Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 86 (1960)
Heft: 20

Artikel: Aménagement de la chute Arnon-Diablerets: la centrale des Diablerets er son fonctionnement
Autor: Rau, R. / Lüdecke, J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64506

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: 16.07.2025

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

86e année Lausanne, 24 septembre 1960 N° 20

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; E. Martin, arch.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; Ch. Thévenaz, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; R. Neeser, ing.; A. Robert, ing.; J. P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 290.—
1/2 »	» 150.—
1/4 »	» 75.—
1/8 »	» 37.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Aménagement de la chute Arnon-Diablerets (suite), par R. Rau et J. Lüdecke.
Les congrès. — Carnet des concours. — Communiqué.
Service de placement. — Documentation générale. — Informations diverses.

AMÉNAGEMENT DE LA CHUTE ARNON-DIABLERETS

(Suite) [1]

LA CENTRALE DES DIABLERETS ET SON FONCTIONNEMENT

par R. RAU et J. LÜDECKE

Elle est située à l'altitude de 1164 m dans le village des Diablerets, à proximité de la route conduisant au col du Pillon. Son architecture, avec ses éléments de maçonnerie et sa toiture recouverte de dalles de Saint-Nicolas, s'harmonise avec les chalets environnants (fig. 21).

La nature très argileuse du sol de fondation imposa l'érection du bâtiment sur un radier général en béton armé. La superstructure est en maçonnerie de briques et de terre cuite, qui enrobent une ossature métallique. Grâce à cette dernière, le bâtiment fut rapidement sous toit.

Cette centrale remplit les deux conditions d'exploitation que notre société s'était fixées lors de l'élaboration du projet d'aménagement d'Arnon-Diablerets.

1° Transformation en énergie électrique de l'énergie contenue dans la quantité d'eau provenant du lac d'Arnon, qui doit assurer en hiver la régularisation-horaire du débit de la Grande-Eau pour les deux centrales sises en aval: Pont de la Tine et Farettes.

2° Marche sans personnel, par commande à distance, dès la centrale du Pont de la Tine située à 10 km plus bas.

Le corolalire de ces deux conditions est d'obtenir d'une part une courbe de charge en forme d'escaliers, avec rendement maximum pour des débits d'eau très variables de 0 à 1,75 m³ par seconde, et, d'autre part, la sécurité à tous points de vue.

Enfin, l'absence de chambre d'équilibre en tête de la conduite forcée a contraint les responsables à rechercher des solutions constructives spéciales pour garantir des temps d'ouverture, de fermeture et de réglage très longs et inusités de nos jours de tous les organes hydromécaniques branchés sur cette conduite (vanne de sécurité au sommet de la conduite forcée, vanne de garde sphérique, injecteurs de la turbine et sources d'eau de la défense contre l'incendie des transformateurs), afin de maintenir en toutes circonstances le niveau des coups de bélier au-dessous de la valeur

[1] Voir *Bulletin technique* des 16 et 30 janvier 1960.

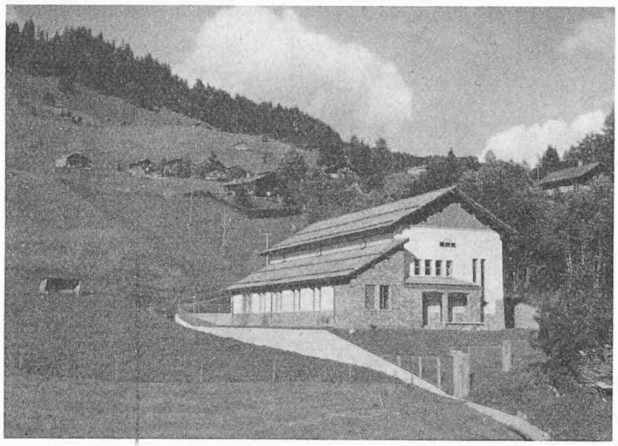


Fig. 21. — La centrale des Diablerets.

admissible. Cette troisième condition en harmonie avec la première ne présente aucun inconvénient, puisque la S.R.E. a déjà des installations qui lui permettent de réagir très rapidement en cas de perturbations soudaines du réseau électrique.

Mais de ces trois conditions, c'est indiscutablement la seconde qui est la plus importante. Pour assurer à cette centrale, « marchant sans personnel et commandée à distance », une régularité d'exploitation et par conséquent pour parer à tous les éléments perturbateurs auxquels elle risque d'être soumise à chaque instant, les responsables de sa réalisation ont dû examiner tous les problèmes dans leurs moindres détails *sous le signe de la sécurité et de la protection*, en fonction des éléments perturbateurs prévisibles.

La disposition des locaux et les aménagements sont donc conçus pour remplir ces trois buts.

Le grand axe du bâtiment est dans le prolongement de la conduite forcée et le canal de fuite, enterré, restituant l'eau à la Grande-Eau, lui fait suite dans la même direction.

La salle des machines ne comporte qu'un seul groupe hydro-électrique, à axe horizontal, composé d'une turbine Pelton, d'un alternateur triphasé, de son excitatrice et d'un petit alternateur pilote, tous montés sur le même arbre, supportés par deux paliers situés de part et d'autre de l'alternateur. C'est donc à l'extrémité de l'axe, qui a la forme d'un plateau circulaire, que la roue de la turbine est boulonnée (fig. 22).

A l'extrémité aval de la conduite forcée, l'eau traverse un cône de réduction, une vanne de garde sphérique, une culotte et parvient à la turbine par deux injecteurs.

Le cône de réduction qui assure la transition entre les diamètres de 700 mm de la conduite forcée et de 550 mm de la vanne sphérique est équipé de deux « venturis » spéciaux qui alimentent un débitmètre enregistreur, complété d'un émetteur de télémesure donnant des valeurs précises du débit d'eau nécessaire à compléter celui de la Grande-Eau. La vanne sphérique est commandée par deux pistons rectilignes, de grande longueur, qui excluent des ouvertures et fermetures rapides. Le piston d'ouverture est alimenté par de l'huile sous pression, qui est fournie par une pompe de démarrage entraînée par un moteur électrique à courant continu, dont la fonction est relayée par le travail d'une pompe mécanique accouplée directement à l'arbre du groupe. Par contre, le piston de fermeture est mû par la pression de l'eau de la conduite forcée. Cette disposition constitue un élément de sécurité, puisque toute baisse de pression d'huile provoque l'arrêt du groupe. Ce principe est aussi appliqué à la commande des injecteurs.

Turbine hydraulique	
Type	Pelton à axe horizontal
Puissance	7000 HP
Nombre de tours	500/min
Nombre d'injecteurs	2
Débit variable	de 0 à 1750 l/sec
Roue motrice	acier inoxydable, coulée d'une pièce
Chute en m à lac d'Arnon plein	brute : 377 m nette : 336 m
Chute en m à lac d'Arnon vide	brute : 343 m nette : 302 m

La culotte dirige l'eau sur les deux injecteurs, le premier s'ouvrant pour des débits de 0 à 50 %, alors que le deuxième entre automatiquement en service dès que le débit augmente jusqu'à 1,75 m³ par seconde. Cette particularité de construction à deux injecteurs augmente le rendement de la turbine aux faibles débits.

Quant aux déflecteurs, ils entrent en action sans retard puisque l'organe qui les commande les contraint à suivre les jets tangentiellement, quel que soit leur diamètre.

