne peut être modifié, les sous-sols de ces quais étant utilisés ;

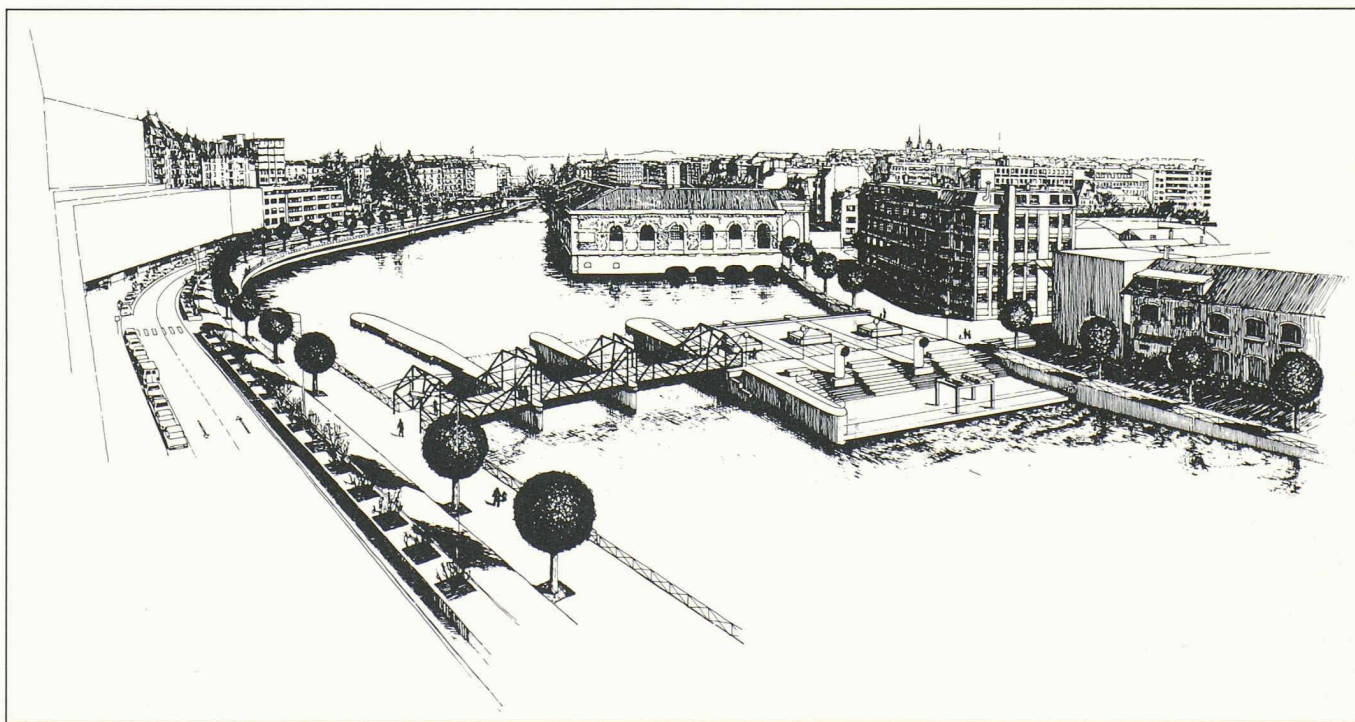


Fig. 4. — Perspective du nouvel ouvrage, vue d'aval. De gauche à droite : la passe-écluse, les passes du barrage, l'usine hydro-électrique.

- d) l'évacuation des débits de crues;
- e) la présence de conduites importantes du réseau de distribution du Service des eaux;
- f) l'aspect architectural des ouvrages et équipements qui revêt en ce lieu une importance particulière;
- g) l'impact sonore de l'exploitation du barrage et de l'usine sur l'environnement bâti;
- h) la sauvegarde de la faune piscicole;
- i) la création d'une passerelle à piétons traversant le Rhône;
- j) la réalisation d'une écluse, en option, à l'usage de la petite batellerie et pouvant participer à l'évacuation de débits exceptionnels;
- k) le maintien de collecteurs d'eaux usées longeant les rives du fleuve.

