

Les groupes électrogènes à turbines à gaz alimentées par générateurs à pistons libres

Autor(en): **Huber, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **72 (1954)**

Heft 44

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-61283>

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.

Les groupes électrogènes à turbines à gaz alimentées par générateurs à pistons libres

Par **R. Huber**, dipl. ing. ETH, Directeur Technique de la Société d'Etudes Mécaniques et Energétiques (S.E.M.E.), Rueil-Malmaison

DK 621.436 : 621.438

Dans toute machine thermique, la transformation en travail utile de la chaleur contenue dans le combustible a lieu en deux étapes successives. Pendant la première étape, la chaleur libérée par la combustion augmente la température et la pression d'un gaz, ou sert à évaporer un fluide. Pendant la deuxième étape, ce gaz, ou la vapeur, agit sur des pièces en mouvement, piston ou aube de turbine, et transmet ainsi son énergie potentielle à un arbre en rotation. Ces deux étapes de transformation exigent la mise en œuvre de moyens très différents, selon qu'il s'agit de moteurs à combustion interne ou d'installations de turbines à vapeur.

Dans les moteurs à combustion interne, la première étape de transformation s'effectue à l'intérieur de la chambre de combustion, donc dans un volume réduit. Par contre, la deuxième étape nécessite un embiellage important, travaillant de façon alternative et, de ce fait, avec faible utilisation de la matière.

Dans les installations à vapeur, la réalisation de la première étape de transformation nécessite des chaudières encombrantes et la matière est mal utilisée, puisque la transmission de la chaleur se fait par convection. La seconde étape de transformation, par contre, est effectuée dans les turbines avec une excellente utilisation de la matière, puisque la transmission des efforts est continue et a lieu par des éléments tournant à vitesse élevée.

La fig. 1 montre le rapport des volumes de machines nécessaires pour effectuer les deux étapes de transformation: a) dans un moteur Diesel de 1000 CV par cylindre; b) dans une installation à turbine à vapeur de 24 000 kW. Pour effectuer la première et la deuxième étape, ce rapport est d'environ 1 à 30 pour le moteur, et d'environ 30 à 1 pour le groupe avec turbine à vapeur. Il ressort de cette comparaison que la machine thermique la plus avantageuse au point de vue encombrement et poids devrait utiliser, pour la première étape de la transformation, la chambre de combustion d'un moteur Diesel, et réaliser la deuxième étape dans une turbine.

La turbine à gaz classique représente un pas vers cette machine thermique perfectionnée puisqu'elle réalise la combinaison chambre de combustion/turbine. Mais la combustion s'effectue à pression constante et à température relativement basse, donc avec rendement peu élevé si on le compare à celui d'un moteur Diesel. De ce fait, cette solution perd l'un des grands avantages de la combinaison moteur Diesel/turbine. L'adjonction d'une turbo-soufflante de forte suralimentation à un moteur Diesel représente également un pas dans le

même sens. Toutefois, dans cette solution, le moteur conserve tous les éléments de transmission des efforts entre piston et vilebrequin, et le gain est limité.

La solution qui s'approche le plus de la combinaison: chambre de combustion/turbine est celle constituée par un générateur à pistons libres et une turbine à gaz. Cette solution conserve tous les avantages du rendement élevé de la combustion dans un cylindre moteur, sans nécessiter les complications de la transmission des efforts entre pistons et vilebrequin.

A. Comparaison entre moteur Diesel et turbine alimentée par générateur

Avant d'étudier plus en détail les groupes à générateurs, nous allons comparer les caractéristiques essentielles de ce nouveau genre de moteur thermique avec celles du moteur classique. Nous limiterons toutefois cette comparaison au moteur Diesel puisque c'est dans les gammes de puissance de ces moteurs que les groupes à générateur trouvent leur emploi.

La fig. 2 donne l'encombrement relatif dans le plan transversal d'un moteur Diesel et d'un générateur de 1000 CV par cylindre, elle montre que les dimensions des pièces d'un générateur sont plusieurs fois plus petites que celles d'un moteur Diesel de même puissance par cylindre. Cette comparaison donne aussi une idée de la taille des machines-outils nécessaires pour l'usinage de ces pièces. A ce sujet, il est à souligner que les carters de moteurs sont à usiner après assemblage partiel et que les machines-outils doivent être assez grandes pour recevoir ces ensembles montés.

