

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin technique de la Suisse romande
<b>Band:</b>	96 (1970)
<b>Heft:</b>	11
<b>Artikel:</b>	Les turbines Kaplan de la centrale de Feistritz (Autriche) et leur réglage
<b>Autor:</b>	Hausmann, G. / Tschumy, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-70851">https://doi.org/10.5169/seals-70851</a>

### **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:** 22.01.2026

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

# Les turbines Kaplan de la centrale de Feistritz (Autriche) et leur réglage

par G. HAUSMANN, ingénieur dipl. EPFL, et A. TSCHUMY, ingénieur dipl. EPFL, chefs de service aux Ateliers des Charmilles S.A., Genève

## 1. Introduction

La centrale de Feistritz-Ludmannsdorf fait partie de l'aménagement de la « Drave Moyenne », qui met en valeur les ressources énergétiques de ce fleuve entre Villach et Annabrück au sud du Wörthersee, dans la partie méridionale de la Carynthie.

La réalisation de ces usines de production est assurée par les Österreichische Draukraftwerke (ÖDK), à Klagenfurt.

Le palier de Feistritz-Ludmannsdorf est aménagé pour une puissance totale de 80 MW et une production annuelle de 390 GWh.

Les ouvrages principaux, en dehors de la retenue, sont :

- un barrage à trois passes avec vannes, placé dans le lit du fleuve ;
- la centrale de production, accolée au barrage même.

Notre client, les ÖDK, auquel nous avons déjà fourni l'équipement de plusieurs centrales, dont celle de Reisseck (dont les turbines Pelton travaillent sous la chute record de 1765 m), a passé commande aux Ateliers des CHARMILLES de la plus grande partie de l'équipement mécanique des deux groupes générateurs, soit deux turbines Kaplan avec leur régulateur de vitesse.

Les deux turbines Kaplan sont à axe vertical et répondent aux caractéristiques suivantes :

Chute nette . . . . .	23,0 m
Débit . . . . .	190 m <sup>3</sup> /s
Vitesse de rotation . . . . .	136,3 t/min
Puissance . . . . .	40 820 KW
Débit maximum . . . . .	210 m <sup>3</sup> /s
Puissance limite en surcharge . . . . .	43 330 KW
Vitesse d'emballage . . . . .	370,0 t/min
Débit maximum à l'emballage . . . . .	290 m <sup>3</sup> /s
Diamètre de la roue . . . . .	5100 mm
Nombre de pales de la roue . . . . .	5

## 2. Turbine Kaplan

### 2.1 Conception générale

Les deux turbines Kaplan sont implantées à la cote 432,20, définissant le plan médian passant par l'axe de la roue. La figure 1 montre la coupe verticale d'une turbine et sert de base à la description qui suit, tandis que la figure 2 montre le bloc turbine lors de sa mise en place à la centrale.

Le distributeur, disposé immédiatement à l'aval des prédirectrices, est situé à la cote 434,50, l'alimentation en eau étant assurée par une bâche béton parfaitement profilée qui répartit judicieusement le débit disponible en direction des prédirectrices. Ces prédirectrices, aux nombre de douze sont ancrées dans le béton par l'intermédiaire de longues tiges de scellement, qui assurent ainsi une liaison très rigide avec la partie supérieure, qui fait corps avec l'élément inférieur du cuvelage.

Cet élément de cuvelage est lui-même lié au cuvelage proprement dit, qui délimite le puits turbine jusqu'à la cote 444,50, où se trouve le croisillon à six bras qui supporte le palier de guidage supérieur et les vérins de freinage.

Le croisillon obture également la partie inférieure du stator de l'alternateur, assurant ainsi le guidage de l'air de réfrigération.

Le cuvelage est lui-même fortement lié au béton, formant de la sorte un élément rigide pouvant transmettre les forces dues au poids du stator de l'alternateur ainsi que celles provenant du fond supérieur de la turbine par les entretoises précitées jusqu'à la partie inférieure en béton liée au radier qui entoure le manteau de la roue et l'aspirateur.

L'aspirateur en béton comporte, à sa partie supérieure, un élément de blindage en acier intimement lié au béton adjacent et fixé à la partie inférieure du manteau de roue, lui-même bétonné. La partie supérieure, fixée au fond inférieur de la turbine, n'est pas bétonnée, laissant ainsi un couloir de visite permettant le contrôle et le démontage des paliers inférieurs des aubes directrices. Ce couloir est accessible par une échelle ménagée dans le béton entourant le manteau de roue et aboutit à un second couloir débouchant dans la bâche spirale, couloir obturé par une porte assurant la continuité de la surface de la bâche.

Le fond inférieur de la turbine porte les paliers inférieurs des aubes directrices et vient s'appuyer sur un anneau continu lié lui-même aux entretoises. Le fond supérieur, constitué en caisson, s'appuie sur la partie inférieure du cuvelage auquel il est fixé. Il comprend les paliers supérieurs des aubes directrices et supporte le pivot, le cercle de vannage et les deux servomoteurs de commande, liés au cercle de vannage par deux bielles.

Le fond supérieur est en outre utilisé comme réservoir de retour de l'huile provenant du manchon de distribution d'huile, dont le retour au régulateur est assuré par deux pompes montées sur le fond.

Nous trouvons également les deux soupapes d'entrée d'air et les verrous de blocage du vannage en position fermée.

Le fond supérieur comporte, à sa partie inférieure, un élément annulaire sur lequel est fixé le palier de guidage inférieur ainsi que le dispositif d'étanchéité. La partie supérieure supporte le pivot à patins multiples réglables individuellement, la réfrigération étant assurée automatiquement par la circulation de l'huile autour d'un échangeur de chaleur eau-huile combiné avec la cuve du pivot. La cuve du pivot est fermée à sa partie supérieure par un couvercle combiné avec un support conique, sur lequel repose le manchon de distribution d'huile.

Contrairement à la plupart des turbines Kaplan, l'alimentation du servomoteur de la roue s'effectue par un manchon disposé sur le pivot, donc éloigné de l'alternateur qui, de cette façon, ne peut être souillé par des projections ou des vapeurs d'huile. De plus, le manchon n'est pas

combiné avec l'un ou l'autre des paliers de guidage, ce qui permet d'assurer leur autonomie complète par une conception judicieuse.

Le manchon de distribution d'huile comporte deux chambres principales de distribution d'huile et trois chambres assurant le retour des fuites principales au régulateur. La partie supérieure du manchon comporte, en outre, une chicane de drainage des fuites d'huile et d'aspiration des vapeurs d'huile.

La ligne d'arbre comporte un arbre turbine, dont la partie inférieure est fixée au moyeu de la roue Kaplan et la partie supérieure à l'arbre alternateur lié au rotor de l'alternateur.

L'arbre turbine comporte, en plus des plateaux d'accouplement, le plateau support de la glace du pivot ainsi que la portée de guidage du palier inférieur et celle du manchon de distribution d'huile. L'arbre turbine est foré sur toute sa longueur pour le passage des tubes d'alimentation d'huile de la roue.

L'un de ces tubes se prolonge et traverse également l'arbre alternateur, pour aboutir au-dessus de l'excitatrice

et assurer ainsi l'asservissement des pales de la roue. L'arbre alternateur ne comporte, en plus des deux plateaux d'accouplement, que la portée de guidage du palier supérieur.

