Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 81 (1989)
Heft: 7-8

Artikel: La centrale de Saint-Sulpice
Autor: Bautz, René
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940486

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: 12.07.2025

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

Un nouvel ouvrage hydro-électrique au Val-de-Travers:

La centrale de Saint-Sulpice

René Bautz

1. Historique et projet d'un nouvel aménagement

L'Areuse a représenté depuis plusieurs siècles une source d'énergie hydraulique importante, pour la région d'abord, pour la République et le Canton de Neuchâtel ensuite.
La source vauclusienne de l'Areuse, au fond du Val-de-Travers, est alimentée partiellement par le lac des Taillères, réservoir naturel du bassin de la vallée de la Brévine.
Les premières concessions d'eau, pour actionner les roues à aube des moulins de blé, datent de 1512. Vers le milieu du 19e siècle, une nouvelle fabrique, la Société de Chaux et Ciment, s'implanta près des sources de l'Areuse. Pour les besoins de cette entreprise, les roues à aube des usines Immobil I et II (figure 2) ont été remplacées, en 1860, par des turbines Girard plus performantes.
Le développement de l'industrie au Val-de-Travers s'est par la suite accéléré et l'augmentation des besoins, avec l'arrivée de l'énergie électrique dans la région, a entraîné la construction de nombreuses petites centrales.
En 1908, les trois turbines Girard de la Haute-Areuse ont été équipées de générateurs asynchrones de 70 kVA (Immobil I) et de 2 × 110 kVA (Immobil II). En 1929, afin d'exploiter la chute de 21 m existant entre la source de l'Areuse et Immobil I, la centrale de la Doux, comprenant 2 turbines Francis et 2 alternateurs synchrones de 300 et 560 kVA, a été construite. Pour alimenter ce nouvel ouvrage, un barrage poids fut érigé près de la source.
La Société de Chaux et Ciment ferma ses portes en 1948 et une fabrique de pâtes de bois acheta les biens immobiliers.
En 1970, suite à la cessation de la production de pâtes de bois, l'Electricité Neuchâteloise SA racheta les concessions et devint ainsi propriétaire de ses premières installations hydro-électriques.

Projet de renouvellement

Suite à la vétusté des ouvrages hydrauliques ainsi que des installations électromécaniques, une première étude de renouvellement des équipements a été entamée en 1977. Il était prévu de turbiner 7,5 m³/s en une seule chute remplaçant ainsi les trois usines de la Doux, Immobil I et Immobil II.
Une conduite forcée, suivant la rive droite dans la partie amont, aurait été posée depuis la source jusqu'à la nouvelle centrale située à côté d'Immobil II.

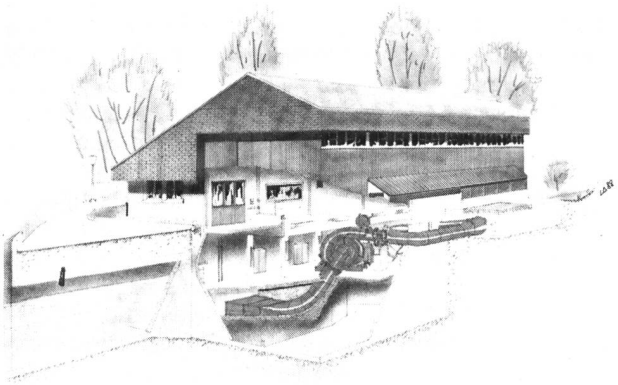


Figure 1. Centrale hydro-électrique de Saint-Sulpice équipée de quatre turbines Francis.

Tableau 1. Caractéristiques d'origine des centrales de Saint-Sulpice.

Centrale	Année de construction	Débit	Chute brute	Puissance électrique installée
La Doux	1929	5,0 m³/s	23,8 m	300 et 560 KVA
Immobil I	1860	3,5 m³/s	4,0 m	70 KVA
Immobil II	1860	4,5 m³/s	4,0 m	2 × 110 KVA

