

# L'usine thermique des entreprises électriques fribourgeoises

Autor(en): **Marro, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **87 (1961)**

Heft 15

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65042>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# 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. Grosgrin, 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.; J.-P. Vouga, 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. 320.—  
1/2 » . . . . . » 165.—  
1/4 » . . . . . » 85.—  
1/8 » . . . . . » 42.50

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

**SOMMAIRE**

L'usine thermique des Entreprises électriques fribourgeoises, par A. Marro, sous-directeur technique E.E.F., Fribourg.  
L'aménagement du territoire et les libertés personnelles, par Louis Guisan, conseiller d'Etat, Lausanne.  
Divers. — Bibliographie. — Les congrès. — Carnet des concours.  
Documentation générale. — Documentation du bâtiment.

## L'USINE THERMIQUE DES ENTREPRISES ÉLECTRIQUES FRIBOURGEOISES

par A. MARRO, sous-directeur technique E.E.F., Fribourg

Les travaux de modernisation et d'extension de l'usine thermique située à la Maigrauge, sur le territoire de la ville de Fribourg, sont actuellement terminés. Cette usine représente une réserve de 28 200 ch, complétant heureusement les usines hydro-électriques des EEF, et se trouve être pour l'instant la plus forte centrale Diesel d'Europe. La question des usines thermiques revenant sur le plan de l'actualité, l'exposé de cette réalisation nous paraît susceptible de présenter un intérêt assez général.

### Historique de la production thermique dans le canton de Fribourg

En 1909, les frères Genoud complétaient leur usine hydro-électrique entrée en service à Châtel-Saint-Denis en 1897, par un moteur Diesel de 360 ch situé à quelque distance de l'usine. Deux ans auparavant, soit en 1907, la Société des usines hydro-électriques de Montbovon s'était déjà vue dans l'obligation de construire une usine à vapeur à Romont. Dans son état définitif, cette usine comprenait deux turbines à vapeur de 1650 kW chacune, tournant à 1500 tours/minute. La chaufferie se composait de six chaudières fournissant de la vapeur surchauffée à 300° C sous 11 atmosphères.

Les deux sociétés sus-mentionnées furent englobées ultérieurement dans les Entreprises électriques fribourgeoises, fondées en 1915.

En 1932, les EEF éprouvèrent à nouveau la nécessité de compléter leurs aménagements hydrauliques, en plein essor, par une nouvelle usine thermique de 10 800 ch située à Fribourg. Alors que l'usine thermique de Châtel-Saint-Denis a été désaffectée en 1925 et celle de Romont en 1933, celle de Fribourg a été dernièrement l'objet d'une modernisation et d'une extension qui la réadaptent à l'état actuel de la production hydro-électrique des EEF.

### Exploitation combinée d'usines hydro-électriques et thermiques

Dès les débuts de la production d'énergie hydro-électrique, l'irrégularité des débits des rivières a dû être compensée dans bien des cas par des groupes thermiques. Il s'agissait avant tout d'assurer une fourniture d'énergie suffisante en hiver et en période de faible hydraulicité, secondairement de fournir une puissance de pointe accrue à certains moments et éventuellement de constituer une réserve en cas d'avarie aux équipements hydro-électriques.

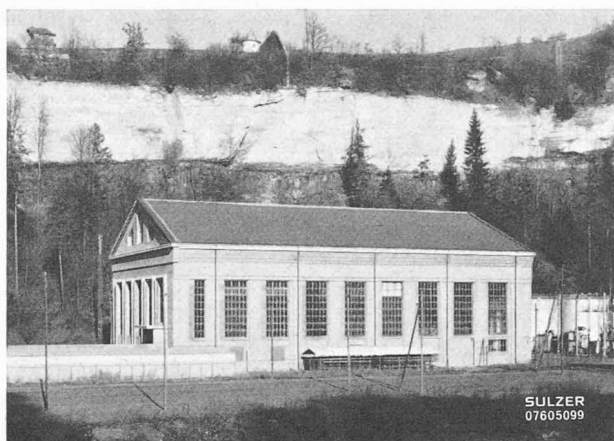


Fig. 1.