En quittant les aubes de la roue, l'eau tombe dans un bassin amortisseur, situé sous la bâche de la turbine. Il est plein d'eau pendant la marche et se vide à l'arrêt, car le mur déversoir qui le sépare de la chambre de tranquillisation et de jaugeage est percé à sa base d'un trou de 100 mm. De cette chambre où peut être mis occasionnellement en service un déversoir pour contrôler de temps à autre l'exactitude du débitmètre, l'eau atteint le canal de fuite. Ce canal souterrain, à écoulement libre, de 190 m de longueur, constitué par des tuyaux préfabriqués de 70 et 90 cm de diamètre, restitue l'eau à la cote de 1149,80 m. Dès l'arrêt du groupe, tous les organes compris entre les injecteurs et la Grande-Eau se vident intégralement, évitant ainsi la formation de glace pendant les grands froids de l'hiver.

Il faut souligner toutefois que pour augmenter la sécurité, *les paliers*, dont l'un est fixé sur le bâti de la turbine, sont à refroidissement naturel et largement dimensionnés ; ils sont munis de thermostats qui commandent l'arrêt rapide du groupe en cas de surélévation anormale de la température et de thermomètres de lecture à distance.

Le circuit de ventilation a aussi fait l'objet d'une étude très particulière.

L'air chaud sortant de l'alternateur est utilisé en période froide pour chauffer les locaux du bâtiment. Si la température intérieure est basse, le système fonctionne en circuit fermé. Dès le moment où la température ambiante croît et atteint une valeur de consigne fixée à un thermostat réglable (normalement + 20° C), une partie de l'air chaud s'échappe à l'extérieur par des clapets de ventilation qui s'ouvrent progressivement et ferment d'autant ceux qui règlent le circuit fermé.

Machine électrique	
Alternateur triphasé	
Puissance	5300 kVA
Tension	3×6000 volts
Périodes	50
Nombre de tours	500/min
PD^2	31,5
Type	fermé
Nombre de paliers à refroidissement naturel	2
Ventilation	8 m^3 d'air/sec
Alternateur pilote incorporé	
Puissance	2 kVA
Tension	3×220/125 volts
Excitatrice en bout d'arbre	
Puissance	32 kW
Tension (courant continu)	120 volts
Dispositifs de protection	Surtension Surintensité Différentielle De mise à terre CO^2 Protectostats pour signalisation d'incendie

Le jumelage mécanique des deux groupes de clapets exclut leur fermeture simultanée et par là la surchauffe de l'alternateur. Ce sont les ventilateurs du rotor, combinés avec les volants supplémentaires destinés à atteindre le PD^2, qui font circuler l'air. Le volume d'air frais, destiné à compenser celui d'air chaud expulsé à l'extérieur, est aspiré par une fenêtre du porche d'entrée. Elle est munie de volets s'ouvrant par la dépression du courant d'air. Ils sont donc fermés à l'arrêt du groupe et le froid extérieur ne peut pénétrer dans le bâtiment.

Dans le canal d'air frais, les insectes et les particules légères sont retenus par un treillis à mailles fines placé horizontalement. Il ne peut se colmater, car il est traversé de bas en haut par le flux d'air. Dès que la machine s'arrête, les particules tombent et ne peuvent être entraînées à nouveau.

Pour empêcher le bruit de se propager au-dehors et dans le bâtiment, les murs des extrémités des canaux de ventilation sont doublés de briques perforées en terre cuite. Cet artifice donne entière satisfaction.

L'alternateur est pourvu de moyens de protection contre l'incendie par CO^2 et de sondes thermométriques habituelles.

Equipement électrique à haute tension

La figure 23 donne le schéma général électrique de l'installation. L'alternateur et son transformateur sont connectés en « couplage bloc » en exploitation normale.

L'énergie produite, après avoir passé par un jeu de barres à 20 kV, est dirigée sur deux départs de lignes de transport, dont la plus importante aboutit à la centrale du Pont de la Tine, tandis que l'autre s'achemine en direction de Gsteig, en passant par le col du Pillon. Comme ces deux lignes sont toujours sous tension, l'énergie s'écoule dans le sens Pont de la Tine → Diablerets lorsque le groupe est à l'arrêt et en sens inverse

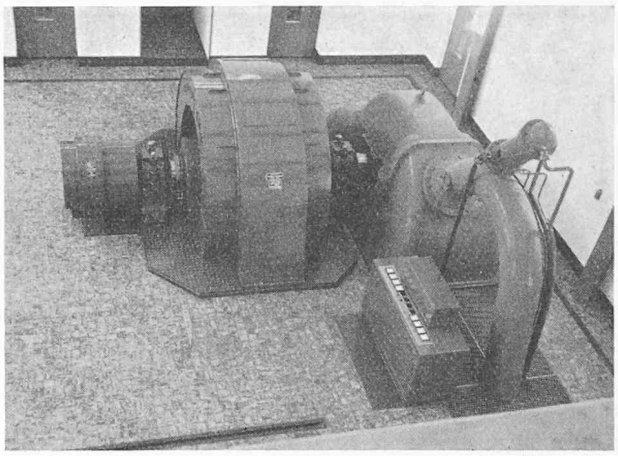


Fig. 22. — Groupe hydro-électrique de 5300 kVA.

lorsqu'il est en marche. De ce fait, la tension du jeu de barres 20 kV varie d'environ 10 %.

Comme les abonnés du village des Diablerets et ceux de toute la partie supérieure de la vallée des Ormonts sont alimentés à 6 kV dès Les Diablerets, un transformateur abaisseur de tension de 2000 kVA de puissance, avec réglage sous charge, est intercalé entre le jeu de barres à 20 kV et les lignes du réseau à 6 kV.

Enfin un pont reliant la sortie de l'alternateur au réseau de distribution à 6 kV donne la possibilité de produire de l'énergie à cette tension, avec l'alternateur en cas d'avarie du transformateur de 5300 kVA. La restitution d'eau du lac d'Arnon au Torrent à Ayerne ne sera donc utilisée que lors de défectuosités importantes de la conduite forcée ou du groupe hydro-électrique.

Ces transformateurs sont logés dans deux cellules faisant partie intégrante du bâtiment, mais dont les portes, à quatre vantaux, donnent sur l'extérieur dans la façade nord de l'immeuble. Les cellules sont séparées de la salle des machines par un mur de béton armé très résistant et la dalle qui les recouvre est à un niveau inférieur à celui des rails du pont roulant situé dans la salle des machines. Cette subtilité laisse passer le crochet du pont roulant au travers de la dalle, par des orifices adéquats dans chaque cellule de transformateur et permet le démontage de ces appareils en les descendant dans les fosses de décuvage situées au sous-sol. Ces fosses remplissent deux buts complémentaires. D'une part, elles font partie du circuit de ventilation et d'autre part recueillent l'eau de la protection incendie lors de sa mise en action.

Pour éviter que les prises d'air frais de la ventilation naturelle ne soient obstruées par une couche de neige fraîche, qui peut atteindre deux mètres aux Diablerets, elles sont surélevées et constituent l'un des angles d'un petit bâtiment annexe. Ces entrées d'air extérieur sont reliées aux fosses de décuvage par deux canaux souterrains de 6 m de longueur reliant les deux bâtiments. L'air chaud s'échappe par des cheminées intérieures, qui se terminent par des ouvertures dans la façade nord. Des volets réglables à main permettent de modifier la ventilation au gré des saisons.