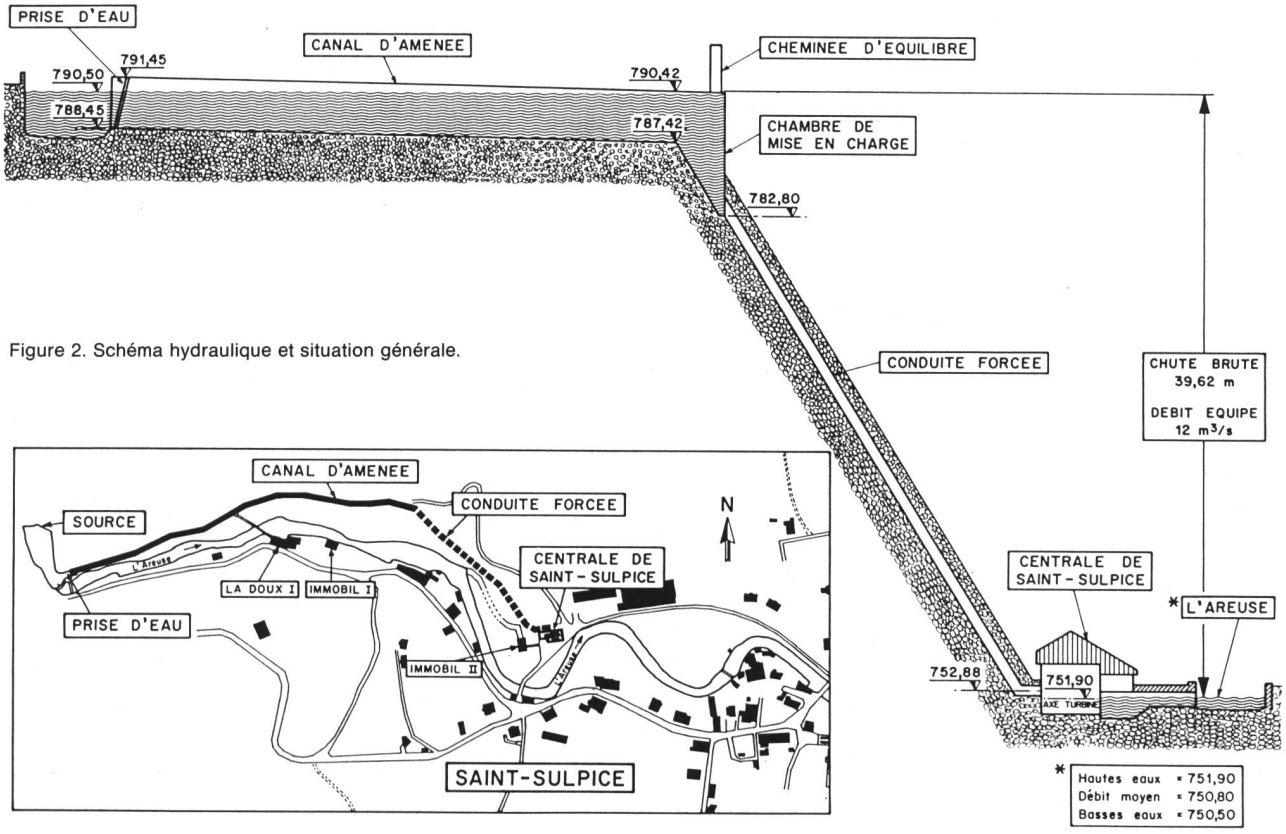


Figure 2. Schéma hydraulique et situation générale.

Le turbinage des eaux en une seule chute, avec de nouveaux groupes hydro-électriques, représentait la meilleure solution pour revaloriser les concessions de l'ENSA avec, en outre, les avantages suivants:

- simplification de l'exploitation avec amélioration de la sécurité,
- meilleur rendement,
- utilisation de la chute entre Immobil I et II.

L'Areuse

Le débit de l'Areuse est très variable. Une crue de 50 m^3/s a été mesurée à la station hydrométrique de Saint-Sulpice, tandis que le débit moyen annuel, déterminé sur la période 1959–1980, est de 4,75 m^3/s et il peut varier entre 7,1 m^3/s et 2,5 m^3/s. Etant donné la production hivernale intéressante de l'Areuse, correspondant à environ 60% de l'énergie annuelle possible, il a été finalement décidé de porter le débit équipé de 7,5 m^3/s à 12,5 m^3/s. Ce nouveau débit, selon la courbe des débits classés (figure 3), est dépassé pendant 35 jours/an en moyenne. L'eau sera conduite à la nouvelle centrale en empruntant partiellement l'ancien tracé du canal de la Doux. Ainsi tous les nouveaux ouvrages de génie civil seront construits sur la rive gauche.