La situation a évolué du fait de l'interconnexion toujours plus poussée entre réseaux et même entre pays différents et du fait de l'augmentation du nombre des usines à accumulation. Cependant des problèmes analogues de coordination optimale entre différentes sources d'énergie (eau, combustibles fossiles ou nucléaires) resteront encore longtemps actuels.

Dans le cas des EEF, la situation est la suivante : elles disposent de quatre usines hydro-électriques (Montbovön, Broc, Hauterive, Oelberg — et bientôt Schiffenen) utilisant essentiellement les eaux de la Sarine, ainsi que de la Jogne, toutes dépendantes de mêmes conditions hydrologiques. Il y a lieu de relever en particulier le caractère torrentiel de la Sarine et de ses affluents. Les relevés du débit de la Sarine à Broc donnent des valeurs extrêmes journalières allant de 1,90 m<sup>3</sup>/sec à 490 m<sup>3</sup>/sec au cours des 36 dernières années. Comme ce débit n'est influencé par aucune accumulation — la rétention du barrage de la Tine étant négligeable — il peut être utilisé pratiquement comme indice de l'hydraulicité du bassin complet. Sa valeur moyenne annuelle reflète d'ailleurs assez fidèlement la production hydro-électrique du canton de Fribourg.

Au cours des dix dernières années, le débit moyen y a été de 24,9 m<sup>3</sup>/sec alors que la production moyenne hydraulique des EEF a été de 358,5 GWh. Nous obtenons un coefficient d'environ 14,4 GWh annuel par m<sup>3</sup>/sec moyen à Broc ou 1,2 GWh mensuel par m<sup>3</sup>/sec moyen. Il est évident que ce rapport est influencé par la hauteur de chute moyenne sous laquelle l'eau est utilisée à Hauterive, ainsi qu'à Broc et, certaines années, par des déversements. Cependant, ces derniers ont été négligeables durant les années considérées.

La base utilisée pour l'établissement du coefficient moyen est limitée à dix ans par le fait que la première année d'exploitation régulière de l'aménagement Rossens-Hauterive remonte à 1949.

Si maintenant nous nous basons sur les débits de la Sarine à Broc, tels qu'ils figurent dans l'annuaire hydrologique de la Sarine, nous calculons au cours des trente dernières années une moyenne annuelle de 24,7 m<sup>3</sup>/sec.

Durant le même laps de temps, le débit moyen des six mois d'hiver (octobre à mars) a été de 17,30 m<sup>3</sup>/sec, le débit le plus probable étant de 15,5 m<sup>3</sup>/sec. Au cours d'une année il a été de 9,95 m<sup>3</sup>/sec ; au cours de trois années il a été inférieur ou égal à 11,06 m<sup>3</sup>/sec ; au cours de dix années il a été inférieur ou égal à 13,48

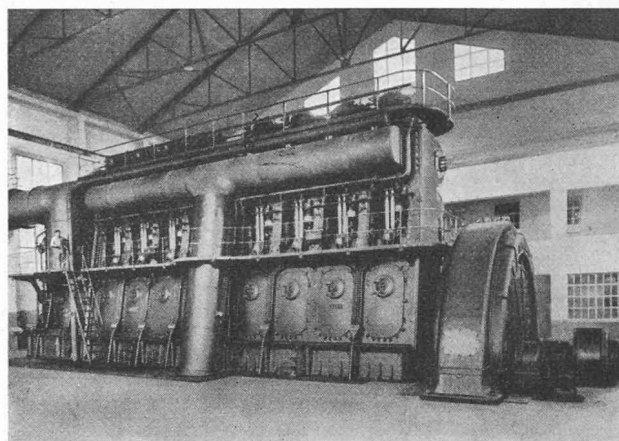


Fig. 2.

