

La construction d'un ouvrage hydroélectrique en phase d'ouverture du marché de l'électricité

Autor(en): **Bautz, René / Cavin, Gérald / Burnier, Jean-Michel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **92 (2001)**

Heft 2

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-855663>

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.

La construction d'un ouvrage hydroélectrique en phase d'ouverture du marché de l'électricité

Le cas de l'aménagement de l'Aubonne

Moderniser un aménagement hydroélectrique existant dans un vallon protégé, dont la valeur écologique n'est pas à démontrer, ne laissait que peu de liberté dans la conception. L'intégration des ouvrages dans le site protégé du vallon d'Aubonne, en plus des contraintes financières imposées, a donc été une préoccupation dès les premières études. Les travaux réalisés entre mars 1999 et octobre 2000, qui ne représentent d'ailleurs que la première étape, concernent la transformation du barrage sur l'Aubonne, la pose d'une nouvelle conduite d'amenée et la construction d'une nouvelle halle des machines, juxtaposée à l'ancienne centrale réhabilitée.

La production sur l'Aubonne, une longue histoire

La construction, dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, de la ligne de chemin de fer du Jura-Simplon est à l'origine de la mise en chantier du tramway à traction électrique Allaman-Aubonne-Gimel. Afin de fournir l'énergie électrique nécessaire, la municipalité de la ville d'Aubonne décide, le 4 février 1895, de créer une société de production et de distribution d'électricité et de demander à l'Etat de Vaud une concession

hydroélectrique sur la rivière de l'Aubonne. Le 15 janvier 1896, la première centrale hydroélectrique d'une puissance de 270 CV, avec un débit équipé de 600 litres par seconde, est mise en service sur les rives de la rivière.

La puissance équipée de la centrale est successivement augmentée pour atteindre 2440 CV en 1949. Afin d'améliorer la production et la gestion de la courbe de charge des réseaux de distribution de la Société Electrique des Forces de l'Aubonne (SEFA), un barrage est édifié en 1957 aux confluent des rivières de

Bassin versant	91 km ²
Longueur du cours d'eau	15,5 km
Pente moyenne	18,8 ‰
Débit moyen annuel	6,2 m ³ /s
Crue max. mesurée (1982)	67 m ³ /s
Débit min. mesuré (1982)	60 l/s

Tableau I Caractéristiques de la rivière Aubonne.

l'Aubonne et de la Sandoleyre, lieu situé en plein milieu de l'Arboretum. Le renouvellement simultané de la concession permet l'installation d'une nouvelle conduite d'amenée de 3,5 m³/s. Ainsi, la puissance de l'aménagement s'élève, après ces importants travaux, à 2,35 MW.

Etapas du renouvellement de la concession hydraulique

La dernière concession, établie lors de la construction du barrage, est venue à échéance le 31 décembre 1994. Les premières études du renouvellement de la concession et de la modernisation des ouvrages hydrauliques ont déjà débuté en 1985. Il est apparu d'emblée que le potentiel hydraulique de l'aménagement était sous-exploité au vu des critères économiques généralement admis.

Adresses des auteurs

René Bautz
Directeur de la Société Electrique des Forces de l'Aubonne
1170 Aubonne

Gérald Cavin et Jean-Michel Burnier
Chef de projet et adjoint
Stucky Ingénieurs-Conseils SA
1020 Renens

Daniel Jeanneret, Burkhard Aeschlimann et Pierre Jeanneret
Chef de projet et ingénieurs
BKW FMB Energie SA
3000 Berne