En comparaison, les générateurs de groupe à 8000 ou 10 000 CV sont indépendants, reliés seulement par une charpente qui ne nécessite aucune précision d'usinage. La plus grande pièce à mettre sur une machine-outil est le carter central, d'une longueur de 2 m et d'un diamètre de 1 m. La fig. 3 montre ce carter sur une aléseuse.

On pourrait évidemment objecter que la comparaison montrée sur la fig. 2 est à l'avantage du générateur parce

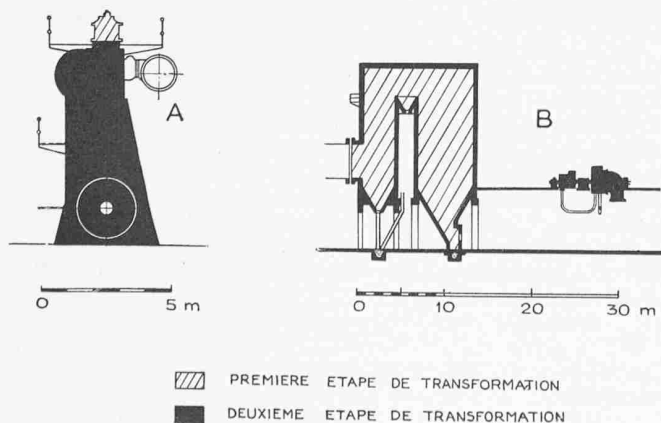


Fig. 1. Comparaison de l'encombrement des éléments nécessaires aux deux étapes de transformation

A dans un moteur Diesel de 1000 CV par cylindre

B dans une centrale à vapeur de 24 000 kW

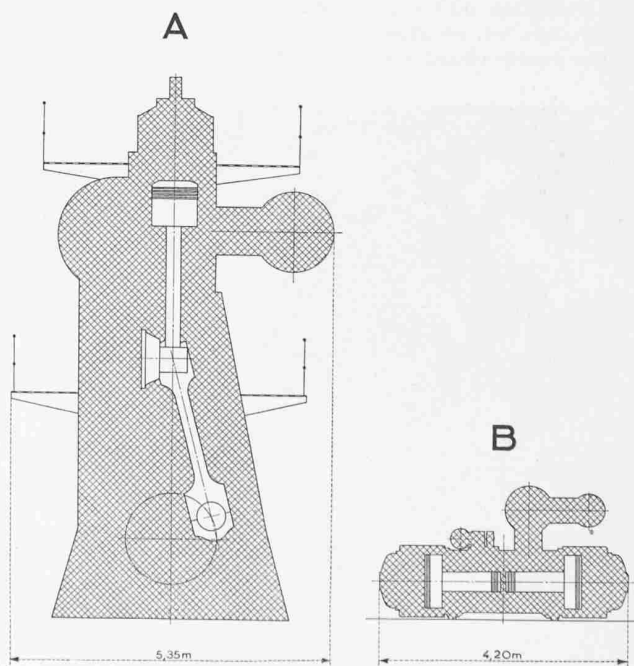


Fig. 2. Comparaison entre moteur Diesel et générateur à pistons libres fournissant 1000 CV par cylindre