3.3 Hydrologie et hydraulique

L'écoulement du Rhône entre le lac et la jonction Rhône/Arve (en aval de l'aménagement en projet) est influencé par le bassin versant du Rhône, qui détermine les débits à évacuer, et par le bassin versant de l'Arve, qui influence le niveau du plan d'eau du Rhône à la Jonction. Le dimensionnement de l'ouvrage du Seujet dépend en premier lieu des exigences hydrauliques.

Nombre de problèmes, liés au caractère tridimensionnel des écoulements, à la géométrie des ouvrages et du lit du fleuve et aux effets locaux, ont dû être résolus. On a eu recours à des simulations mathématiques et à un modèle hydraulique à l'échelle 1:30, installé au Laboratoire hydraulique de l'Ecole polytechnique fédérale (LHYDREP) à Lausanne.

— Capacité d'écoulement de l'ouvrage

Pour un niveau de lac de 372,30 m s.m. et un débit de l'Arve de 200 m³/s, la capacité d'écoulement de l'ouvrage est de 600 à 610 m³/s (sans utilisation de la passe-écluse).

Les capacités d'écoulement pendant les diverses phases de construction ont également été vérifiées sur le modèle.

— Détermination des vitesses d'écoulement

A l'aval immédiat du seuil du barrage, où l'on constate les plus grandes vitesses, le fond sera protégé par un radier de béton (bassin amortisseur).

Les essais sur modèle hydraulique ont permis de fixer le niveau et la longueur du radier et de dimensionner le tapis de protection à prévoir (empierrements) sur le fond du lit à l'aval de l'ouvrage ainsi que les formes hydrauliques les plus satisfaisantes pour l'alimentation des turbines.

— Intumescences

Les modifications de régime dans un canal découvert créent des écoulements non stationnaires. Les ondes de surfaces générées (intumescences) doivent être maîtrisées pour éviter tout dommage aux

TABLEAU 1. — Données hydrologiques genevoises.

Caractéristiques principales	Bassin versant	
	Rhône (Pont Sous-Terre)	Arve (Bout-du-Monde)
Surface	7987 km ²	1976 km ²
dont glaciers	10,6 %	6,1 %
dont lacs	7,3 % (ou 582 km ²)	
Apports moyens annuels	7300 hm ³	
valeur statistique	6900 hm ³	
valeur de calcul pour la productivité		
Débit annuel moyen (1964-1978)		
valeur statistique	230,4 m ³ /s	78 m ³ /s
valeur de calcul pour la productivité	219 m ³ /s	
Débit annuel année humide (1977)	300 m ³ /s	92,9 m ³ /s (max. 98,9 m ³ /s 1970)
Débit annuel année sèche (1976)	166 m ³ /s	46,2 m ³ /s

ouvrages et aux quais ainsi qu'à la petite batellerie.

Elles se produisent lors de manœuvres rapides des organes de fermeture ou de la modification du régime des turbines suite au déclenchement du couplage avec le réseau électrique. Les essais sur modèle ont permis de mesurer l'amplitude et la propagation de ces intumescences pour divers cas d'exploitation.

— Nécessité d'un dragage du bras droit du Rhône

Pour augmenter la capacité d'écoulement du fleuve (bras gauche et bras droit), deux modifications ont été retenues en vue d'assurer un débit suffisant, notamment pendant les travaux, à savoir:

- a) le dragage du lit du bras droit en amont de l'ouvrage
- b) la réunion des deux bras en amont de l'ouvrage.

Ces dispositions autorisent une capacité d'écoulement augmentée de 15%.

3.4 Géologie et géotechnique

La zone extrême du lac Léman ainsi que le lit du Rhône sont caractérisés par une

succession de sols fins d'origines sédimentaires récente et ancienne, qui recouvrent la moraine glacière et le substratum rocheux formé par des bancs de molasse.

Des campagnes de sondages ont permis de compléter l'inventaire des sols dans ce secteur et sous le lit du Rhône.

Le site choisi est favorable au point de vue de la qualité des assises. Les ouvrages reposeront sur la moraine rissienne peu perméable, très compacte.

