

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 103 (1977)  
**Heft:** 4: SIA spécial, no 1, 1977

**Artikel:** Evolution de la mise en valeur d'un site hydro-électrique: les transformations de la centrale de Montbovon  
**Autor:** Hirschy, Jean-E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73224>

#### 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:** 26.01.2026

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

# Evolution de la mise en valeur d'un site hydro-électrique: les transformations de la centrale de Montbovon

par JEAN-E. HIRSCHY, Genève

*Le développement et par conséquence le mieux-vivre d'une région ou d'un canton dépend essentiellement de l'harmonie entre les différentes activités qui s'y déroulent. Entre elles, les proportions peuvent être fort différentes, selon la vocation de la région et selon l'évolution de la situation de l'économie générale. Les autorités fribourgeoises l'ont bien compris et s'efforcent d'équilibrer la part importante de l'agriculture dans l'économie de ce canton par un développement des activités industrielles, aussi bien pour des raisons sociales qu'économiques. Il faut souhaiter que la récession actuelle n'entrave pas cette politique fructueuse.*

*Qui dit développement industriel dit besoins accrus en énergie. Cette servitude est douloureuse, si l'on songe que*

*plus des trois quarts de nos besoins en énergie sont couverts par l'importation de produits pétroliers, dont le prix croissant est soumis à des facteurs sur lesquels nous n'avons aucun contrôle.*

*L'article qui suit démontre que même si la presque totalité de nos ressources en énergie hydro-électrique sont déjà exploitées, il est encore possible d'en améliorer le rendement, que ce soit en tirant un meilleur parti des cours d'eau exploités ou par une répartition plus rationnelle de l'énergie produite en fonction des variations des besoins et de la production. Le programme décrit ci-après constitue certainement un soutien de poids dans la politique de promotion industrielle du canton de Fribourg.*

Rédaction.

## 1. Introduction

L'aménagement hydro-électrique de Montbovon se trouve sur le cours de la Sarine qui prend sa source dans l'est du massif des Diablerets, sur territoire valaisan, traverse l'Oberland bernois, le Pays-d'Enhaut vaudois, la Gruyère fribourgeoise et se jette enfin dans l'Aar sur territoire bernois.

Cette rivière de 120 km offre tout le long de son cours de nombreuses possibilités d'exploitation d'énergie électrique. La première retenue se situe près de sa source, au barrage du Sanetsch. Peu sollicitée dans son parcours en pays vaudois, son exploitation devient plus poussée dès son entrée en Gruyère avec les chutes de Montbovon et Lessoc. Sa course se termine en territoire fribourgeois avec les chutes de Hautevive, d'Oelberg et de Schiffenen.

De tous ces aménagements hydro-électriques, celui de Montbovon est le plus ancien et a déjà été modernisé à plusieurs reprises.

## 2. Historique du développement de 1896 à 1971

Dans la seconde moitié du 19<sup>e</sup> siècle, la Sarine formait entre la Tine et Montbovon une série de chutes utilisées pour actionner de petites scieries.

En 1896, un groupe de particuliers fonda, sous la raison sociale Genoud, Peyraud et Cie, l'*«Entreprise Electrique de Montbovon»* ayant son siège à Bulle; cette société acquit l'ensemble de ces scieries en vue de créer, entre la Tine et Montbovon, une chute unique de 67 m et un débit de 10 m<sup>3</sup>/sec.

Avant la mise en œuvre de cet aménagement, l'Entreprise construisit à Montbovon une petite centrale équipée de deux groupes de 300 ch chacun, alimentés par la chute de la scierie du village qui atteignit, une fois la digue rehaussée, une dizaine de mètres. L'eau était amenée aux machines par un tunnel long de 144 m, parallèle à la rivière (fig. 2a).

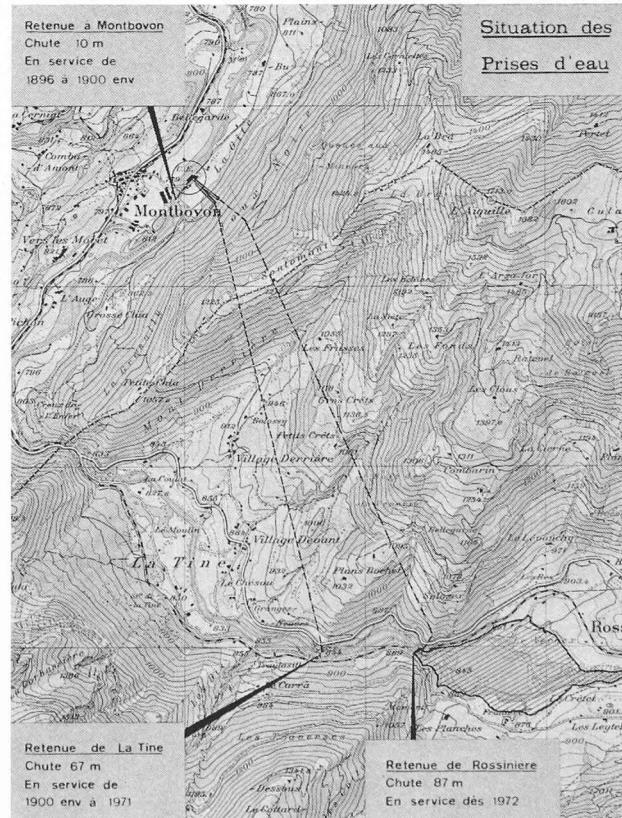


Fig. 1. — Situation des prises d'eau (reproduit avec l'autorisation du Service topographique fédéral du 29.9.1976).

En 1898, la demande de force motrice pour la traction électrique de chemins de fer vint s'ajouter au nombre toujours croissant d'abonnements de lumière. Le réseau de distribution monophasé s'étendait déjà sur une distance de 60 km de l'usine.