m<sup>3</sup>/sec ; au cours de quinze années, il a été inférieur ou égal à 15,08 m<sup>3</sup>/sec. En première approximation, les déficits correspondant d'énergie d'hiver peuvent être évalués respectivement à environ 53 GWh, 45 GWh, 27,5 GWh et 16 GWh par rapport à la production moyenne de 358,5 GWh, si on admet des accumulations complètes au début de la saison d'hiver, ce qui n'est pas toujours le cas. En deuxième approximation, il y aurait lieu de tenir compte de la manière d'exploiter les accumulations (transfert des stocks d'énergie d'une saison à l'autre), éventuellement aussi de la répartition des débits momentanés au cours de l'hiver. Si l'on s'en réfère aux cas pratiques cependant, ces éléments ne modifient pas de manière importante les chiffres mentionnés.

Si les contrats d'achats d'énergie d'hiver, conclus à long terme, suffisent pour une couverture des besoins en hydraulicité moyenne, une usine thermique comme celle de Fribourg, capable de produire plus de 10 GWh par mois, devrait permettre théoriquement de se passer de toute fourniture supplémentaire d'hiver. Cependant, il y a lieu de considérer d'une part que la fonte des neiges débute assez régulièrement à fin mars et que le déficit durant ce mois est rarement aussi prononcé qu'aux autres mois d'hiver, d'autre part qu'une sécheresse doit se prolonger quelque temps avant qu'on constate que les prévisions du budget énergétique seront déjouées. Une marche régulière, pour compenser une hydraulicité inférieure à la moyenne, dépasse rarement quatre mois par hiver. Les EEF devraient ainsi être en mesure de limiter pratiquement les achats d'énergie supplémentaire en moyenne à un ou deux hivers sur dix, dans l'état actuel de leurs équipements de production, tout en évitant des déversements importants en cas d'hydraulicité favorable.

La mise en service de l'aménagement de Schiffenen modifiera cette situation et tendra à aggraver les fluctuations ; du fait cependant de l'altitude plus faible de l'accumulation (cote maximum 532 m) et de son emplacement sur le plateau au nord du canton, des arrivées d'eau dues à la fonte des neiges y seront enregistrées plus tôt et plus facilement que dans les autres aménagements de la Sarine.

Par ailleurs, la présence d'une usine thermique d'une certaine puissance par rapport à la puissance hydro-électrique équipée, permet une utilisation plus poussée des accumulations en hiver, la réserve de secours en cas de fonte tardive pouvant être réduite.

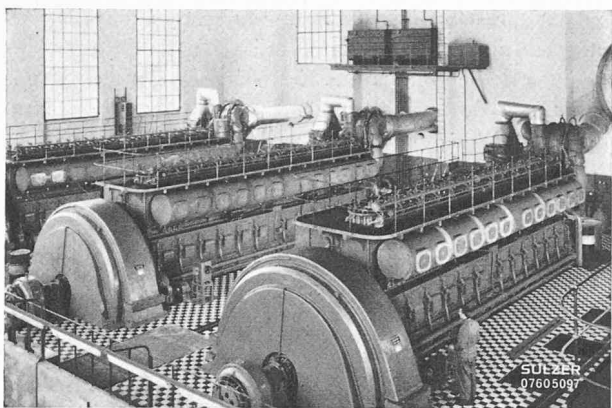


Fig. 3.

Il est clair que l'interconnexion des EEF avec ses voisins et, en particulier, les réserves d'énergie en provenance des Alpes dont elles disposent par l'intermédiaire d'EOS, peuvent contribuer techniquement à équilibrer les fluctuations de la production propre. L'expérience a montré cependant que la qualité et le prix de l'énergie de secours lors d'hivers de faible hydraulité sont élevés et suffisent à justifier la création d'usines thermiques souples, de puissance limitée. Les circonstances sont certainement encore plus favorables lorsque la production d'énergie électrique peut être combinée avec celle de chaleur, ce qui n'est pas le cas pour l'usine de la Maigrauge.