## 2.2 Roue Kaplan

La roue se compose d'un moyeu en acier coulé, combiné avec le servomoteur de commande des pales et dont la partie supérieure sert de cylindre et de plateau d'accouplement avec l'arbre turbine.

La partie centrale du moyeu se termine par un élément additionnel, qui assure la fixation des paliers intérieurs des pales.

La tige de réglage, combinée avec le piston du servomoteur, assure la transmission de l'effort de manœuvre au croisillon guidé par le moyeu. Du croisillon, l'effort est transmis aux leviers combinés, par l'intermédiaire de bielles fixées d'une part aux têtes de bielles liées au croisillon et, d'autre part, aux leviers. Les leviers comportent deux portées d'appui et une butée frontale transmettant les forces au moyeu par l'intermédiaire des douilles de guidage en bronze.

Les pales, démontables de l'extérieur, sont fixées aux leviers par un jeu de vis dont la tête est noyée dans le plateau de pale, la position angulaire étant définie par deux tiges de centrage qui transmettent également le couple de manœuvre des pales. Le plateau de chaque pale comporte deux portées, dont l'une assure le guidage et la transmission des forces au moyeu, l'autre jouant le rôle de surface de contact pour le dispositif d'étanchéité.

Ce dispositif se compose d'un joint en néoprène de forme spéciale, dont les lèvres intérieures s'appuient et glissent sur la surface du plateau de pale, assurant l'étanchéité contre les entrées d'eau et les sorties d'huile.

Le joint s'appuie sur un presse-joint composé de plusieurs segments et est poussé par un jeu de ressorts qui maintient une certaine compression. La partie inférieure du moyeu est fermée par une ogive en tôle.

L'alimentation du servomoteur de roue est assurée par un jeu de tubes fixés au piston et traversant l'arbre turbine, pour aboutir au niveau du manchon de distribution d'huile décrit précédemment.

La figure 3 représente la roue de turbine lors de son montage en atelier.

## 2.3 Palier turbine

Le palier à cuvette tournante de la turbine est disposé dans le fond central, à faible distance du moyeu de la roue, mais au-dessus du joint plan.

Il se compose du coussinet proprement dit, en deux parties, lequel est lié au fond central par une pièce inter-

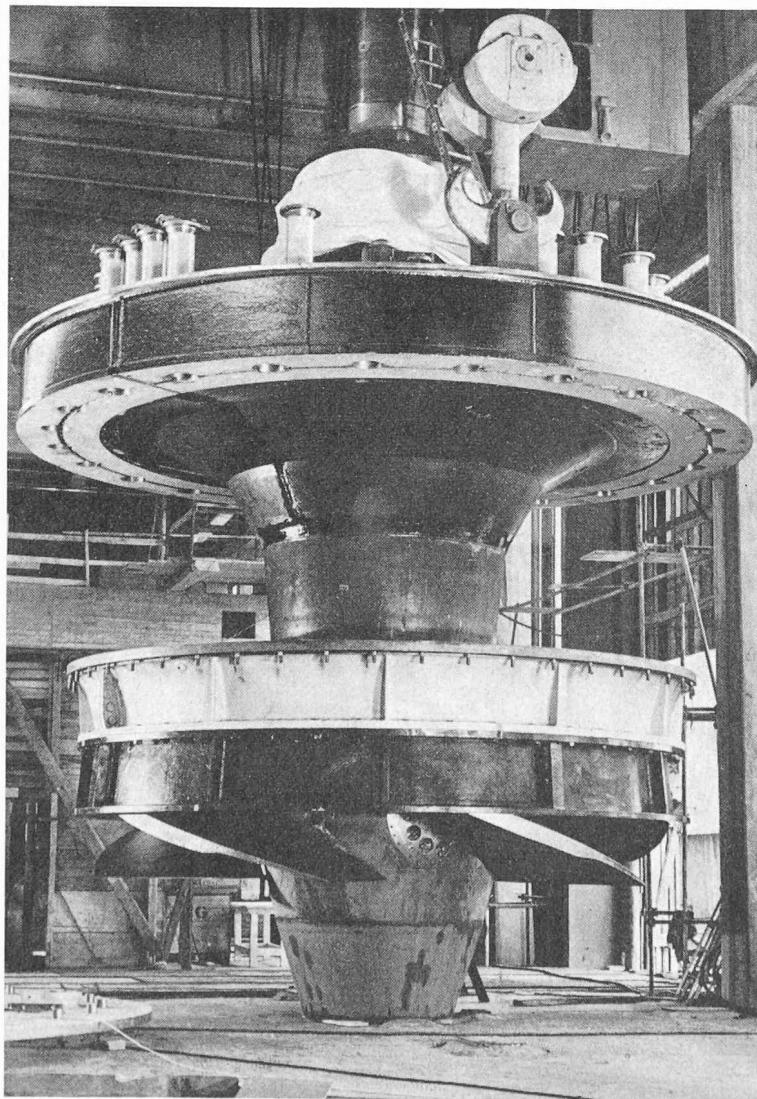


Fig. 2. — Bloc turbine avant sa mise en place dans la fosse de la centrale.

médiaire ajourée qui permet d'atteindre la zone du joint plan et le contrôle des fuites.

La cuvette tournante, fixée directement sur l'arbre turbine, joue également le rôle de support de glace pour le joint plan et d'appui pour le batardeau.

La cuvette porte, à sa partie supérieure, un couvercle de fermeture combiné avec le labyrinthe, assurant l'étanchéité contre le coussinet.

Le palier comporte les éléments de contrôle du niveau d'huile à l'arrêt, de la circulation et niveau d'huile en mouvement et de la température du coussinet. Une jauge à main permet, en outre, de mesurer le niveau d'huile à l'arrêt.

A l'arrêt, l'huile nécessaire à la lubrification remplit la partie inférieure de la cuvette tournante et atteint un certain niveau libre. Ce niveau est contrôlé par un flotteur situé dans le coussinet et qui agit sur un contact à mercure situé à la partie supérieure.

En marche, l'huile est entraînée par la cuvette tournante et son niveau d'huile se transforme en une parabole.

Le coussinet porte, à la partie inférieure, une couronne de prises de pression dont la partie extérieure pénètre dans la masse d'huile en mouvement, assurant ainsi l'alimentation du palier.

L'arrivée de l'huile dans la partie inférieure du coussinet s'effectue dans une rainure de distribution circulaire qui alimente quatre rainures axiales de répartition.

L'huile est évacuée par quatre autres rainures, qui

débouchent chacune dans un orifice d'évacuation qui restitue l'huile chaude à la base du coussinet.

La réfrigération du coussinet est assurée par la circulation de l'huile, qui est elle-même refroidie contre les parois de la cuvette tournante en contact avec l'eau de fuite du joint plan. Un thermostat et un thermomètre à distance complètent le dispositif de contrôle du palier.

#### 2.4 Palier alternateur

Le palier à cuvette tournante de l'alternateur est situé au-dessous de celui-ci, dans un logement pratiqué dans le croisillon supérieur.

Ce croisillon supporte également les vérins de freinage de l'alternateur et obture sa partie inférieure, en jouant le rôle de gaine de ventilation.