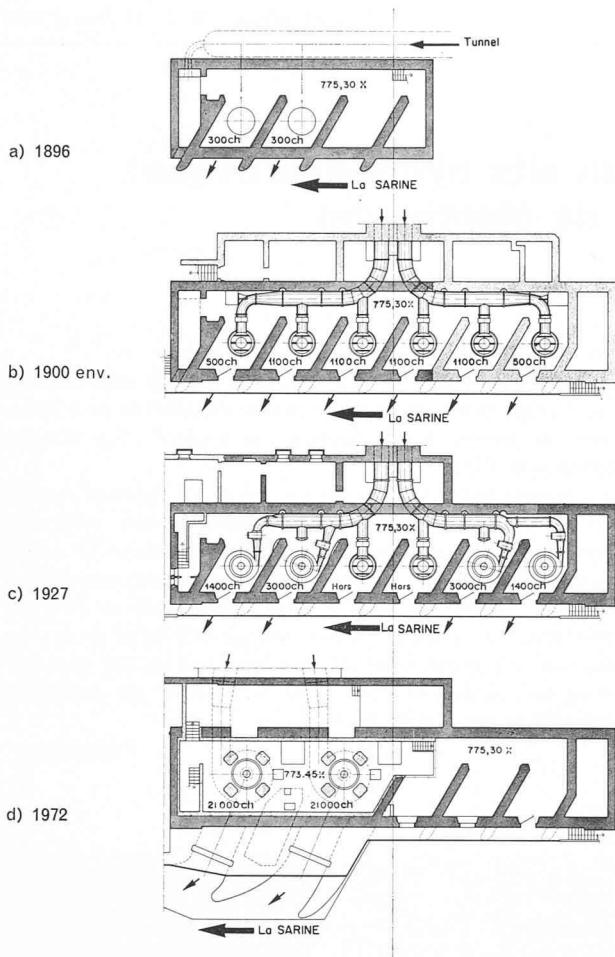


Fig. 2. — Evolution de la disposition des groupes dans la centrale. Coupe en plan au niveau du sol des turbines — cote 775,3 m/mer.

A ce moment l'Etat de Fribourg s'apprêtait à construire son usine hydro-électrique de Hauterive. Il s'intéressa vivement à l'évolution de la centrale de Montbovon et créa la « Société des Usines Hydro-électriques de Montbovon », avec siège à Romont, dont il devint majoritaire en rachetant toutes les installations existantes.

Le nouvel aménagement mis en service au début du siècle comporte la prise d'eau située à la Tine avec un barrage déversoir en béton muni de vannes de chasse. Ce barrage crée une accumulation permettant une hauteur de marnage de 4 m environ. Une galerie souterraine (esquissée sur la figure 1), d'une longueur de 3000 m environ, d'une section de 10 m<sup>2</sup> et de 0,6 % de pente, amène l'eau jusqu'à la chambre des vannes en tête des deux conduites forcées.

Pendant les quelques années que durèrent les travaux de transformation et d'agrandissement, la Société érigea à Payerne une usine provisoire équipée de turbines à vapeur d'une puissance de 400 ch produisant du courant pour assurer la continuité de la production.

La nouvelle centrale de Montbovon est alors équipée de 6 turbines du type Girard, construites par la maison Rieter à Winterthour et accouplées à des alternateurs livrés par la Société d'Electricité Alioth à Bâle (fig. 2b).

La puissance installée est de 5400 ch sous une chute de 67 m et un débit de 10 m<sup>3</sup>/sec, répartie entre 4 groupes de 1100 ch et 2 groupes de 500 ch.

Les turbines sont à axe vertical, à pleine injection radiale. Les régulateurs de vitesse, à commande hydrau-

lique, agissent sur un obturateur circulaire qui se déplace axialement entre le distributeur et la roue motrice. A l'origine, pour diminuer la poussée verticale des parties tournantes sur les pivots, on avait recours à un piston hydraulique. Par la suite, vers 1915, pour réduire les pertes d'eau, les pivots furent remplacés par des pivots à billes.

Les quatre génératrices triphasées de 1100 ch (300 t/min) et les deux génératrices triphasées de 500 ch (150 t/min) livrent du courant à 50 périodes sous une tension de 8500 V. Le réglage de la tension, bien que prévu automatiquement, se fait à la main.

Pour abriter ces nouvelles machines, l'ancien bâtiment a été prolongé de 25 à 42 m et le nombre des chambres de turbines augmenté de 3 à 6 ; leur largeur intérieure de 7,50 m a été maintenue.

Du côté montagne, on a construit, en dehors de la salle des machines, une salle pour les excitatrices, un magasin et un atelier de réparation.

A la suite de la transformation du réseau de distribution monophasé en courant triphasé et du raccordement des nouvelles installations à la centrale de Montbovon, l'usine de Payerne fut arrêtée.

En 1927, une nouvelle transformation de la centrale fut décidée. La puissance installée fut augmentée en remplaçant 4 des 6 machines par des unités plus modernes tout en conservant les ouvrages d'adduction, prise d'eau, galerie et conduites forcées.

L'usine elle-même ne fut pas sensiblement modifiée dans sa structure de base, si ce n'est par le renforcement des appuis des dalles des chambres de turbines. Dans sa partie haute, le bâtiment fut rehaussé pour permettre l'installation d'un pont roulant plus lourd. Cette élévation permit la création de locaux en étages, côté montagne, reliés par un escalier installé dans une tour construite à l'amont de l'immeuble (fig. 2c).

Une seconde tour, à l'aval de la première, fut construite à cette époque. Elle était destinée à abriter l'atelier d'entretien des transformateurs. A ce stade des transformations, le bâtiment a atteint sa structure définitive.

Les nouveaux groupes de production sont équipés de turbines Francis à axe vertical munies d'aspirateurs droits, coniques, refoulant l'eau turbinée dans les canaux de fuites en communication avec la rivière. Ces turbines sont construites par les Ateliers des Charmilles à Genève, accouplées à des alternateurs provenant de Brown Boveri & Cie à Baden.

La nouvelle puissance installée est de 8800 ch, répartie en deux groupes de 1400 ch et deux groupes de 3000 ch. Sous la chute moyenne de 67 m, les petits groupes absorbent 1,9 m<sup>3</sup>/s et tournent à 300 t/min, les grands 4 m<sup>3</sup>/s à 500 t/min.

Il est intéressant de signaler qu'à cette époque un projet de créer une retenue plus importante, à l'amont de la Tine, avait déjà été envisagé dans le goulet fermant le plateau du Vernex à Rossinière. Les machines hydrauliques étaient prévues pour fournir, sous une chute plus élevée de 87 m, une puissance de 2100 ch, respectivement 4500 ch, la puissance totale installée aurait été de 13 200 ch, les turbines absorbant respectivement 2,15 m<sup>3</sup>/s à 375 t/min et 4,62 m<sup>3</sup>/s à 500 t/min.