Peter Gregorin
Directeur
Costronic SA
1028 Prévèrenges

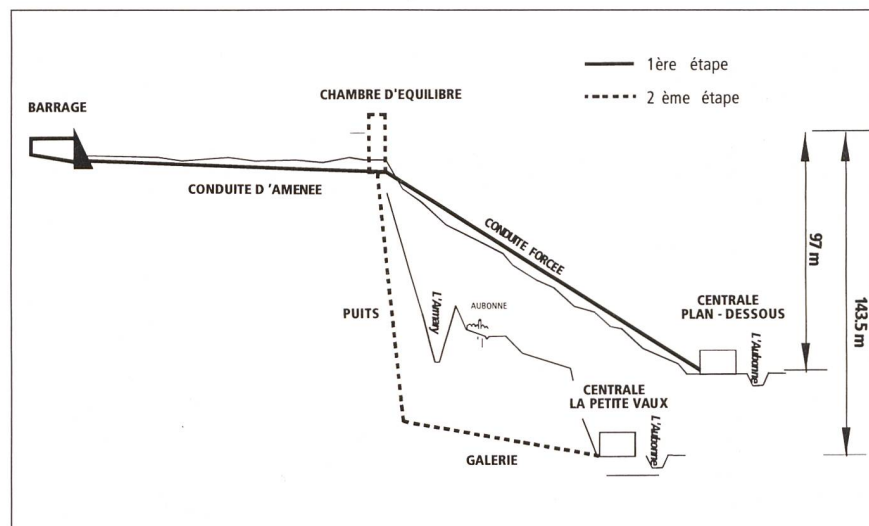


Figure 1 Profil en long de l'aménagement de l'Aubonne.

Mesures d'exploitation	Mesures de compensations écologiques
<ul style="list-style-type: none"> ● Débit de dotation minimal dans la rivière (360 l/s) ● Non-turbinage des débits inférieurs aux débits minimaux turbinables entre le 1^{er} novembre et le 30 juin ● Turbinage sans modulation des débits inférieurs à 1 m³/s entre le 1^{er} mars et le 30 juin ● Gradient de limitation à la descente de 10% par heure de turbinage 	<ul style="list-style-type: none"> ● Réaménagement des seuils sur la rivière pour améliorer la migration des poissons ● Dépôt de graviers dans la rivière pour restaurer des frayères favorables à la reproduction des truites ● Réalisation de biotopes inondés en période de crues ● Aménagement d'un plan d'eau pour les castors

Tableau II Mesures d'exploitation et de compensations écologiques.

L'ancien aménagement était équipé pour un débit de 3,5 m³/s (soit Q180). La nouvelle réalisation est dimensionnée pour turbiner un débit optimal durant 70 à 80 jours par an (Q70/80), ce qui correspond à un débit moyen de 10 m³/s (tableau I).

Le régime hydrologique de l'Aubonne est typique d'une rivière jurassienne: apports d'eau importants en hiver (au minimum 60% de la production) avec de fortes crues au printemps. Le débit concédé gagne toute sa valeur pendant les périodes de la fonte des neiges entre mars et juin avec un captage de deux rivières dans le bassin d'accumulation.

Le nouveau projet de construction a été soumis à l'étude d'impact sur l'environnement au sens de l'ordonnance fédérale relative (OEIE). Un certain nombre de conditions, avec des mesures de compensation écologiques, sont intégrées dans l'octroi de la concession. Il est possible de les classer selon deux types de mesures (tableau II).

La nouvelle concession est entrée définitivement en vigueur le 1^{er} janvier 1995 suite à la votation sur un référendum déposé par un groupe d'opposants.

Toutefois, le démarrage du chantier fut retardé par la mise en place de la nouvelle législation sur l'ouverture du marché de l'électricité nécessitant une réévaluation des options prises lors de la préparation de la nouvelle concession.

Réévaluation du projet en fonction de l'ouverture du marché de l'électricité

Une nouvelle réflexion sur l'opportunité de la réalisation du nouvel aménagement a été engagée dès la connaissance des premiers travaux sur l'ouverture du marché de l'électricité résumés dans le rapport «Cattin».

Le projet initial, déposé pour la demande du permis de construire, prévoyait la construction d'une nouvelle conduite

d'aménagé équipée pour un débit de 10 m³/s, d'une chambre d'équilibre en amont d'un puits vertical et d'une galerie passant sous la ville d'Aubonne et aboutissant dans une nouvelle centrale prévue au lieu dit «La Petite Vaux». L'ensemble est dimensionné pour une production annuelle de 42 GWh dont une part d'environ 19% devait être refoulée et vendue au fournisseur de la SEFA pendant les périodes de faible charge du réseau de distribution (figure 1).

Les risques liés à ce projet étaient de trois ordres:

- Le besoin important de fonds étrangers pour le financement (environ 78% par rapport au financement total).
- Une estimation d'un prix du kilowattheure relativement élevé qui risquait de générer des investissements non amortissables si l'on tient compte de l'effet «baignoire» des prix de vente après une ouverture du marché.
- La nécessité de placer les 19% de la production sur un marché déjà excédentaire.

Après une entrevue avec l'autorité concédante, deux autres variantes ont été étudiées (tableau III).