Le palier se compose du coussinet, en deux parties garnies de métal blanc fixé directement sur la bride supérieure du croisillon.

La cuvette tournante, fixée sur l'arbre, est retenue par une bague en deux pièces s'introduisant dans une rainure pratiquée dans l'arbre, l'entraînement étant assuré par une clavette cylindrique.

Un bouchon de vidange et un regard de contrôle complètent la cuvette, qui comporte en outre un anneau de manutention. La cuvette porte, à sa partie supérieure, un couvercle de fermeture combiné avec le labyrinthe, assurant l'étanchéité contre le coussinet.

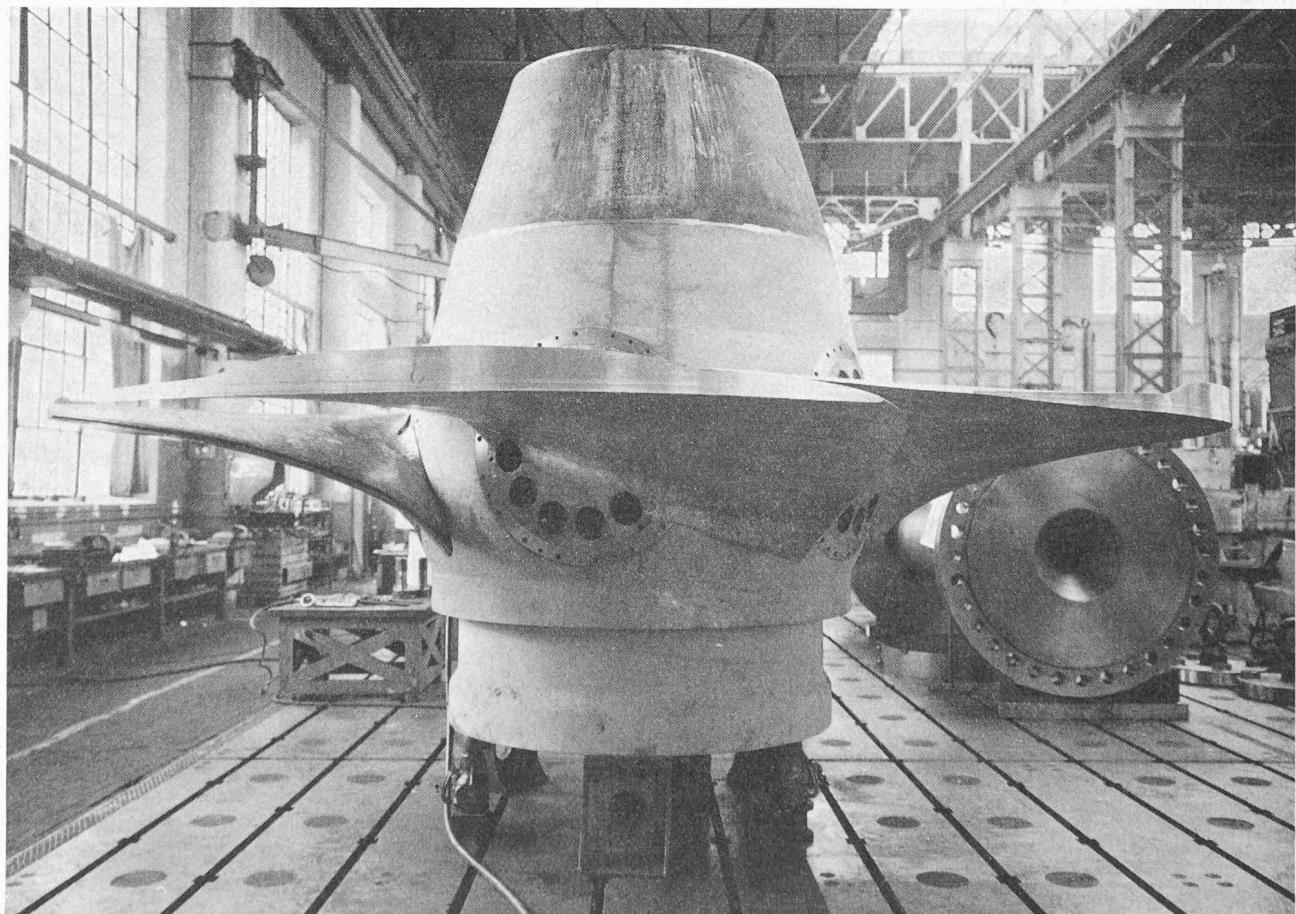


Fig. 3. — Vue de la roue KAPLAN à cinq pales, après son assemblage dans les ateliers du constructeur.

Le coussinet comporte une chambre annulaire de réfrigération complémentaire et, à sa partie supérieure, un labyrinthe contre l'arbre. Ce labyrinthe est double et permet l'aspiration des vapeurs d'huile au moyen d'un ventilateur centrifuge. Les éléments de contrôle du niveau en marche et à l'arrêt, ainsi que ceux de la température, complètent le palier. La distribution de l'huile au coussinet s'effectue de la même façon que pour le palier turbine.

### 2.5 Joint plan

Le joint plan, situé autour du palier turbine, assure l'étanchéité à l'arrêt et en marche. Le joint est en outre doublé d'un joint statique manœuvrable à l'arrêt et assurant une étanchéité totale, permettant ainsi le démontage du joint plan.

Le joint plan se compose d'un support mobile, sur lequel deux rangées de segments de charbon sont montées. Ces segments possèdent, à leur base, une rainure de fixation trapézoïdale et une série de vis de fixation.

Le support mobile coulisse à l'intérieur d'un anneau de liaison qui ferme la chambre du joint et sert d'appui pour les ressorts de compression du support mobile. Deux tiges assurent le guidage du support mobile et empêchent celui-ci de tourner. L'une de ces tiges supporte la sonde du thermomètre à résistance du joint plan.

L'anneau intermédiaire repose sur la bride support du joint statique, qui fixe l'ensemble contre le fond central. Le joint statique, coulissant à l'intérieur de la bride du fond central, assure l'étanchéité à l'arrêt, en venant s'appuyer sur la cuvette tournante du palier.

La cuvette tournante du palier supporte la glace de frottement du joint plan et sert de couvre-boulon d'accouplement.

Le support mobile comporte un certain nombre de trous assurant l'injection d'eau propre entre les deux anneaux de segment de carbone, et porte en outre une tige permettant de contrôler l'état d'usure du joint et une sonde de thermostat.

## 3. Le réglage des turbines Kaplan

### 3.1 Conception générale

Avant de décrire les divers organes constituant l'ensemble du réglage des turbines, il y a lieu de préciser quelles ont été les idées de base et à quelles conditions devaient répondre la conception et l'élaboration du réglage de ces groupes hydro-électriques.

Il s'agissait :

- d'assurer le double réglage de turbines Kaplan soumises à une chute variable ;
- d'assurer une exploitation manuelle, automatique, locale ou télécommandée depuis la salle de commande de l'usine ;
- de pouvoir recevoir des ordres élaborés par un calculateur central et pilotant par la suite plusieurs usines ;
- de munir le régulateur de possibilités d'ajustement des paramètres de réglage suffisantes pour assurer une marche sûre et efficace dans les divers régimes prévus ;
- de disposer les divers organes de réglage à l'intérieur des espaces mis à disposition, tout en réservant une bonne accessibilité à chacune des parties essentielles ;
- de concevoir l'ensemble du système de régulation avec la plus grande simplicité, afin de faciliter

l'exploitation et d'éliminer toute source de dérangements ;

- d'assurer par avance une première mise en service rapide et sans défaillance.