### 3. Description du nouvel aménagement

En 1962, les Entreprises Electriques Fribourgeoises, désireuses d'augmenter leur potentiel énergétique, ont chargé la Société Générale pour l'Industrie d'une étude préliminaire générale portant sur l'opportunité d'une

modernisation de l'aménagement existant ainsi que sur la possibilité d'une mise en valeur des eaux inutilisées entre Montbovon et le lac de Gruyère.

A la suite de cette première étude qui a permis d'apprécier la rentabilité d'une telle mise en valeur, les Entreprises Electriques Fribourgeoises chargèrent en 1967 la Société Générale pour l'Industrie d'un nouveau mandat d'étude sous forme de projet général de l'une des solutions proposées jugée la plus intéressante par le maître de l'œuvre.

Cette solution comporte deux paliers :

- le « palier de Montbovon » destiné à remplacer le vieil aménagement existant et à l'étendre vers l'amont,
- le « palier de Lessoc », situé à l'aval du premier, que nous ne faisons que citer ici, bénéficie ainsi, en plus des écluses de l'usine de Montbovon, des apports du bassin intermédiaire, dont notamment celui d'une partie de l'Hongrin, principal affluent rive gauche de la Sarine.

L'ensemble de ces deux paliers a été dénommé :

#### *Aménagement hydro-électrique de la Haute-Sarine*

La centrale du « palier de Montbovon » est alimentée par un nouveau système d'adduction d'eau comprenant les principaux ouvrages suivants :

- 1) le barrage de Rossinière d'une trentaine de mètres de hauteur, d'une longueur au couronnement de 35 m. Cet ouvrage est équipé de deux vannes-secteurs, vidanges de fond et de deux vannes-clapets ou déversoirs de surface réglant le niveau de la retenue (fig. 3) ;

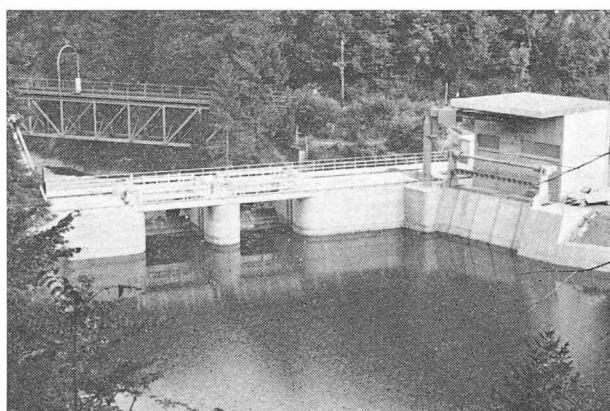


Fig. 3. — Barrage de Rossinière. A droite, ouvrages de prise.

- 2) une prise d'eau située à proximité immédiate du barrage, susceptible d'absorber le débit équipé de  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ ; cette prise est dotée d'une grille inclinée, d'un dégrilleur et d'une vanne-wagon ;
- 3) une galerie d'amenée sous pression d'un diamètre intérieur de 3,80 m et d'une longueur de 2730 m percée dans le flanc de la montagne sur la rive droite de la Sarine ;
- 4) une chambre d'équilibre comportant un puits vertical et 2 vases d'expansion (inférieur et supérieur), d'un volume total de  $7000 \text{ m}^3$  environ ;
- 5) deux conduites forcées, posées en tranchée, puis enrobées de béton et recouvertes de terre, de 2,40 m de diamètre et de 200 m de longueur chacune. L'extrémité amont de chaque conduite est dotée d'une vanne-papillon de  $\varnothing 1,80 \text{ m}$  permettant d'éviter tout danger en cas de rupture ou déchirure du blindage à l'aval ;
- 6) les deux nouveaux groupes d'une puissance unitaire de 15,5 MW, logés dans le bâtiment de l'usine de Montbovon.

#### 4. Nouvelles conditions d'exploitation

Avant sa dernière transformation, la centrale de Montbovon exploitait l'énergie hydraulique au fil de l'eau. Le débit maximum absorbé par les quatre turbines installées en 1927 était, à pleine charge, de  $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ce débit est, en moyenne, disponible dans la rivière 180 jours par an. Au-delà, soit durant 185 jours, la production était diminuée en raison d'un débit insuffisant. En deçà, l'ouvrage de prise rejettait à l'aval l'excédent.

L'intérêt apporté à la transformation et à la modernisation de l'aménagement est représenté par l'augmentation du volume d'eau accumulé dans la nouvelle retenue. En effet, avec ses  $1\ 700\ 000 \text{ m}^3$  utiles, le lac permet d'exploiter plus souplement les eaux de la Sarine.

Les avantages sont les suivants :

- la capacité du lac d'absorber une part plus importante des fluctuations des débits d'apport ; d'où une diminution des volumes d'eau rendus inutilisables par déversement ;
- le choix d'un débit équipé plus important, d'où un accroissement de la puissance de l'installation ;
- la valorisation de l'énergie par l'exploitation compensée par des débits naturels (journalier et fin de semaine), permettant une production essentiellement de pointe.

Il a été admis que le volume des apports disponibles serait turbiné à pleine charge, aux heures intéressantes de la journée, le reste du temps et en particulier les 42 heures creuses de fin de semaine — du samedi à midi au lundi à 6 heures — étant utilisé pour le remplissage du bassin.

Le résultat des études d'exploitation a permis de constater que l'apport moyen annuel de la Sarine correspond bien au débit satisfaisant à cette condition de remplissage aux heures creuses et de turbinage à pleine charge aux heures de pointe. En effet, pour un apport de  $16 \text{ m}^3/\text{sec}$ , le volume ainsi accumulé et turbiné, à raison de 10 heures par jour, correspond à une puissance installée de 31 MW environ et à un débit équipé de  $40 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Les niveaux de la retenue formés par le barrage de Rossinière peuvent varier de 860 à 854 m/mer, le barycentre se situant à la cote 857,15 m/mer. Le niveau aval à la restitution de l'usine de Montbovon dépend du niveau du lac de Lessoc qui peut varier entre les cotes 772 et 775 m/mer.