La défense, en cas d'incendie des transformateurs, est assurée par la « projection d'eau pulvérisée ». « Les sources d'eau » sont constituées par l'eau contenue dans

Transformateur du groupe	
Puissance	5300 kVA
Rapport de transformation	22 000 ± 2×500/ 6000 volts
Cuve à refroidissement naturel	
Poids	15 tonnes
Sans réglage sous charge	
Dispositifs de protection	Relais : *a*) de surintensité *b*) différentiels *c*) Bucholz Pulvérisation d'eau en cas d'incendie

Transformateur abaisseur de tension	
Puissance	2000 kVA
Rapport de transformation	22 000 ± 8×250/ 6000 volts
Cuve à refroidissement naturel	
Poids	9 tonnes
Avec réglage sous charge	
Dispositifs de protection	Relais : *a*) de surintensité *b*) différentiels *c*) Bucholz Pulvérisation d'eau en cas d'incendie

la conduite forcée, ce qui rend la protection indépendante des arrêts du réseau d'eau communal (réparations ou gel des canalisations). Immédiatement en amont du cône de réduction de la conduite forcée (voir page 322), une tubulure de 150 mm dérive l'eau et la conduit à un réducteur de pression (44 à 10 atmosphères), après avoir passé au travers d'une vanne (ouverte en service normal) et d'un dessableur qui ne joue qu'un rôle secondaire puisque l'eau provenant du lac d'Arnon est propre. A la suite du réducteur, il y a une vanne à main, à basse pression (toujours ouverte), et une vanne-clapet automatique maintenue en position fermée si la pression est la même des deux côtés. De là, les diverses conduites qui aboutissent aux cadres distributeurs montés au-dessus, autour et sous les transformateurs sont remplies d'air comprimé, alors qu'elles sauteraient sous l'effet du gel si elles étaient continuellement sous eau. Les cadres sont équipés de 27 buses pulvérisatrices, mais précédés de clapets dont la pièce d'arrêt est éjectée si leur température excède 70° C. En cas d'incendie d'un transformateur, la surélévation de la température de l'air ambiant débloque l'un des deux clapets situés dans la cabine du transformateur en question ; la pression d'air comprimé tombe et la vanne-clapet s'ouvre par dépression, donnant libre passage à l'eau, qui arrose le transformateur en feu, à raison de 0,8 m³/min. Une signalisation à distance avertit le personnel de la centrale du Pont de la Tine, qui donne l'alarme générale. Si la mise en marche de l'installation est automatique, par contre, l'arrêt est manuel. Les fosses de décuvage, d'une contenance de 75 m³ chacune, retiennent aussi bien l'huile que l'eau et évitent de souiller la rivière. Signalons encore que les parois des cellules des transformateurs sont doublées de briques perforées qui amortissent complètement la propagation du bruit des transformateurs à l'extérieur.

La partie nord du bâtiment abrite encore trois petites cellules contenant le transformateur des services auxiliaires de la centrale et les deux transformateurs de la station transformatrice locale.

La salle de commande, située à l'étage, est le cerveau de toutes les installations de la centrale (fig. 24). Une large baie vitrée, insonorisée, donne une vue étendue sur la salle des machines. Sur des tableaux, disposés en fer à cheval et accessibles des deux côtés, sont montés tous les instruments de mesure et de protection.

Cette salle contient également tous les relais qui reçoivent les ordres donnés par le personnel du Pont de la Tine, à 10 km de distance. Ces ordres sont analysés, aiguillés aux divers interrupteurs, vannes ou organes de réglage. Des signalisations retransmettent au Pont de la Tine les ordres exécutés et les réglages effectués. D'autres appareils transmettent à chaque instant les valeurs instantanées du nombre de tours de la turbine, de la tension, de la fréquence, de l'intensité et de la puissance produite par la machine, du débit d'eau consommé et de la répartition de l'énergie sur les différentes lignes.

Elle indique le niveau du lac d'Arnon et la position de la vanne de sécurité installée au sommet de la conduite forcée.

Elle discerne entre un défaut bénin, qui ne nécessite pas l'interruption du service d'exploitation, d'un défaut plus important, en ordonnant par exemple à la machine de se séparer du réseau, de s'arrêter rapidement, de se désexciter, de mettre en action les protections contre l'incendie et de donner l'alarme.

Ce qui constitue la caractéristique fondamentale de la commande de cette centrale et de ses asservissements, c'est qu'il s'agit d'une « commande à distance » et non pas d'une commande automatique. Ainsi, le personnel du Pont de la Tine a en main les divers leviers de commande de chaque phase d'une manœuvre, ceci d'autant mieux qu'il est renseigné à chaque instant sur l'état des principaux éléments qu'elle comporte. La machine et les interrupteurs de lignes sont placés sous leur contrôle, comme s'il s'agissait d'éléments de leur propre complexe. Toutefois, pour ne pas alourdir la tâche de ce personnel, certains ordres donnés par le Pont de la

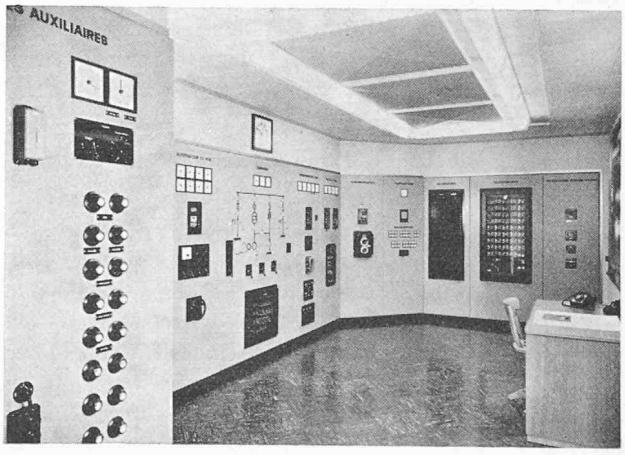


Fig. 24. — Salle de commande de la centrale des Diablerets.

Tine sont repris et exécutés automatiquement par les appareils de la salle de commande des Diablerets. Pour illustrer ce fait, citons l'exemple suivant : celui de la mise en marche du groupe avec apport de 1500 l/sec d'eau à la Grande-Eau, nécessaire aux centrales d'aval.

Première manœuvre au Pont

Sur le tableau synoptique : tourner le manipulateur représentant la vanne sphérique. Aux Diablerets, la réaction est la suivante : mise en marche de la pompe auxiliaire à huile du régulateur de la turbine, ouverture du by-pass pour le remplissage des branches d'injecteurs, ouverture de la vanne sphérique. Une signalisation en retour éteint la lampe différentielle du manipulateur du Pont et le personnel constate que la vanne est complètement ouverte.

Pendant ce temps, aux Diablerets, la succession des opérations se poursuit : ouverture du pointeau supérieur, asservi par le régulateur de vitesse, démarrage du groupe. A cet instant, deux télémesures entrent en fonction, l'une indiquant le nombre de tours du groupe, par la transmission de la tension de l'alternateur pilote, qui est proportionnelle au nombre de tours, et l'autre qui reflète la tension aux bornes de l'alternateur. Lorsque les deux valeurs de consigne sont atteintes (env. 500 t/min et 6000 volts), le surveillant peut exécuter la

Deuxième manœuvre au Pont de la Tine

Sur le tableau synoptique, il tourne le manipulateur représentant l'interrupteur à haute tension du groupe des Diablerets (la lampe différentielle s'allume).

Aux Diablerets, l'ordre reçu est conduit au « dispositif de contrôle des enclenchements et déclenchements » (décrit plus loin), passe au travers du synchronisateur automatique ou l'évite selon l'état de tension du jeu de barres à 20 kV pour aboutir à la bobine d'enclenchement de l'interrupteur à haute tension.