Sur la rive gauche, l'alluvion ancienne affleurerait dans les fouilles. On doit envisager là un écran d'étanchéité pour éviter des pertes et une remontée de la nappe phréatique sur la rive gauche.

— Incidences de la surélévation du plan d'eau

Le niveau du plan d'eau en amont du barrage sera à la cote 372,30 m s.m., la cote 372,50 m s.m. pouvant, exceptionnellement, être atteinte pour une courte durée.

Des travaux visant à couper ou réduire les venues d'eau du Rhône surélevé au droit des différents ouvrages des rives et assurer, derrière des écrans étanches, le rabat-

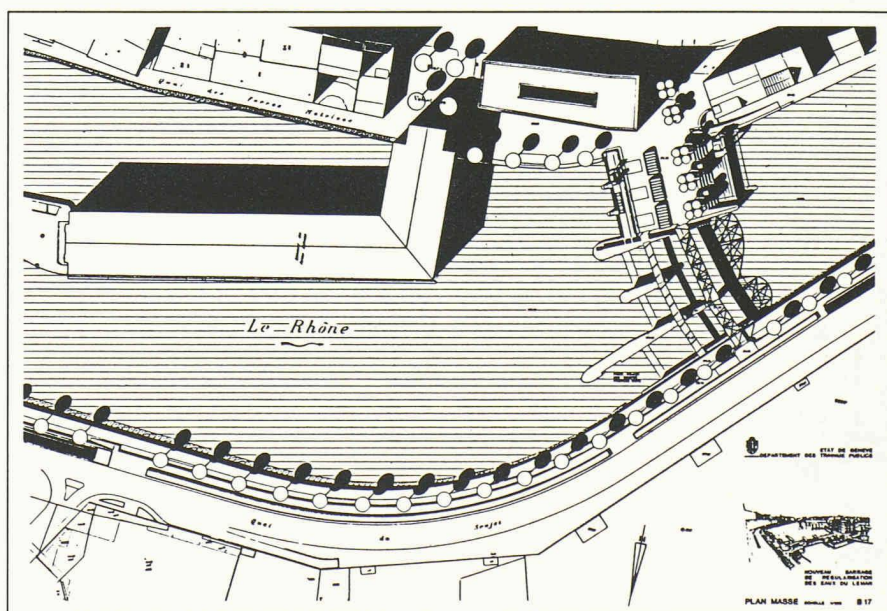


Fig. 5. — Plan masse du nouvel ouvrage et de l'actuel bâtiment des Forces Motrices.

tement de la nappe superficielle au niveau établi avant la construction du barrage sont indispensables.

3.5 Choix du site

Le site retenu, après comparaison de quatre variantes, répond aux critères suivants:

- les contraintes de régularisation du niveau du Léman
- l'urbanisme et l'esthétique du plan d'eau et des rives
- les impératifs d'exploitation et d'entretien
- le respect du site et l'utilisation partielle du bâtiment des Forces motrices
- la circulation piétonnière
- les conditions de réalisation avec des perturbations minimales aux ouvrages existants
- un coût favorable.
- *Intégration dans le site*

Le site dans lequel sera implanté l'ouvrage est en milieu urbain, partiellement historique, aujourd'hui en pleine évolution. Chaque rive a son caractère propre.

a) *Sur la rive droite* est aménagé un quai-promenade, dominé par de hauts bâtiments à usage d'habitation, de bureaux et de commerces. Une école primaire et un parking souterrain complètent cet ensemble.

Ce secteur domine le fleuve. Une vue privilégiée et l'orientation sud le lient naturellement au Rhône et au quartier de la rive gauche.

b) *Sur la rive gauche* le secteur considéré appartient au quartier de la Coulouvrenière à vocation d'artisanat et d'habitat. Les immeubles de quatre à six étages sur rez-de-chaussée sont moins hauts que ceux de la rive opposée. Aujourd'hui, le cadre architectural de l'ouvrage est formé d'une ancienne usine, de l'usine des Forces motrices et d'une place créée en 1678.