La figure 4 représente le schéma de réglage simplifié, auquel le lecteur voudra bien se référer à la lecture de la description des chapitres suivants.

### 3.2 Disposition de l'ensemble

A l'exception de l'alternateur pilote à aimants permanents monté à la partie supérieure de l'arbre du groupe, tous les organes de régulation sont disposés dans une chambre commune aux deux groupes. Cette chambre est située sur les deux niveaux 443,00 m et 442,00 m, et les organes y sont placés symétriquement par rapport à un axe parallèle à la direction générale de l'écoulement de l'eau, et situé à mi-distance entre les deux groupes. Afin d'utiliser au mieux l'espace disponible et d'obtenir une très bonne accessibilité, nous avons adopté la disposition dite « par éléments séparés ». Le régulateur, l'armoire du régulateur électrique, le groupe de pompage, le réfrigérant, les diverses soupapes de renversement, d'isolement, les accumulateurs, les compresseurs, etc., sont répartis dans la chambre de réglage. De cette façon, les tuyauteries de liaison, les asservissements et les divers câblages électriques ont pu recevoir le meilleur cheminement et voir leur longueur aussi réduite que possible. Le groupe de pompage est situé au niveau inférieur de la chambre, permettant ainsi le retour de l'huile par gravité, depuis les divers points d'utilisation. Les organes de commande des groupes sont réunis sur un tableau pour chaque groupe, qui forme la paroi aval de la chambre de réglage.

### 3.3 Partie électrique

Comme déjà mentionné, l'alternateur pilote (101)<sup>1</sup>, qui n'appartient pas à notre fourniture, est monté à la partie supérieure de l'arbre du groupe. Cet organe fournit la puissance requise par l'armoire électrique du régulateur (110) et une tension proportionnelle à la fréquence du groupe.

Le régulateur électrique (110) est du type CHARMILLES RE 102, dont de nombreuses exécutions équipent déjà des turbines de tous types en plusieurs continents. Il se présente sous la forme d'une armoire métallique contenant un cadre pivotant, portant lui-même quatre châssis. Cette disposition permet un accès très aisément aux divers circuits montés sur la partie arrière de ces châssis. Sur la face avant des châssis sont placés les circuits d'ajustement des paramètres de réglage, soit le dosage accéléro-tachymétrique et la promptitude.

Dans le châssis de la mesure de la fréquence, la tension fournie par l'alternateur pilote est traitée pour donner une tension continue proportionnelle à la vitesse. Cette tension est nulle pour 50 Hz, négative pour les valeurs inférieures et positive pour les valeurs supérieures à cette fréquence nominale, tout en restant proportionnelle à l'écart par rapport à la valeur de consigne. Le châssis de mélange et de totalisation des ordres comprend le système de stabilisation qui, dans ce cas, est accéléro-tachymétrique. Un circuit élabore la dérivée de l'écart de la vitesse, qui est additionnée à la valeur de cet écart. Ce châssis reçoit également et traite les signaux venant de l'asservissement, du statisme, de l'ordre de charge et des divers ordres extérieurs prévus.

<sup>1</sup> Les numéros entre parenthèses renvoient au schéma simplifié faisant l'objet de la figure 4.

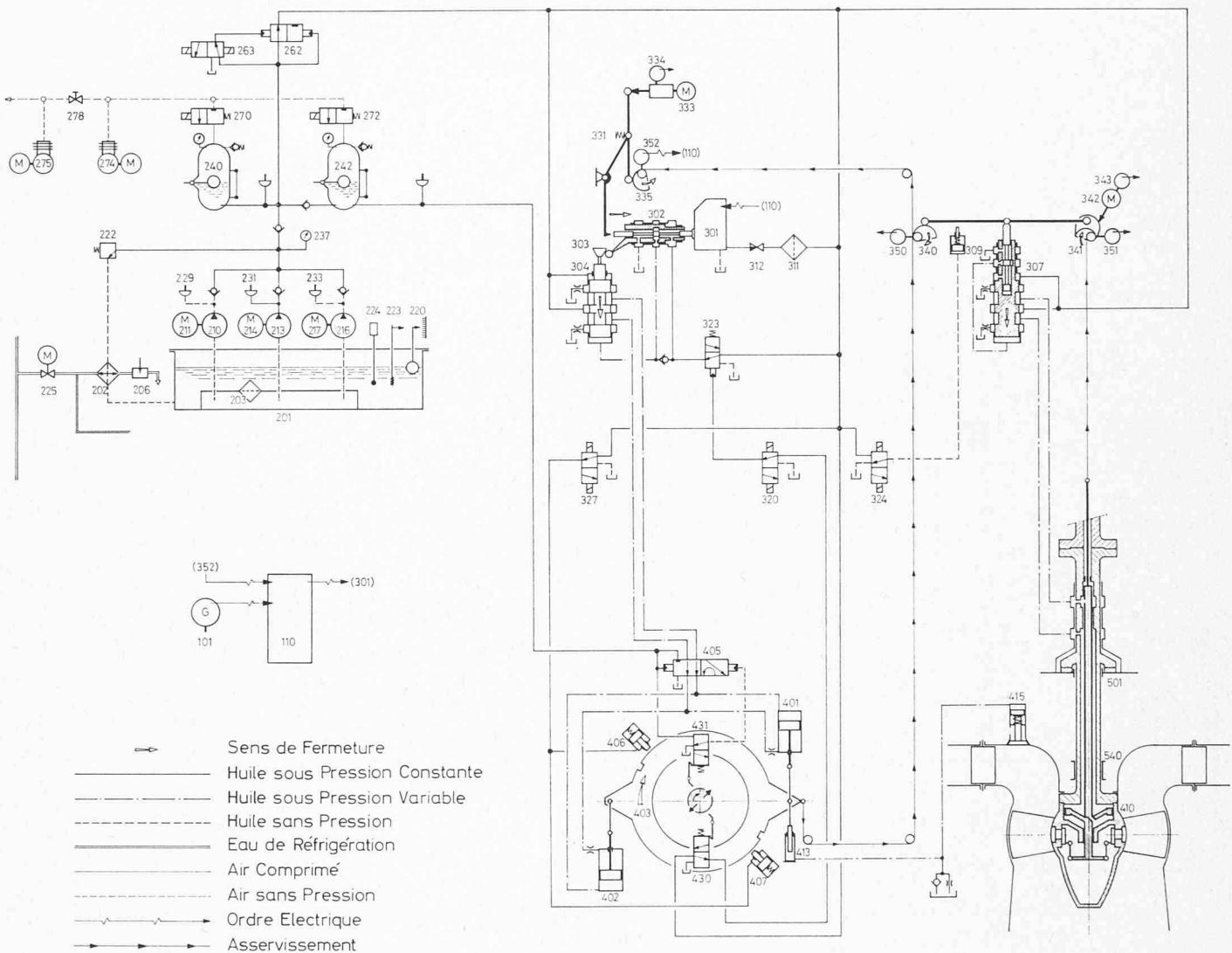


Fig. 4. — Schéma de réglage simplifié.