Au moment où celui-ci change de position, la signalisation en retour éteint la lampe différentielle. Le surveillant sait ainsi que l'alternateur est connecté au réseau de distribution et qu'il peut passer à la

Troisième manœuvre au Pont de la Tine

Il fait prendre de la charge au groupe des Diablerets en tournant le bouton du dispositif à courant continu de téléréglage de la puissance. Il le tourne jusqu'à la graduation de 4500 kW, qui correspond au débit d'eau de 1500 l/sec.

Aux Diablerets, l'ordre reçu agit sur le régulateur de puissance qui commande le limiteur d'ouverture du régulateur de la turbine. La charge du groupe et le débit d'eau sont retransmis au Pont par deux télémesures indépendantes.

Relevons que dans cet exemple, la charge a dépassé le 50 % de la puissance du groupe et que le deuxième pointeau s'est ouvert automatiquement au moment voulu. Un relais wattmétrique très sûr provoque ce passage dans les deux sens. Après l'ouverture du deuxième pointeau, le premier se referme quelque peu. De ce fait, à tous les débits, les deux jets ont le même diamètre et exercent ainsi deux forces de même valeur sur la roue motrice. La charge de la turbine au passage de un à deux injecteurs est différente de quelques centaines de kilowatts de celle qu'elle développe au passage de deux à un injecteur. Cette disposition évite un « pompage » du pointeau inférieur quand la puissance demandée en permanence au groupe est voisine de 50 %.

C'est intentionnellement que le réglage de la puissance est obtenu en agissant uniquement sur le limiteur d'ouverture de la turbine ; cela permet une marche en escaliers et un débit constant d'apports d'eau à la Grande-Eau pour les centrales d'aval.

Du Pont de la Tine, il n'est pas possible d'influencer le régulateur de vitesse, mais comme celui-ci doit intervenir pour permettre à nouveau au groupe de démarrer et pour l'amener à la vitesse de synchronisme, des relais le ramènent en position adéquate, ainsi que le limiteur d'ouverture, au moment où l'interrupteur à haute tension sépare le groupe du réseau. Cet automatisme se produit aussi bien lors d'un déclenchement volontaire que lors d'un déclenchement intempestif ; il a l'avantage, dans ce second cas, de maintenir la machine à la vitesse de 500 t/min et de pouvoir la remettre en parallèle, sans retard, sur le réseau de distribution.

Parmi les nombreux dispositifs particuliers de cette salle de commande, le « dispositif de contrôle des enclenchements et déclenchements » mérite une mention spéciale, d'autant plus qu'il a eu une grande influence sur le schéma des circuits de commandes des cinq disjoncteurs. Ce dispositif (visible sous le schéma synoptique de la figure 24), conçu par la Société Romande d'Electricité, a trait aux mises en parallèle des divers circuits à haute tension et permet une exploitation souple et rationnelle des réseaux de distribution. Lors de l'enclenchement d'un interrupteur, le « dispositif de contrôle des enclenchements et déclenchements » discerne, à la réception de la commande, si les barres situées de part et d'autre du disjoncteur sont :

a) sans tension ;
b) l'une sous tension et l'autre sans tension ;
c) les deux sous tension.

Dans les deux premiers cas, l'ordre est dirigé directement sur la bobine de commande de l'interrupteur, mais dans le troisième, le dispositif met en circuit le synchronisateur de couplage automatique, qui provoque l'enclenchement au moment voulu. De plus, des circuits de verrouillage bloquent les ordres d'enclenchement incompatibles avec l'état de connexion de la centrale. Par exemple, si l'alternateur est à l'arrêt, son branchement au jeu de barres sous tension est rendu impossible. Le dispositif bloque également un ordre qui aboutirait à la connexion de deux circuits triphasés à haute tension si l'un d'entre eux n'a que deux phases sous tension.

Pour discerner ces quinze possibilités, l'appareil que la S.R.E. a fait construire contient 34 relais de surveillance et d'embranchement. Comme il ne doit accuser aucune défaillance, sous peine de graves conséquences pour l'appareillage à haute tension, le choix des relais s'est porté sur un type robuste, peu encombrant et ayant fait ses preuves depuis de nombreuses années dans d'autres fabrications. Ce dispositif a permis de réduire à 79 le nombre des relais auxiliaires pour la commande, la surveillance et la signalisation de la centrale.

Grâce à ce « dispositif de contrôle des enclenchements et déclenchements » automatique, toute personne qui

