

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 48 (1922)
Heft: 20

Artikel: Les moteurs Diesel: leur valeur économique comparée à celle d'autres machines motrices
Autor: Buchi, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37425>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Les moteurs Diesel. Leur valeur économique comparée à celle d'autres machines motrices*, par M. ALFRED BUCHI, ingénieur en chef, à Winterthur (suite et fin). — *Concours d'idées pour l'étude de bâtiments pour bureaux et ateliers à l'usage des Services industriels à Lausanne* (suite). — *DIVERS : Déformation et rupture des solides. — Le revêtement des chaussées au brai (Weichpechverfahren). — Le ciment alumineux. — L'effet de la vapeur surchauffée sur les métaux non ferreux employés à la construction des locomotives du Midland Railway. — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS.*

Les moteurs Diesel.

Leur valeur économique comparée à celle d'autres machines motrices,

par M. ALFRED BUCHI, ingénieur en chef, à Winterthur.

(Suite et fin.)¹

Recherche de la proportion la plus avantageuse dans la répartition de l'énergie à fournir pour un réseau comportant une centrale à moteurs Diesel.

Dans chaque cas donné, il faut répartir la fourniture de l'énergie entre les diverses centrales qu'on envisage, de telle manière que les dépenses annuelles se réduisent à un minimum.

Le diagramme, fig. 8, indique précisément comment on peut procéder à cette détermination, dans l'exemple concret exposé plus haut (fig. 7), c'est-à-dire sur les bases adoptées pour dresser les tables 1, 2 et 3. Toutefois, pour élargir le cadre de la comparaison, la puissance nominale de la centrale Diesel variera ici entre 9000 et 21 725 kw. La puissance de l'usine hydraulique de plaine reste la même ; l'usine hydraulique avec accumulation sera dimensionnée de manière à pouvoir fournir la puissance qui manque encore au total de 30 000 kw. Les courbes tracées dans la partie centrale du diagramme (fig. 8) ont pour

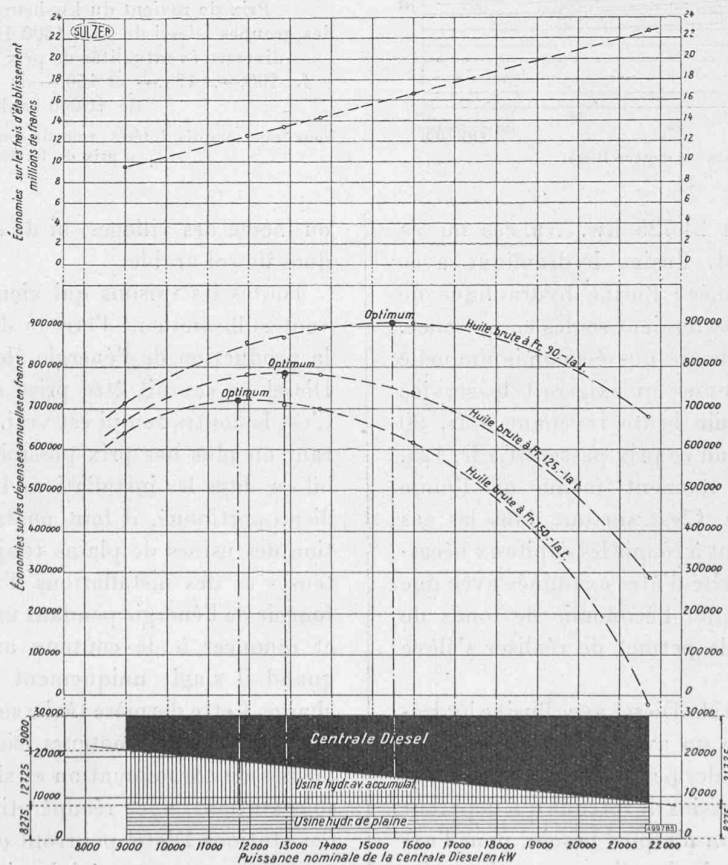


Fig. 8. — Fourniture d'énergie à raison de 130,1 millions de kw-heures par an au lieu de consommation.

Puissance max. 30 000 kw. Diagramme de charge selon fig. 7.