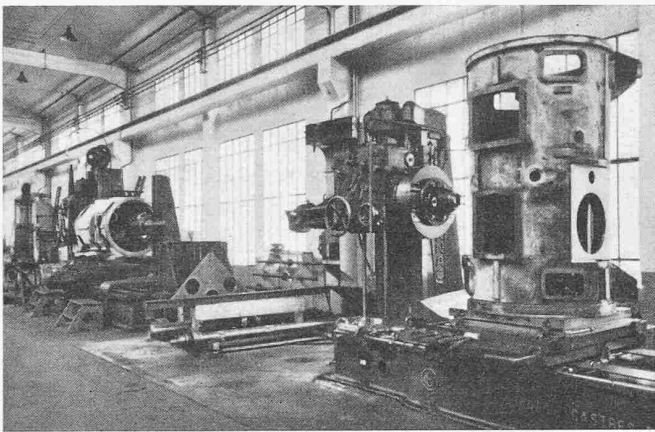


Fig. 3. Usinage du carter d'un générateur de 1000 CV

qu'elle ne montre pas les turbines, ni le réducteur, mais cette figure ne montre pas non plus le vilebrequin, ni les paliers et organes de commande divers du moteur Diesel dont l'importance, aux points de vue prix et dimension, dépasse largement celle des organes non figurés du groupe à générateur.

En dehors des comparaisons d'encombrement et de la complexité des organes, d'autres facteurs ont évidemment une importance non moins grande, comme la consommation spécifique, la nature du combustible et l'endurance à attendre d'un tel groupe.

Le rendement des moteurs Diesel est de l'ordre de 37 %. Le rendement du groupe à générateur est le produit des rendements du générateur, de la tuyauterie et de la turbine. Nous obtenons, pour un rendement générateur de 43 %, de 98 % pour la tuyauterie et de 83 % pour la turbine, un rendement global de 36,2 %, soit une consommation spécifique de 176 gr/CVh arbre. La consommation spécifique des groupes à générateurs est donc, à l'heure actuelle, du même ordre que celle des moteurs classiques.

En ce qui concerne l'endurance, les 60 000 heures de marche que totalisent les générateurs permettent de se faire une idée de l'endurance des divers éléments. L'usure relevée pour des milliers d'heures de fonctionnement du cylindre moteur est inférieure à 0,1 mm pour 1000 h de marche et l'usure du premier segment moteur, à surface non traitée, est de l'ordre de 0,5 à 0,8 mm sur 1000 heures. Les essais avec segments chromés sont actuellement en cours et montrent des usures bien plus réduites.

Il faut toutefois se rappeler que l'endurance d'un moteur est avant tout recherchée pour des considérations économiques: réduction du temps d'immobilisation et prix des pièces de rechange. Or, un groupe comportant plusieurs générateurs ne sera pratiquement jamais immobilisé puisque les révisions

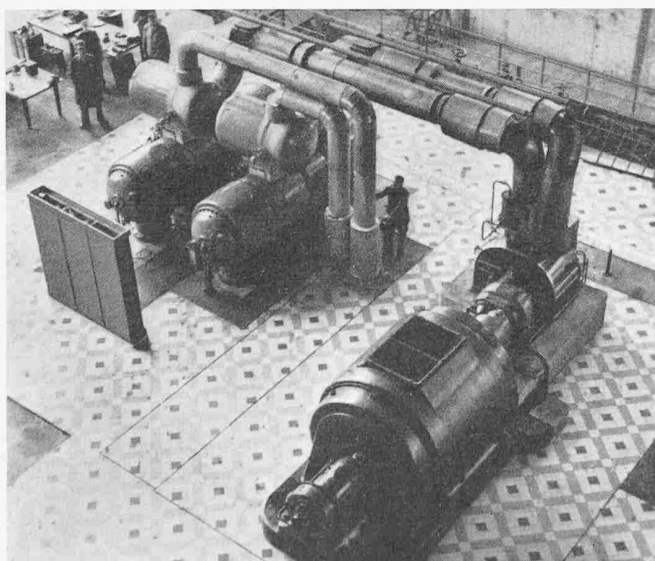


Fig. 5. Groupe électrogène de 1250 kW à deux générateurs installé dans la centrale électrique E. d. F. à Reims