La variante 1, c'est-à-dire la modernisation de l'ouvrage existant, fut rapidement écartée car elle n'offrirait aucune amélioration du potentiel très mal exploité de la rivière de l'Aubonne. En outre, les exigences de la nouvelle législation en matière de débit de dotation auraient encore diminué le potentiel exploitable d'environ 1,5 GWh par an.

C'est finalement la variante 2, avec la réalisation d'un palier intermédiaire (voir figure 1) à l'ancienne centrale de Plan-Dessous, qui a été retenue pour l'octroi du permis de construire. Cette variante a l'avantage de garantir la réalisation à terme de l'aménagement dans son entier, tel que défini dans la concession, tout en réduisant les risques à un niveau acceptable pour l'exploitant.

La rentabilité interne de la variante de l'échelonnement en deux étapes (IRR) a été estimée à 15% avec un ratio de couverture du service de la dette supérieur au standard admis de 1,3 x. Le coût de revient du kilowattheure est inférieur à 8 cts/kWh, valeur maximale de risque admise pour une production avec une injection au niveau moyenne tension (niveau 5 selon le modèle suisse d'acheminement) durant la première phase de l'ouverture du marché de l'électricité. Cette valeur seuil tient compte de la réduction des coûts d'acheminement des niveaux 1 à 4, de l'effacement de la puissance et de la diminution des pertes de réseaux.

Variante	Caractéristiques	Investissement	Prix de production
De base	Débit: 10 m ³ /s Chute brute: 143,5 m Puissance: 11,2 MW Production: 42,2 GWh Energie refoulée: 8 GWh	Fr. 54,5 mio	100% (réf.)
Variante 1 Modernisation des ouvrages existants	Débit: 3,5 m ³ /s Chute brute: 82,2 m Puissance: 2,4 MW Production: 11,7 GWh Energie refoulée: 0 GWh	Fr. 16,2 mio	131%
Variante 2 Echelonnement de l'ouvrage en deux étapes	1 ^{re} étape Débit: 10 m ³ /s Chute brute: 99 m Puissance: 7,3 MW Production: 31 GWh Energie refoulée: faible	Fr. 32,5 mio	100%

Tableau III Réévaluation du projet et variantes.

Intégration de nouveaux ouvrages hydrauliques dans le vallon de l'Aubonne

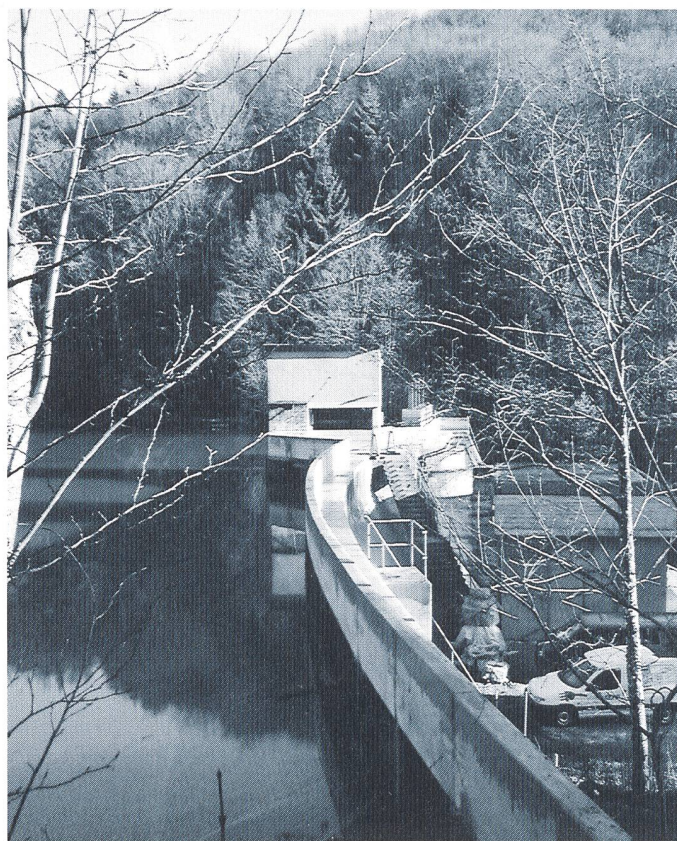
Moderniser un aménagement hydro-électrique existant dans un vallon protégé, dont la valeur écologique n'est pas à démontrer, ne laissait que peu de liberté dans la conception. Ceci même si le débit équipé passait de 3,5 à 10 m³/s. L'intégration des ouvrages dans le site protégé du vallon d'Aubonne, en plus des contraintes financières imposées, a donc été une préoccupation dès les premières études. Les travaux réalisés entre mars 1999 et octobre 2000, qui ne représentent d'ailleurs que la première étape, concernent la transformation du barrage sur l'Aubonne, la pose d'une nouvelle conduite d'amenée et la construction d'une nouvelle halle des machines, juxtaposée à l'ancienne centrale réhabilitée.