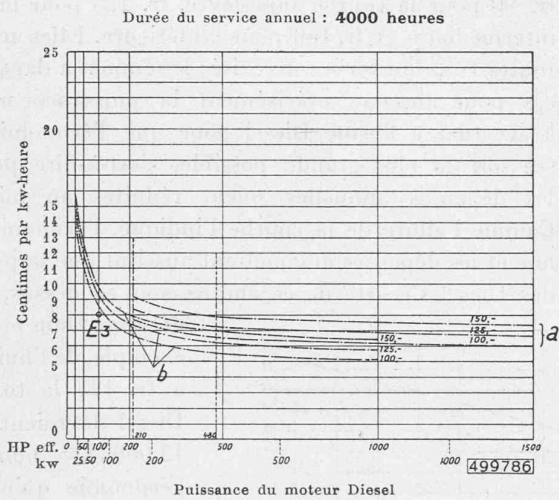
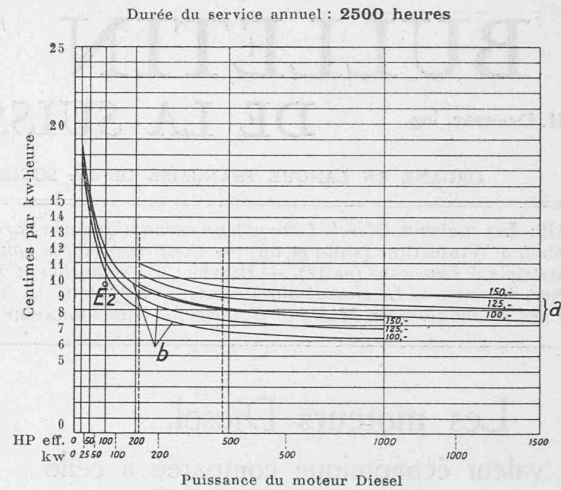
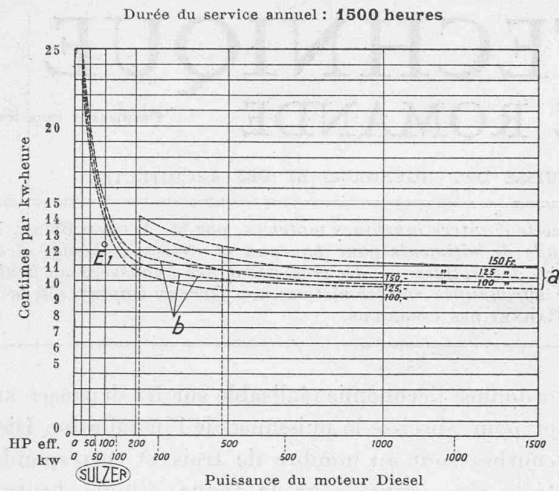
Economies réalisées sur les frais d'établissement et sur les dépenses annuelles par l'emploi rationnel du moteur Diesel (au lieu de force hydraulique exclusivement)

ordonnée l'économie réalisable sur les dépenses annuelles et pour abscisse la puissance de l'installation Diesel. Ces courbes sont au nombre de trois et correspondent aux trois prix admis pour la tonne d'huile brute, savoir fr. 90 pour la courbe supérieure, fr. 125 pour la courbe intermédiaire et fr. 150 pour l'inférieure. Elles montrent toutes trois une forte convexité ; le sommet a dans chaque cas pour abscisse précisément la puissance nominale à accorder à l'usine Diesel pour que l'économie réalisée soit la plus grande possible, c'est-à-dire pour que les dépenses annuelles soient réduites au minimum. Comme l'allure de la courbe l'indique, l'économie diminue et les dépenses augmentent aussitôt que la puissance des Diesel s'écarte de ce chiffre, soit en dessus, soit en

dessous. Dans le cas, par exemple, de l'huile brute à fr. 125 la tonne, les Diesel devraient fournir 12 900 kw nominaux ; l'économie qu'on réaliserait alors par rapport aux dépenses qu'occasionnerait le service exclusivement hydraulique, s'élèverait à 790 000 francs annuellement. On constatera ici encore qu'un changement dans le prix de l'huile brute n'a pas une influence bien considérable sur le chiffre de la puissance à demander aux moteurs Diesel dans la répartition dont il s'agit.

Au haut du diagramme, fig. 8, on a indiqué en millions de francs l'économie réalisée sur le total des frais d'établissement des trois installations. Cette économie oscille entre 9,6 et 22,7 millions, selon la puissance demandée aux mo-

¹ Voir *Bulletin technique* du 19 août 1912, page 193.



Courbes « a » : Production de courant électrique.
 Courbes « b » : Moteurs accouplés directement, ou par transmission, à des récepteurs mécaniques.
 E_1, E_2, E_3 = Prix équivalent à payer par kw-heure au cas où l'énergie électrique serait achetée à l'extérieur, en tenant compte des frais d'établissement d'un moteur électrique et des pertes éprouvées dans celui-ci, pour une puissance nominale de 100 HP eff., l'huile brute coûtant fr. 100.— la tonne.

Fig. 9.

Prix de revient du kw-heure développé par des groupes Diesel de 25 à 1500 HP eff. par unité, dans diverses éventualités de prix du combustible: fr. 100.—, 125.— et 150.— la tonne d'huile brute de 10000 cal/kg.

Tous frais compris, intérêt, amortissement et frais d'exploitation, au prix de fin 1921.

teurs Diesel entre 9000 et 21 725 kw. Au cas où ce dernier chiffre serait atteint, l'usine hydraulique avec accumulation serait supprimée; l'usine hydraulique de plaine et la centrale Diesel resteraient seules en présence. Cette solution procurerait encore une économie annuelle de fr. 670 000 sur les dépenses qu'exigerait le service purement hydraulique, l'huile brute revenant à fr. 90 la tonne; ou fr. 287 000 quand ce prix passerait à fr. 125, l'économie s'annulerait au moment même où l'huile atteindrait fr. 150 la tonne. C'est surtout dans les cas où l'on n'arrive pas facilement à réunir les capitaux nécessaires, que cette solution mérite d'être examinée avec une attention particulière; en effet l'économie de fonds de premier établissement qu'elle permet de réaliser s'élève à 22 millions de francs.

La combinaison de la centrale Diesel avec l'usine hydro-électrique présente en outre un avantage esthétique au point de vue de la protection des paysages. Au lieu d'avoir à construire de ces grands bassins de retenue qui déparent souvent toute une contrée, on n'a plus besoin, pour l'exploitation de la même force hydraulique, que de petits bassins d'accumulation. Les concessions peuvent ainsi s'obtenir plus facilement. En effet, dans la plupart des cas, il ne sera plus nécessaire de déplacer des métairies

ou même des villages, ni de submerger de grandes étendues de sol arable.