Une réserve thermique souple peut en outre apporter une contribution intéressante à la fourniture de la puissance de pointe d'un réseau, soit régulièrement, soit à certaines saisons. Elle représente également une possibilité de dépannage en cas d'avarie de groupes hydrauliques ou de perturbations durables sur des lignes alimentant un centre important. L'usine de Fribourg est particulièrement apte à fonctionner dans ces deux hypothèses, du fait des solutions retenues (moteurs Diesel à mise en marche automatique, raccordement direct à la boucle alimentant la ville de Fribourg à 60 kV).

#### Conception de l'usine

Des considérations semblables à celles développées ci-dessus (cf. « Moteur Diesel-Sulzer des Entreprises électriques fribourgeoises », *Bulletin technique de la Suisse romande* des 6 et 20 février 1932) avaient déjà amené les EEF à mettre en service en 1932 le groupe Diesel n° 1 de 10 800 ch dans un bâtiment établi à cet effet, près du barrage de la Maigrauge à Fribourg. L'installation était dotée de quatre citernes d'une capacité totale de 2400 m<sup>3</sup>, alimentées par un oléoduc de 10 cm de diamètre, d'une longueur totale d'environ 1 km, amenant le combustible depuis un point de dépôtage situé près de la voie industrielle sur le plateau de Pérolles. La station de couplage de l'usine était combinée avec une station transformatrice et constitue encore maintenant un point d'alimentation important de la ville de Fribourg.

Lorsque la création d'une réserve thermique plus puissante fut envisagée, des raisons économiques, ainsi que des raisons de facilité d'exploitation, incitèrent à la prévoir sous la forme d'une extension de l'usine

existante. Il en découlait certaines servitudes ; en particulier l'utilisation de combustibles lourds présentait des difficultés de dépôtage, de transport et de stockage, surtout du fait de la longueur de l'oléoduc. La modification de l'installation existante et le coût des préchauffages nécessaires auraient renchéri de manière sensible le prix d'un tel combustible. Par ailleurs l'exploitation de l'ancien moteur, qui malgré l'usure de certains éléments pouvait encore rendre de précieux services après modernisation, imposait l'utilisation d'huile légère I. Une étude comparative détaillée entre différents systèmes, turbines à gaz avec chambre de combustion ou système à pistons libres, moteurs Diesel de différentes puissances, se révéla dans le cas particulier favorable à l'adoption de moteurs à pistons plongeurs, marchant à l'huile légère I. Techniquement, il en découlait l'avantage d'un équipement homogène utilisant un seul genre de combustible, la répartition de la puissance totale entre plusieurs unités et l'emploi optimum d'un personnel déjà formé. La température de combustion élevée obtenue dans les moteurs Diesel assure par ailleurs un excellent rendement et une pollution extrêmement réduite de l'atmosphère.

#### Équipement de l'usine agrandie

Après exécution des travaux ainsi prévus, l'usine (voir fig. 1) est équipée comme suit :

Un Diesel Sulzer, type 8DZL70, à 8 cylindres, deux temps et double effet, ce moteur a une puissance nominale de 10 800 ch et tourne à 150 tours/minute. Il a été modernisé essentiellement par l'application de l'injection directe du combustible au moyen de nouvelles pompes à combustible, ainsi que par l'utilisation d'un système de refroidissement des pistons par huile et des cylindres par eau douce en circuit fermé. Ce moteur est accouplé à un alternateur BBC 10 800 KVA pouvant fournir 7600 kW sous 8500 volts et un  $\cos \varphi = 0,7$  (voir fig. 2).