En se basant sur ces cotes et en tenant compte des pertes de charge, les chutes brutes et nettes sont les suivantes :

Chutes brutes	max. 88,0
	moy. 84,0
	min. 80,0
Chutes nettes	max. 84,2 m (1 gpe à 10/10 de charge)
	moy. 78,8 m (2 gpes à 8/10 de charge)
	min. 71,7 m (2 gpes à 10/10 de charge)

#### 5. Implantation des deux nouvelles unités dans le bâtiment

Ces nouvelles conditions d'exploitation du « palier de Montbovon », débit et chute, ont permis de fixer les dimensions de deux groupes turbines-alternateurs à installer dans la centrale existante dont le bâtiment était relativement en bon état.

Malgré la précaution prise en 1927 de construire quatre turbines pouvant fonctionner sous une chute plus élevée de 87 m, ces machines ne pouvaient absorber le nouveau débit.

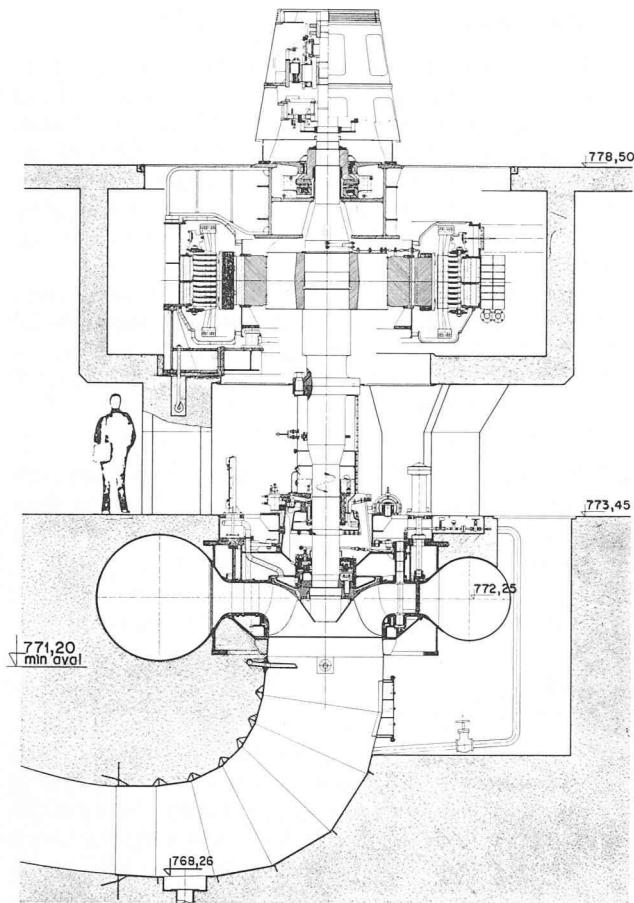


Fig. 4. — Coupe du groupe turbine-alternateur.

Pour implanter ces groupes, d'une puissance unitaire de 15,5 MW, dans le bâtiment existant, deux conditions devaient être remplies :



Fig. 5. — Dégagement d'un pieu coulé dans le sol.

- 1) conserver le niveau du sol de la salle des machines à la cote 778,5 d'où seuls pourraient dépasser l'excitatrice et l'alternateur auxiliaire,
- 2) déterminer le niveau d'implantation de la bâche par rapport à la cote du niveau aval minimum.

Ces deux conditions ont contraint les constructeurs à élaborer un groupe à deux paliers ramassé (fig. 4).

Le poids de l'alternateur et des parties tournantes de la machine est reporté sur les massifs de fondation par quatre piliers en béton armé de section rectangulaire laissant entre elles des passages suffisants pour accéder aux organes de la turbine, palier inférieur, joint-plan, distributeur.

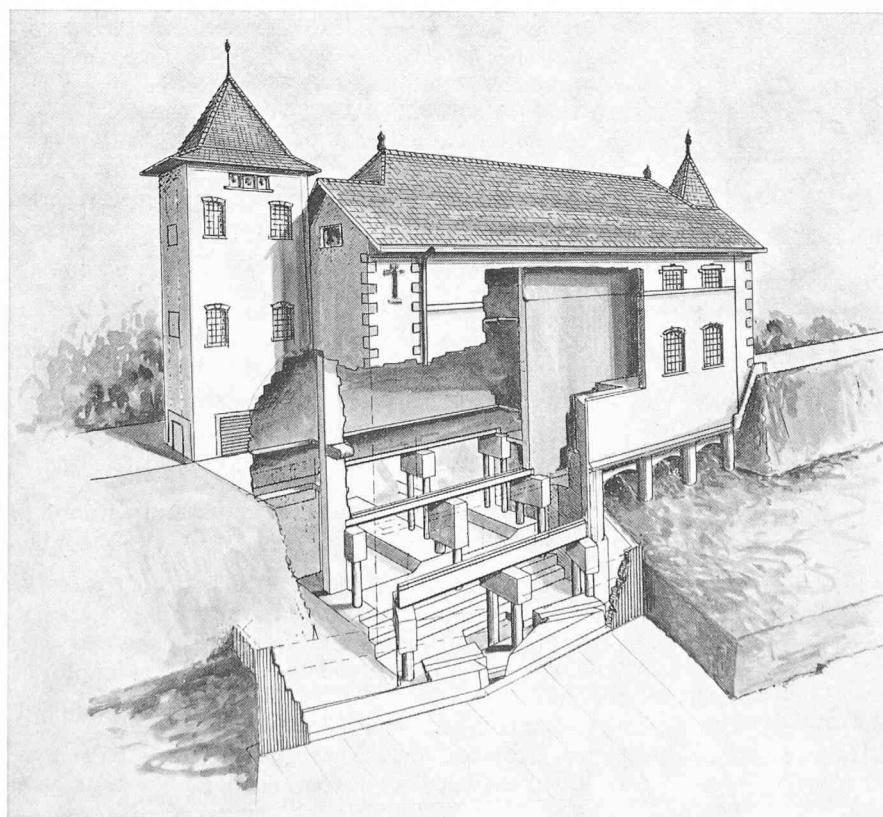


Fig. 6. — Ecorché du bâtiment, reprises en sous-œuvre.

La largeur réduite — 7,5 m — de la salle des machines, desservie par le pont roulant, n'a pas permis d'installer une vanne à l'entrée de la bâche de la turbine, vanne nécessaire pour éviter une usure trop rapide du distributeur, ces machines étant mises en marche et arrêtées plusieurs fois par jour. Une vanne-fourreau cylindrique étanche joue ce rôle, entre la bâche et les aubes du distributeur. Cette vanne est capable de se fermer sous le débit de pleine charge.