Toutes les raisons qui viennent d'être exposées prouvent suffisamment l'erreur de ceux qui prétendent que la production de l'énergie électrique à l'aide du moteur Diesel ne saurait être prise en considération en Suisse. C'est le contraire qui est vrai. Si l'on veut obtenir le courant au plus bas prix possible et éviter de voir s'immobiliser dans les installations hydro-électriques un capital disproportionné, il faut poursuivre d'abord la construction des usines de plaine toujours relativement peu coûteuses et des installations d'accumulation qui auront à fournir de l'énergie pendant une grande partie de l'année; et renoncer à de coûteux aménagements hydrauliques quand il s'agit uniquement de couvrir des pointes de charge. Cette dernière tâche sera avantageusement confiée à des stations de moteurs Diesel érigées dans les centres mêmes de consommation et si possible réparties dans les sous-stations, avec récupération de la chaleur résiduelle. Ces stations Diesel pourront en l'occurrence fournir directement le courant spécial qui, sans elles, ne pourrait être produit sans conversion, ce qui occasionnerait une augmentation notable des frais. Il est toujours préférable d'ailleurs de ne pas placer tout son enjeu sur une seule

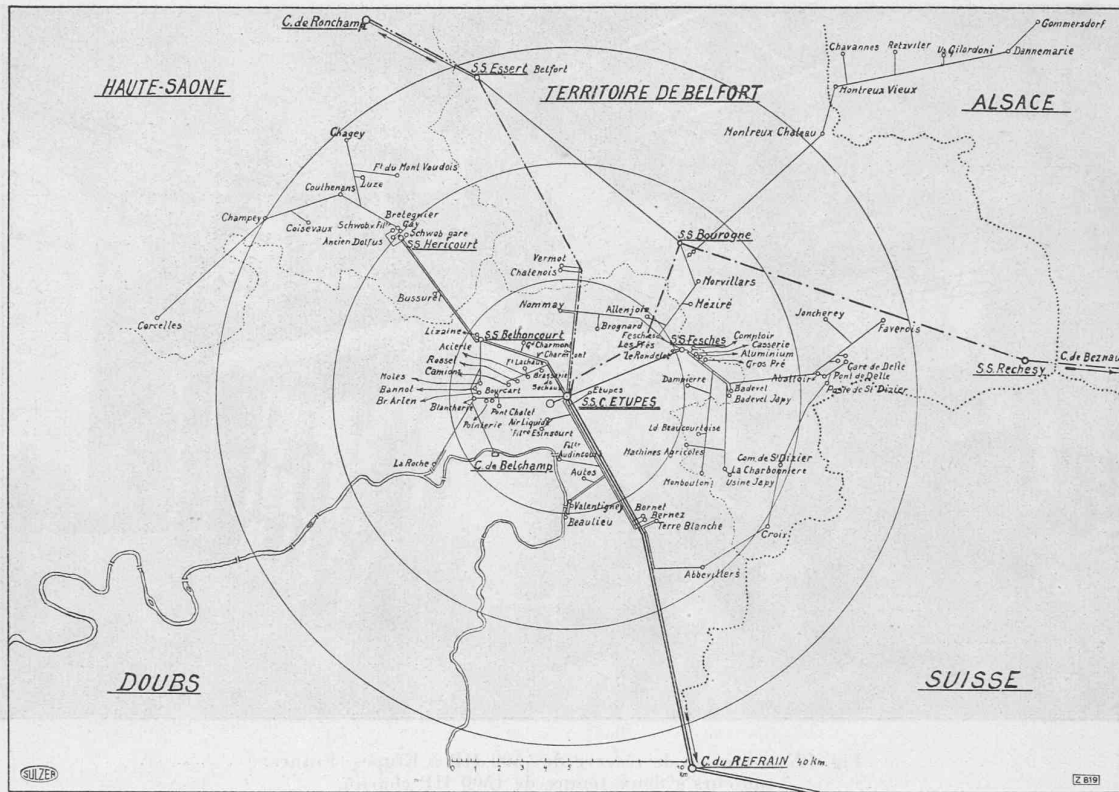


Fig. 10. — Réseau de distribution de la Société des forces motrices du Refrain, à Montbéliard (France).

carte. Une source d'énergie sise au lieu même de consommation peut prendre dans certaines éventualités extraordinaires une importance vitale. En tout cas, elle contribue toujours à mettre le consommateur d'énergie mieux à l'abri des perturbations de tous genres qui peuvent affecter un réseau de distribution d'électricité.

Calcul du prix de revient du kw-heure dans les installations de force motrice qui utilisent le moteur Diesel pour leur propre besoin.

La figure 9 présente le graphique des prix du kw-heure fourni par les installations de ce genre, pour des puissances de 25 à 1500 HP. Ces prix sont déterminés par les salaires du personnel de service, les frais d'entretien et de réparations, les intérêts et l'amortissement aux taux usuels en tenant compte non seulement du capital que représentent le moteur Diesel lui-même et la génératrice d'électricité,

mais aussi des frais de montage et de la valeur des bâtiments, des fondations, etc. Pour l'huile brute on se base sur des prix de 100, de 125 et de 150 francs la tonne. Le graphique distingue en outre des services de 4000, 2500 et 1500 heures annuelles et considère les deux cas possibles, savoir : *premier cas* : le moteur Diesel actionne une génératrice d'électricité — courbes *a* du graphique ; *deuxième cas* : le moteur attaque directement des récepteurs mécaniques — courbes *b*. C'est naturellement dans ce dernier que le prix de revient du kw-heure utile est le plus bas ; car les frais relatifs à la partie électrique de l'installation sont supprimés, de même que les pertes d'énergie qui proviennent de celle-ci.