- 100 Partie électrique  
 101 Alternateur pilote  
 110 Armoire du régulateur électrique  
 200 Groupe de pompage et accumulateurs  
 201 Réservoir d'huile  
 202 Réfrigérant  
 203 Filtre  
 206 Indicateur de circulation d'eau  
 210 }  
 213 } Pompe à huile  
 216 }  
 211 }  
 214 } Moteurs d'entrainement des pompes à huile  
 217 }  
 220 Indicateur de niveau  
 222 Souape de réglage de la pression d'huile  
 223 Thermomètre à distance pour l'huile  
 224 Thermostat pour l'huile  
 225 Vanne motorisée pour l'eau de refroidissement  
 229 }  
 231 } Manostats de surveillance des pompes à huile  
 233 }  
 237 Manomètre de pression d'huile  
 240 Accumulateur air-huile de réglage  
 242 Accumulateur air-huile pour l'arrêt d'urgence  
 262 Souape d'isolement  
 263 Electrovalve de commande de la souape 262  
 270 } Electrovalves de commande d'air comprimé  
 274 Compresseur d'air de la turbine 1  
 275 Compresseur d'air de la turbine 2  
 278 Vanne de liaison du système d'air comprimé des deux turbines

- 300 Régulateur  
 301 Actuateur  
 302 Relais à broche de commande du distributeur 301  
 303 Cône d'asservissement  
 304 Distributeur d'huile du servomoteur de vannage  
 307 Distributeur d'huile du servomoteur de la roue  
 309 Dispositif d'ouverture de la roue  
 320 Electrovalve d'arrêt d'urgence  
 323 Souape de décharge en cas d'arrêt d'urgence  
 324 Electrovalve de commande de l'ouverture de la roue  
 327 Electrovalve de commande du verrou de vannage  
 331 Limiteur d'ouverture  
 333 Commande électrique du limiteur d'ouverture  
 334 Transmetteur de position du limiteur d'ouverture  
 335 Came d'asservissement du limiteur d'ouverture  
 340 Came d'asservissement  
 341 Came-tambour d'asservissement  
 342 Dispositif de commande de la came-tambour en fonction de la chute  
 343 Transmetteur de position du dispositif de commande de la came-tambour  
 350 Transmetteur de position du vannage  
 351 Transmetteur de position de la roue  
 352 Variomètre d'asservissement du régulateur  
 400 Turbine  
 401 } Servomoteurs de vannage  
 402 }  
 403 Vannage  
 405 Souape de renversement  
 406 } Verrous du vannage  
 407 }  
 410 Servomoteur de la roue  
 413 Commande de l'admission d'air  
 415 Souape d'entrée  
 430 Limiteur d'emballlement, 1<sup>er</sup> stade  
 431 Limiteur d'emballlement, 2<sup>e</sup> stade  
 500 Palier, pivot  
 501 Pivot  
 540 Palier inférieur

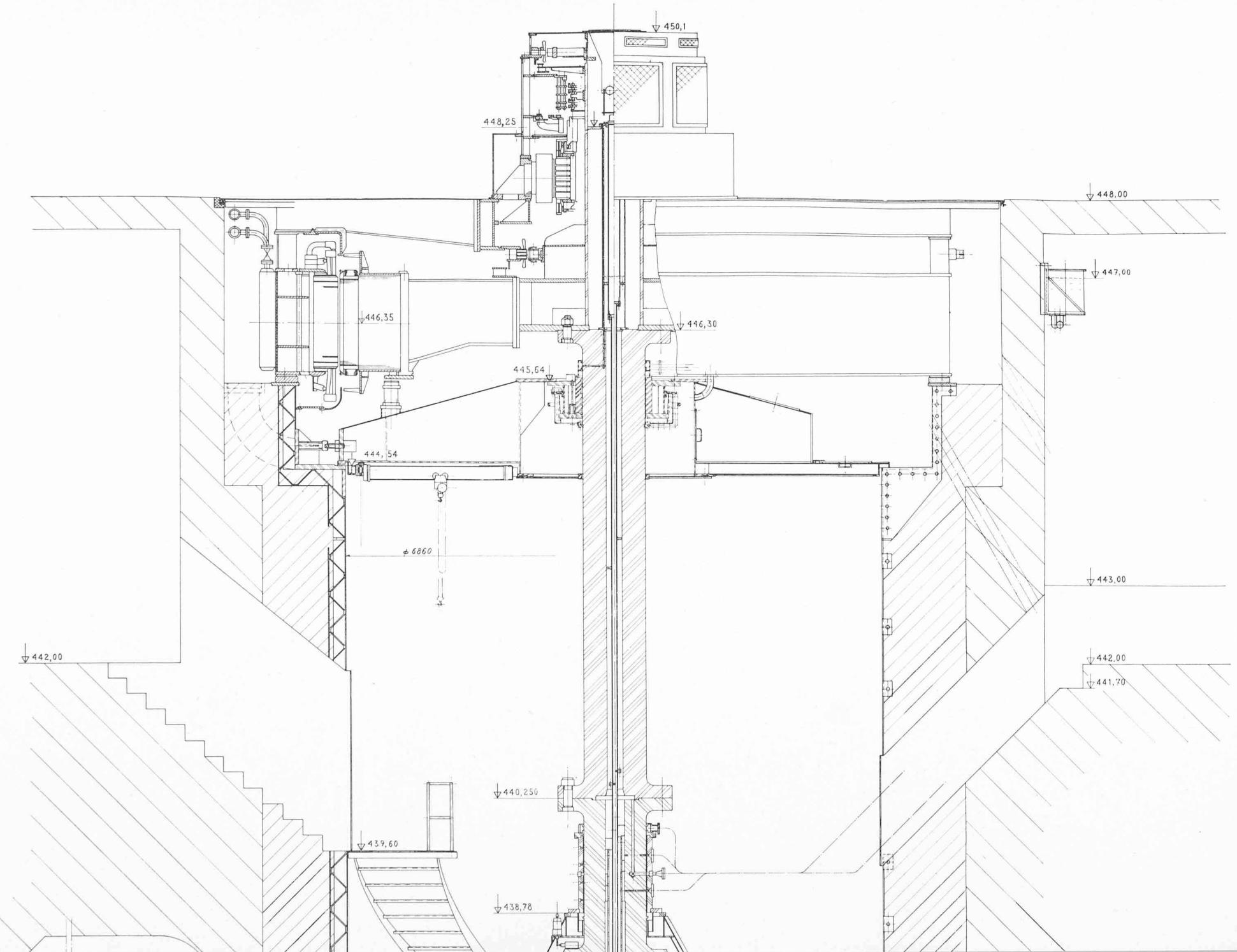
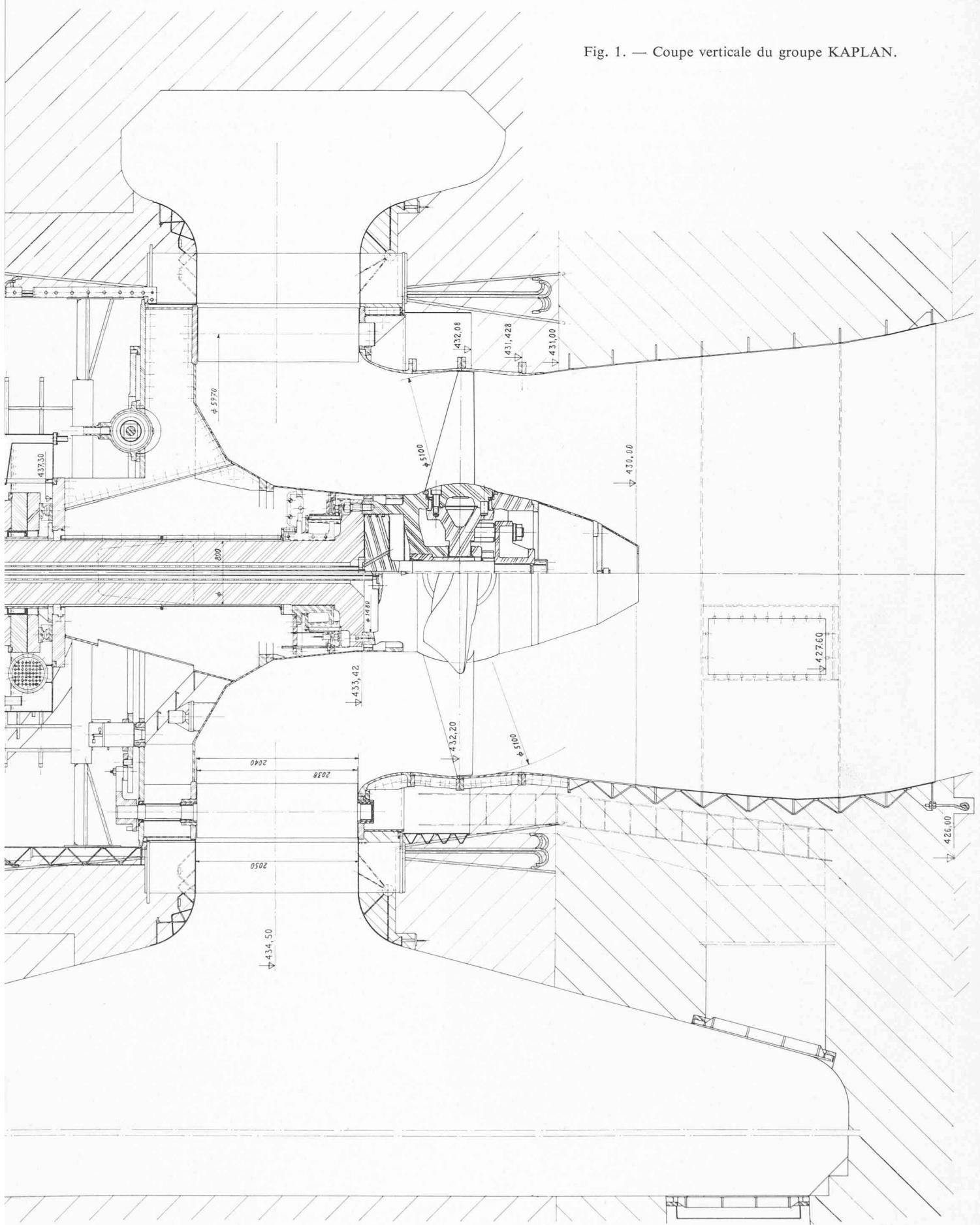