Pour procéder au montage ou au démontage des nouveaux groupes, l'ancien pont roulant a été remplacé par un nouvel engin de 50 t. Les deux voies de roulement ont pu être conservées au même niveau, la hauteur sous le crochet étant suffisante pour manutentionner les éléments les plus longs du groupe. La dimension des nouveaux groupes n'a pas permis de conserver l'entre-axe initial des machines et des murs de soubassement du bâtiment (fig. 2d).

## 6. Transformation du bâtiment de la centrale

Pour monter ces nouveaux groupes dans la centrale existante, un travail délicat de reprise en sous-œuvre a été entrepris, travail d'autant plus difficile que les murs de la centrale sont constitués de pierres et de chaux.

Ce travail s'est divisé en plusieurs phases :

- soutènement des murs par des poutres I en acier, ces poutres reposant elles-mêmes sur des semelles de béton supportées par des pieux cylindriques coulés dans des trous forés dans le sol jusqu'au rocher (fig. 5). Les ouvertures, telles que portes, fenêtres et autres évidements, sont obturées ou renforcées par des étayages en bois ou métalliques (fig. 6),
- démolition de l'intérieur de la partie aval du bâtiment (fig. 7).

Ce travail d'excavation a été précédé par la mise en place de rideaux de palplanches protégeant le chantier des infiltrations d'eau (fig. 8).

Ces travaux terminés, des semelles de béton armé sont coulées à divers niveaux. Sur ces semelles, des socles supportent les blindages métalliques des coudes des aspirateurs ainsi que les coffrages en bois des éléments aval de ces conduites (fig. 9). Le tout est coulé dans le béton jusqu'à un niveau permettant le montage des bâches (fig. 10). Celles-ci sont assemblées sur place, puis essayées sous pression. Ensuite ces bâches sont enrobées de béton. Au cours de cette opération, elles sont maintenues sous une pression d'eau équivalente à la moitié de la chute.

Ainsi est terminée l'assise du bâtiment.



Fig. 7. — Démolition dans l'usine.

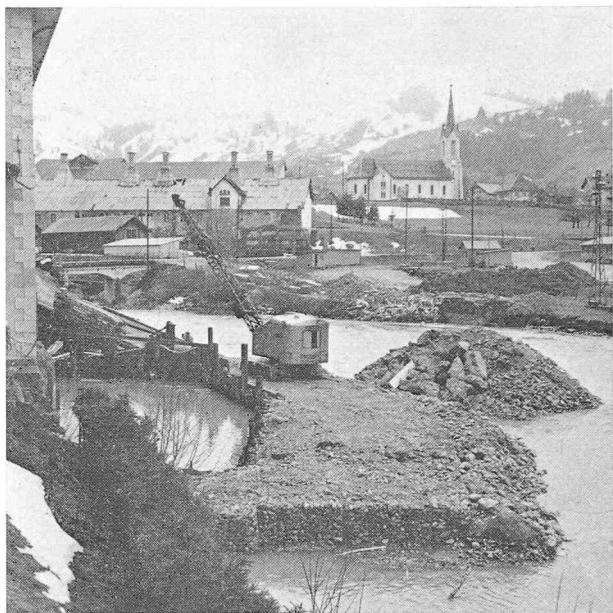


Fig. 8. — Rideau de palplanches devant l'usine.

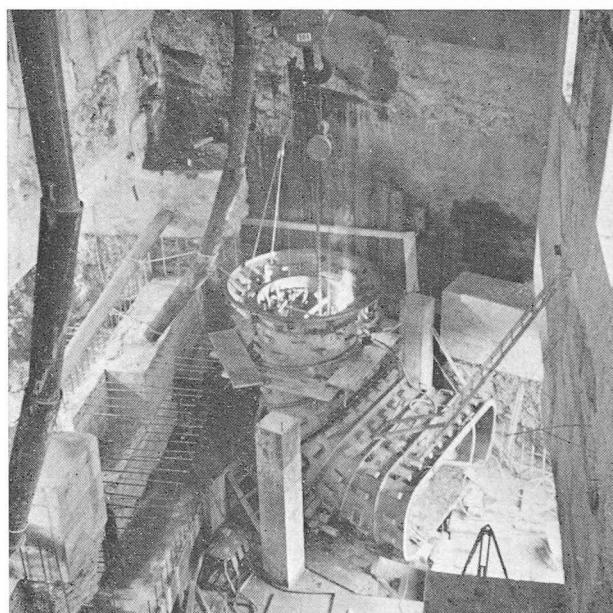


Fig. 9. — Montage d'un coude d'aspirateur.

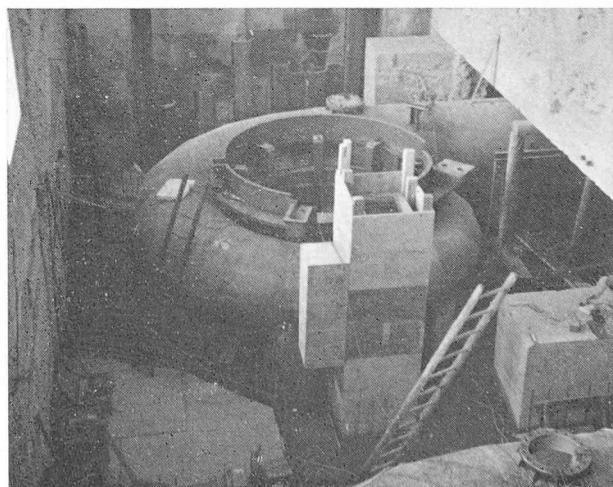


Fig. 10. — Montage d'une bâche spirale.

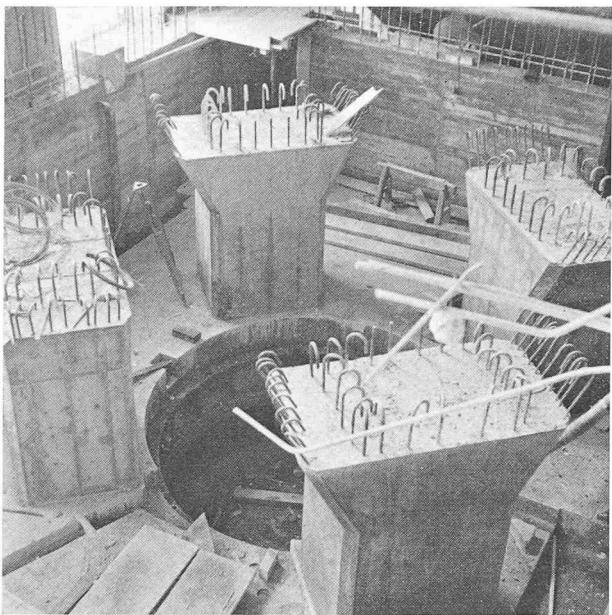


Fig. 11. — Piliers supportant l'alternateur.