Le graphique permet de déterminer avec facilité, dans un cas donné, le prix de revient de l'énergie fournie par le moteur Diesel. Si l'on veut comparer ce prix avec celui qui est compté pour l'énergie empruntée à un réseau élec-

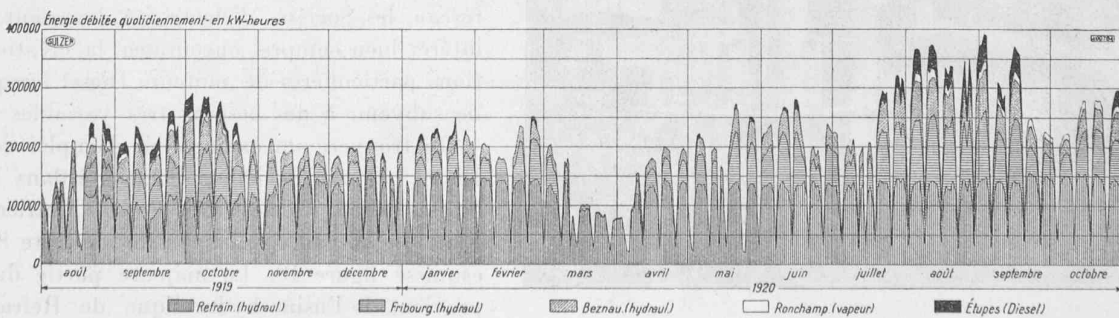


Fig. 11. — Diagramme de la variation de l'énergie débitée quotidiennement par les centrales électriques de la Société des Forces motrices du Refrain.

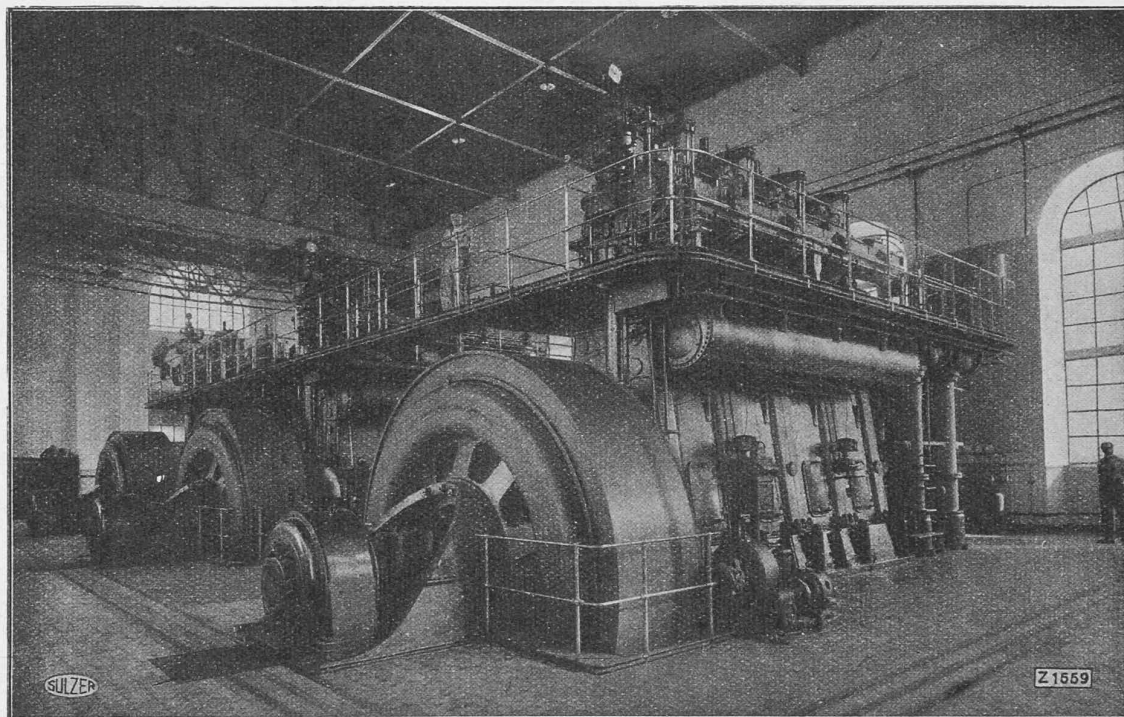


Fig. 12. — Station de réserve de 4500 HP à Etupes, France.
3 moteurs à deux temps, de 1500 HP chacun.

trique extérieure, il faut tenir compte de ce que, dans ce dernier cas, lorsqu'il s'agit d'actionner une transmission, des pompes, des soufflantes, des machines frigorifiques, etc., un moteur électrique est nécessaire, avec poulie ou accouplement. L'énergie prise au réseau est comptée au courant *absorbé* par le moteur ; or, une partie de cette énergie se perdant à l'intérieur du moteur lui-même le kw-heure retrouvé sur l'arbre du moteur électrique revient sensiblement plus cher que le kw-heure pris et payé au réseau ; il faut en outre tenir compte des intérêts et de l'amortissement des frais d'établissement du moteur électrique mentionné, ainsi que des frais que nécessitent

son exploitation et son entretien. Il s'ensuit que pour une puissance nominale de 100 HP par exemple, lorsque le kw-heure Diesel revient à 13,7, 10,4 ou 8,7 centimes — selon la durée de service annuelle — le kw-heure, pris au réseau extérieur devrait, pour être aussi avantageux, ne coûter respectivement que 12,4, 9,6 ou 8,2 centimes (points E_1 , E_2 et E_3 du diagramme). Le prix demandé par une Compagnie d'électricité pour son kw-heure étant connu, le graphique figure 9 permet de constater immédiatement s'il y aurait avantage à recourir à la production particulière à l'aide du moteur Diesel.