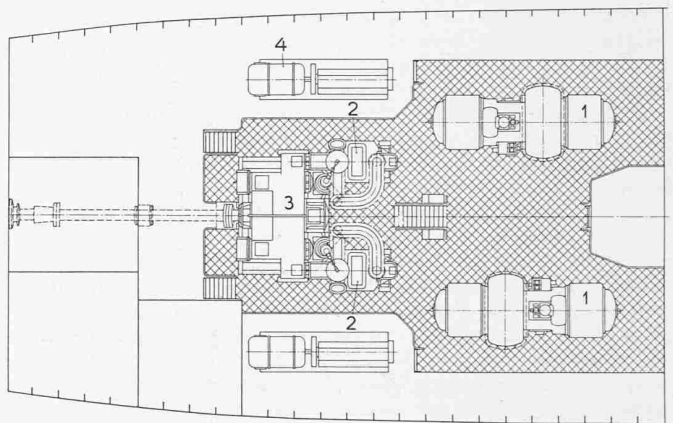
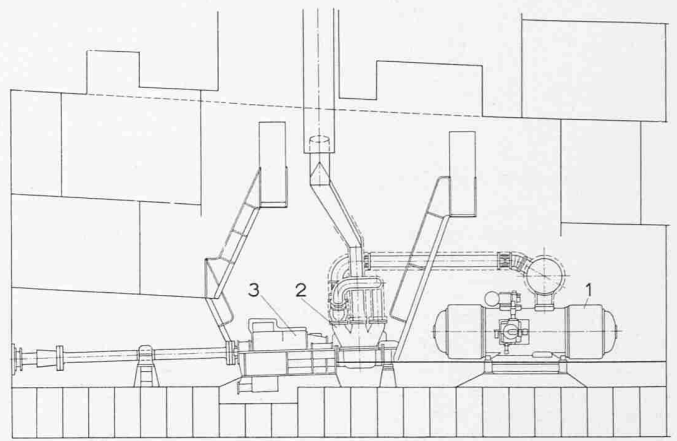


Fig. 4. Compartiment moteur d'un caboteur de 850 t construit par les Chantiers Augustin Normand, Le Havre

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 Générateur GS. 34 | 3 Réducteur |
| 2 Turbines avec roue de marche | 4 Groupe auxiliaire à moteur Diesel |

des générateurs peuvent se faire par roulement, de sorte que l'arrêt d'un générateur ne fait perdre qu'une fraction de la puissance totale.

Le prix des pièces de rechange est fonction de leur nombre et de leurs dimensions. La fig. 2 fait penser que le remplacement des pièces à usure d'un groupe à générateurs doit se faire à des frais bien moindres que dans le cas des moteurs Diesel classiques.

Les résultats d'exploitation montrent que, malgré le nombre de battements relativement élevé, le générateur peut brûler dans de bonnes conditions de l'huile lourde. La combustion des huiles lourdes est favorisée par le grand excès d'air de combustion et par les températures élevées du cycle des générateurs.

B. Réalisation des groupes générateurs — turbines à gaz

Les groupes à turbines à gaz et générateurs à pistons libres ont trouvé, au cours des dernières années, de nombreuses applications dans des domaines très variés. C'est ainsi que le nombre de générateurs actuellement construits et en construction se répartit comme suit: 23 navires, chacun équipé de 2 générateurs, 12 groupes électrogènes de puissance variant entre 600 kW et 6000 kW, 1 locomotive, 1 station de pompage. Parmi les navires équipés de générateurs, 21 unités appartiennent à la Marine Nationale Française et 2 unités sont des caboteurs de 850 tonnes construits par les Chantiers Augustin Normand, au Havre.

Le premier de ces caboteurs, le «Cantenac», a fait ses essais à la fin de l'année 1953. Il est entré en service entre Bordeaux et Hambourg au début de février; il assure depuis cette date un service continu.

La figure 4 montre l'aménagement du compartiment des machines d'un de ces caboteurs. Chacun des 2 générateurs alimente une turbine construite par la Société Alsthom à Belfort. Ces turbines entraînent l'arbre hélice par un réducteur à double réduction. La marche arrière est assurée par