Choix des turbines

Une étude comparative a été effectuée entre des turbines à double action du type Ossberger et des turbines à réaction du type Francis. Après évaluation des avantages et des inconvénients des différentes solutions du point de vue économique et technique, la solution suivante fut retenue:

- Equipement de la nouvelle centrale de quatre groupes Francis avec un débit nominal, par unité, de 3,125 m^3/s.

Essais sur modèle réduit

Afin de vérifier les caractéristiques hydrauliques du canal d'amenée et fixer définitivement les cotes des nouveaux ouvrages, un modèle réduit, à l'échelle 1:25, a été réalisé par le personnel d'ENSA. Le programme d'essais a permis d'étudier, entre autres, l'amplitude et la propagation des intumescences créées par des écoulements non stationnaires (exemple: fermeture brusque des vannes de garde). Grâce à l'amortissement de ces ondes dans le canal d'amenée et dans le bassin de rétention, la construction d'un chenal d'évacuation à la chambre de mise en charge a pu être évitée.

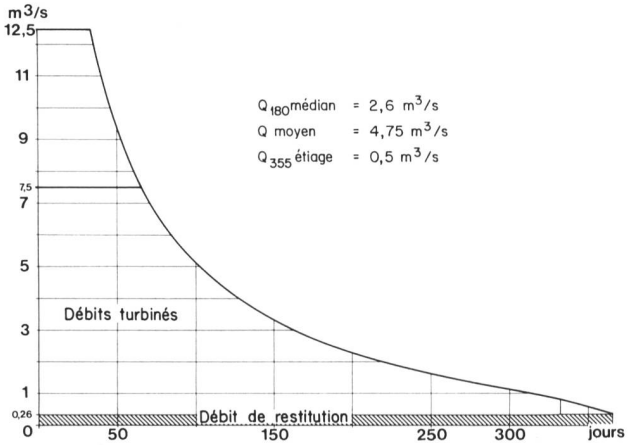


Figure 3. Courbe des débits classés de l'Areuse à Saint-Sulpice.

2. Ouvrages hydrauliques

Barrage et prise d'eau

Lors des premiers travaux d'excavation, il a été constaté que l'ancien barrage n'était pas ancré dans le rocher, mais reposait sur un fond de marne par l'intermédiaire de poutres en chêne. Avant d'être réhaussé de 60 cm jusqu'à la cote 790,0 m, le mur de retenue a dû être renforcé, à l'amont, par un voile en béton armé de 1,10 m de large. Le déversoir est dimensionné pour une crue de 120 m^3/s.

Le barrage est équipé d'une vanne de crue et d'une vanne de purge télécommandées localement.

La prise d'eau, entièrement reconstruite, est dimensionnée pour un captage de 12,5 m^3/s. Elle comprend un dégrilleur automatique avec un système de nettoyage par râteau. Ce dernier est commandé par la mesure différentielle des niveaux d'eau amont et aval de la grille. L'entrée du canal est protégée par un clapet de sécurité ayant les mêmes fonctions de protection qu'une vanne de tête. En cas de rupture du profil hydraulique (incident majeur), le clapet se ferme automatiquement sans apport d'énergie jusqu'au débit le plus élevé. Dans le massif de la prise d'eau est également incorporé un petit local de commande comprenant les

Figure 4. Nouveau barrage et prise d'eau près de la source de l'Areuse.

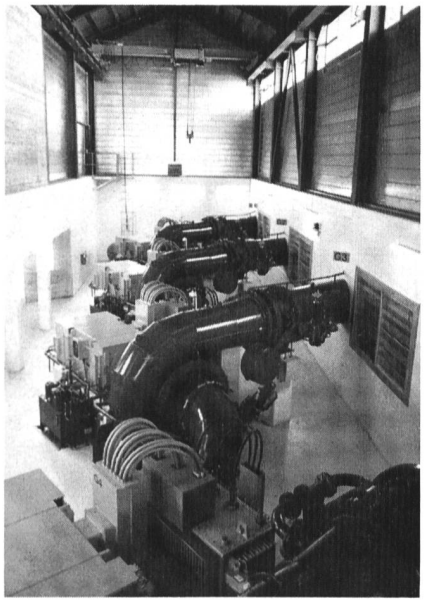


Figure 5. Vue plongeante sur la halle des machines.