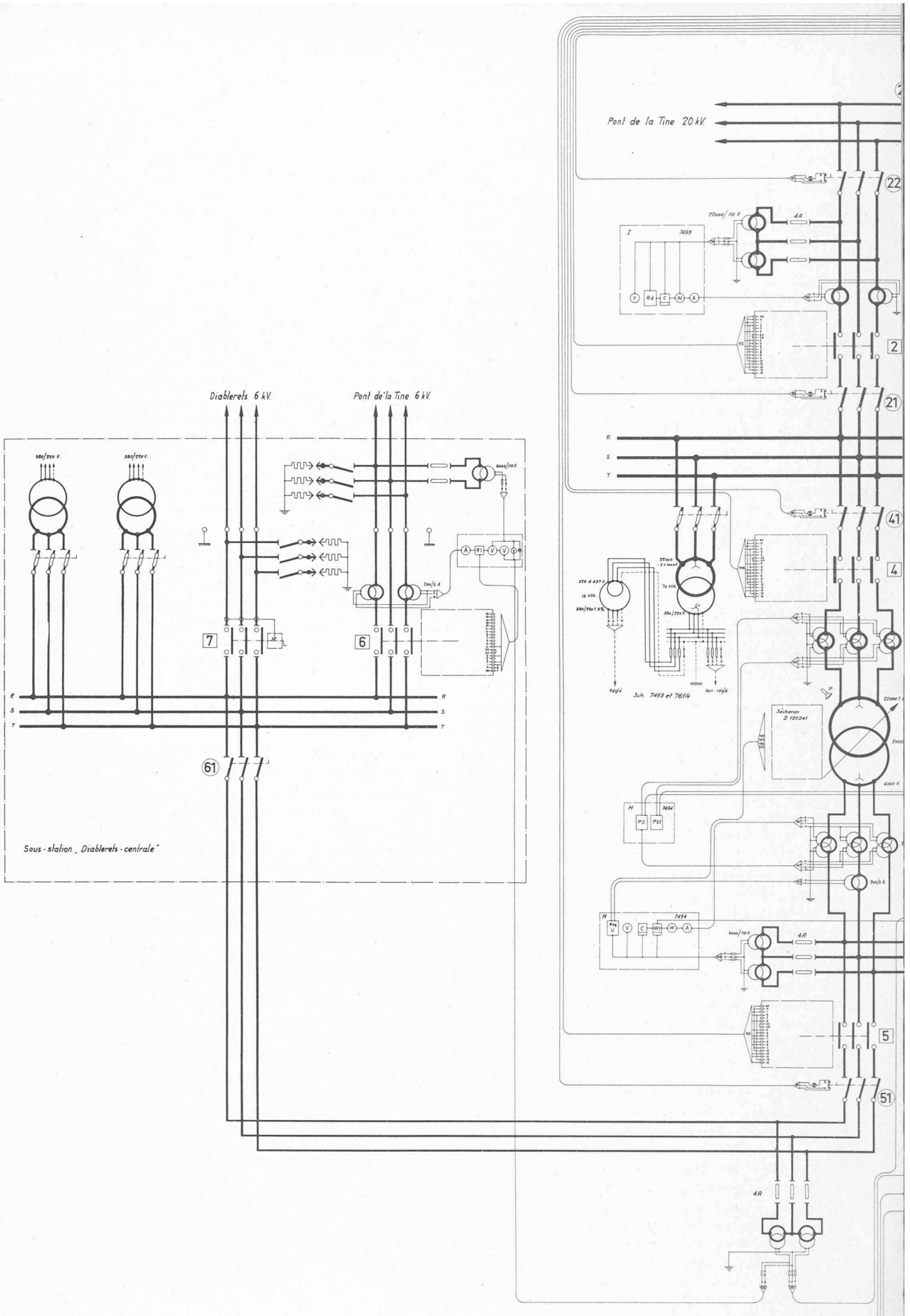
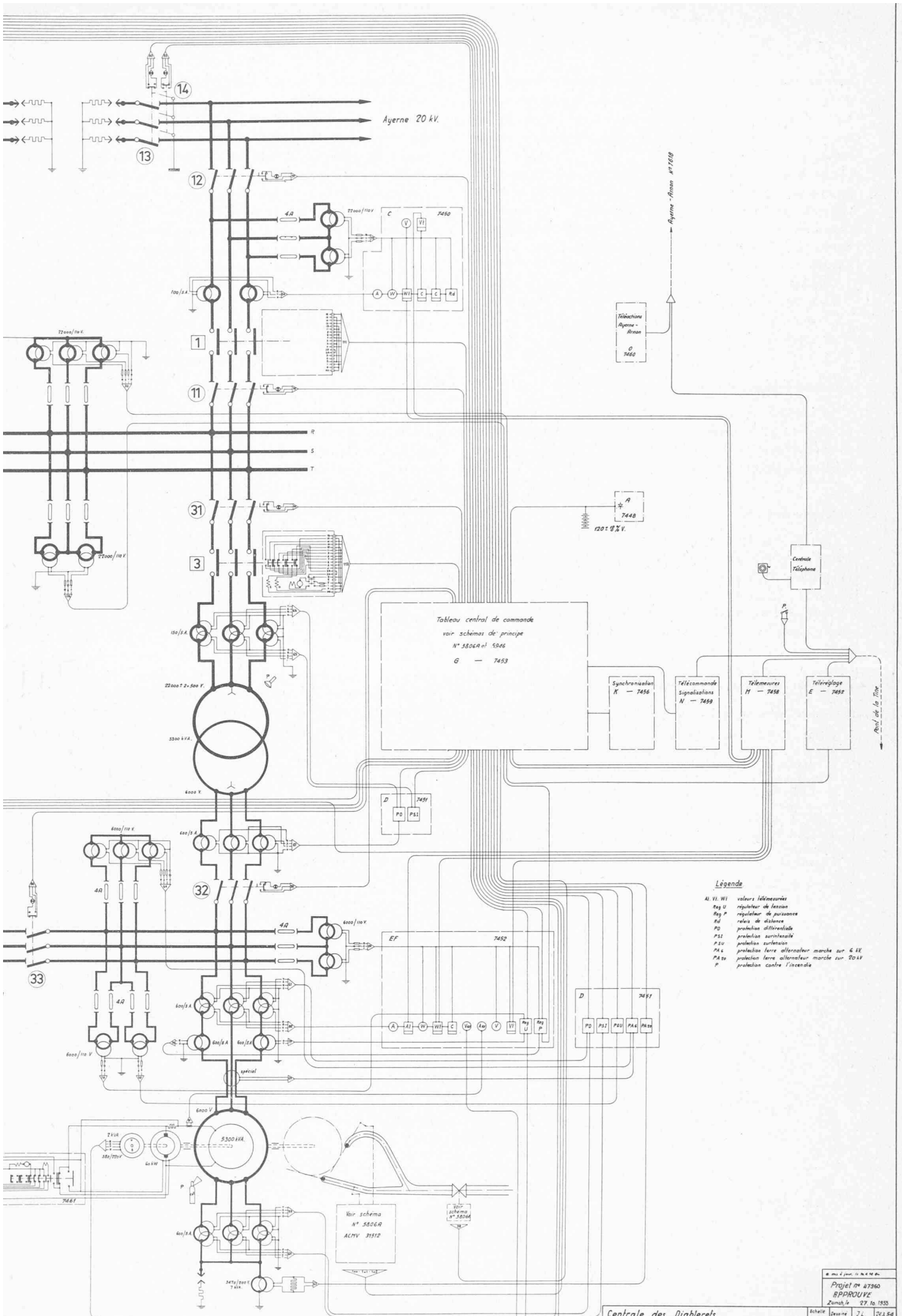


Fig. 23. — Schéma général électrique de la centrale des Diablerets.



Ayerne 20 kV.
14
13
12
1
11
31
3
32
33
4A
22000/110 V
C
7450
V
Vt
A
W
Wt
C
C
Rd
100/5 A.
22000/110 V.
R
S
T
22000/110 V.
150/5 A.
22000 ± 2 × 500 V.
5300 kVA.
6000 V.
600/5 A.
6000/110 V.
4A
6000/110 V.
EF
7452
A
At
W
Wt
C
Vcc
Acc
V
Vt
Reg U
Reg P
D
7451
PD
PSI
PSU
PA6
PA20
spécial
6000 V
5300 kVA.
2 kVA
380/220 V
60 kW
7461
Voir schéma
N° 5806A
ACMV 31512
Voir schéma
N° 5806A
34 To/200 V
7 kVA.
Ayerne - Arnon N° 7618
Téléactions
Ayerne -
Arnon
O
7460
A
7448
120 ± 8 % V.
Centrale
Téléphone
P.
Tableau central de commande
voir schémas de principe
N° 5806A et 5946
G — 7453
Synchronisation
K — 7456
Télécommande
Signalisations
N — 7459
Télemesures
M — 7458
Téléréglage
E — 7452
Pont de la Tine
Légende
At. Vt. Wt valeurs télémesurées
Reg U régulateur de tension
Reg P régulateur de puissance
Rd relais de distance
PD protection différentielle
PSI protection surintensité
PSU protection surtension
PA 6 protection terre alternateur marche sur 6 kV.
PA 20 protection terre alternateur marche sur 20 kV
P protection contre l'incendie
Projet n° 47960
APPROUVE
Zurich, le 27. 10. 1955
Centrale des Diablerets.
Schéma de la haute tension.
Echelle
Dessiné
Calqué
Vérifié

exécute un enclenchement d'interrupteur n'a pas à se soucier de l'état des circuits de tension des barres omnibus adjacentes et toute fausse manœuvre est rigoureusement exclue, ceci aussi bien en commande à distance qu'en commande locale.

Les téléactions se divisent en deux groupes ; le premier se rapporte aux installations situées en amont de la centrale des Diablerets et le second à celles qui se trouvent à l'aval. Comme il y a interpénétration des deux, il est préférable de les énumérer dans l'ordre suivant :

a) liaisons téléphoniques ;
b) télémesures ;
c) télécommandes et télésignalisations ;
d) téléréglage.

Liaisons téléphoniques

Le central privé à cinq raccordements se trouve aux Diablerets et les onze postes téléphoniques raccordés sont échelonnés entre Arnon et le Pont de la Tine, selon le schéma de la figure 25.

Télémesures

La cote du lac d'Arnon, ou plus exactement celle du puits adjacent, est transmise aux Diablerets. Chaque variation de deux centimètres de ce niveau est additionnée ou soustraite par la minuterie de l'appareil récepteur. Les impulsions à courant continu, sous une tension de 13,5 volts, passent dans un lacet direct entre Arnon et les Diablerets.