Fig. 1. — Coupe verticale du groupe KAPLAN.



Le châssis de l'amplificateur transforme et amplifie les signaux continus représentant la somme des divers ordres en courant alternatif, afin de commander le moteur couple de l'actuateur (301). Cette amplification se fait en deux étages, le premier étant constitué par des amplificateurs magnétiques, le second comprenant des thyrodes.

Le châssis d'alimentation comprend essentiellement les transformateurs à prise, permettant d'adapter les circuits du régulateur à la tension fournie par l'alternateur-pilote, et les divers relais de surveillance et commutateurs, permettant de détecter un manque d'alimentation ou une survitesse et de donner les ordres de fermeture nécessaires tout en signalant ces incidents au personnel d'exploitation.

La figure 5 donne une vue de la partie interne du régulateur RE 102. On distingue les quatre châssis différents correspondant aux fonctions essentielles et fondamentales de cet organe.

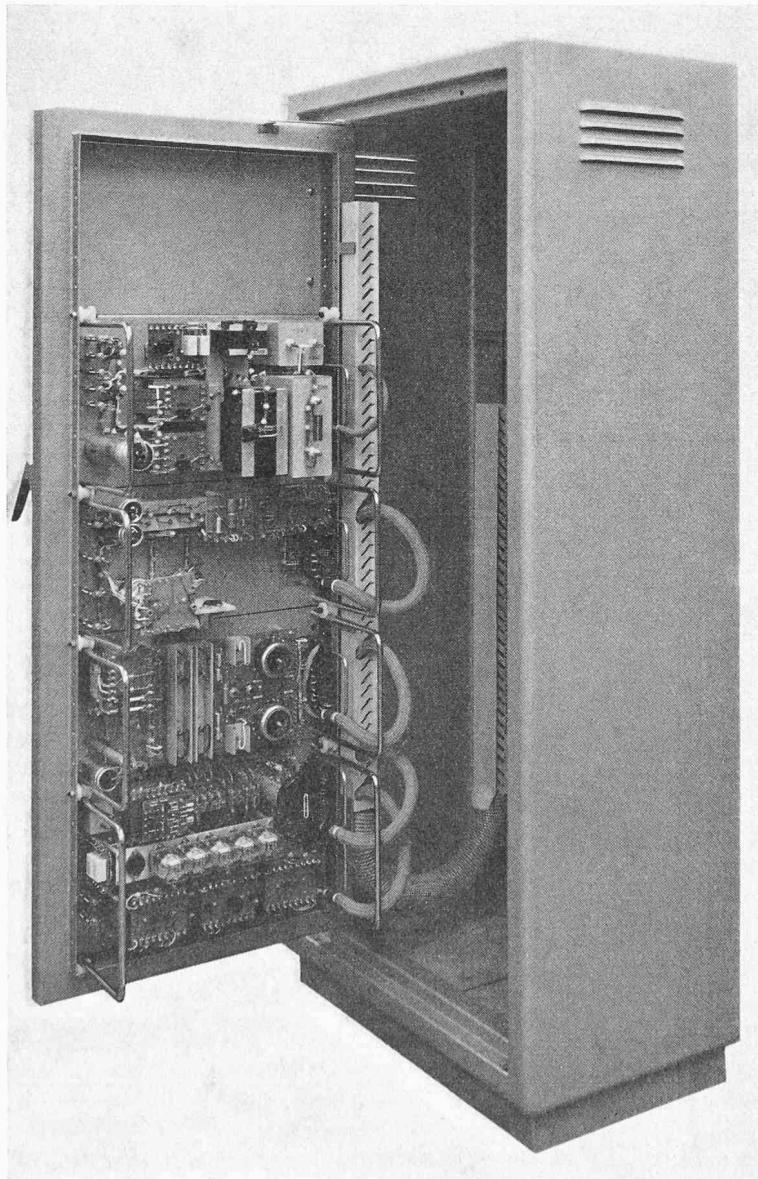


Fig. 5. — Régulateur électrique CHARMILLES RE 102. Vue de l'armoire complètement ouverte, avec le cadre pivotant portant les quatre châssis.