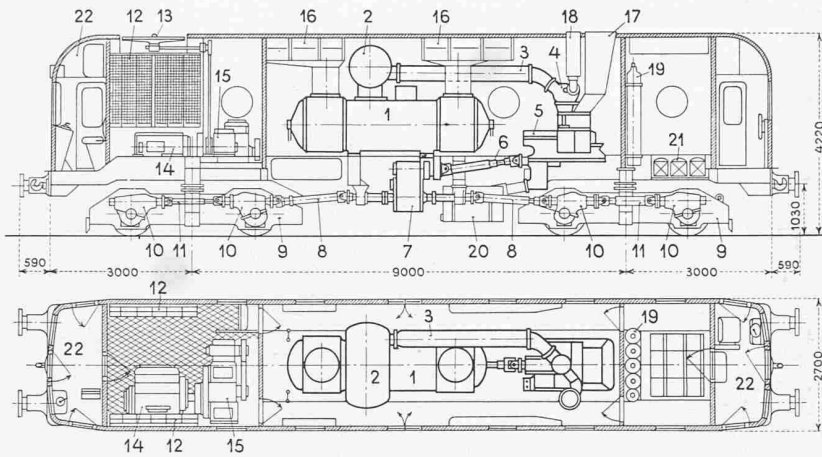


Fig. 6. Locomotive à générateurs à pistons libres et turbine à gaz construite par la Régie Nationale des Usines Renault

1 Générateur	7 Réducteur — changement de marche (deux régimes)	13 Ventilateur	18 Echappement by-pass
2 Réservoir de gaz	8 Transmission aux essieux	14 Moteur Diesel auxiliaire	19 Bouteilles à air pour démarrage générateurs
3 Tuyau d'amenée du gaz	9 Bogie	15 Servitudes (compresseurs, pompe à eau, à huile, dynamo, moteur électrique)	20 Réservoir huile turbine
4 By-pass	10 Pont moteur	16 Filtres à air	21 Accumulateur
5 Turbine à gaz	11 Transmission entre essieux	17 Echappement turbine	22 Poste de conduite
6 Transmissions turbine-réducteur	12 Radiateur huile et eau		

une roue disposée dans le même corps de turbine que les roues de marche avant. Les essais ont montré la très grande souplesse de manœuvre de ce bateau.

Un groupe électrogène de 1250 kW comportant deux générateurs est installé dans la centrale de l'Electricité de France à Reims (fig. 5), où il assure un service continu à pleine puissance. Le nombre total d'heures de fonctionnement dépasse 5500 heures. Un autre groupe, installé en Afrique du Nord, est entré en service au début de cette année. Il a marché plus de 5000 heures depuis sa mise en service. Ce groupe fonctionne au fuel lourd d'une viscosité comprise entre 9 et 14° E à 50° C. Un groupe électrogène à un générateur monté à bord du pétrolier «Bethsabée» a fait plusieurs milliers d'heures de marche dans des conditions d'ambiance très difficiles. D'autres groupes à générateurs fonctionnent à Cuba et aux Etats-Unis.

La locomotive de 1000 CV (fig. 6 et 7) construite par la Régie Nationale Renault est à transmission mécanique. Le générateur est disposé au centre de la locomotive. Il alimente une turbine à 6 étages construite par la Société Rateau. Cette turbine entraîne par un réducteur à 2 rapports de réduction les 4 essieux moteurs. Le couple très élevé de la turbine à l'arrêt, qui est environ 4 fois le couple à pleine vitesse a permis de limiter le nombre de rapports de réduction à 2. La locomotive assure depuis 16 mois un service passagers régulier sur les lignes du Nord de la SNCF. Elle a parcouru plus de 140 000 km. Le combustible utilisé est du fuel léger d'une viscosité de 2° Engler à 50° C.

La puissance totale des installations en exploitation et en construction est supérieure à 70 000 CV. Cette énumération ne mentionne que quelques-unes des possibilités d'application. Les générateurs sont construits en France sur les

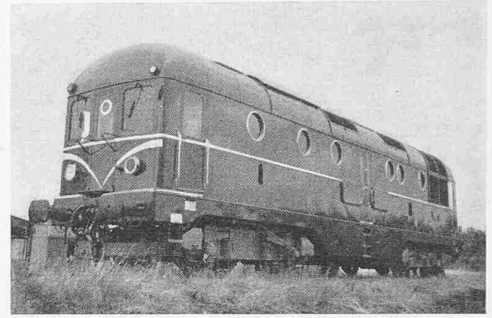


Fig. 7. Première locomotive à générateurs à pistons libres et turbine à gaz

plans de la Société «S. E. M. E.», par la Société Industrielle Générale de Mécanique Appliquée (S. I. G. M. A.) à Vénissieux (Rhône). La fig. 8 montre le banc d'essais des générateurs installé par cette société.

