

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 48 (1922)
Heft: 16

Artikel: Les moteurs Diesel: leur valeur économique comparée à celle d'autres machines motrices
Autor: Buchi, Alfred
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37419>

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: 23.12.2024

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

raccord sont respectivement aux cotes 790 et 799 et de cette dernière un seul tuyau contient les fils des deux séries. Ainsi trois tuyaux contenant tous les fils aboutissent à la station de mesure.

Depuis l'accident de mai, on cessa toute mesure de température et les séries D, E et F furent installées sans qu'on pût vérifier les thermomètres. On eut d'ailleurs à le regretter. Quand on procéda à l'installation de la station de mesure, on s'aperçut que le N° 19 présentait une résistance infinie et que le N° 22 était en court-circuit. On en conclut que la ligne du premier avait été arrachée et que le second avait été écrasé pendant le bétonnage. Il était malheureusement trop tard pour y remédier.

Pour faciliter l'installation et diminuer les frais déjà considérables, on aurait pu, semble-t-il, employer pour le retour du courant, un fil commun à plusieurs ou à tous les thermomètres. L'inconvénient de ce système était de faciliter, en cas de mise à terre fortuite par défaut d'isolement, le passage de courants qui auraient peu à peu détruit l'installation par électrolyse. (A suivre.)

Les moteurs Diesel.

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

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

(Suite.)²

Comparaison entre la force hydraulique et le moteur Diesel.

1° Dans la production du courant alternatif.

Pour rendre cette comparaison parlante, on a groupé dans le graphique fig. 4 les résultats acquis jusqu'ici concernant le prix de revient du kwh fourni soit par la force hydraulique, soit par le moteur Diesel. Ce graphique comporte quatre colonnes qui correspondent à quatre valeurs diverses du facteur d'exploitation — 100, 75, 50 et 25 % de la charge moyenne — $\frac{4}{4}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ de la puissance nominale. Chaque colonne contient à gauche les courbes relatives au prix du kwh hydraulique ; à droite, celles relatives au prix du kwh Diesel. Les courbes en trait mixte se rapportent à un service de 4000 heures par an ; celles en trait continu, à un service de 2500 heures ; celles en pointillé, à 1500 heures. Ces courbes sont toujours groupées par trois. Dans le cas de la centrale hydroélectrique, la courbe inférieure dans chaque groupe suppose une ligne de 50 km. ; la courbe moyenne, une ligne de 100 km. ; la courbe supérieure, une ligne de 200 km. de longueur. Pour la centrale Diesel, il s'agit

² La Direction des CFF a fait placer 17 thermomètres électriques du même modèle que ceux de la Jagne dans le barrage en granit du Pfaffensprung, entre Wassen et Gurtellen. L'installation définitive des lignes a été faite par des conduites verticales aboutissant à un tube collecteur horizontal situé sous le couronnement du barrage et allant à la station de mesures, placée sur la rive droite.

¹ Voir *Bulletin technique* du 22 juillet 1922, page 169.

de trois prix divers du combustible, à savoir, pour la tonne d'huile brute, 75 fr. (courbe inférieure), 100 fr. (courbe moyenne) et 125 fr. (courbe supérieure). En abscisse, nous avons porté les frais d'établissement par kw nominal, pour la centrale seule.

Au premier coup d'œil, on remarque que les courbes relatives à l'énergie Diesel sont plus rapprochées les unes des autres, dans chaque groupe, que ne le sont les courbes relatives à la force hydraulique. On constate ensuite qu'aux fortes charges, le prix du kwh Diesel est plus élevé que celui du kwh hydraulique. Mais la différence diminue graduellement quand la charge s'abaisse et disparaît tout à fait à $\frac{1}{4}$ de charge, même dans les services de 4000 heures ; à moins de 4000 heures de service annuel, le prix de l'énergie Diesel devient même inférieur de beaucoup à celui de l'énergie hydraulique. En somme, dans les hypothèses faites, dans les services de 2500 heures par an ou moins et quand la charge moyenne de l'installation est une fraction de la puissance nominale, ce qui se présente couramment — le moteur Diesel est capable de fournir l'énergie électrique à meilleur compte que la turbine hydraulique.

Dans un cas donné, les frais d'établissement, la durée du service annuel, la longueur de la ligne et le prix de l'huile brute étant connus, le diagramme (fig. 4) permet de dire immédiatement laquelle des deux forces motrices, hydraulique ou Diesel, est la plus avantageuse.