équipements électriques et oléohydrauliques du barrage et de la prise d'eau. Des câbles d'alimentation, de téléphone, de télécommande et de télésignalisation relient ce bâtiment à la centrale.

Canal d'amenée et chambre de mise en charge

Le nouveau canal, à flanc de montagne, utilise partiellement le tracé de l'ancien ouvrage qui a dû être démonté. D'une longueur de 442,7 m, il traverse différentes zones d'éboulis qui ont nécessité des travaux de consolidation. Le canal est fixé à la pente par l'intermédiaire d'une longrine en béton avec des tirants d'ancrage d'une capacité de 60 tonnes, tous les 6 mètres. La chambre de mise en charge, sans chenal d'évacuation, est équipée d'une aspiration d'air. Pour contrôler la mise en pression correcte de la conduite forcée, le niveau d'eau, dans la chambre, est mesuré.

Conduite forcée et répartiteur

La conduite forcée, d'une longueur de 240 m, est ancrée en amont à la chambre de mise en charge et en aval dans le massif de la centrale. Elle est entièrement enterrée. A l'aval et dans un plan horizontal au niveau des turbines se trouve le répartiteur à 4 branches.

3. L'équipement hydro-électrique

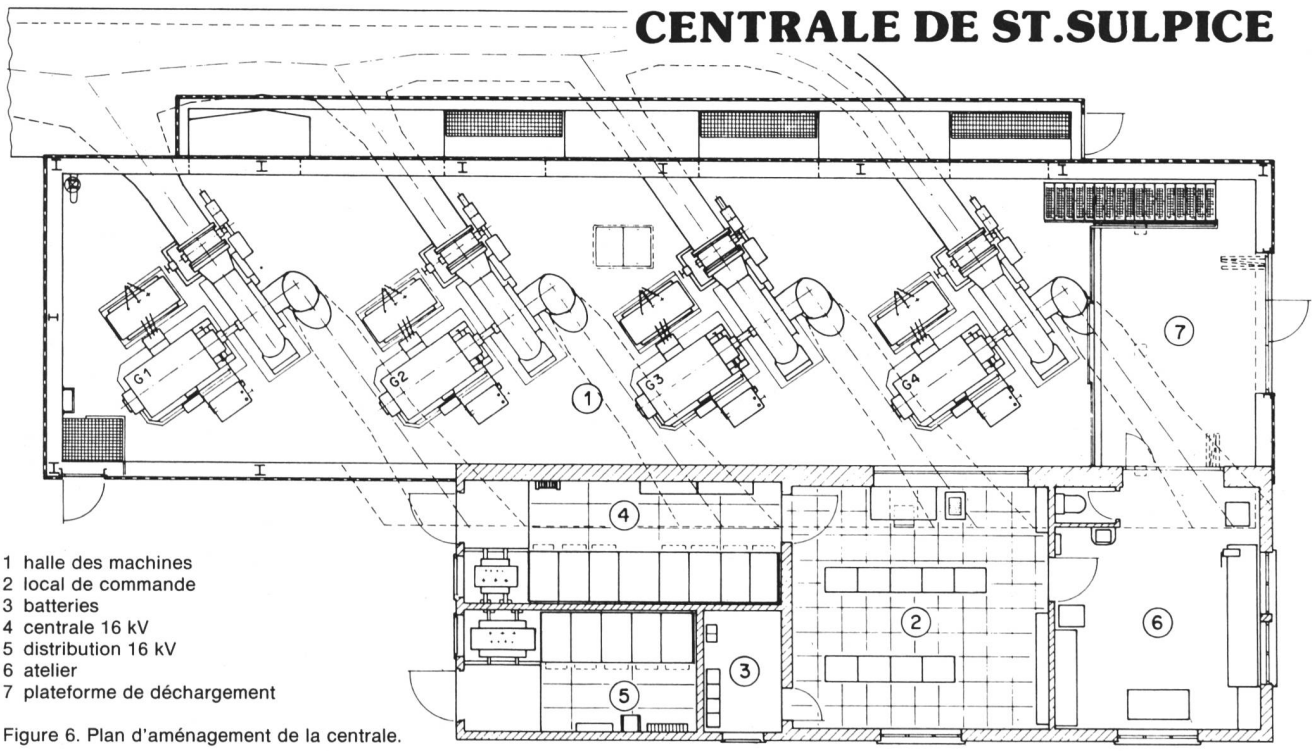
La nouvelle centrale de Saint-Sulpice a été construite à l'emplacement de la fabrique de pâtes de bois. La présence d'anciennes fondations a créé certaines difficultés lors des terrassements.
L'architecture du bâtiment a été particulièrement soignée afin d'intégrer au mieux cet ouvrage dans ce site merveilleux à l'intérieur d'un méandre de l'Areuse.
La halle des machines comprend quatre groupes du type Francis, accouplés directement à des alternateurs synchrones (figure 5).
Pour des raisons de facilité d'entretien, le jeu de barres de la centrale est réalisé en deux sections. L'énergie est évacuée en 16 kV sur deux départs à choix. Une grande baie vitrée permet une surveillance attentive des machines à partir du local de commande. Le bâtiment (figure 6) comprend encore une station 16 kV/400 V pour alimenter le réseau de la région, un local batterie et un petit atelier.