Les dix télémesures émises en permanence aux Diablerets et captées au Pont de la Tine sont :

Débit d'eau de la turbine . . .		0 - 1,8 m³/sec
Tension	de l'alternateur	0 - 7 kV
Intensité		0 - 600 A
Puissance. . . .		0 - 6 MVA
Nombre de tours		0 - 700 t/min
Fréquence . . .		47,5 - 52,5 per/sec
Tension du jeu de barres . . .		0 - 25 kV
Tension .	ligne de Gsteig	0 - 25 kV
Puissance		4 - 0 - 4 MW
Puissance du transfo. de 2 MVA		2 - 0 - 2 MW

Les valeurs mesurées sont traduites en impulsions, dont la fréquence est proportionnelle et croît avec ces valeurs. Pour la transmission au Pont de la Tine, ces impulsions, après amplification, sont superposées à trois fréquences musicales de 650, 890 et 1120 Hz. Cet artifice, combiné avec l'utilisation de circuits fantômes, a permis de réduire le nombre des conducteurs du câble de téléaction reliant les deux centrales. La répartition judicieuse des mesures et des divers canaux accroît la sécurité de transmission des renseignements qui se complètent. Ainsi par exemple, en cas de panne de l'oscillateur à 1120 Hz, la puissance de l'alternateur n'est momentanément plus transmise, mais le personnel continue à être renseigné sur la charge du groupe en consultant l'appareil de télémesure du débit d'eau de la turbine, dont l'indication est transmise par l'oscillateur à 890 Hz.

Au Pont de la Tine, les impulsions sont triées, filtrées et retraduites en lectures directes par des instruments à bobines croisées. Les cadrans de ces appareils sont visibles sur la figure 26. Ils sont placés au-dessus du schéma synoptique, encadré à droite par le récepteur de télémesure et à gauche par l'armoire du poste émetteur de télécommandes et du récepteur de télésignalisations.

Télécommandes et télésignalisations

Deux télécommandes, avec télésignalisations en retour, émanent de la centrale des Diablerets en direction de l'amont. Toutes les deux sont à circuits directs. L'une permet d'ouvrir plus ou moins la vanne papillon de restitution d'eau au Torrent à Ayerne. Son degré d'ouverture est signalé en retour. L'autre provoque la fermeture complète de la vanne de sécurité automatique sise au sommet de la conduite forcée. Aux Diablerets, la télésignalisation fixe les deux positions « ouverture » ou « fermée », tandis qu'au Pont de la Tine, ces deux états sont complétés par un signal optique, qui clignote durant les 60 secondes du mouvement de fermeture du papillon de la vanne. Cette indication est précieuse, puisqu'en cas de rupture de la conduite forcée le personnel peut en hâter la vidange en maintenant la turbine ouverte.

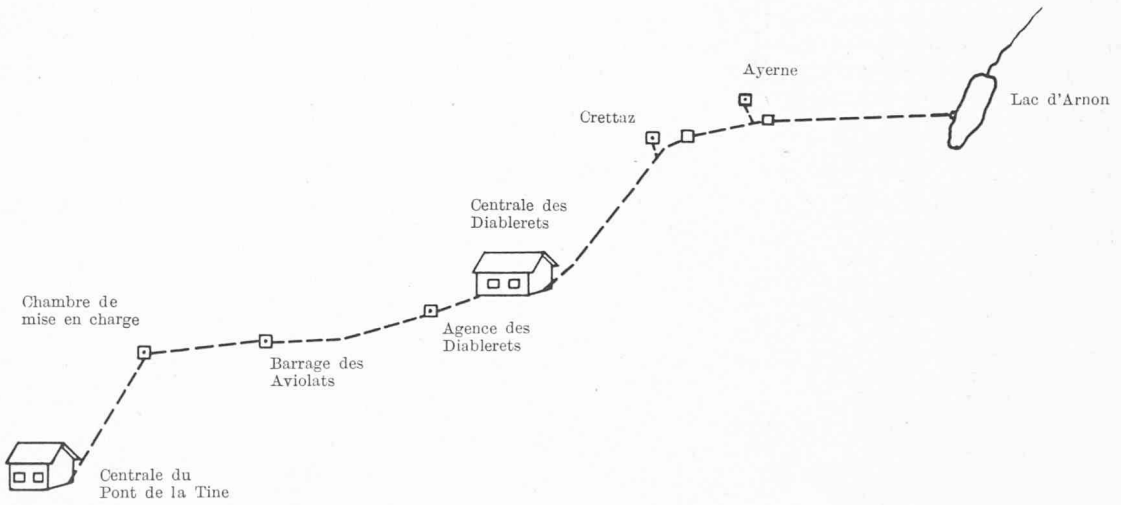


Fig. 25. — Liaisons électriques : Arnon-Pont de la Tine.

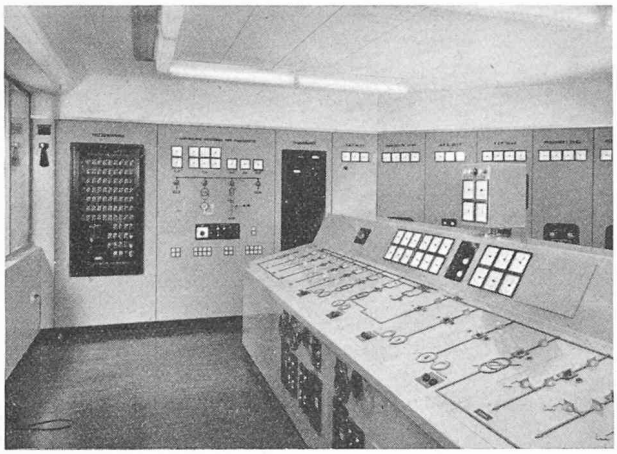


Fig. 26. — Salle de commande de la centrale du Pont de la Tine.

A l'aval, entre les centrales du Pont de la Tine et des Diablerets, il existe :

1 télécommande de la vanne sphérique ;
7 télécommandes d'interrupteurs à haute tension, avec 2×8 positions de signalisation en retour ;
22 télésignalisations de dérangement et d'alarme (fig. 27 et 28).

Le fonctionnement des télécommandes et télésignalisations est basé sur le système « d'intervalles d'impulsions ». L'appareillage se compose d'un émetteur situé au poste de commande et d'un récepteur aux Diablerets. Deux sélecteurs à 52 plots entraînés par un moteur synchrone, l'un monté à l'émetteur et l'autre au récepteur, effectuent une rotation complète sans interruption, lors de chaque période d'émission. Chaque plot des sélecteurs correspond à une opération précise. Lorsque les balais des sélecteurs passent sur un plot déterminé, l'émission ou la non-émission d'une impulsion provoque une opération d'enclenchement ou de déclenchement. La vitesse angulaire des balais doit être rigoureusement identique pour chaque sélecteur. Cette condition se trouve remplie dès que les deux moteurs synchrones d'entraînement sont alimentés par la même source. Dans ce but, la tension de 50 périodes nécessaire à l'alimentation des sélecteurs est transmise du Pont de la Tine aux Diablerets par deux fils du câble de liaison.

La condition première requise pour une télécommande est d'assurer une sécurité maximum de fonctionnement. Les commandes transmises ont une importance telle qu'elles ne doivent en aucun cas être falsifiées par des impulsions parasites induites sur les fils pilotes, par un arrêt momentané de la tension d'alimentation ou d'un dérangement de l'installation.

La transmission d'une commande obéit aux opérations suivantes :

« Présélection » :	Commande transmise de l'émetteur au récepteur.
« Contrôle de la présélection » :	Transmission de la commande enregistrée du récepteur à l'émetteur.
« Contrôle » :	Confrontation à l'émetteur des deux premières opérations.
« Ordre d'exécution » :	Emission, par l'émetteur, d'un ordre d'exécution. Cet ordre n'est transmis que si la confrontation précédente a été satisfaite.
« Exécution » :	Commande exécutée par le récepteur.
« Signalisation en retour » :	Transmission du récepteur à l'émetteur de la nouvelle position de l'objet commandé.
« Contrôle » :	Confrontation de la commande préparée et de la signalisation en retour pour déterminer si l'opération a effectivement été exécutée.