Une grande centrale Diesel, complètement équipée, jusque et y compris les barres de départ, revient actuellement à 450 francs le kw nominal. Le prix de l'huile brute oscille autour de 90 francs la tonne rendue franco citerne du client. S'agit-il d'établir dans ces conditions une centrale de réserve de pointes, devant fonctionner 1500 heures par an, sous une charge supposée pour un instant être constamment égale à la puissance nominale ; les points à considérer dans le diagramme sont le point D_1 pour la centrale Diesel, les points W_1 (ligne de 50 km) et W_1' (100 km) pour l'usine hydraulique. Pour être aussi avantageuse dans l'exploitation que le Diesel, la force hydraulique devrait donc revenir, par kw installé, à 875 francs (abscisse du point W_1) si la ligne a 50 km de long ; à 730 francs seulement si la ligne a 100 km. Or ces chiffres sont dépassés régulièrement. C'est-à-dire que le moteur Diesel peut dans le cas particulier et en l'état actuel des prix, concurrencer avec succès la force hydraulique. L'avantage du Diesel s'accroît quand la charge moyenne de l'installation s'abaisse. Ainsi par exemple, pour une usine de réserve appelée à prendre le service pendant 1500 heures par an, sous une charge moyenne atteignant la moitié de la puissance nominale — ce qui correspond mieux à la réalité que l'hypothèse précédente d'une centrale travaillant constamment à puissance nominale — en admettant les mêmes prix unitaires fixés ci-dessus, les points intéressants du graphique sont D_2 (fig. 4) pour le Diesel, W_2 et W_2' pour la centrale hydroélectrique. Pour débiter le courant au même prix que l'installation Diesel, la

centrale hydraulique ne devrait alors pas coûter plus de 660 francs, respectivement 535 francs le kw. Si ces prix sont dépassés, la force hydraulique ne peut plus lutter avec le Diesel. Les adversaires de la centrale thermique objectent volontiers que le *prix des combustibles* est mal assuré et fortement assujéti aux événements des ordres les plus divers. Il faut reconnaître que pendant la grande guerre qui vient de secouer le monde, c'était bien le cas et dans une mesure tout à fait extraordinaire. Actuellement des conditions à peu près normales sont rétablies et l'on peut prétendre que les variations à venir seront relativement faibles. D'ailleurs, pour se rendre compte de l'effet que pourrait produire un fort bouleversement du marché, on n'a qu'à tirer dans le graphique une horizontale par le point W_3 par exemple, qui correspond au cas d'une usine hydroélectrique coûtant 1000 francs le kw. et fonctionnant 1500 heures par an sous une charge moyenne de $\frac{3}{4}$ de la puissance nominale. L'horizontale tracée coupe la verticale de l'installation Diesel (450 francs le kw.) en un point D_3 situé sur la courbe affectée de l'indice 175 francs. Il y a donc lieu de conclure : le prix de l'huile brute peut atteindre 175 francs la tonne, et la centrale Diesel débitera son courant au même prix encore que l'usine hydraulique. C'est-à-dire que le prix de l'huile brute devrait subir par rapport au prix actuel une hausse considérable avant que la situation économique avantageuse du moteur Diesel fût renversée. Cette situation s'affermir encore quand la charge moyenne diminue.

La différence constatée dans les prix de l'énergie débitée par la centrale hydraulique et par l'usine Diesel, à l'avantage de cette dernière, s'accroît aussi lorsque le $\cos \varphi$ est fort inférieur à 1, ce qui est le cas habituel. En effet, l'augmentation nécessaire de la section des conducteurs n'affecte dans l'usine Diesel que l'alternateur et la ligne, fort courte, tandis que dans l'installation hydraulique, elle intéresse l'alternateur, une ligne très longue, et les transformateurs.

En combinant la centrale hydraulique avec une station de pompage, on est bien parvenu à abaisser quelque peu

Prix de revient du kWh alternatif fourni soit par une centrale hydraulique soit par une usine Diesel, à frais d'établissement, durée du service, prix du combustible et longueur de ligne variables.