Toujours pour les raisons déjà citées plus haut, c'est en service réduit — 2500 ou 1500 heures par an — que le moteur Diesel est le plus avantageux et fournit l'énergie à meilleur compte que les grandes centrales hydro-électriques et cela surtout lorsque celles-ci appliquent le tarif usuel en vigueur pour le courant « de jour ». La fourniture des pointes de charge, présentant toujours de gros inconvénients pour le réseau, les Sociétés d'électricité devraient dans leur intérêt bien compris encourager la création de stations particulières de moteurs Diesel lorsqu'il s'agit de subvenir à des besoins très variables d'énergie.

On trouvera un exemple de l'emploi de moteurs Diesel par une Société d'électricité dans les installations de la Société des Forces Motrices du Refrain. Le réseau de distribution de cette Société est esquissé figure 10. La majeure partie du courant provient de l'usine hydraulique de Refrain, sur le Doubs. D'autres fractions sont fournies par Beznau et Fribourg, par l'usine à vapeur de Ronchamp et

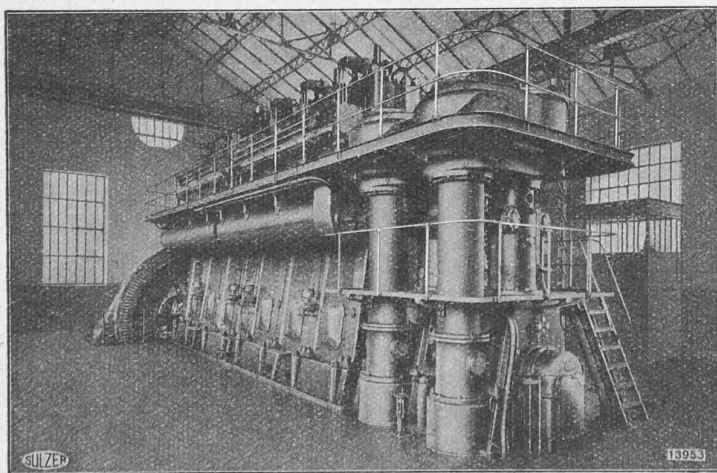


Fig. 13. — Centrale de Rive-de-Giez
de la Société générale de Force et de Lumière, à Grenoble.
Moteur à deux temps de 3500 HP.

enfin par une centrale Diesel installée à Etupes, sur le canal du Rhône au Rhin. La façon dont ces diverses sources d'énergie se soutiennent mutuellement est exposée dans le diagramme fig. 11, qui montre la variation de l'énergie débitée quotidiennement, dans l'intervalle du 1^{er} août 1919 à fin octobre 1920. On y voit clairement que les Diesel entrent en service aux époques de forte demande pour fournir les pointes de charge. Ils fonctionnent aussi, exceptionnellement, comme survolteurs. Des rapports de service récemment délivrés mentionnent que pendant la sécheresse persistante de juillet à octobre 1921 l'usine Diesel a fourni un service pour ainsi dire continu. En

avec la réserve à vapeur d'Oullins. En hiver, le service est continu, en été, à titre de réserve. Le groupe Diesel en question sert aussi à rétablir la tension dans le réseau. Il est enclenché aussitôt que le décalage du courant a atteint une certaine ampleur.

Parmi les installations sises en Suisse, il y a lieu de citer, entre autres, la centrale de réserve Diesel du Service électrique de Lugano (fig. 14). Le courant est fourni essentiellement par l'usine hydraulique de Gordola. La réserve Diesel est située aux environs immédiats de Lugano et comprend, en première période, un moteur quatre cylindres à deux temps, de 2300 HP, accouplé