Toutes les installations, construites et en construction, utilisent le même type de générateur, qu'il s'agisse de groupes de 600 kW ou de 6000 kW. Seule, la turbine doit être adaptée à la puissance à fournir, selon qu'elle est alimentée par un ou plusieurs générateurs. Toutefois, la même turbine peut aussi bien être utilisée sur un bateau ou un groupe électrogène, ou pour toute autre application. Il suffit, en principe, de bien adapter le réducteur à chaque cas particulier pour obtenir sur l'arbre de sortie la vitesse à laquelle on désire utiliser la puissance fournie.

La méthode de réglage varie évidemment avec l'application prévue. Nous étudierons de plus près, dans ce qui suit, le mode de réglage employé dans un groupe électrogène, en suivant les différentes opérations de mise en marche, de variation de charge et d'arrêt d'un groupe composé d'un générateur, d'une turbine à gaz et d'un alternateur électrique. Un tel groupe est montré sur la fig. 9 et en coupe sur la fig. 11.

Le groupe se compose d'un générateur type GS 34 avec son pot d'échappement qui sert d'amortisseur des pulsations de gaz, du conduit de gaz, de la turbine avec réducteur et de l'alternateur avec volant. Sur le pot d'échappement est disposée une soupape de réglage permettant de faire échapper l'excès des gaz produits par le générateur, quand le groupe fonctionne à très faible charge. Cette soupape ferme, dans la position basse, un conduit de décharge vers l'atmosphère et, dans la position haute, le conduit de gaz vers la turbine. Elle est manœuvrée par un servo-moteur à huile dont les dépla-