Contrairement à l'aménagement précédent qui comportait deux ruptures de chute, une centrale au pied du barrage et une retenue de compensation en tête de la conduite forcée, l'aménagement qui vient d'être mis en service ne comporte ni chambre d'équilibre ni bassin de compensation entre le barrage et la centrale. Cette solution permet notamment d'optimiser la chute et d'éviter de construire des ouvrages importants.

Barrage sur l'Aubonne (figure 2)

Le barrage poids d'une hauteur maximale de 15 m, équipé d'un évacuateur de crue à crête déversante, crée une retenue de 53 500 m³ environ. Élément majeur pour l'optimisation de l'utilisation des ressources hydrauliques de l'Aubonne, sa surélévation a été envisagée lors des études préliminaires. Les conditions de fondation n'ont pas permis de trouver une solution acceptable. Le barrage subit donc peu de modifications: transformation de la prise d'eau, suppression de la centrale de pied de barrage et construction d'un parapet en béton de 1 mètre de hauteur pour éviter le débordement en cas de crues exceptionnelles (1,5 fois la crue millénaire selon les nouvelles exigences des instances fédérales). Une vanne de sécurité est installée au départ de la conduite d'amenée avec une fermeture asservie à la mesure différentielle du débit turbiné entre l'amont et l'aval de l'aménagement. Plutôt que de détruire le débit de dotation laissé dans la rivière dans une vanne de chasse, une petite centrale équipée d'une turbine «Francis» de 25 kW est installée dans un cabanon au pied du barrage.

Figure 2 Barrage de l'Aubonne rehaussé par un parapet.



Conduite d'amenée

Une conduite d'amenée d'environ 3200 m de longueur relie le barrage à la centrale. La conduite d'amenée, à faible pente, est enterrée sur presque toute sa longueur sous une hauteur de remblayage variant entre 1 et 7 m. A l'exception de 350 m posés en pousse-tubes, cette conduite en charge a été posée en fouille ouverte.

Après l'examen de divers types de tuyaux, le choix s'est porté sur un tuyau en béton armé à âme en tôle, d'un diamètre intérieur de 2000 mm. En utilisation enterrée, ce tuyau offre de nombreux avantages, notamment une bonne résistance aux pressions extérieures, de faibles exigences quant aux modes d'enrobage et de remblayage (comportement rigide), une utilisation en fouille ou en

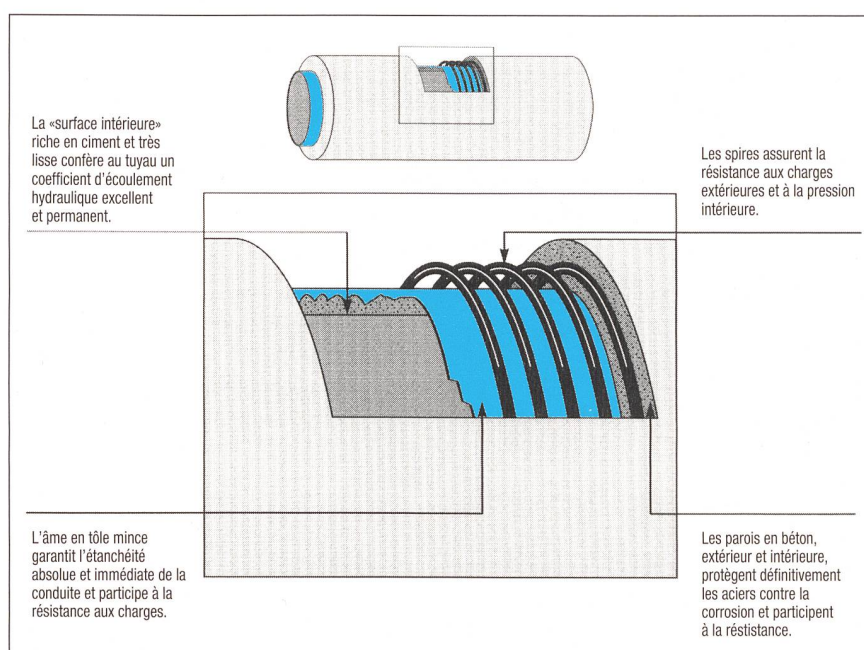


Figure 3 Coupe d'un tuyau à âme tôle.