### 3.4 Mise en pression de l'huile

Le groupe de pompage de l'huile de régulation (201) comprend trois pompes (210-213-216) de mêmes caractéristiques, entraînées chacune par des moteurs électriques (211-214-217) à courant alternatif. Il s'agit de moteurs spéciaux ayant comme caractéristique un rapport favorable du courant de démarrage par rapport au courant normal. L'aspiration des pompes se fait à travers un filtre (203) et chaque conduite de refoulement est surveillée par un manostat (229-231-233). Un automatisme partiel permet la mise en marche immédiate d'une autre pompe lors d'un incident de fonctionnement de la pompe en service. Le groupe de pompage comprend des organes de surveillance et de contrôle, tels que niveau à flotteur avec contact (220), thermosonde (223), thermostat (224), manomètre (237), dont l'indication est transmise au tableau de commande par voie électrique. La soupape de réglage de pression d'huile (222) décharge le débit d'huile non utilisé dans le réfrigérant eau-huile (202) extérieur au groupe de pompage. Ce réfrigérant est alimenté par un circuit d'eau parallèle à celui du pivot provenant d'une alimentation générale commune aux deux groupes. Une vanne motorisée (225) sur la conduite de chaque groupe permet d'isoler le circuit de réfrigération du groupe (groupe de pompage et pivot) lors de l'arrêt de la machine. Le bon fonctionnement de ce circuit est contrôlé par un indicateur de circulation (206).

Le groupe de pompage alimente le circuit de réglage d'une part et les accumulateurs air-huile d'autre part. Chaque groupe comprend un accumulateur air-huile de service (240) et un accumulateur air-huile prévu pour l'arrêt d'urgence (242). Chacun de ces accumulateurs est muni des organes de surveillance, tels que manomètres, manostats, niveaux à flotteur avec contact, niveau visuel, robinet de réglage et de vidange, soupape de sûreté, aussi bien sur le côté air que sur le côté huile. L'air comprimé nécessaire est fourni pour chaque groupe par un compresseur (274-275). Les deux compresseurs sont reliés entre eux de façon à pouvoir, cas échéant, les faire agir ensemble au profit de l'un des groupes. Une soupape d'isolement (262) commandée par un relais à commande électrique (263) permet d'isoler le circuit de réglage des accumulateurs, lors d'un arrêt de la machine. Le maintien de la pression et du niveau d'huile dans l'accumulateur de service est l'objet d'un automatisme partiel indépendant de la mise en service ou de l'arrêt de la machine. Par le jeu de contacts dépendant du niveau et de manostats, le compresseur ou une pompe à huile sont mis en service et arrêtés, de façon à conserver la capacité de travail de l'accumulateur de service (240).

L'accumulateur d'arrêt d'urgence

(242) n'est utilisé que lors d'un ordre de fermeture provoqué par le déclenchement du limiteur d'emballement de deuxième stade. Le maintien du niveau d'huile et de la pression se fait automatiquement en ce qui concerne l'huile, mais est effectué manuellement en cas de nécessité en ce qui concerne l'air sous pression.

### 3.5 Régulateur

Les ordres de réglage élaborés par l'armoire électrique du régulateur (110) sont transmis à l'actuateur (301) qui assure le passage de ces ordres à la partie mécanique du régulateur. L'actuateur comporte essentiellement un moteur couple biphasé, dont la phase de commande est alimentée par l'amplificateur du régulateur. Les mouvements d'une palette mobile située entre deux buses d'échappement d'huile provoquent, par le jeu d'une modulation de pression, le déplacement dans un sens ou dans un autre, selon la polarité du signal de commande, d'un relais à broche (302). Afin d'avoir une proportionnalité entre le mouvement du relais et le signal de commande, un asservissement électrique, constitué par un variomètre linéaire, livre un signal qui, après redressement, est réinjecté à l'entrée de l'amplificateur de commande. Un dispositif auxiliaire provoque une légère vibration permanente du distributeur principal et augmente ainsi la sensibilité de l'ensemble de la chaîne de réglage. Le même dispositif est utilisé pour provoquer une tendance à l'ouverture du vannage lors du démarrage et avant que le groupe soit sous l'action du régulateur. L'huile sous pression constante utilisée dans le circuit de l'actuateur est à pression réduite par rapport à celle de l'ensemble de la chaîne de réglage.

Le relais à broche (302) pilote le tiroir principal (304) de distribution d'huile au servomoteur de vannage de la turbine. Ce tiroir est à cinq chambres et agit sur les servomoteurs de type à double effet. Le mouvement de ce tiroir est asservi à celui du relais à broche par le cône (303). Le limiteur d'ouverture (331) agit sur la position du relais à broche et est commandé électriquement, à distance ou manuellement, directement depuis le régulateur. Son asservissement provient du mouvement du vannage. Le régulateur électrique agit également sur la roue par l'intermédiaire du tiroir du distributeur. A l'effet d'une liaison mécanique venant du distributeur de la turbine s'ajoutent celui de la liaison d'asservissement de la roue. L'effet résultant pilote ainsi le tiroir de distribution d'huile (307) de la roue, tiroir analogue dans son principe et ses dimensions à celui du distributeur.

Le régulateur comprend encore divers dispositifs :

- Le circuit d'arrêt rapide avec la soupape à commande manuelle et électrique (320), qui agit sur une soupape hydraulique (323), permettant d'évacuer le débit d'huile lors d'une fermeture rapide.
- Un dispositif permettant d'ouvrir la roue à une valeur définie, afin de faciliter le démarrage de la turbine constitué par une soupape à commande électrique et manuelle (324) agissant sur un vérin (309), dont la course est réglable. Ce vérin modifie la position du palonnier de commande du tiroir de la roue et provoque ainsi momentanément, lors du démarrage, l'effet désiré.
- Une soupape à commande électrique et manuelle, qui permet de commander les deux verrous (406-407).
- Les asservissements du vannage et de la roue sont munis de variomètres (350-351), permettant l'indication à distance de la position de ces deux organes.

La conjugaison entre la position du vannage et celle de la roue est assurée par une came tambour (341) dépendant de la hauteur de chute. La forme de la came est tirée des divers essais de rendement faits en laboratoire. Le mouvement de la came lors d'une modification de la chute est provoqué par un moteur (342) et peut être ainsi mis directement sous la dépendance de cette grandeur variable. L'indication à distance de la position de cette came est assurée par un potentiomètre double (343-344). L'asservissement du régulateur est pris sur l'ouverture du distributeur et assuré par le variomètre (352).