Les turbines

Les quatre groupes hydrauliques de 1 MW à axe horizontal ont été livrés par les Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey.
Les bâches (figure 7) sont fixées, par l'intermédiaire de pieds, directement sur des plaques support solidaires de la dalle de la centrale. Les blindages d'aspirateur sont scellés dans le béton. Il en résulte un ouvrage compact constituant un ensemble monobloc.
Afin de garantir une bonne longévité, les pièces sujettes à l'usure sont réalisées en acier inoxydable et en bronze-aluminium (roues Francis). Le distributeur comprend 16 aubes directrices commandées par des leviers avec biellettes de sécurité en fonte pour prévenir tout endommagement du mécanisme de vannage.
La centrale de Saint-Sulpice étant équipée pour fonctionner uniquement en parallèle sur le réseau électrique MT, les vérins hydrauliques de commande du cercle de vannage sont actionnés par des impulsions sur l'électrovanne de réglage. Ces impulsions proviennent soit de l'appareil de synchronisation, soit de l'automate.
Chaque turbine est protégée par une vanne de garde de type papillon avec commande à pression d'huile pour l'ouverture et contrepoids pour la fermeture.
Etant donné la grande plage de fonctionnement de chaque groupe (0,7 à 3,125 m^3/s), un soin particulier a été apporté lors de la conception, afin d'éliminer tout risque d'érosion par cavitation. Des aspirateurs à air permettent de limiter les fluctuations de puissance et de pression, notamment dans la zone critique de la torche à mi-charge.
Les turbines sont dimensionnées, du point de vue sécurité, pour une vitesse d'emballement maximale permanente de 1450 t/min.

Les alternateurs

Les quatre alternateurs en couplage bloc, d'une puissance unitaire de 1200 kVA, ont été fournis par la maison Asea



1 halle des machines
2 local de commande
3 batteries
4 centrale 16 kV
5 distribution 16 kV
6 atelier
7 plateforme de déchargement

Figure 6. Plan d'aménagement de la centrale.

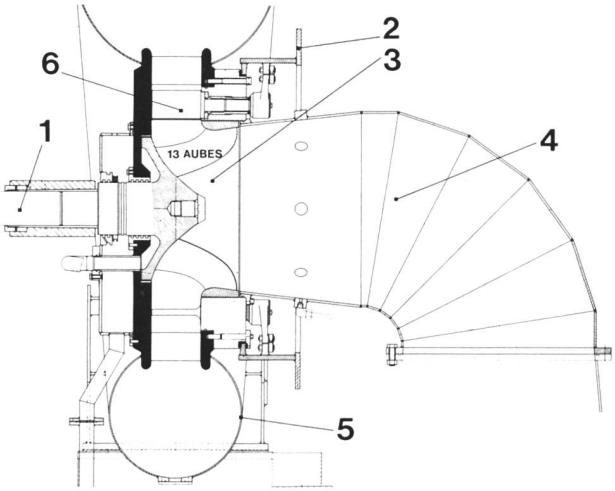


Figure 7. Coupe de la turbine Francis.
Puissance 189 kW, chute nette nominale 39,6 m, vitesse 750 t/min, débit 3125 l/s
1 arbre, 2 cercle de vannage, 3 roue Francis, 4 aspirateur, 5 bâche spirale, 6 distributeur