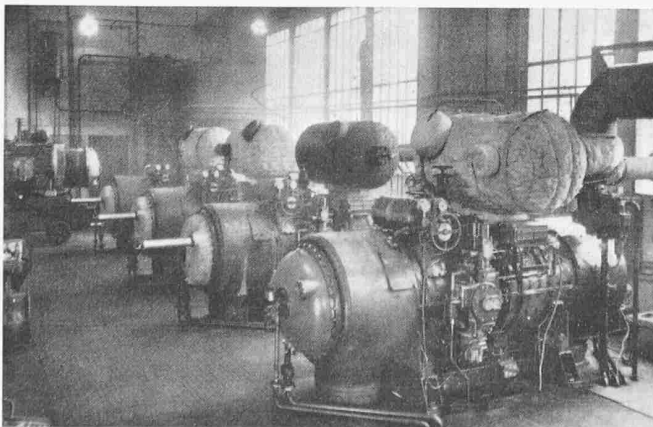


Fig. 8. Banc d'essais de la Société S. I. G. M. A. à Vénissieux

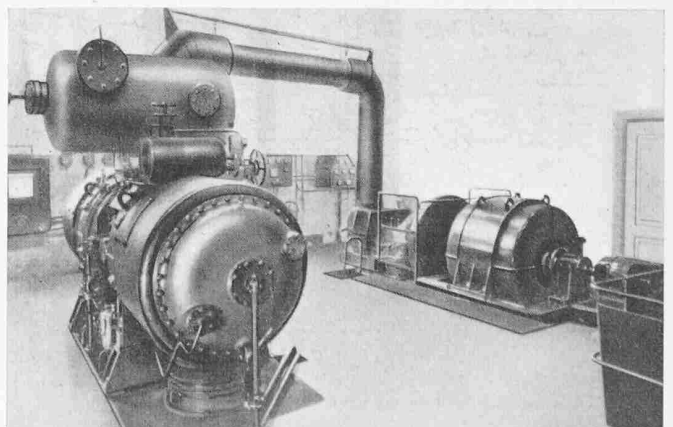


Fig. 9. Groupe électrogène de 700 kW

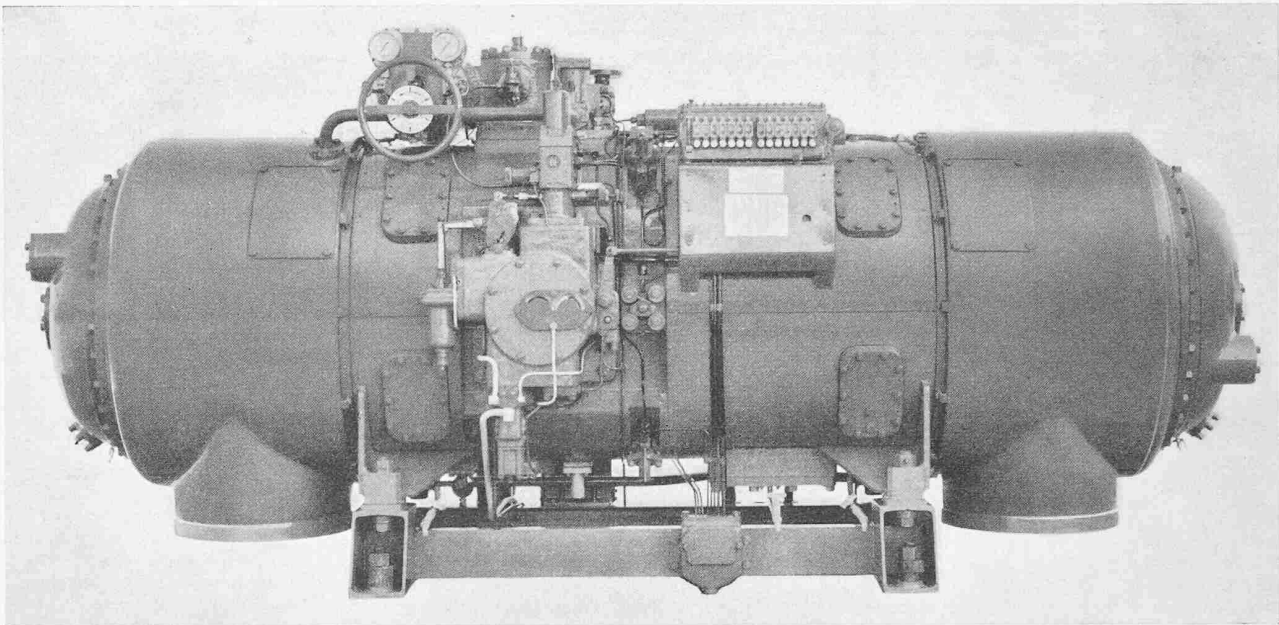


Fig. 10. Générateur à pistons libre type GS 34

cements sont commandés par une impulsion d'huile sous pression provenant du régulateur de vitesse de la turbine.

La turbine est à admission totale. Elle possède trois à six roues et tourne à une vitesse de l'ordre de 10 000 t/min. Un réducteur ramène cette vitesse de rotation à la valeur imposée par l'alternateur. Pour certaines applications, un volant est

monté sur l'arbre de l'alternateur, il facilite le réglage pour le cas de variation rapide de la charge.

Les générateurs à pistons libres type GS. 34 ont déjà été décrits dans la littérature technique ¹⁾. La fig. 10 montre un tel générateur.

(à suivre)

¹⁾ SBZ 1948, Nr. 48 et 49 et 1950, Nr. 29.

Adresse de l'auteur: R. Huber, Rueil-Malmaison (France)

Betriebsergebnisse des Dufour-Entsanders im Kraftwerk Lavey

Von Henri Dufour, Ingenieur, Lausanne

DK 627.886

Der im Werkstollen am unteren Ende einer 1600 m langen, geraden Strecke eingebaute Entsander Typ 3 ist für eine Wassermenge von 200 m³/s gebaut ¹⁾. Zugang und Ableitung der ausgeschiedenen Sinkstoffe erfolgen durch ein 200 m langes Seitenfenster mit eingebautem Spülkanal aus Hartstein. Der Entsander selbst umfasst drei Spülkanäle, von denen jeder aus einer Einlauföffnung und einem Krümmer in einer gemeinschaftlichen, nur 70 cm tiefen Grube des Werkstollens