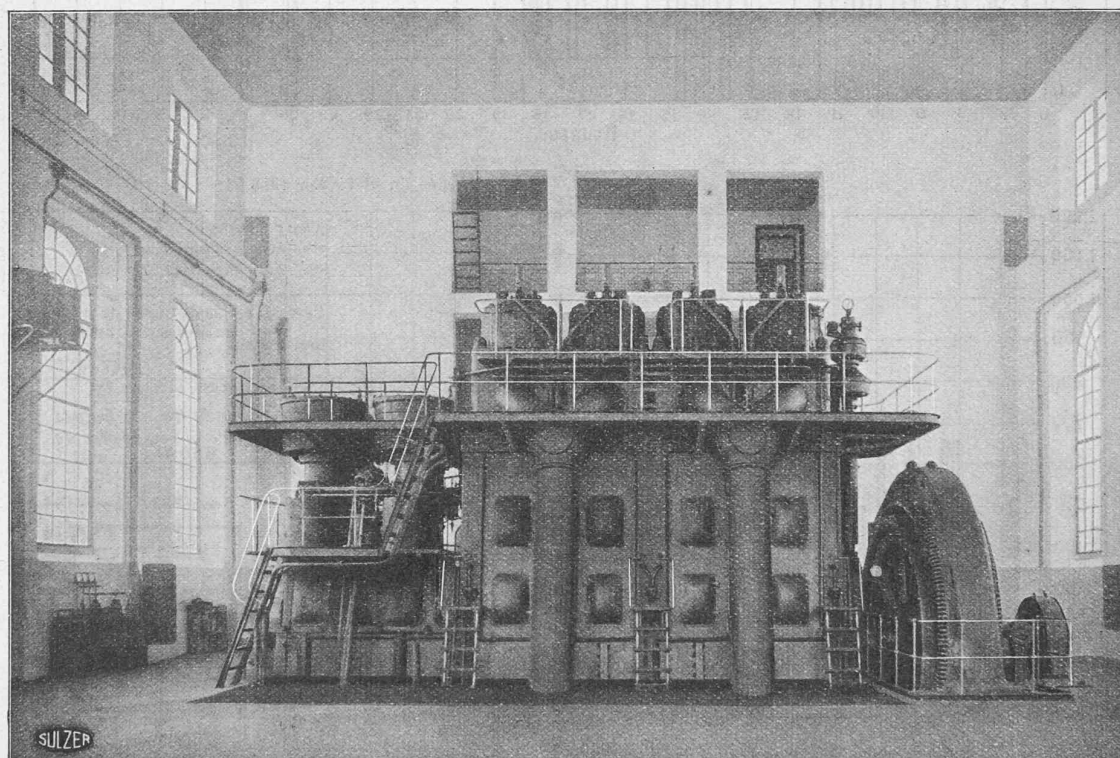


Fig. 14. — Moteur Diesel-Sulzer de 2300 HP du Service électrique de Lugano.

550 heures de service, elle a débité alors 1 596 000 kw-heures. La charge moyenne s'élevait donc à 2910 kw, c'est-à-dire presque à la puissance nominale. Pendant cette période, la consommation se chiffre par 471 tonnes d'huile brute, soit 295 gr/kw-heure débité, pour l'huile de graissage, en chiffre rond, 3 gr/kw-heure. En fait de personnel, un chef et trois mécaniciens furent occupés auprès des trois moteurs pendant 800 heures.

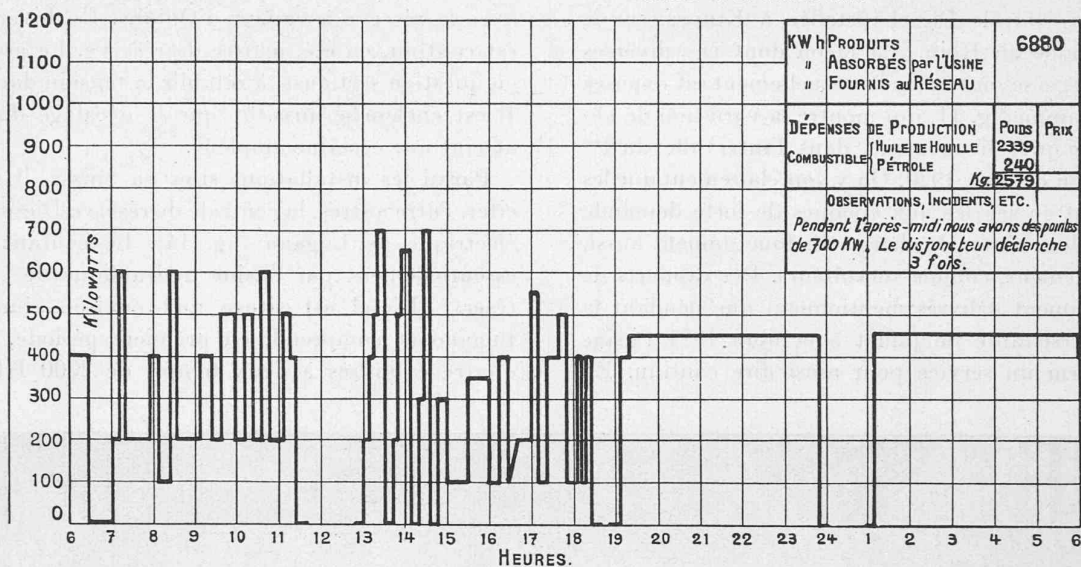
On trouvera à la fig. 12 une vue intérieure de la centrale. Celle-ci est équipée pour développer une puissance totale de 4500 HP, mais en cas de besoin et pour une courte durée, elle peut être surchargée jusqu'à concurrence de 5400 HP. Pour la commodité du service, une passerelle réunit les trois moteurs.

La fig. 13 représente un groupe Diesel de 4000 HP qui débite, en parallèle, d'une part avec la centrale hydroélectrique de Grenoble, située à 200 km. de là, et d'autre part

directement à un alternateur triphasé de Brown, Bover et C^{ie}, Baden. L'eau de refroidissement des cylindres est remise en circulation après avoir passé à travers une tour de réfrigération. Le journal de service mentionne par exemple ceci : le moteur a été mis en marche 66 fois entre le 1^{er} juillet 1920 et le 1^{er} octobre 1921 ; au cours de cette période, il a fourni au total une énergie de 589 700 kwh, répartie sur 632 heures de marche ; la durée moyenne de fonctionnement, à chaque mise en marche, a été ainsi de 9,6 heures environ et la charge moyenne, de 930 kw, soit un peu plus que la moitié de la puissance nominale du groupe. En se reportant aux conclusions de la présente étude, on peut affirmer sans exagération qu'il n'eût pas été possible, ni avec la turbine hydraulique, ni avec la turbine à vapeur, de fournir ce service dans d'aussi bonnes conditions qu'avec le moteur Diesel.