Brown Boveri. Chaque génératrice est accouplée directement à la turbine, cette dernière étant montée en porte-à-faux. Le choix s'est porté sur des machines synchrones, avec rotor à pôles saillant, car elles peuvent être exploitées économiquement également aux charges partielles. Avec un refroidissement à air, auto-ventilé et l'emploi d'une excitation avec diodes tournantes, sans bagues ni balais, l'entretien en est très réduit.
Les transformateurs blocs élèvent la tension de sortie des génératrices de 400 V à 16,6 kV.
Le démarrage et la mise en parallèle des groupes sur le réseau sont effectués de façon conventionnelle:
- lancement du groupe par la turbine,
- enclenchement de l'excitation et de la synchronisation à 80% de la vitesse nominale,
- couplage sur le réseau avec un glissement maximal de 0,5%,
- mise en charge du groupe et réglage de la puissance.

Chaque alternateur est équipé d'un régulateur de tension à thyristors.
Le fonctionnement mécanique des quatre groupes est contrôlé par un système de surveillance autonome, commandé par microprocesseur. Il évalue, à tout instant, les grandeurs suivantes:
- température ambiante des machines,
- température des paliers,
- température des stators,
- température des transformateurs,
- vibration de l'arbre d'entraînement,
- vitesse de rotation.

En outre, pour une haute sécurité de service, les capteurs de mesure intégrés sont auto-contrôlés.

4. Automatisation et exploitation

L'aménagement hydro-électrique de Saint-Sulpice a été entièrement automatisé dans le but:
- d'optimiser l'exploitation des ressources hydrauliques,
- d'assurer une conduite rationnelle des groupes de production,
- de garantir la sécurité de l'environnement humain et la protection des équipements,
- d'alléger le travail du personnel de service.

L'automatisation (figure 8) est intégrée aussi bien dans les fonctions de réglage, de commande, de protection que dans les fonctions d'acquisition, de traitement et de transmission de données (alarmes, signalisation, ordres d'arrêt).
Un automate, équipé d'un micro-processeur huit bits, contrôle les séquences d'arrêt et de démarrage des groupes et assure le réglage de la puissance en fonction du niveau