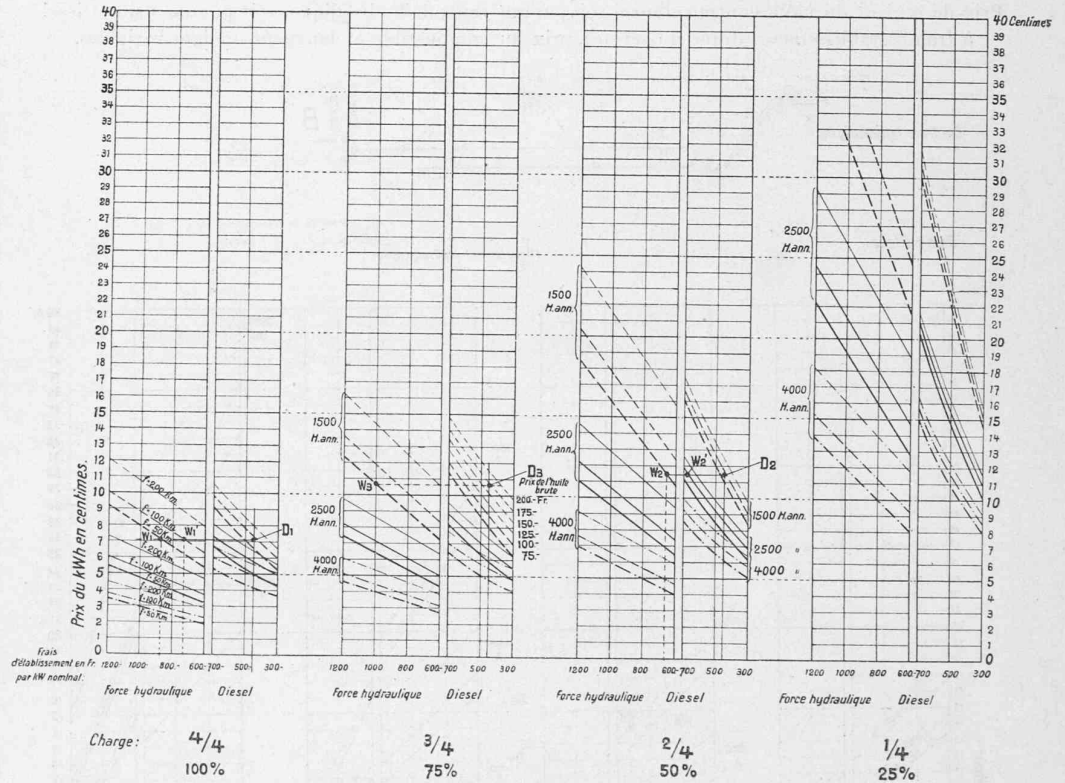
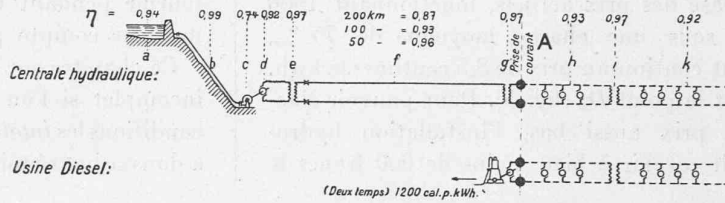


Fig. 4.

le prix de revient de l'énergie électrique. Mais cette solution n'est praticable que lorsqu'on dispose d'un fort excès de courant à bon compte. Il y aurait alors lieu pour un cas donné, de refaire les calculs en y introduisant d'ailleurs aussi les frais relatifs à la station de pompage et le prix de l'énergie absorbée par les pompes.

2° Dans la production du courant continu ou de toute autre forme de courant impliquant une conversion (comme c'est le cas par exemple à Zurich, même pour la lumière) il nous faut procéder comme ci-dessus pour le courant alternatif (graphique fig. 5).

Pour des raisons déjà citées, la centrale hydroélectrique ne peut guère fournir du courant continu, ou tout autre courant de conversion, qu'à des prix notablement supérieurs à celui du courant alternatif primaire. L'augmentation de prix oscille entre 40 et 70 % du prix de ce courant. La centrale Diesel, puisqu'elle se trouve sur le lieu même de consommation, peut au contraire produire le courant directement dans la forme requise, sans supplément de frais. De sorte que sur ce terrain, il lui est encore plus facile d'évincer la centrale hydraulique.

Pour ne pas trop allonger, on peut se borner à la constatation suivante. Une grande centrale Diesel établie sur la base des prix actuels, fonctionnant 1500 heures par an, sous une charge moyenne de 75 %, fournit le courant continu au prix de 8,5 centimes le kwh. — ce que traduit le point D_4 (fig. 5). Pour pouvoir s'accommoder d'un prix aussi bas, l'installation hydro-électrique devrait revenir à bien moins de 600 francs le

la fourniture du courant converti s'étend sur un minimum de 3 à 4000 heures par an. Les contingents d'énergie à fournir pendant moins de 3000 heures, sont fournis à meilleur compte par le moteur Diesel.