Les diagrammes de charge qui suivent (fig. 15 et 16) se

Journée du 20 février 1918



Journée du 21 février 1918

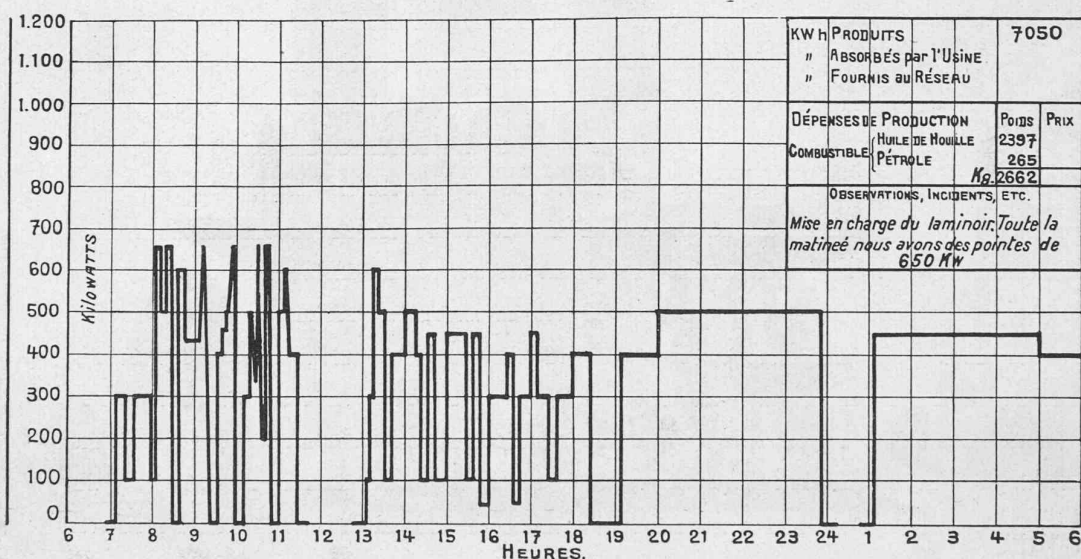


Fig. 15. — Diagrammes de charge d'une centrale Diesel, à Bordeaux.

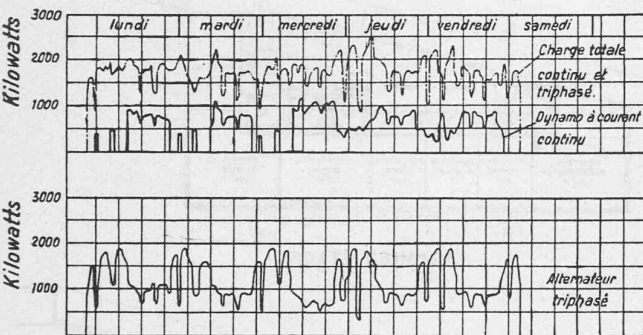
rappellent à quelques centrales Diesel et montrent à quelles exigences ces dernières sont capables de répondre. Tout d'abord voici (fig. 15) deux extraits du kilowatt-mètre enregistreur d'une centrale sise à Bordeaux. Il s'agit d'un moteur Diesel, à quatre temps, de 500 kw. Les deux diagrammes donnent chacun la mesure de l'énergie débitée pendant vingt-quatre heures, soit de 6 heures du matin au lendemain matin à 6 heures. On constate, par le diagramme supérieur, que la journée a été marquée par de fortes variations de la charge, coupées par des arrêts complets du service, tandis qu'au cours de la nuit, la charge s'est maintenue plus constante. Les notes du journal indiquent que pendant cette durée de vingt-quatre heures, le groupe a fourni 7050 kwh en consommant au total 2662 kg. d'huile de goudron et d'huile d'allumage. Par le fait que le combustible est liquide, la consommation peut être constatée tout de suite et en tout temps, ce qui facilite considérablement le contrôle

du service. Dans le diagramme inférieur, on constate que le moteur a eu à couvrir des pointes de charge allant jusqu'à 700 kw. Le moteur Diesel est parfaitement capable de produire ce travail lorsqu'il est muni de puissants volants.

D'autres courbes de charge typiques sont reproduites à la fig. 16. Les deux diagrammes supérieurs se rapportent à la centrale Diesel des chantiers navals Harland and Wolff à Belfast. Il s'agit d'un moteur de 4000 HP sur l'arbre duquel sont montés côte à côte une dynamo à courant continu et un alternateur triphasé, de sorte que le groupe peut fournir à volonté du courant continu ou de l'alternatif. Cette combinaison peut être très avantageuse, dans certains cas, par exemple dans celui d'une centrale de réserve. Le diagramme expose la variation de la charge pendant le cours d'une semaine entière, le moteur démarrant le lundi matin et travaillant sans arrêt jusqu'au samedi à midi.