Trois Diesels Sulzer, type 12TAF48, à 12 cylindres, deux temps et simple effet, développant une puissance nominale de 5280 ch chacun (5800 ch puissance de pointe) à 250 tours/minute (voir fig. 3). La conception générale de ce type de moteur ressort de la coupe schématique, figure 4. Les moteurs sont suralimentés par une turbo-soufflante Sulzer travaillant sur l'échappement selon le procédé à pression constante. La soufflante refoule l'air aux pompes de balayage en passant par un réfrigérant. Celles-ci sont à double effet et disposées sur l'un des côtés du moteur. Elles sont entraînées par les pieds de bielle au moyen de leviers oscillants dont l'axe est formé par l'arbre à came. Chaque soupape à combustible est alimentée par une pompe séparée, située à mi-hauteur.

La turbo-soufflante se compose d'une roue de turbine formant corps avec l'arbre sur lequel est clavetée la roue de la soufflante. L'arbre tourne dans des paliers lisses.

Le vilebrequin est composé de deux pièces forgées et assemblées, chacune à six coudes. Les moteurs sont équipés avec des régulateurs Woodward à statisme réglable.

Les cylindres, les tuyères d'injection, la turbine et le réfrigérateur d'air sont refroidis par de l'eau douce en circuit fermé. Le refroidissement des pistons s'effectue par la circulation de l'huile du carter qui graisse les paliers.



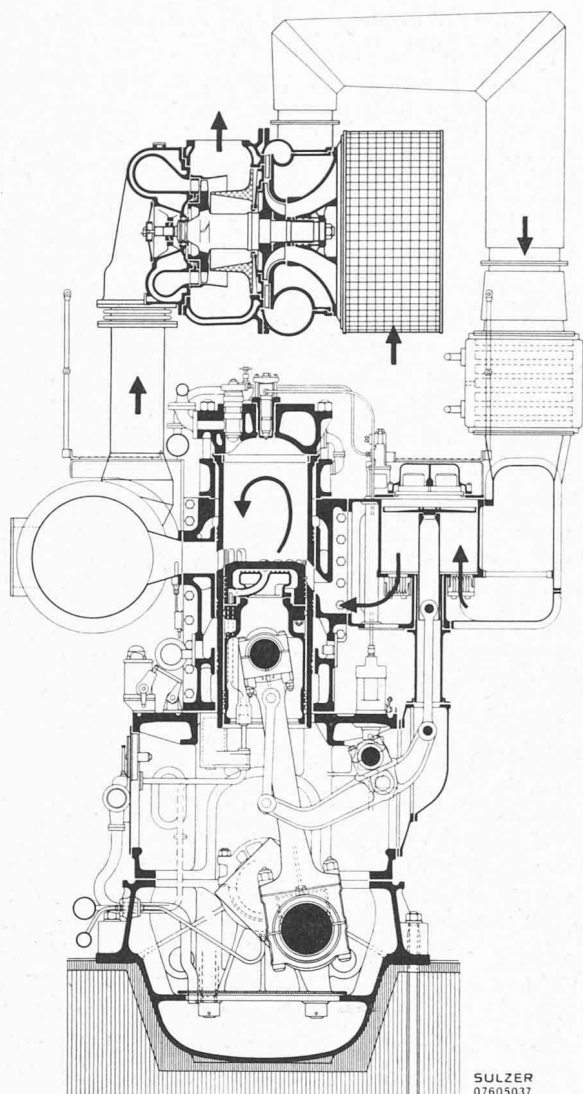


Fig. 4.

Chaque moteur possède une pompe à eau douce et une pompe à eau brute disposées dans la salle des machines ; un réfrigérant à eau douce, un réfrigérant à huile, une pompe de pré- et post-graissage et un épurateur centrifuge pour l'huile de graissage placés dans le sous-sol. L'eau brute provient de la Sarine, qui coule près de la centrale.

Les bouteilles d'air de démarrage sont alimentées par deux compresseurs. Deux réservoirs à combustible disposés contre l'une des parois de la centrale sont remplis périodiquement par des pompes de transfert.

Ces trois moteurs sont accouplés à des alternateurs de 4650 KVA des Ateliers de construction d'Oerlikon, pouvant fournir 3720 kW sous 8500 volts à  $\cos \phi = 0,8$ . Ceux-ci débitent sur le réseau 60 kV par l'intermédiaire d'un transformateur BBC de 15 000 KVA.