L'intégration urbanistique est réalisée:

- sur le plan fonctionnel par le respect des besoins inhérents à l'ouvrage, à son entretien et par un traitement approprié des contraintes qu'imposeront les ouvrages futurs à l'environnement immédiat;
- sur le plan esthétique par l'établissement des rapports les plus judicieux

possibles entre les volumes considérés par l'architecture, expression d'un besoin moderne dans le respect de l'ensemble existant et des matériaux;

- sur le plan social par la solution des problèmes de nuisance acoustique, le souci de rendre les plus grandes surfaces possibles accessibles au public et la création d'une passerelle à piétons, reliant deux quartiers en développement.

4. Caractéristiques de l'ouvrage

Barrage: constitué de trois passes de décharge. Largeur utile des passes: 13 m. Les passes sont séparées par des piles de 4 m de largeur maximale.

Echelle à poissons: localisée dans la pile mitoyenne entre centrale et barrage. Longueur: 41 m, 21 bassins de 1,80 m de longueur, 1 m de largeur et 1 m de profondeur. Elle est prolongée d'un canal d'attrait devant les canaux de fuite des turbines.

Passerelle pour piétons: une voie large de 4,80 m.

Usine: équipée de trois groupes hydro-électriques à axe horizontal disposés en puits.

L'usine et le bâtiment existant des Forces motrices sont reliés par une galerie d'accès souterraine située sous le quai en rive gauche.

Manœuvre

- Le barrage

En service normal, le barrage ne sera pas gardienné, mais télécommandé et placé sous le contrôle d'un poste de commande central occupé en permanence. La commande locale est possible.

- L'usine

La manœuvre de l'usine sera automatisée et le pilotage effectué en fonction des consignes de débits, localement ou par télécommande. Le système permet l'adaptation rapide aux situations spéciales telles que délestage, marche en réseau séparé ou en déchargeur, évacuation des crues, etc.

Un dispositif assure la sécurité des riverains et usagers du Rhône; le cas échéant, le personnel de quart est alerté.

L'essentiel des équipements locaux de commande et contrôle, tant du barrage que de l'usine, sera installé dans la salle des tableaux de l'usine.

Adjonction d'une écluse

En option, l'une des passes peut être équipée en écluse.

a) Fonctions

L'écluse doit:

- permettre la circulation de nacelles de petite batellerie entre les plans d'eau amont et aval (tourisme, entretien, etc.);
- maintenir le service régulier de bateaux entre le quai Turretini et Peney-Verbois, situé 14 km en aval.

b) Implantation, disposition

La passe équipée en écluse est située sur la rive droite du barrage.

Longueur utile:	17 m
Largeur:	13 m
Mouillage s/seuil de l'écluse:	4,60 m
pour un niveau amont de:	371,00 m s.m.
Tirant d'air sous la passerelle à piétons:	2,50 m
pour un niveau aval de:	370,50 m s.m.

L'écluse est équipée d'une porte aval classique, à deux vantaux, et d'une vanne amont à segment tournant pouvant être manœuvrée en eau vive, ce qui permet d'utiliser l'écluse comme passe de décharge en cas d'indisponibilité d'une des passes du barrage et des turbines de la centrale.

5. L'équipement de l'usine hydro-électrique

L'usine est arasée au niveau des quais. Elle s'exprime comme une esplanade appuyée au quai en rive gauche et reliée à la rive droite par la passerelle piétonnière.