Lorsque les sélecteurs effectuent une rotation, toutes les commandes, signalisations et alarmes sont répétées, ce qui permet la transmission simultanée de plusieurs commandes et surtout de faire connaître, à la fin de chaque période d'émission, la position de tous les organes commandés et l'état de tous les dispositifs d'alarme.

L'émetteur de télécommande est alimenté à 220 volts, 50 périodes par le réseau des services auxiliaires ou, en cas de panne, par un petit groupe convertisseur de secours entraîné par la batterie d'accumulateurs locale.

Comme indiqué plus haut, le sélecteur du récepteur des Diablerets est en liaison directe avec ces mêmes sources à courant alternatif, alors que les relais du récepteur sont connectés à la batterie d'accumulateurs à 125 volts existant en ce lieu. La télécommande peut donc fonctionner indépendamment du réseau à 50 périodes sans nécessiter de batteries supplémentaires. Cette installation est composée d'éléments robustes qui n'exigent aucun entretien, ni réglage.

Turbine			Alternateur				Transformateur 5,3 MVA	
Palier I	Palier II	Pression huile	Surtension	Surcharge	Relais différentiel alternateur	Terre alternateur	Surcharge	Température
Survitesse	Arrêt défaut mécanique	Arrêt défaut électrique	Air chaud	Désexcitation	CO^2		Relais Buchholz	Relais différentiel transform.

Transformateur 2 MVA			Divers				
Surcharge	Température	Clencheur	Tension commande	Tension synchronisation	Terre réseau 20 kV		
Relais Buchholz	Relais différentiel transform.		Protection incendie transform.	Détection de fumée	Vanne automatique Crettaz		Câble Diablerets-Ayerne

Fig. 27. — Signalisations de dérangements à la centrale des Diablerets.

Téléréglage

Il a déjà été sommairement décrit à la page 325, au paragraphe intitulé : « Troisième manœuvre au Pont de la Tine ». Rappelons simplement qu'il permet de fixer à distance la puissance du groupe à toute valeur comprise entre 0 et 5300 kVA.

Câbles de liaison des téléactions

En adoptant des *câbles souterrains* pour toutes les liaisons entre les appareils de télécommunications, télécommandes, télémesures et téléréglages, le maximum de sécurité est assuré aux nombreux dispositifs disséminés

tout au long de l'aménagement Arnon - Diablerets - Pont de la Tine. Toutes ces installations (appareils et conducteurs), situées à des altitudes variant de 800 à 1500 mètres, sont ainsi à l'abri des perturbations atmosphériques et des dégâts naturels, tels qu'orages, neige, avalanches et ouragans.

Grâce à l'utilisation de câbles à isolation thermoplastique, il a été possible de placer 10,4 km dans les galeries existantes d'amenée d'eau aux deux centrales et de n'ouvrir des fouilles que sur 6,3 km dans un terrain propice à ce genre de pose.

a) Le tronçon Arnon - Ayerne, de 4500 m, est entièrement posé en tunnel non revêtu, suspendu à la voûte tous les 15 m ; il est composé de trois conducteurs en cuivre de 1,0 mm² et d'une corde d'acier de 4,5 mm² de section. Celle-ci étant également enrobée d'une gaine de matière plastique, le câble est insensible aux corrosions ; de plus son faible poids par unité de longueur a permis une pose rapide, sûre et économique. Des essais ont prouvé qu'en cas de rupture, l'eau ne pénètre que de 10 cm à l'intérieur du câble, malgré la pression extérieure de 45 m de hauteur d'eau. Les deux jonctions entre les trois coupes de câbles se sont révélées absolument étanches et faciles à établir. Ce câble est utilisé pour les communications téléphoniques et la transmission du niveau du lac d'Arnon.

b) Le tronçon Ayerne - Crettaz - Centrale des Diablerets comprend 400 m posés en galerie aérée et 1800 m en fouille. Sa composition est identique à celle du tronçon décrit sous lettre *c*). Il contribue aux transmissions : téléphoniques, niveau du lac d'Arnon, commande et signalisation des vannes d'Ayerne et de la Crettaz.

c) Le tronçon entre les centrales des Diablerets et du Pont de la Tine a une longueur de 10 km, dont 4500 m sont enterrés et 5500 m posés dans la galerie existante d'amenée d'eau au Pont de la Tine entre le barrage des Aviolats et la chambre de mise en charge (voir figure 25). Sur toute sa longueur, il est recouvert de caniveaux en béton. Cette longueur est divisée en quinze sections de pose variant de 200 à 1100 m. Aux extrémités de ces sections, il a été établi quatorze cabines de contrôle, accessibles en tout temps. Dans chacune de celles-ci, les extrémités de tous les conducteurs peuvent être atteintes avec facilité. Il est donc possible d'exécuter des mesures périodiques du câble de liaison, de suivre son comportement ou de déceler et localiser rapidement un défaut éventuel.

La composition du câble a fait l'objet d'une étude approfondie, qui a abouti à la construction spéciale représentée par la coupe de la figure 29.

Les principaux facteurs qui ont contribué au choix du type de ce câble sont :

1° L'audition parfaite des communications téléphoniques, en utilisant deux « paires » pour ces transmissions et en les blindant. Sans cette précaution, les courants à basse fréquence (50, 650, 890, 1120 périodes), qui circulent dans les autres conducteurs du câble auraient fortement perturbé les communications téléphoniques.

2° La répartition symétrique des capacités et des résistances ohmiques de chaque « quarte » et la possibilité d'établir ainsi plusieurs circuits fantômes et superfantômes équivalents.

3° La gaine thermoplastique de chaque conducteur permet d'utiliser des circuits à 220 volts alternatif.

4° L'utilisation judicieuse de la section circulaire en remplaçant les « bourrages » par cinq fils de cuivre isolés et quatre fils de cuivre nus. Le téléréglage de la puissance passe par trois des fils isolés, alors que les conducteurs nus faciliteront la localisation d'un défaut, si de l'eau venait à s'infiltrer entre la gaine extérieure de PVC et l'isolation des conducteurs.

5° L'insensibilité de tous les conducteurs aux effets de variations de courant de la ligne de contact (1650 V =) du chemin de fer desservant la vallée des Ormonts, par l'adjonction de deux rubans de cuivre sous la gaine de PVC. Cette particularité a été appliquée aux 4500 m de câble posés en fouille.

6° L'imperméabilité à l'eau et l'excellente tenue contre la pénétration d'humidité le long des conducteurs en cas de rupture du câble immergé.

7° L'insensibilité aux corrosions chimiques et aux courants vagabonds du chemin de fer.

8° Le faible poids par unité de longueur (densité du câble : 0,92), diamètre extérieur réduit (25 mm), souplesse du câble, résistance élevée à la traction. Ces caractéristiques ont facilité les transports et la pose en montagne et en galeries de faible section, ainsi que son utilisation en terrains à forte déclivité, dans le voisinage des conduites forcées.

Turbine		Alternateur — Transformateur 5,3 MVA			
Paliers	Arrêt turbine	Surcharge	Air chaud	Désexcitation	Surcharge
Pression d'huile	Survitesse	Défauts internes alternateurs	CO^2	défauts internes transformateur	Température

Transformateur 2 MVA		Divers			
Surcharge	Clencheur	Tension commande	Tension synchronisation	Terre réseau 20 kV	Câble Pont-Diablerets
Défauts internes	Température	Protection incendie transformateur	Détection fumée	Vanne Crettaz	Température

Fig. 28. — Télésignalisations de dérangements à la centrale du Pont de la Tine.