Pour faciliter la tâche du personnel et gagner du temps, le lancement et l'arrêt des groupes peuvent être commandés par bouton-poussoir.

Chaque moteur est pourvu d'un dispositif de sécurité donnant l'alarme ou provoquant l'arrêt en cas d'anomalie survenant dans la pression ou la température de l'huile de graissage ou de l'eau douce du circuit fermé. Les commandes et les signalisations correspondant à ces fonctions sont groupés, pour chaque moteur, dans un tableau situé à proximité immédiate. De ce tableau on

peut transmettre, lorsque le moteur est en marche normale, l'assentiment de synchronisation de l'alternateur vers la salle de commande. Cette dernière, qui est située sur un côté de l'usine, contient les panneaux de commande de la station transformatrice et des départs à 8, 17 et 60 kV, ainsi que le pupitre des groupes électrogènes.

Sur ce pupitre figure pour chaque groupe une lampe témoin donnant l'ordre d'effectuer la mise en parallèle, une lampe d'alarme signalant les perturbations du moteur, un bouton-poussoir permettant l'arrêt immédiat du groupe et tout ce qui concerne le service de l'alternateur correspondant.

Le bâtiment primitif a été agrandi pour permettre l'implantation du nouvel équipement. Il a été prévu un système de ventilation servant à dissiper la chaleur de rayonnement des moteurs. Deux ventilateurs de 21 et 12 ch refoulent de l'air frais dans le sous-sol, d'où il pénètre dans la salle des machines par des grilles disposées près des Diesel.

Entre le mur de l'usine et les nouveaux alternateurs se trouve l'atelier de mécanique servant à l'entretien du matériel et à l'exécution de travaux de serrurerie ou de mécanique pour l'exploitation des EEF. Le personnel, en majeure partie qualifié, y trouve une activité rationnelle en dehors des périodes de marche régulière de l'usine.

Les échappements sont munis de capots d'insonorisation provoquant l'entraînement d'air secondaire par les gaz brûlés. L'aspiration se produit à travers des chambres pourvues de chicanes ; sur l'ancien Diesel de nouvelles duses ont été montées. Ces mesures tendent à réduire le bruit audible à l'extérieur de l'usine ; elles se sont révélées efficaces.

L'installation de stockage a été complétée par l'adjonction d'une nouvelle citerne de 3200 m<sup>3</sup> ; la capacité totale s'élève ainsi à 5600 m<sup>3</sup>, soit environ 4700 tonnes, permettant une production de 19 GWh environ.

Le système initial des conduites de combustibles a été modifié de manière à centraliser les vannes principales dans une cabine de répartition. Par ce poste répartiteur, les citernes peuvent être reliées de manière quelconque entre elles ou à l'oléoduc d'amenée du combustible. Les citernes sont entourées d'une enceinte étanche, afin de limiter les risques de fuite intempestive.

#### Réalisation

La réalisation de la solution définitivement retenue a été étudiée par les Entreprises Electrique Fribourgeoises, avec l'aide de la maison Sulzer. L'équipement a été monté par les fournisseurs principaux, les EEF se chargeant du projet et de l'exécution des installations électriques. Les travaux de génie civil ont été exécutés par la maison A. Antiglio, à Fribourg, sous la direction de M. P. Brasey, ingénieur dipl. EPF, et M. A. Cuony, architecte DPLG. La nouvelle citerne a été exécutée par la maison Stephan S.A., à Fribourg, cependant que les EEF ont modifié en partie les conduites de combustibles posées intégralement par leurs soins lors de l'aménagement initial.

L'expérience acquise antérieurement par les constructeurs sur un tel matériel et par les EEF dans l'utilisation d'une telle centrale, ont permis d'appliquer jusque dans les derniers détails des solutions éprouvées, propres à en faciliter l'exploitation.

Fribourg, 5 mars 1961.