Ce chapitre sur la grande production de l'énergie serait incomplet si l'on n'esquissait rapidement aussi à quelles conditions les installations à vapeur peuvent y participer. On a dans ce but réuni, fig. 6, les termes nécessaires de comparaison.

Prix de revient du kWh continu, fourni soit par une centrale hydraulique, soit par une usine Diesel à frais d'établissement, durée du service, prix du combustible et longueur de ligne variables.

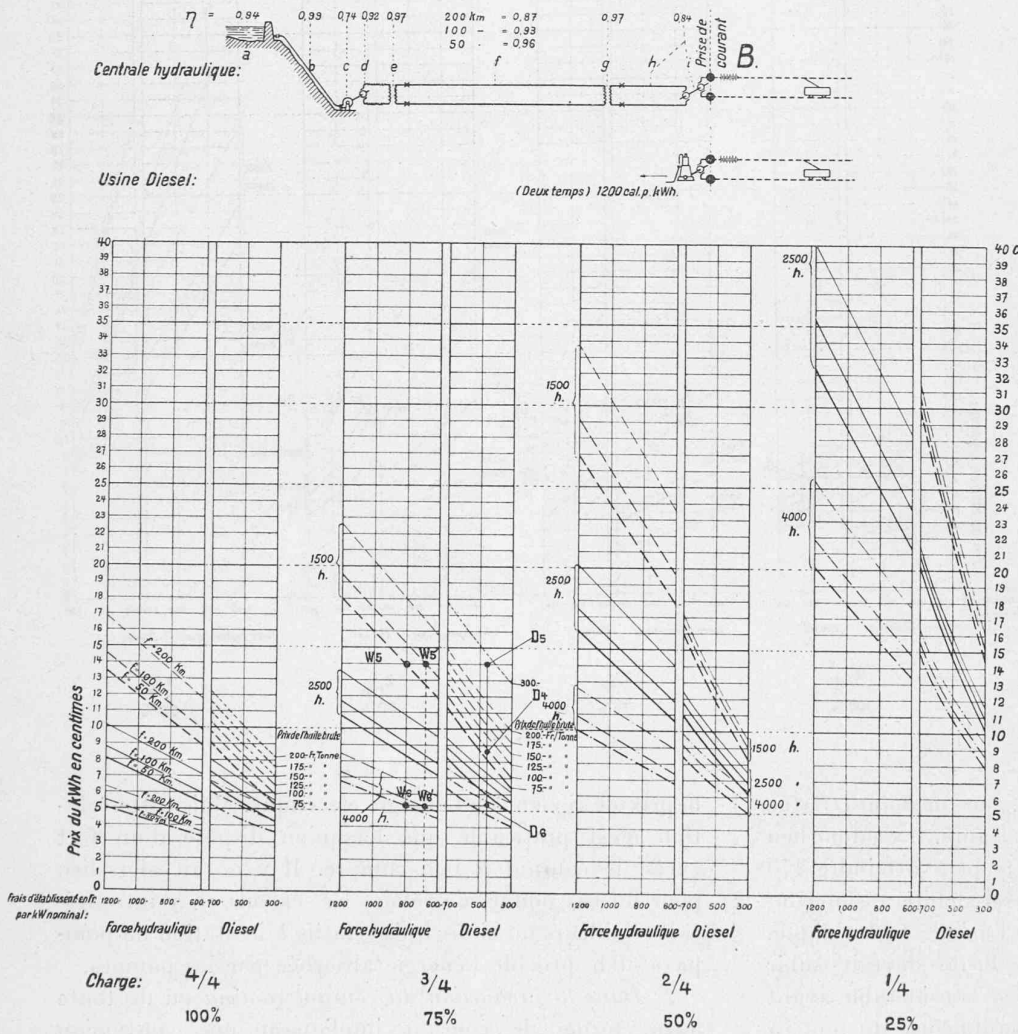


Fig. 5.

kw. nominal. Le prix de l'huile brute, à supposer qu'il puisse subir une hausse aussi considérable, pourrait monter jusqu'à près de 300 francs la tonne — c'est-à-dire arriver au triple du prix actuel — avant de mettre le moteur Diesel en état d'infériorité vis-à-vis de la force hydraulique à 800 francs le kw. nominal (points D_5 et W_5).