Voici ensuite le diagramme relatif à un moteur Diesel de 600 HP de la Ramleh Railway Co., en Egypte, se rapportant ainsi à un groupe de traction. La charge subit des variations brusques et considérables. La charge moyenne n'est qu'une fraction de la charge maximum.

Le diagramme de charge du moteur de 160 HP des Mines de Rouina accuse des pointes de charge encore plus accentuées et de plus faible durée, produites par la marche des bennes d'extraction. De pareilles pointes de charge ne pourraient pas être fournies avec la même facilité par une turbine hydraulique comme au moyen du moteur Diesel, dont les puissantes masses volantes sont capables



Moteur Sulzer à deux temps, 2500 kw, Mess'rs Harland & Wolff, Ltd Belfast.

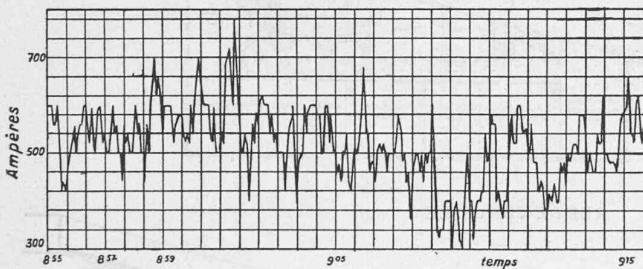
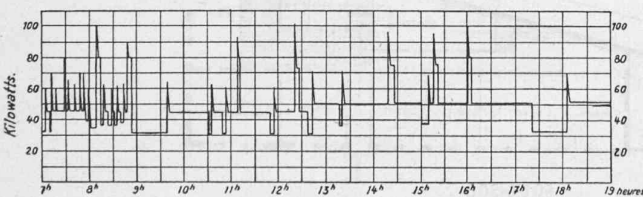
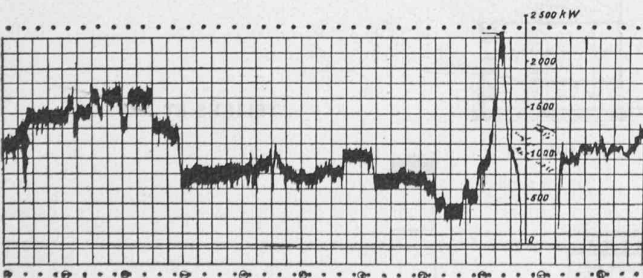


Diagramme de charge de l'usine Diesel de traction de la Ramleh Railway Co Egypte.



Mines de Rouina. Diagramme de charge d'un moteur Diesel de 160 HP-eff.



Extrait du diagramme du kw-mètre enregistreur de la station de réserve Diesel de Lugano.

Fig. 16. — Diagrammes de charge de plusieurs moteurs Diesel.

de fournir momentanément un excédent d'énergie appréciable.

Au bas de la fig. 16, enfin, est reproduite une coupure dans la bande du kilowattmètre enregistreur de la centrale Diesel, de réserve, de Lugano. Ici il faut lire de droite à gauche. Après un arrêt prolongé, le moteur a dû être mis en marche soudainement. On voit qu'au bout d'un temps très court, il a été tout d'abord sollicité à demi-charge, puis plus tard et passagèrement à une surcharge considérable.

Ce choix de diagrammes montre nettement combien le moteur Diesel est susceptible de s'adapter aux exigences des services les plus divers.

On a essayé dans ce qui précède de montrer, dans un cadre aussi étendu que possible, que parmi les machines thermiques, le moteur Diesel est appelé à jouer un rôle en vue dans la production d'énergie en Suisse. Il est par conséquent inexact de prétendre que dans ce pays les centrales thermiques ne peuvent trouver aucune application favorable, économiquement parlant. Un examen approfondi de tous les facteurs qui sont déterminants à ce point de vue, montre au contraire que le moteur Diesel est pourvu de tous ses avantages caractéristiques, précisément dans les circonstances où la centrale hydraulique ne peut intervenir que moyennant des sacrifices financiers disproportionnés. On ne pourra donc que bénéficier en confiant au moteur Diesel la fourniture des contingents d'énergie qu'il est capable de fournir à des conditions particulièrement favorables. L'utilisation de notre houille blanche ne doit pas, pour tout cela, subir de restriction. Son exploitation n'en sera que modifiée, au profit de l'économie publique du pays.

Concours d'idées pour l'étude de bâtiments pour bureaux et ateliers à l'usage des Services industriels à Lausanne.

Extrait du rapport du Jury.

(Suite) ¹

« **Sous le Pont** ». L'idée de reculer le bâtiment de la limite nord du terrain permet un plan rectangulaire ; cette disposition qui est favorable au point de vue des façades des étages inférieurs, perd de sa qualité au 4^e étage dans la partie en porte à faux.

Les variantes corrigent cet inconvénient au prix d'un empiètement sur l'alignement fixé.

L'escalier public aurait gagné à être traité avec plus d'ampleur.

Le magasin de vente n'a pas de vitrine extérieure à portée suffisante de la voie publique.

Les façades offrent peu d'intérêt, elles sont mal présentées.

Bâtiment des ateliers. Les locaux des surveillants sont comptés à 70 m² chacun alors qu'il est prévu cette surface pour les trois locaux. Cette augmentation de superficie entraîne une élévation du cube et a influé sur le parti adopté. A part cette critique, la disposition paraît favorablement réalisée.

(A suivre.)

¹ Voir Bulletin technique du 16 septembre 1922, page 226.