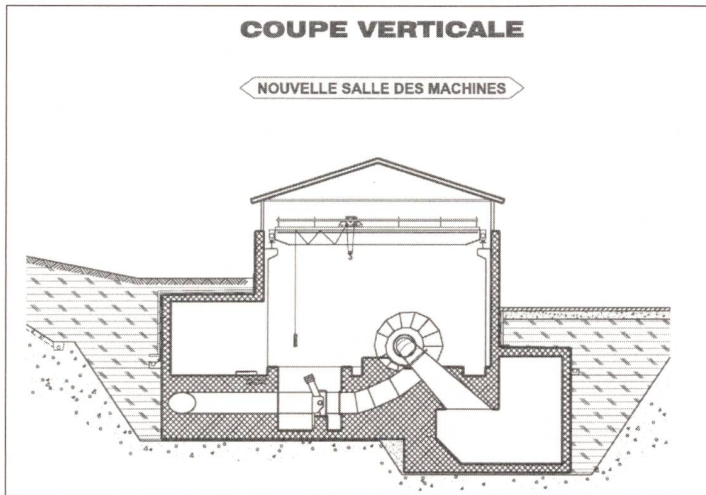


Figure 4 Coupe à travers la nouvelle halle des machines.

pousse-tubes et une protection contre la corrosion résistante mécaniquement. Malgré quelques variantes plus classiques, cette solution s'est révélée économiquement la plus avantageuse. Les tuyaux à âme tôle sont soudés en cas de changement de direction et emboîtés sur les tronçons rectilignes (figure 3).

Pour le remplacement de l'ancienne conduite forcée, posée à l'air libre, le choix du tuyau était beaucoup plus large. Finalement, pour des raisons d'homogénéité et de facilité d'entretien, un tuyau de même conception, béton avec âme en tôle, a été choisi. Cette conduite n'est pas posée sur des sellettes mais semi-enterrée. Située en milieu forestier, l'impact sur l'environnement de cette conduite est faible.

Les travaux de pose des conduites ont duré 18 mois.

Centrale

La halle des machines existante ne permettait pas de recevoir deux groupes turbine-alternateur de 5 m³/s. Elle a donc été transformée pour recevoir un groupe d'étiage alors qu'une nouvelle halle des machines semi-enterrée est construite à côté pour les deux groupes principaux (figure 4). Situé au bord de l'Aubonne, au pied d'une pente dont la stabilité superficielle est précaire, ce bâtiment compact de 22 m de longueur et 11 m de largeur est en béton armé recouvert d'une charpente en bois. Pour diminuer les coûts de ventilation et de climatisation, les transformateurs sont installés dans deux cellules à l'extérieur de la nouvelle halle. Les surfaces de stockage et de travail sont réduites au minimum pour diminuer le volume construit. Un canal de fuite enterré permet de restituer à l'Aubonne les débits turbinés par les groupes principaux et par le groupe d'étiage.

Concepts et critères de choix électromécaniques

Choix et dimensionnement des machines

Les études d'optimisation des équipements du nouvel aménagement hydroélectrique sur l'Aubonne, essentielles pour atteindre un rendement élevé, se sont concentrées sur :

- le type de turbines,
- le nombre et la taille des groupes,
- le dimensionnement des groupes en fonction du profil hydraulique sans cheminée d'équilibre.

Le type de turbine convenant à un ouvrage de chute moyenne se limitait aux turbines Francis et Pelton. Les conditions hydrauliques de l'aménagement de l'Aubonne, telles que débits et variations de débits, hauteur de chute, etc. conviennent tout particulièrement aux turbines Francis.

Les études d'optimisation effectuées sur les deux types de turbines précités ont démontré une meilleure rentabilité des équipements avec trois turbines Francis, bien que deux turbines Pelton auraient suffi pour les débits classés enregistrés.

La variante «2 groupes principaux et 1 groupe d'étiage» s'est révélée optimale par rapport à l'hydraulicité locale qui est soumise à d'importantes variations de débit. Le débit maximum turbiné de 10 m³/s se répartit entre les deux groupes principaux (2 × 5 m³/s) et le groupe d'étiage (1 × 1,9 m³/s). La taille des machines, déterminée en fonction du débit maximum, montre qu'il était judicieux d'opter pour des modèles à axes horizontaux munis de deux paliers.