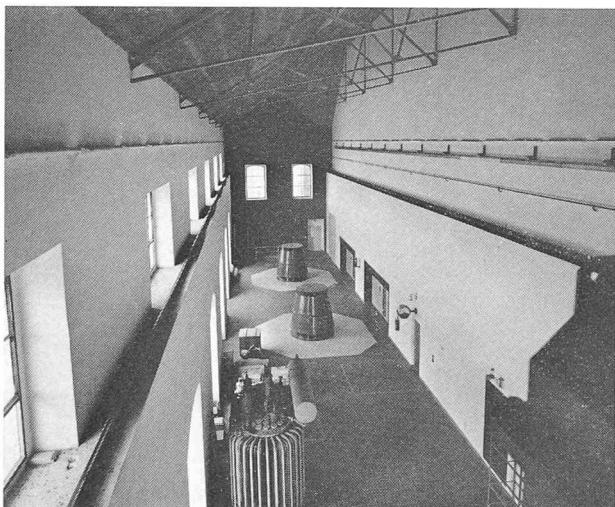


Fig. 12. — Salle des machines. Transformations terminées.

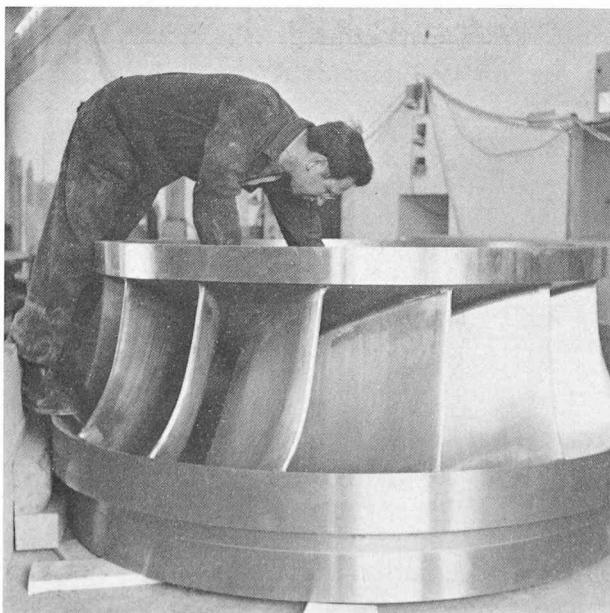


Fig. 13. — Roue de la turbine.

Les alternateurs sont supportés chacun par quatre piliers à section rectangulaire en béton, coulés dans des coffrages au niveau du local des turbines à la cote 773,45 (fig. 11).

Enfin, les travaux de coffrage et bétonnage se poursuivent jusqu'au niveau de la salle des machines (cote 778,50) en formant les cellules dans lesquelles les alternateurs sont installés.

Les montages des parties électriques et mécaniques des groupes ont commencé au fur et à mesure de l'achèvement des travaux de génie civil en utilisant pour plage de montage la partie amont de la salle des machines.

Le planning de la transformation de la centrale a été élaboré pour réduire au strict minimum l'arrêt de la production d'énergie.

Ce programme a été respecté : l'ensemble des travaux de génie civil a débuté en septembre 1969 ; le groupe de 3000 ch installé en 1927 dans la partie amont de l'usine (fig. 2c) a été arrêté au mois de juin 1971 ; au début de septembre 1972, soit 15 mois plus tard, la production d'énergie reprenait avec la mise en route du premier nouveau groupe, puis du second un mois plus tard (fig. 12).

## 7. Description de l'équipement de la centrale

Profitant de la transformation de l'aménagement, les Entreprises Electriques Fribourgeoises ont modernisé et adapté aux nouvelles conditions d'exploitation l'équipement de l'ensemble de la centrale de Montbovon :

### 7.1 Turbines

Les deux turbines sont du type Francis à axe vertical d'une puissance unitaire de 15,5 MW sous 87 m de chute brute et un débit de 20 m<sup>3</sup>/s. Leur vitesse est de 375 t/min (fig. 13).

Ces machines sont pilotées par un régulateur électronique de vitesse et de charge. Leur puissance mécanique est transmise à l'alternateur situé au-dessus par un arbre en acier forgé.

### 7.2 Alternateurs

Les deux alternateurs triphasés de la centrale sont montés dans une chambre de ventilation en béton.

Leurs caractéristiques sont les suivantes : puissance nominale apparente 16 400 kVA, tension de 17 kV, cos  $\varphi = 0,85$ .

Le palier pivot, combiné avec un palier de guidage, est logé dans le croisillon supérieur de l'alternateur. Il supporte le poids des parties tournantes de la machine ainsi que les réactions hydrauliques.

Le refroidissement de l'alternateur est à circulation d'air fermée ; l'évacuation des calories se fait par des échangeurs de chaleur, air, eau.

L'excitatrice principale, l'alternateur auxiliaire à aimant permanent et l'alternateur pilote sont montés sur la partie supérieure de l'arbre de l'alternateur, en dessus du pivot.

Un régulateur électronique assure le réglage de la tension et de la puissance réactive.

La souplesse des dispositifs de réglages électroniques de la turbine et de l'alternateur permet d'exploiter ces groupes soit en parallèle sur le réseau haute tension, soit en réseau séparé pour alimenter le réseau régional de distribution.

### 7.3 Poste 17 kV de production

Les deux groupes de Montbovon sont couplés, à chaque extrémité, d'un jeu de barres 17 kV par deux disjoncteurs débrouchables. Ce jeu de barres est divisé en trois tronçons par deux sectionneurs. La partie médiane alimente un transformateur des services internes qui peut être ainsi couplé sur l'un ou l'autre des deux groupes ou sur les

deux. Les deux extrémités comportent chacune, en plus de l'arrivée des groupes, deux départs : soit un départ pour l'alimentation du poste de distribution 17 kV et un départ alimentant un transformateur 17/60 kV.