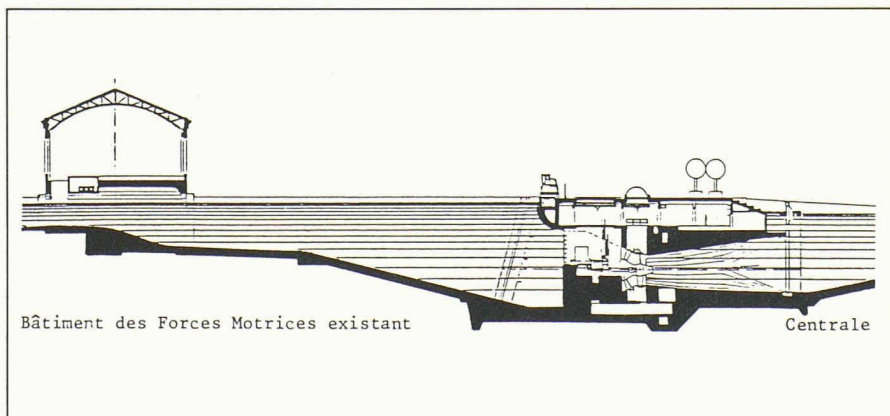
Débit équipé

Le débit nominal a été fixé à 300 m³/s. Cette solution permet de produire un maximum d'énergie dans des conditions économiquement satisfaisantes.

Groupes hydro-électriques

On a retenu:

- trois «groupes-puits» à axe horizontal accessibles de l'extérieur par un puits vertical permettant l'accès, en service, à l'alternateur et au multiplicateur de vitesse;
- des turbines Kaplan à double réglage, solution présentant le meilleur rendement et la plage de fonctionnement la plus étendue; subsidiairement, elles permettent la marche des groupes en déchargeurs. L'implantation retenue permet de faire l'économie de vannes aval réglables;
- des alternateurs synchrones, capables de fonctionner en réseau parallèle et en



réseau séparé (en secours pour les futurs groupes de pompage du Service des eaux).

A relever que trois groupes de 100 m³/s chacun sont plus favorables en exploitation, d'un meilleur rendement et moins coûteux que deux groupes de 150 m³/s.

5.1 Données techniques des groupes hydro-électriques

TURBINES (Type Kaplan)

Chute nette (H_n) $0,9 \leq H_n \leq 3,34$ m

Débit nominal 3×100 m³/s

Débit maximal 3×120 m³/s
($1,68 \leq H_n \leq 2,68$ m)

Diamètre de roue 5,0 m

Vitesse de rotation 53,5 t/min

Puissance maximale 2900 kW

Marche en déchargeur comme évacuateur de crue (chute nette H_n), par turbine
 $43 \text{ m}^3/\text{s} \leq Q_{ev} \leq 70 \text{ m}^3/\text{s}$

pour $0,4 \leq H_n \leq 0,9$ m

Des multiplicateurs de vitesse à trois trains parallèles d'engrenages permettent de passer de la vitesse des turbines (53,5 t/min) à celle des alternateurs (750 t/min).

ALTERNATEURS SYNCHRONES

Puissance apparente 3525 kVA

cos phi 0,8

Tension 6 kV

Fréquence 50 Hz

Vitesse nominale/

emballement 750/2175 t/min

Moment d'inertie 10 t/m²

PRODUCTION ANNUELLE

En année hydrologique moyenne :
~ 31 000 000 kWh.

5.2 Raccordements et installations électriques

a) Circuits principaux à moyenne tension (18 et 6 kV)

Les groupes seront raccordés au réseau urbain à 18 kV par trois transformateurs de 4 MVA, 6/18 kV. Le schéma choisi permet aussi la marche séparée du réseau.

Compte tenu des locaux disponibles et des conditions d'exploitation, la totalité des équipements à moyenne tension (transformateurs de groupes compris) seront regroupés en sous-sol du quai en rive gauche. Alternateur et transformateur de chaque groupe seront reliés selon le schéma bloc classique.

b) Installations électriques à basse tension - services auxiliaires

Les services auxiliaires en courant alternatif 380/220 V de la centrale et de la station de pompage auront des alimentations communes.

Deux groupes électrogènes pourront être couplés, en secours, sur les barres de la

distribution générale des services auxiliaires.

Les services auxiliaires en courant continu 48 et 110 V, exigés par l'électronique et les circuits de commande, sont alimentés par deux ensembles de batteries.

L'équipement du barrage

Les conditions limites hydrauliques, à savoir, pour l'essentiel, assurer l'évacuation d'un débit de 550 m³/s, pour un niveau du lac Léman à la cote 372,50 et un débit de l'Arve de 200 m³/s lorsqu'une des passes du barrage est fermée (les groupes de l'usine hydro-électrique fonctionnant en déchargeurs), ou lorsque tous les groupes sont hors service, ont imposé un seuil du barrage à un niveau relativement bas et conduit à choisir des vannes du type segment avec clapet. Il est envisagé d'y adjoindre si nécessaire des guide-eau antibruit.