Même lorsque le service est prolongé et la charge moyennement élevée, la centrale Diesel lutte victorieusement contre l'usine hydraulique aussitôt que celle-ci doit convertir son courant (points D_6 , W_6 et W_6'). L'usine hydraulique ne reprend quelque avantage que lorsque

HP eff. Admettons pour intérêt et amortissement le taux de 13 %, comme avec le Diesel, et pour les dépenses de personnel, entretien, renouvellement et graissage, les montants portés au diagramme. Si l'on considère que la vapeur d'échappement utilisée par ailleurs devrait quoi qu'il en soit être produite en brûlant du combustible, la dépense en vue de la production de force motrice ne correspond en fait plus qu'à environ 1,5 kg de vapeur par HP eff. et par heure ; soit fort peu de chose. Il s'ensuit que le prix du kwh débité sera lui-même assez bas, ce qui explique pourquoi la machine avec récupération de

Les deux colonnes de gauche contiennent les indications relatives à la centrale hydraulique et à l'usine Diesel, en fonction de la charge moyenne de l'installation — soit, en bas, capital engagé, au milieu, dépenses annuelles par kw. nominal ; enfin en haut, prix de revient du kwh pour des services annuels de diverses durées. Les deux colonnes de droite contiennent les renseignements correspondants pour les centrales à vapeur avec machines à pistons ou avec turbines.

En fait de machines à pistons, on a admis une machine fonctionnant avec récupération de la vapeur d'échappement sous deux atmosphères effectives. Grâce à ces avantages thermiques, et malgré les prix élevés du charbon, ce type de machine peut encore trouver, même en Suisse, des applications avantageuses à la grande production de l'énergie, dans les cas où l'on a en outre besoin de vapeur pour le chauffage, la cuisson, dans l'industrie textile, les brasseries, les fabriques de papier, etc. Comme frais d'établissement de l'installation on a inscrit la somme de 650 francs par kw. nominal, ce qui correspond sensiblement au cas d'une puissance nominale de 500 à 1000

la vapeur d'échappement, comme aussi éventuellement la machine à prise de vapeur intermédiaire, peut dans certains cas entrer avantageusement en lice, nonobstant le prix élevé des combustibles.

Dans la quatrième colonne, fig. 6, on a retracé pour les grandes centrales de turbines à vapeur, l'allure générale des variations suivies par les facteurs qui nous intéressent, en fonction de la charge moyenne. Le capital engagé dans la centrale peut être fixé à 360 francs le kw. nominal. Les dépenses annuelles comportent 13 % du capital, pour intérêt et amortissement ; puis, selon la durée du service annuel, des montants variables pour réparations, entretien, personnel et graissage ; enfin, les frais de combustible — au cours actuel : 65 fr. la tonne de charbon. Dans le diagramme relatif au prix du kwh débité, au haut de la figure, le trait plein et fort se rapporte à une centrale contenant plusieurs turbines ; le trait fin au cas d'une seule et unique turbine qui, à faible charge, tourne avec un rendement amoindri. La durée du service annuel est de 2500 heures dans les deux cas.

La turbine à vapeur, il faut le reconnaître, est une machine tout à fait supérieure au point de vue mécanique. C'est aussi la seule qui jusqu'ici permette d'installer jusqu'à 50 000 chevaux dans une seule unité. Mais tant que les combustibles se maintiennent aux prix actuels, la turbine à vapeur doit cependant être abandonnée, de notre point de vue suisse. Par contre, elle est très avantageuse à exploiter dans le voisinage des bassins houillers. Il est même à souhaiter qu'ici en Suisse nous réussissions, pour le bien de notre industrie, à tirer de notre houille blanche de l'énergie à aussi bas prix que celle fournie par la turbine à vapeur dans les pays où la « houille » est noire.

On a cherché à traduire encore par quelques chiffres — intercalés entre la deuxième et la troisième ligne de diagrammes, fig. 6 — les aptitudes des divers moteurs envisagés, au service de pure réserve temporaire. Ces chiffres expriment en francs par kw nominal, les dépenses annuelles à supporter dans diverses éventualités de durée du service effectif. Ils mettent bien en relief le fait que le moteur Diesel constitue la force de réserve la plus avantageuse, dans tous les cas.

(A suivre.)