### 3.6 Turbine

Les servomoteurs de vannage (401-402), au nombre de deux, sont du type à double effet. Ils portent directement sur leur corps les diaphragmes définissant la loi de fermeture, qui n'est pas linéaire en fonction du temps, afin de respecter les valeurs de garantie en matière de surpression et de survitesse. Le fait de placer ces diaphragmes directement sur les servomoteurs assure une sécurité totale quant au respect de cette loi de fermeture. Le tiroir de distribution (304) agit sur les servomoteurs à travers une soupape de renversement (405). Cette soupape joue le rôle d'un simple passage dans la marche normale. Son mouvement et son action sont provoqués par la soupape d'emballement de deuxième stade (431). Lors d'un tel incident, l'accumulateur d'arrêt d'urgence (242) provoque le mouvement de cette soupape et l'admission, dans les chambres côté fermeture des servomoteurs de vannage (401-402), de l'huile sous pression contenue constamment dans cet accumulateur. Un emballement premier stade provoque un arrêt rapide par le jeu du circuit dépendant de la soupape d'arrêt rapide (320). Les verrous (406-407), comme déjà mentionné, sont commandés par une soupape (327) située dans le régulateur.

Un dispositif (413) ordonne l'ouverture des soupapes d'entrée d'air (415) situées sur le fond de la turbine. Suivant le mouvement du vannage, le servomoteur de la roue (410) se trouve dans le moyeu et l'introduction d'huile dans l'arbre tournant se fait par un manchon situé entre le pivot et le plateau d'accouplement. Le pivot, les paliers, le joint plan possèdent des instruments de contrôle et de sécurité et sont reliés à la chaîne de réglage par les diverses tuyauteries d'huile ou de réfrigération.

### 3.7 Commande du groupe

La plus grande partie des opérations élémentaires constituant la chaîne de démarrage peuvent être faites manuellement sur place. Toutefois, l'ensemble des commandes et de la surveillance d'un groupe a été reporté sur un tableau à trois panneaux, où sont réunis tous les boutons poussoirs et commutateurs permettant la mise en marche ou l'arrêt de la machine. Le panneau turbine comprend notamment les instruments électriques suivants :

- manomètre d'huile de régulation ;
- indicateur de position du limiteur d'ouverture ;
- indicateur de position du vannage ;
- indicateur de position de la roue.

Le panneau de l'alternateur comprend en outre :

- le variomètre à commande motorisée pour l'ajustement de la fréquence ;
- le variomètre à commande motorisée pour l'ajustement de la charge ;
- le variomètre à commande motorisée pour l'ajustement du statisme.

Ces appareils permettent une commande à distance ou une mise sous la dépendance d'un calculateur central, et sont munis de potentiomètre permettant la transmission à distance de l'indication de leur position.

L'ensemble des organes de la chaîne de réglage, des divers contacts de surveillance et des instruments de contrôle s'incorpore dans la chaîne automatique de marche et d'arrêt. Les dispositions constructives et les nombreux contrôles effectués, aussi bien au stand d'essai dans notre usine que sur place lors du montage, en collaboration avec les autres constructeurs, ont permis une mise en service rapide et sans ennuis. Aussi bien le 17 février 1968, lors du premier démarrage du groupe 1, que le 30 mai 1968, pour le groupe 2, il s'est écoulé moins d'une heure entre le moment où la roue a effectué son premier mouvement et

l'instant où le groupe tournait à sa vitesse nominale correspondant à la fréquence de 50 Hz donnée par le régleur. Les groupes étaient ainsi prêts à subir, sans intervention supplémentaire, la suite des essais et contrôles nécessités par la préparation au couplage et à la prise de la charge. Par la suite, des contrôles détaillés sur les valeurs de garanties de réglage ont montré que la loi de fermeture prévue, après de longs calculs préliminaires, correspondait pratiquement à celle mise en œuvre en réalité sur les groupes.

Tous ces éléments confirment la valeur des conceptions de base admises pour l'élaboration de ces turbines, et la bonne exécution de l'ensemble du matériel.

Adresse des auteurs : Ateliers des CHARMILLES S.A., 109, rue de Lyon, 1211 Genève.

## La Fédération européenne des associations nationales d'ingénieurs<sup>1</sup>

par Sir FREDERICK WARNER, président

Certains connaissent bien la FEANI, d'autres moins bien, d'autres très peu. Il m'était donc difficile d'évoquer, de façon intéressante pour tous, les buts et les vicissitudes de notre fédération d'ingénieurs européens. J'essaierai seulement de répondre à deux questions :

- Pourquoi une fédération d'ingénieurs de caractère non technique ?
- Pourquoi une fédération européenne ?

et de signaler une des plus récentes activités de la FEANI, à laquelle la SIA a particulièrement contribué.

### Fédération d'ingénieurs

Je n'aurai pas l'audace de rappeler aux membres de la SIA l'utilité des associations d'ingénieurs. Dans notre monde moderne, avec l'accélération des modifications techniques, le rôle de l'ingénieur a pris une place essentielle ; mais la profession d'ingénieur, qui date de moins de deux siècles, est en retard quant à son organisation et à l'influence qu'elle peut exercer au sein de la société par rapport à d'autres professions vieilles de quelques millénaires, comme la médecine ou le droit.

Les associations d'ingénieurs ont été, comme celles d'autres professions, d'abord locales, puis de plus en plus étendues, visant essentiellement à obtenir :

- 1) le perfectionnement de leurs connaissances techniques spécialisées ;
- 2) le progrès de la profession en général (formation, statuts, droits de propriété industrielle, rôle dans la vie sociale et politique, etc.).

Ces deux objectifs sont poursuivis tantôt par des groupements uniques d'ingénieurs, tantôt par un groupement spécifiquement technique, et assorti d'un groupement spécifiquement professionnel.

<sup>1</sup> Exposé présenté lors de l'assemblée des délégués de la SIA, le 13 décembre 1969, à Berne.

L'objectif technique, le plus clair à définir et le plus immédiatement profitable, est apparu le premier ; d'où la création d'associations spécialisées (mécaniciens, électriques, chimistes, etc.), qui se sont ensuite fédérées soit sur le plan national, soit dans des fédérations internationales scientifico-techniques au début du siècle.

L'objectif professionnel ne s'est révélé qu'avec le temps ; mais il est essentiel à long et moyen terme pour placer la profession d'ingénieur au niveau requis par le monde moderne. C'est cet objectif professionnel qui, sur le plan européen, est celui de la FEANI.

### Fédération européenne

En 1949, après la guerre mondiale, il existait déjà des associations internationales scientifico-techniques spécialisées (électricité, gaz, grands barrages, etc.) coiffées par l'UATI (Union des associations techniques internationales), mais pas d'organisme centralisateur quant à l'objectif professionnel.

L'initiative en a été lancée lors de rencontres d'ingénieurs de quelques pays voisins de l'Allemagne, à Constance (juin 1949) et Fribourg-en-Brisgau (juin 1950). Par la suite, des délégués des associations nationales d'ingénieurs de sept pays, dont la Suisse, réunis à Luxembourg le 7 septembre 1951, ont fondé la *Fédération internationale d'associations nationales d'ingénieurs*, groupant alors 175 000 ingénieurs, avec siège et secrétariat à Paris.

Depuis lors cette fédération s'est développée ; elle englobe maintenant les associations de dix-huit pays européens et leurs 650 000 membres, en chiffres ronds. En 1956, elle a changé son nom de *Fédération internationale* en *Fédération européenne*, marquant ainsi qu'elle entendait limiter son activité au continent européen, tout en désirant prendre sa place au sein d'une organisation mondiale dont elle souhaitait la création. Vous savez d'ailleurs que cette organisation mondiale, la FMOI, a été créée en mars 1968 et qu'un représentant de la FEANI siège à son Comité exécutif.