5.3 Les conditions d'exploitation

Le nouvel ouvrage doit satisfaire aux accords passés et critères applicables à la régularisation du niveau du lac Léman. Les consignes fixent les cotes du plan d'eau du Léman comme suit :

Altitude (m s.m.) :

Niveau normal

(de juin à décembre) 372,30

Niveau maximal admissible 372,50

Cote d'abaissement saisonnier
normal 371,70

Cote d'abaissement quadriennal 371,50

Différents facteurs propres au lac (grande superficie de la nappe liquide, effets du vent, des seiches, etc.) rendent problématique le repérage d'un niveau de référence. La régularisation consiste à fixer le débit journalier de l'émissaire sur la base d'informations sur les apports en cours et prévisionnels, compte tenu des critères caractérisant les conditions à l'aval du barrage.

- Fonctionnement

La principale fonction du barrage-centrale de la Coulouvrenière est d'assurer la régularisation du niveau du lac Léman, conformément aux consignes, fonction précédemment remplie conjointement par les installations de retenue du pont de la Machine et par les turbines et vannes du bâtiment des Forces motrices.

Une deuxième fonction consiste à produire de l'énergie électrique et, en cas de nécessité, en marche isolée du réseau électrique d'alimenter les groupes motopompes de la station de pompage du réseau de distribution d'eau.

Une troisième fonction est la modulation des débits pour les centrales de Verbois et Chancy-Pougny, les variations résultant du niveau du lac entrant dans les tolérances conventionnelles de la régularisation du Léman.

- Mode de régulation

Régler le débit à évacuer par le Rhône en l'asservissant directement au niveau du lac, c'est imaginable. Toutefois, la grande superficie du plan d'eau du Léman obligerait à opérer avec une précision incompatible avec la mesure des niveaux du lac. Ce procédé n'a pas été retenu.

Pour fixer les consignes journalières des débits à évacuer par le Rhône, on est tenu de déterminer pour une période donnée le débit moyen de l'émissaire du lac sur la base d'informations concernant les apports (en cours ou prévisionnels) du bassin versant, les pertes, le niveau effectif du lac, la capacité de rétention disponible, le débit de l'Arve, l'exploitation des centrales aval, etc.

Il s'agit donc d'asservir conjointement les groupes générateurs et les vannes de barrage à une valeur globale du débit à évacuer pour les divers régimes de marche, les alternateurs étant couplés sur le réseau général ou en marche « îlotée » de deux ou trois groupes en réglage de fréquence.

La marche en déchargeur (avec réglage déconjugué et roues de turbines partiellement ouvertes) est prévue en situation transitoire, lors de la procédure d'arrêt de la centrale consécutive à un délestage et pour l'évacuation de débits de crue, en cas d'indisponibilité de vannes du barrage.

6. Conclusion

Les projets réalisés aujourd'hui sont de plus en plus compliqués. Ils nécessitent la conjonction de ressources multidisciplinaires scientifiques et techniques.

Un inventaire, si consciencieux soit-il, des critères et conditions à satisfaire ne peut éviter les aléas d'un ouvrage qui, dans sa complexité, doit concilier facteurs humains et réalités concrètes. L'optimisation du projet décrit ici a passé par des critères qualitatifs et quantitatifs parfois contradictoires. La régularisation du lac Léman régit un système socio-technico-économique complexe, dont ne sont pas exclus les aspects écologiques. Les impératifs techniques rejoignent ici ceux de la qualité de la vie et de la conservation maîtrisée de l'environnement d'une région entière: le bassin lémanique.

Adresse de l'auteur :

Jean Wahl, ing. électricien
15, ch. de l'Epenontaz
1213 Onex

Exposé présenté à la journée d'étude du Groupe spécialisé SIA des ponts et charpentes du 26 septembre 1986 à Genève et publié dans la Documentation SIA D006.