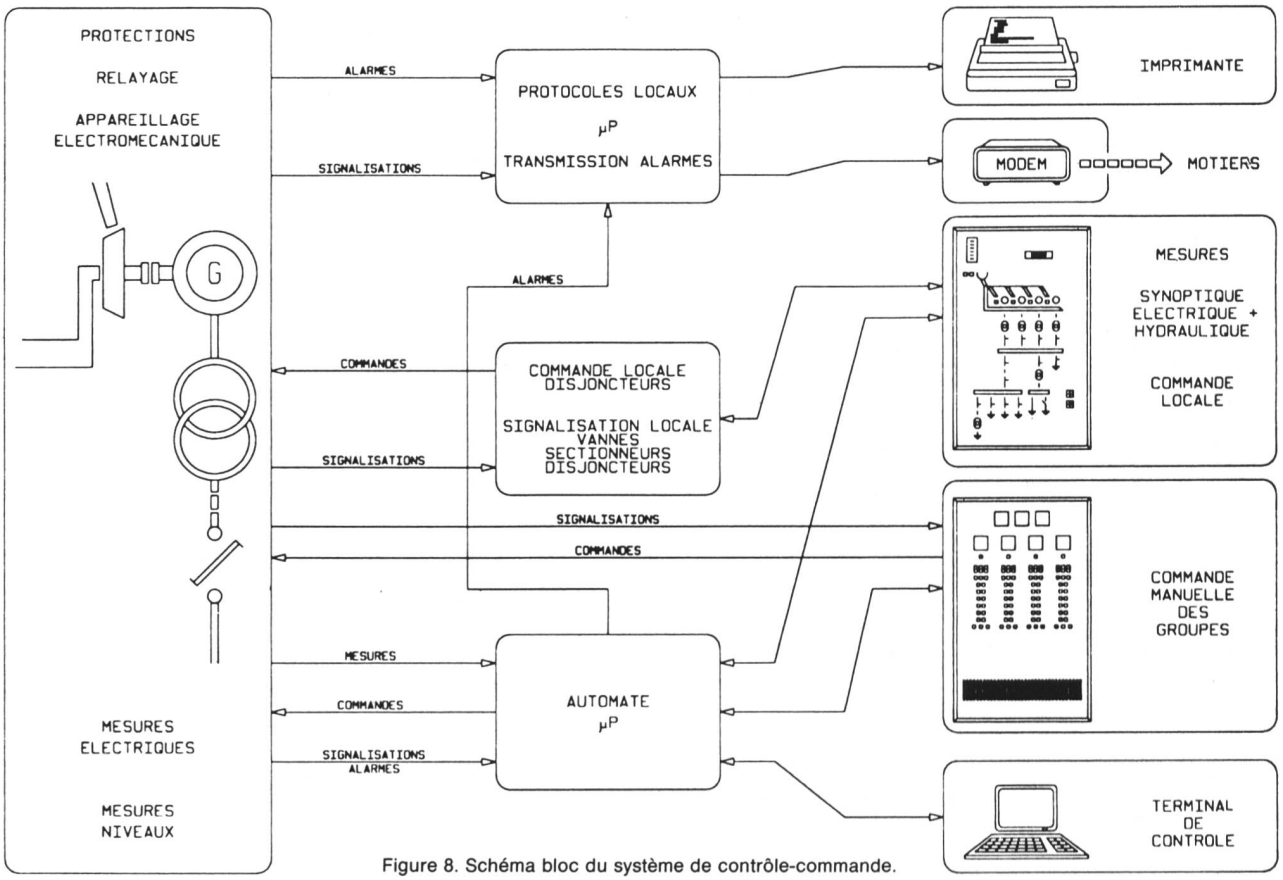


Figure 8. Schéma bloc du système de contrôle-commande.

Tableau 2. Caractéristiques techniques de la nouvelle centrale.

Hydrologie	Bassin versant		127 km²
	Débit annuel moyen		4,75 m³/s
	Débit de restitution		260 l/s
	Accumulation	env.	300 m³
	Chute nette à pleine charge		35,85 m
Canal d'amenée	Longueur		442,7 m
	Pente		2 à 3 ‰
	Débit nominal		12,5 m³/s
Conduite forcée	Longueur		240 m
	Diamètre intérieur		2,24 m
	Pente moyenne		14 %
Centrale	4 turbines Francis		
	Puissance	unitaire	1,089 MW
	Débit	unitaire	3,125 m³/s
	Vitesse de rotation		750 t/m
	Rendement (10/10)		0,898
	4 alternateurs synchrones		
	Puissance	unitaire	1,2 MVA
	Cos φ		0,9
	Tension de service		400 V
	Rendement (Cos φ = 0,9)		0,967
Production	Moyenne annuelle (estimée)		9 mio KWh

d'eau au barrage. L'architecture en une structure «bus» (MUBUS et IBUS) permet de gérer facilement toutes les données entre l'unité centrale et les périphériques.
Les fonctions de protection sont regroupées en quatre niveaux hiérarchiques, selon la gravité de l'événement:
- alarme (pas de perte de production),
- arrêt normal,
- arrêt rapide,
- arrêt d'urgence (délestage).

L'interface homme-machine comprend:
- une imprimante pour le protocole d'exploitation,
- un modem pour la transmission des données au dispatching,
- un synoptique hydraulique et électrique avec diodes de signalisation, appareils de mesure et commande manuelle de l'équipement moyenne tension,
- un tableau avec synchronoscope, commande manuelle des groupes et matrice de diodes (signalisation des alarmes),
- un terminal de contrôle directement relié à l'automate.

Tableau 3. Fournisseurs principaux – centrale de Saint-Sulpice.