Les vitesses nominales de 600 min⁻¹ et 1000 min⁻¹ ont été choisies pour les groupes principaux, resp. pour le groupe d'étiage. Ce choix permet d'utiliser le

même modèle hydraulique pour tous les groupes.

Toutes les machines ont ainsi la même valeur de vitesse spécifique. Il en découle que les dimensions mécaniques des machines sont à l'échelle du rapport des vitesses, soit 1000/600; c'est-à-dire que les groupes principaux sont 1,666 × plus grands que le groupe d'étiage.

Les hauteurs de chute se situent entre 98,7 et 79,5 m selon le niveau des eaux en amont et en aval et en fonction des pertes de pression dues aux débits turbinés. La puissance installée du nouvel aménagement est de 2 × 4675 kW pour les turbines principales et de 1 × 1875 kW pour la turbine d'étiage.

Une année hydrologique moyenne fournit une production annuelle de 31 GWh. La particularité de l'équipement du nouvel aménagement réside dans les conséquences de l'absence de cheminée d'équilibre. Les mouvements du distributeur, très lents pour éviter de trop fortes variations de pression dans la conduite forcée (coup de bélier et dépression), entraînent une survitesse du groupe atteignant la vitesse d'emballage (env. 2,25 × n_n) lors d'un déclenchement à plus de 50% de la puissance nominale.

Une fermeture plus rapide du distributeur permettrait d'éviter que la machine atteigne une telle vitesse lors de déclenchements, mais le coup de bélier dans la conduite forcée qui en résulterait serait si violent qu'il faudrait utiliser une conduite forcée à parois plus résistantes, ce qui engendrerait des coûts importants et ne représente donc pas une solution rentable. Le coup de bélier maximal est de 142,4 m; il peut être qualifié de particulièrement élevé.

Lors de l'approbation des plans et au cours de la fabrication, tous les contrôles ont été minutieusement effectués sur les trois groupes afin de garantir une précision optimale permettant l'utilisation de machines parfaites sur le plan hydraulique présentant une rentabilité élevée et une bonne stabilité de marche, notamment dans les plages de charge partielle.

Exploitation automatique de l'aménagement

Afin de réduire les coûts d'exploitation de ce nouvel aménagement hydroélectrique, une automatisation très poussée a été conçue pour diminuer au maximum les interventions humaines dans le domaine du contrôle de processus et dans la gestion hydraulique de l'ouvrage.

L'architecture du système de contrôle-commande de la centrale (figure 5) est basée sur trois niveaux hiérarchiques: le niveau contrôle-commande de la centrale complétée d'une gestion hydraulique avancée, le niveau contrôle-commande de groupes et le niveau de contrôle-commande des fonctions.

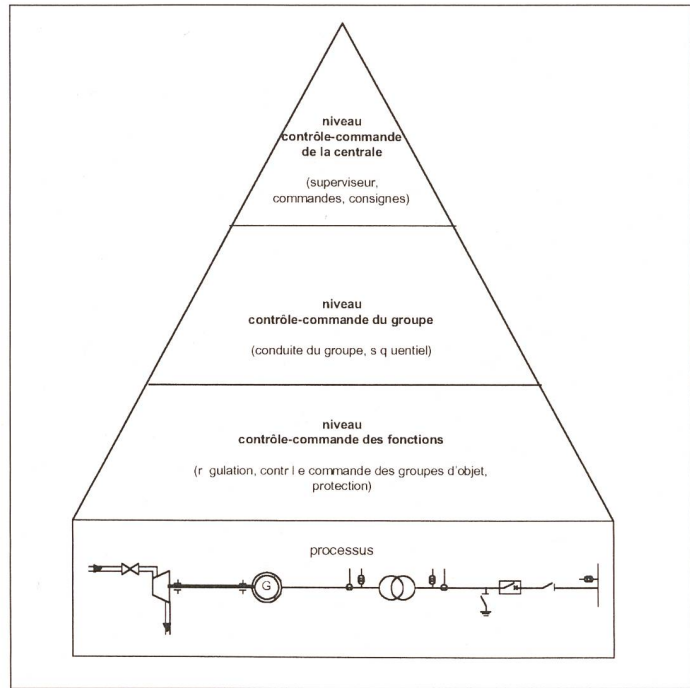
Trois postes de supervision assurent le pilotage de l'ensemble des éléments de la centrale. Le premier, localement placé dans la salle de commande de la centrale; le second au centre administratif de la SEFA pour la surveillance à distance; et un dernier, mobile, connectable par modem au réseau téléphonique public pour le service de piquet.