Concours pour la Construction d'une Eglise catholique à Montana-Vermala.

Rapport du jury.
(Suite et fin)¹

Weisshorn. Projet intéressant. Clocher quoique de proportions heureuses pas tout à fait dans le caractère du pays.

Voir Bulletin technique du 22 juillet 1922, page 177.

Frais d'établissement, dépenses annuelles et prix du kWh pour diverses installations de force motrice.

Graphique montrant les divergences essentielles dans diverses conditions.

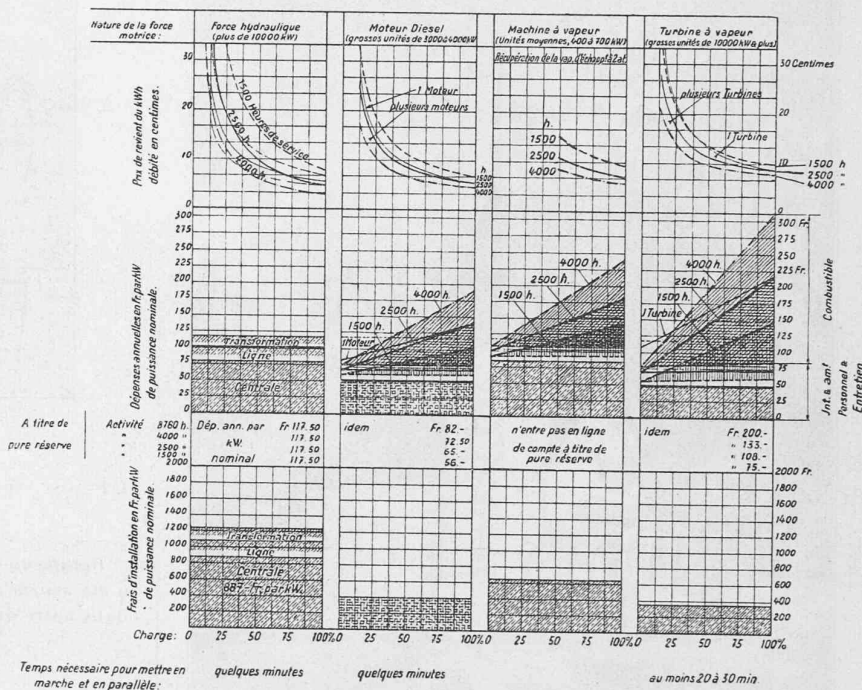


Fig. 6.

Agrandissement difficile et coûteux à cause de la démolition des murs latéraux. Sacristie et clocher bien placés et orientés. Le nombre des places indiqué sur le plan pourrait être augmenté facilement par une autre disposition du mobilier.

Croix Romaine. Bonne façade bien dans le caractère demandé. Bonnes proportions de la nef. Plan simple mais difficile à prolonger sans en gêner la belle proportion. Implantation trop basse sur le terrain. La cure quoique non demandée est une étude intéressante.

Le jury procède ensuite au classement comme suit et décide dans le cas où le même auteur aurait présenté deux projets de ne primer que l'un d'entre eux.

- PROJETS : *N.-D. des Neiges*, classé premier.
Croix latine » deuxième.
Croix Romaine » troisième.
Weisshorn. » quatrième.

Le jury décide d'attribuer trois prix et de répartir la somme de Fr. 2000 mise à sa disposition comme suit: 1^{er} prix, Fr. 1000, 2^{me} prix, Fr. 600, 3^{me} prix, Fr. 400.

Procédant ensuite à l'ouverture des plis, le jury prend connaissance des noms des auteurs suivants: 1^{er} prix, « Notre-Dame des Neiges », MM. Gilliard et Godet, à Lausanne; 2^{me} prix, « Croix latine », M. Besson, architecte, à Martigny; 3^{me} prix, « Croix Romaine », M. Besson, architecte, à Martigny.

Constatant que son auteur est celui du 2^{me} prix, le jury décide d'attribuer le 3^{me} à l'auteur du projet suivant, soit: « Weisshorn », de MM. Kalbermatten et Pollak, architectes, à Sion.

Le jury, à la suite de l'ouverture des enveloppes, recommande en toute conscience les auteurs du 1^{er} projet étant donné leurs capacités et l'expérience qu'ils ont dans la matière.

Montana, 5 mai 1922.

Le Président:
A. BURNAT, arch.

Le Secrétaire:
CH. BRAUN, arch.