Maître de l'ouvrage:	Electricité Neuchâteloise SA, Corcelles
Ingénieurs génie civil:	Forces Motrices Neuchâteloises SA, Corcelles, Müller et Praz, Marin
Ingénieurs géotechnique:	De Cérenville Géotechnique SA, Neuchâtel
Ingénieurs électromécanique:	Electricité Neuchâteloise SA, Corcelles
Génie civil:	Association de Saint-Sulpice S. Facchinetti, Neuchâtel
Conduite forcée et répartiteur:	Jean Rossi, Lausanne
Vannes de barrage et vanne de tête:	Fäh, Glarus
Degrilleur:	Jonneret, Genève
Mesure de niveaux:	Vega, Fehraltorf
Turbines et vannes de garde:	Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey, Vevey
Alternateurs et transformateurs:	Asea Brown Boveri SA, Baden
Equipement 16 kV:	Sprecher Energie, Oberentfelden
Synchronisation et régulateur de tension:	Asea Brown Boveri SA, Baden
Protection mécanique et électrique:	Asea Brown Boveri SA, Baden
Automate:	Electricité Neuchâteloise SA, Corcelles
Redresseur, batteries:	Electrona, Boudry
Onduleur:	Iwatec, Morbio Inferiore
Pont roulant:	Sponta, Boudry

Le réglage du débit de turbinage est fait en fonction des apports de l'Areuse, le niveau d'eau restant constant dans le bassin d'accumulation. La centrale n'est pas équipée d'un réglage de fréquence pour fonctionner en réseau isolé. Le démarrage du premier groupe hydro-électrique est effectué à partir d'une certaine hauteur de la lame d'eau déversante.
Dès que le groupe arrive à sa puissance nominale, la deuxième unité est synchronisée. Après stabilisation du réglage hydraulique, la puissance totale est répartie d'une manière équilibrée sur les groupes en service. Un groupe «chef d'orchestre», désigné par l'automate, règle les faibles variations.
Pour assurer la sécurité de l'ensemble de l'ouvrage, le profil hydraulique est constamment surveillé par deux systèmes de mesure de niveaux d'eau en amont du canal d'amenée et dans la chambre de mise en charge.

Adresse de l'auteur: *René Bautz,* ing. él. dipl. EPFL, chef du Service des études et constructions, Electricité Neuchâteloise SA, CH-2035 Corcelles.

Die Kohlendioxid-Belastung der Atmosphäre durch die Schweiz

Paul Zaugg

In der Schweiz ist man stolz darauf, mit der am 1. März 1986 in Kraft gesetzten Luftreinhalteverordnung Grenzwerte für die erlaubte Belastung der Luft mit den Schadstoffen Schwefeldioxid, Stickoxid, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen festgelegt zu haben, die im Vergleich zu den entsprechenden Vorschriften anderer Industrieländer als streng und fortschrittlich zu bezeichnen sind. Aber das bei jeder Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehende Kohlendioxid (CO_2) hat bisher noch in keiner Luftreinhaltevorschrift Berücksichtigung gefunden, obwohl die Klimatologen immer lauter darauf hinweisen, dass die andauernde künstliche Freisetzung dieses Gases im gegenwärtigen weltweiten Ausmass auf mittlere und lange Sicht schlimme Folgen für das Erdklima haben wird. Zwar ist für die Beeinflussung des Erdklimas in erster Linie die globale Menge an freigesetztem CO_2 massgebend. Aber diese ist die Summe aller in den einzelnen Staaten oder Staatengruppen erzeugten Anteile. Hier ist nun festzuhalten, dass die Staaten Westeuropas, bezogen auf die über ihrem Territorium liegende Luftmasse, am meisten CO_2 freisetzen. Dies gilt auch für die Schweiz. Unser Land setzt anteilmässig rund das 10fache des Mittelwertes aller Staaten an in der Luft verbleibendem CO_2 frei und trägt, trotz fortschrittlicher Luftreinhalteverordnung, entsprechend viel zur Gefährdung des Erdklimas bei. Deshalb wird es dringend, dass man sich in der Schweiz viel ernsthafter als bisher mit den Möglichkeiten einer echten Reduktion des CO_2-Ausstosses auseinandersetzt. Dies gilt auch für das übrige Europa.

Die globale Verminderung der CO_2-Freisetzung ist dringend

Eine der wichtigsten Aufgaben, die sich uns heutigen Menschen stellen, ist sicher die, das Erdklima zu erhalten. Die Klimatologen kommen beim Vergleich der über längere Zeitabschnitte gemessenen Klimadaten zum Schluss, dass eine Klimaverschiebung im Gange sei. Zwar sind deren Ursachen noch nicht ganz klar. Aber die Anzeichen mehren sich, dass gewisse durch den Menschen in Gang gesetzte Prozesse an diesem bedrohlichen Vorgang mitschuldig