L'emploi d'un logiciel standard, modulaire et extensible, a permis aux intégrateurs de construire une présentation simple et claire, utilisable par un personnel sans connaissance particulière de l'informatique. C'est donc au travers de quelque 30 images (figure 6) que les informations collectées sont perçues et exploitées. L'archivage des événements, mesures et compteurs est assuré pendant 10 ans.

Le nombre de variables traité par la supervision compte quelque 1600 signalisations et alarmes (horodatée à 10 ms dans les automates), 240 consignes et télécommandes, 180 mesures et 50 compteurs.

La communication entre automates et postes de supervision est assurée au travers d'une architecture réseau Ethernet TCP/ IP.

Figure 5 Architecture de contrôle-commande.



- La gestion des alarmes et des événements (visualisation, archivage, quittancement, impression sur imprimantes noir/blanc et couleur).
- La gestion des niveaux d'accès des opérateurs locaux.
- La gestion des niveaux d'accès lors d'une connexion distante (par le superviseur à distance (Ourietgaz) ou par l'ordinateur de piquet).
- La visualisation des informations sous forme de synoptiques.
- La transmission aux automates des ordres de pilotage, des programmes d'énergie, des tables de paramétrage et de quittancement d'alarmes.

Le superviseur de la centrale constitue une aide à la conduite et peut être arrêté à tout moment sans perturber le fonctionnement de l'installation. En cas de dysfonctionnement ou d'arrêt volontaire du superviseur, l'archivage n'est plus réalisé.

Niveau contrôle-commande de la centrale

Ce niveau remplit deux rôles:

- Mettre les informations provenant du processus à disposition du personnel d'exploitation.
- Permettre à l'utilisateur d'agir sur le déroulement du processus par l'envoi de commandes ou de consignes et de gérer les ressources hydrauliques en tenant compte des contraintes de la concession.

Le logiciel de supervision de la centrale a pour objectifs:

- L'acquisition des données digitales et analogiques des états et des valeurs internes des automates de la centrale et du barrage.
- L'archivage des valeurs sur disque dur.
- La mise à disposition des données digitales et analogiques pour le superviseur à distance (Ourietgaz) et de l'ordinateur mobile de piquet.

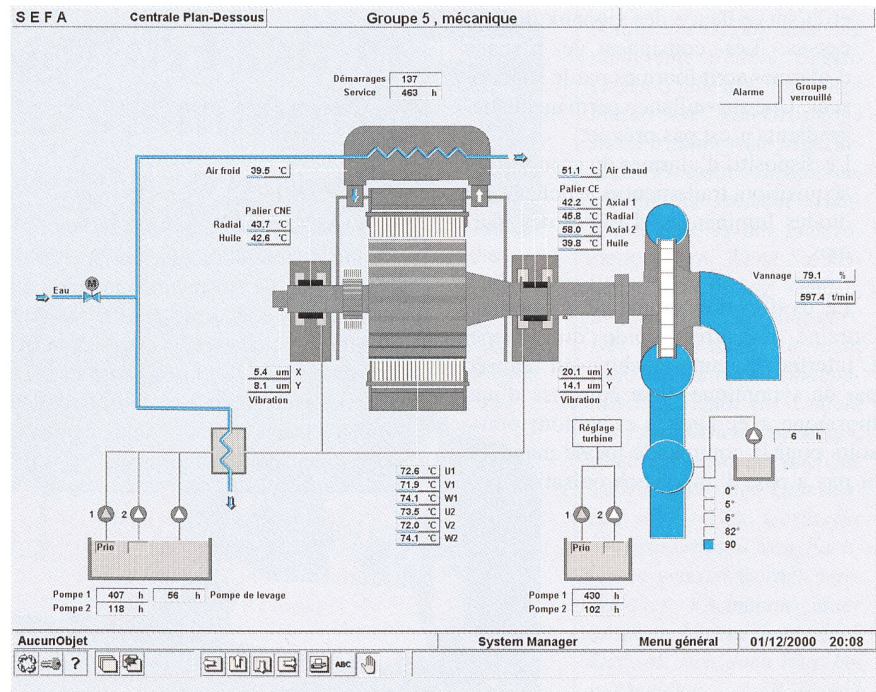


Figure 6 Image de l'interface de surveillance mécanique d'un groupe.