¹⁾ Ausführliche Beschreibungen dieses Entsandertypes 3: in SBZ vom 19. 9. 36 (Pont-de-Claix) und 14. 7. 45 (Funes), ferner im «Bulletin Technique de la Suisse Romande» vom 7. 11. 36 (Pont-de-Claix), 2. 10. 43 (Funes), 13. 1. 51 und 15. 5. 54 (Lavey). Sonderdrucke dieser Aufsätze können vom Verfasser bezogen werden.

besteht. Ausserhalb des Stollens befinden sich je ein Absperrschieber, ein Regulierring und ein vertikal verschiebbares Entnahmerohr. Nach der Betriebseröffnung sind eingehende Versuche über die Entsandungswirkung durchgeführt worden ²⁾, wobei die Sinkstoffgehalte des Spülwassers und des entsandeten Wassers (Turbinenwassers) bestimmt wurden.

Tabelle 1. Sinkstoffgewichte aus dem Spülwasser pro 24 Stunden.

Sommer 1951	Tag	13.6	29.6	17.7	4.9	Mittel
Sinkstoffgewichte	t/Tag	1270	1745	3444	372	1708

²⁾ Einen ausführlichen Bericht findet man im «Bulletin Technique de la Suisse Romande» Nr. 10, vom 15. Mai 1954.

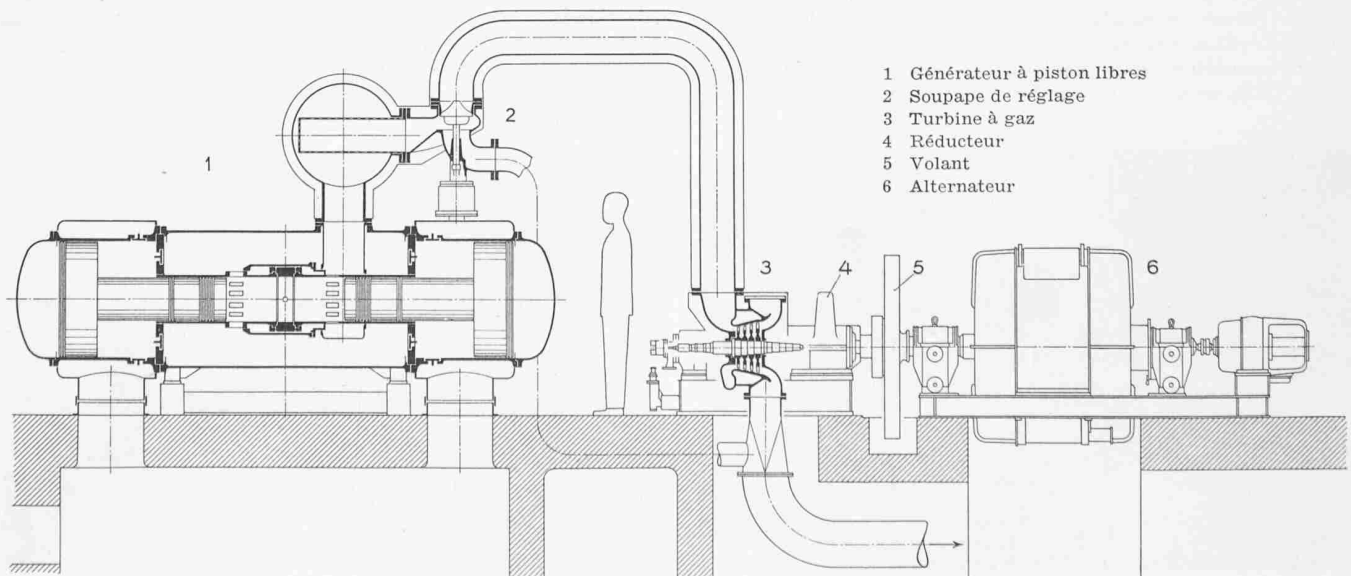


Fig. 11. Coupe à travers un groupe de 700 kW