Cette disposition permet de coupler l'un ou l'autre, ou les deux groupes, sur le réseau de distribution régional à 17 kV, ou de réaliser un couplage bloc de chaque groupe indépendamment, pour alimenter le réseau 60 kV ou de combiner ces deux modes de couplage.

#### 7.4 Poste 17 kV de distribution

Le poste de distribution est composé d'un jeu de barres alimenté par les deux liaisons venant du poste 17 kV de production.

Ce jeu alimente 6 lignes de distribution 17 kV, une ligne 17 kV d'interconnexion avec la centrale de Lessoc et un transformateur des services internes.

Un jeu de sectionneurs, une barre de transfert et un disjoncteur permettent de remplacer n'importe lequel des disjoncteurs des départs de ligne. En cas de disparition complète de la tension sur les réseaux 60 et 17 kV, le poste peut être réalimenté à partir de Lessoc par le groupe de restitution qui peut démarrer en commande à distance et sans tension alternative. Cette disposition rend l'aménagement de la Haute-Sarine complètement autonome.

#### 7.5 Poste extérieur 60 kV

Ce poste est équipé d'un jeu de barres, pouvant être séparé en trois parties par deux sectionneurs. Deux transformateurs 16 MVA et quatre lignes, dont une de réserve, sont branchés sur ce jeu de barres.

Les Entreprises Electriques Fribourgeoises ont profité de cette modernisation pour éliminer les réseaux à 35 kV et à 8 kV.

#### 7.6 Services internes de la centrale

##### — Alimentation courant alternatif

Les tableaux de distribution des services internes de la centrale et de la chambre des vannes de tête sont alimentés par deux transformateurs 17 000/220/380 V de 250 kVA chacun. Les alimentations de ces transformateurs peuvent être différentes, un seul assure le service, l'autre étant en réserve.

Comme déjà mentionné, les services internes de la centrale peuvent être alimentés par le groupe synchrone de restitution de Lessoc et une ligne directe 17 kV Lessoc-Montbovon. Cette disposition permet de mettre en service les groupes de Montbovon, même en cas de panne générale du réseau régional de distribution 17 kV.

##### — Alimentation courant continu

L'usine possède deux tensions auxiliaires continues, soit 48 V et 110 V. Les alimentations sont assurées par des redresseurs et des batteries d'accumulateurs.

En cas de disparition de l'alimentation par les redresseurs, les batteries seules assurent une réserve de marche d'au moins 4 heures lorsque tous les consommateurs sont en service, y compris l'éclairage de secours de la salle de commande.

La tension de 48 V est utilisée pour les alarmes, la surveillance et la signalisation, celle de 110 V pour la manœuvre des organes de commande. Ces deux sources de tension se surveillent mutuellement de façon que tout défaut des services internes continus soit signalé.

#### 7.7 Circuit d'eau de réfrigération

L'alimentation de l'eau nécessaire à la réfrigération des turbines et des alternateurs a été prévue en créant, dans l'ancienne galerie, deux bassins en série.

L'eau d'infiltration de cette galerie, récoltée dans un premier réservoir, est suffisamment propre pour être utilisée à l'arrosage des joints-plans des turbines. Le second réservoir de grande capacité, situé à l'aval, est alimenté soit par le trop-plein du premier bassin, soit par de l'eau soutirée de la conduite forcée ; le débit de ce soutirage est réglé par le niveau du bassin au moyen d'un flotteur commandant l'ouverture ou la fermeture d'une vanne. Les eaux de ce réservoir sont utilisées pour la réfrigération des paliers, des pivots et des alternateurs.

En cours d'exploitation, l'expérience a montré que le débit des eaux d'infiltration de l'ancienne galerie était très variable et souvent insuffisant. La séparation entre les bassins a été supprimée et l'eau brute arrivant à la centrale passe à travers une batterie de filtres de maille 200  $\mu$  qui alimente la réfrigération des paliers, pivots et alternateur et, en série, une autre batterie de filtres de maille plus fine de 100  $\mu$  qui alimente l'arrosage des joints-plans.

Les eaux de réfrigération des éléments des turbines sont collectées dans un puisard et refoulées à l'aval, soit par des pompes, soit par un éjecteur alimenté directement par la conduite descendant du réservoir de l'ancienne galerie.

Les eaux de réfrigération des alternateurs s'écoulent directement à l'aval de la centrale.

#### 8. Conduites forcées — Problèmes particuliers liés à l'exploitation de l'aménagement — Solutions retenues

Une brève étude a conduit à exclure l'utilisation des deux conduites existantes datant du début du siècle dont le diamètre était insuffisant pour transiter le nouveau débit équipé.

On s'est donc orienté vers une solution comportant deux nouvelles conduites de 2,40 m de diamètre, placées parallèlement aux anciennes, à une distance d'une quinzaine de mètres, en aval.

Etant donné les conditions climatiques régnant en hiver à Montbovon et compte tenu du fait que la centrale peut être mise hors service plusieurs jours pendant les grands froids, on a étudié deux variantes : l'une consistant en conduites à l'air libre, l'autre en conduites enterrées, donc protégées du gel.

En effet, cette centrale est une centrale de pointe ; la nécessité d'accumuler en hiver les très faibles débits disponibles pouvant descendre jusqu'à 1 m<sup>3</sup>/sec, conduit à des arrêts de plusieurs jours pouvant provoquer, par grands froids, la formation d'une couche de glace à l'intérieur des conduites.

A la remise en service, s'il se produit un réchauffement extérieur, cette couche de glace peut se décoller de la conduite ou se détacher sous l'action d'une variation de pression. Ces fragments de glace sont alors entraînés par l'eau vers le distributeur et provoquent une brusque obturation de l'écoulement et par conséquent un coup de bâlier plus ou moins important. Pour ces raisons, il était nécessaire de prendre des mesures efficaces pour protéger ces conduites du gel.

On pouvait envisager de laisser s'écouler un certain débit pendant les périodes d'arrêt. Il fallait, dans ce cas, que la vitesse de l'eau dans la conduite soit d'au moins 10 à 15 cm/sec, correspondant à un débit par conduite de 500 l/sec, soit de 1 m<sup>3</sup>/sec pour les deux conduites. Etant donné le débit d'étiage minimum, on supprimait ainsi toute possibilité d'accumulation pendant le temps d'arrêt. La perte de puissance correspondante serait de l'ordre de 700 kW. En laissant s'écouler ce débit par les turbines, tournant à vide, on risquait des usures à faible ouverture des directrices et de la roue motrice.