Un système de gestion hydraulique a été conçu pour une exploitation automatique, sans personnel permanent. Les deux modes d'exploitation, la régulation de niveau de la retenue et la régulation de l'écoulement, peuvent être choisis. Le calcul des afflux, la limitation de débit d'écoulement (50 m³/s par heure comme gradient d'accroissement, 10% par heure pour la diminution), les régimes d'exploitation en fonction des afflux et bien d'autres critères, ont imposé aux spécialistes une programmation et une régulation très poussées. Depuis la supervision, l'exploitant a également la possibilité d'influencer heure par heure les consignes de débits ou de niveaux. Ainsi, une prévision peut être définie chaque jour de la semaine.

Niveau contrôle-commande du groupe

Chaque groupe possède un automate situé dans des armoires près du processus. De là, le contrôle des alarmes, des valeurs de mesures et de régulation, les séquences de démarrage ou d'arrêt d'un groupe et les transitions d'un état de marche à un autre sont représentés, avec en détail:

- Un séquentiel de démarrage et d'arrêt. La fonction du séquentiel est de permettre de démarrer, d'arrêter un groupe, automatiquement ou pas à pas. Le séquentiel peut retourner de n'importe quel pas du processus par l'activation de la séquence arrêt. Des verrouillages de sécurité empêchent tout danger pour le groupe et l'utilisateur.
- Le monitoring pour la prise en charge et la surveillance des signaux du processus. Les consignes de niveaux d'alarmes sont fournies par le superviseur. Une surveillance permanente des gradients n'est pas prévue.
- Le dispositif d'alarmes du groupe avec acquisition, traitement et affichage par diodes lumineuses (LED's) des alarmes.

Le dysfonctionnement de l'automate entraîne un arrêt rapide du groupe. L'interface homme-machine est réalisée par un synoptique. Il se compose d'une mosaïque avec lampes et boutons poussoirs pour la commande locale manuelle et pas à pas, d'une synchronisation ma-

Caractéristiques principales de l'aménagement réalisé (1^{re} étape)

Maître de l'ouvrage Ingénierie génie-civil Ingénierie électromécanique	Société Electrique des Forces de l'Aubonne Stucky Ingénieurs-Conseils SA BKW FMB Energie SA
Durée de construction Production estimée Coût de l'aménagement	1999-2000 31 GWh Fr. 32,5 millions
Débit équipé Chute brute théorique Puissance hydraulique	10 m ³ /s 97,2 m 7820 kW
Puissance installée (2 groupes principaux Francis, 1 groupe d'étiage Francis, 1 groupe de secours Pelton et 1 groupe de dotation Francis)	2x5300 kVA, 1x2000 kVA, 1x275 kVA et 1x25 kVA
Vitesse de rotation Vitesse d'emballement Tension sortie alternateurs Types d'alternateurs	600/1000 t/min 225/212% 6,3/3,3 kV Synchrones à pôles saillants

nuelle ou contrôle de synchronisation et d'instruments analogiques de mesure.

Niveau contrôle-commande des fonctions

Les fonctions suivantes sont réalisées indépendamment de l'automate de groupe: la mesure et le comptage, la synchronisation, la gestion des services auxiliaires, les régulateurs de turbine et d'exci-

tation, les mesures de vitesse et de vibration, la protection électrique. Toutes ces fonctions de réglage et de protection produisent un arrêt rapide ou d'urgence du groupe.

Le cahier des charges, qui spécifiait un fonctionnement entièrement automatique de la gestion de cet ouvrage avec des équipements de haute qualité pour une longue durée d'exploitation, a été rempli.

Bau eines Wasserkraftwerks in der Eröffnungsphase des Strommarkts

Das Beispiel des Aubonne-Ausbaus

Die Modernisierung eines vorhandenen Bauwerks in einem kleinen geschützten Tal mit hohem ökologischen Wert liess wenig Spielraum für das Konzept. Dies auch, wenn die Ausbaumenge von 3,5 auf 10 m³/s erhöht wurde. Die Integration der Bauwerke in diese geschützte Aubonne-Landschaft, zusätzlich zu den auferlegten Finanzlasten, waren schon in den ersten Studien Anlass zu Sorge. Die zwischen März 1999 und Oktober 2000 ausgeführten Arbeiten, die dabei nur die erste Etappe darstellen, betreffen den Umbau des Aubonne-Staudamms, den Einbau einer Zuleitung und den Bau eines neuen Maschinensaals neben der ehemaligen sanierten Zentrale.