La figure 29 renseigne sur l'attribution des conducteurs aux divers éléments des téléactions entre Diablerets et Pont de la Tine. Actuellement, des vingt et un conducteurs actifs, quinze seulement sont utilisés ; les autres offrent des possibilités de remplacement ou des réserves qui, alliées à des adjonctions de fréquence ou de combinaisons de circuits, permettront de transmettre des commandes et des renseignements supplémentaires.

Pose originale de 5500 m du câble de liaison dans un tunnel existant, de très faible section

De la prise d'eau des Aviolats au Pont de la Tine, la Grande-Eau coule au fond d'une gorge profonde et l'éperon rocheux de La Forclaz ne peut être contourné ou enjambé sans engager de gros frais, pour la pose d'un câble souterrain. Le sol n'étant donc pas favorable aux fouilles, le câble des téléactions emprunte les 5500 m de tunnel existant d'amenée d'eau à la chambre de mise en charge du Pont de la

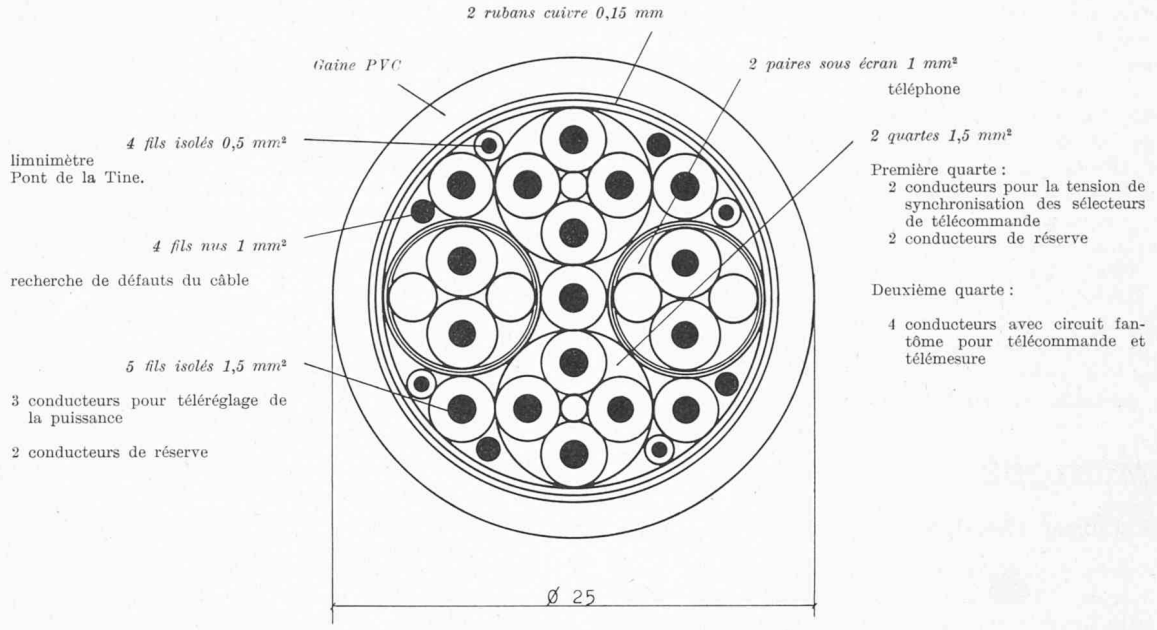


Fig. 29. — Coupe du câble des téléactions.

Tine. La densité du câble étant de 0,92, il s'agissait de le fixer dans le tunnel et d'éviter qu'il ne soit ballotté au gré du courant. Il ne pouvait être question de le suspendre, car les travaux de scellement auraient nécessité un arrêt beaucoup trop prolongé de la centrale d'aval. La solution consista à poser le câble sur le radier et à l'immobiliser par des caniveaux de béton préfabriqués de 1 m de long. Mais un nouveau problème se posa alors : comment transporter dans un passage si bas, étroit et tortueux (hauteur minimum 1,50 m, largeur minimum 1,0 m) les quelque six mille caniveaux nécessaires, représentant un poids de soixante-cinq tonnes ? Il fut imaginé de faire flotter ces matériaux dans le tunnel. Un millier de sacs en toile fine furent confectionnés. Dans chacun d'eux, on logea deux ballonnets en baudruche gonflés à l'air. Sur quatre sacs ainsi préparés, deux caniveaux de 1 m de long et de 10 kg chacun furent placés. Ces flotteurs ainsi équipés transportèrent, sans effort, les caniveaux au fil de l'eau. Des hommes échelonnés dans le tunnel les déchargeaient et les plaçaient à la suite les uns des autres. Le câble fut ensuite introduit dans le tunnel et à nouveau les flotteurs vinrent à l'aide. L'eau était ensuite arrêtée et les hommes posaient les caniveaux sur le câble, les chevillant pour donner de la rigidité à l'ensemble. Leur course accomplie, les flotteurs étaient ramenés aux Aviolats en immenses grappes multicolores, par le chemin de fer ou par fourgonnettes et réutilisés à nouveau.

Après les essais usuels, la centrale a été mise en service en septembre 1957. Dès lors, tout l'aménagement répond, avec pleine satisfaction, aux buts fixés.

LES CONGRÈS

Le programme du **congrès international de construction scolaire,** qui aura lieu du 13 au 16 octobre 1960 dans le cadre de la douzième Triennale à Milan, peut être obtenu au secrétariat général de la S.I.A.

CARNET DES CONCOURS

Autoroute Genève-Lausanne
Pont sur la Venoge et la R. C. nº 76

Jugement du jury

Le concours par appel ouvert par le Département des travaux publics du canton de Vaud, pour l'élaboration de projets en vue de la construction du pont sur la Venoge et sur la route cantonale nº 76, Ecublens-Bussigny, a donné les résultats suivants :

1er rang : M. *Albert Jaquet*, ingénieur, Montreux ; collaborateur : M. *Pierre Bernoux*, ingénieur, Montreux.

2e rang : M. *Robert Curchod*, ingénieur, Lausanne ; collaborateurs : MM. *A. Perret-Gentil*, ingénieur, et *P. Bisenz*, ingénieur.

3e rang : Bureau technique *Giovanola frères S.A.*, Monthey ; Collaborateurs : pour les fondations et le béton armé, M. *J. Bauty*, ingénieur, Nyon ; pour la géotechnique,M. *P. Dériaz*, ingénieur, Genève.

4e rang : Compagnie d'études de travaux publics S.A., Lausanne : MM. *René-H. Lambert*, *Lefaure*, *B. Pasche*, *M. Blondin*.

Les projets de ce concours seront exposés du 19 au 30 septembre 1960, au Bureau de construction de l'autoroute Genève-Lausanne, Caroline 7 *bis*, à Lausanne, où les intéressés peuvent les consulter tous les jours ouvrables de 8 à 12 h. et de 14 à 17 h., excepté le samedi.

Maison des congrès, Locarno

Ouverture

La « Pro Locarno », avec la Ville de Locarno, la Commune de Muralto et l'Association des hôteliers de Locarno et environs, ouvre un concours de projets pour une Maison des congrès à Locarno. Peuvent participer au concours les architectes de nationalité suisse et ceux de nationalité étrangère domiciliés en Suisse depuis le 1er janvier 1958 au moins.

Pièces exigées : plan de situation 1 : 500, plans,