Il a été suggéré de placer autour des conduites un cordon chauffant. Ce procédé est onéreux. Une grande partie de la chaleur est perdue dans l'air. Pour une perte d'énergie de plusieurs centaines de kW, son effet serait assez faible.

Le moyen le plus sûr est de protéger les conduites du gel en les enterrant sous une couche de terre de 1 m environ au-dessus de la génératrice supérieure.

La solution retenue, pour éviter les risques dus au gel, a été de monter ces deux conduites dans une tranchée, enrobées de béton, avec une légère armature métallique pour éviter des fissurations du revêtement, puis de recouvrir l'ensemble de terre (fig. 14). Au préalable, les surfaces extérieures de la tôle ont été recouvertes au lait de ciment avec adjonction de bichromate de potassium. Avant la mise en eau, l'intérieur des conduites a été sablé, puis revêtu d'une peinture à base de zinc et enfin d'une peinture bouche-pores à base de bitume.

## 9. Conclusions

Il est intéressant, après avoir examiné de quelle manière les problèmes techniques ont été résolus pour moderniser cet aménagement, de comparer la production d'énergie fournie par l'ancienne centrale et le nouvel aménagement :

### *Production annuelle moyenne*

actuelle	78 GWh
antérieure	30 GWh
soit un gain moyen annuel de	48 GWh

Indépendamment de ce gain, l'énergie produite n'est plus directement liée au fil de l'eau de la rivière mais peut être accumulée aux heures creuses et injectée dans le réseau aux heures pleines, c'est-à-dire au moment où le prix du kWh est de haute qualité.

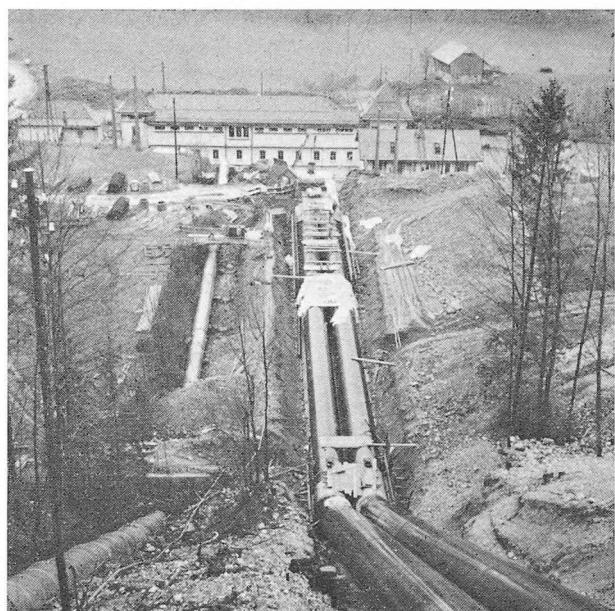


Fig. 14. — Enrobage des conduites forcées.

Félicitons le maître de l'ouvrage, les Entreprises Électriques Fribourgeoises, d'avoir pris la décision, après étude, de rééquiper le site de Montbovon en l'adaptant aux impératifs de la variation de la consommation de l'énergie fournie par une ressource naturelle propre à notre pays.

Adresse de l'auteur :

Jean-E. Hirschy, ing. EPFL-SIA  
Société Générale pour l'Industrie  
Avenue Louis-Casai 71  
1216 Cointrin-Genève

## EPFL

### Remise des diplômes

Ce sont 182 diplômes d'ingénieurs et d'architectes qui ont été remis au cours de la cérémonie du 28 janvier dernier à l'aula de l'Ecole (ceux des architectes le seront à fin avril). En outre, MM. Marcel Golay, ingénieur électricien, Jean Courbon, diplômé de l'Ecole polytechnique de Paris, Joël Lebowitz, physicien, et David Ruelle, mathématicien, se sont vu décerner le grade de docteur ès sciences techniques honoris causa de l'EPFL pour leurs travaux.

Dans son allocution, M. Maurice Cosandey, président de l'Ecole, a exprimé toute l'importance qu'il attache à la recherche, notamment en ce qui concerne les conséquences désastreuses d'une mauvaise orientation ou d'une insuffisance dans ce domaine. Prenant l'exemple de la microtechnique et de la microélectronique, il a attribué la situation préoccupante de ces branches dans notre pays à la faiblesse des moyens affectés après la deuxième guerre mondiale à la recherche dans ce domaine, pourtant essentiel pour nos exportations. M. Cosandey a mis en garde contre la tentation funeste de prendre prétexte d'une situation générale imposant l'austérité pour diminuer les moyens attribués à la recherche. Il est vrai que l'importance et la valeur de travaux de recherches projetés ou en cours ne peuvent guère être exprimées en chiffres. Quant à nous, il nous semble que mettre à disposition des écoles polytechniques l'infrastructure coûteuse mais adéquate

dont elles disposent ou vont disposer a pour indispensable corollaire de leur accorder pleine confiance dans l'orientation de leurs activités de recherches.

C'est du reste dans cet esprit que le président de l'EPFL a proposé d'alléger la charge que le transfert progressif de l'avenue de Cour à Dorkigny fera peser sur les frais de personnel (par d'inévitables duplications et tâches administratives supplémentaires) en accordant à l'Ecole l'autonomie en ce qui concerne le statut du personnel. De telle sorte, il serait concevable de remplacer l'actuelle limitation numérique du personnel — qui interdit la création de postes nécessaires et grève ainsi la capacité créatrice de l'Ecole — par une libre disposition des finances accordées pour les frais de personnel. M. Cosandey n'a pas craind d'appeler les choses par leur nom en déclarant que cela reviendrait à diminuer les salaires.

Que ceux qui considèrent avec indignation une telle perspective se souviennent que nombreux sont les salariés du secteur privé qui ne connaissent pas les augmentations de salaires automatiques, telles que les pratiquent la Confédération, voire qui consentent à une baisse de leur salaire réel pour aider leur entreprise à survivre. Il va de soi que nous préférerions aussi que l'Ecole reçoive les moyens nécessaires au maintien de sa valeur sans recourir à des expédients de ce genre !

WL