

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 51 (1925)
Heft: 10

Artikel: Installations thermo-électriques
Autor: Meyer, Ad.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-39506>

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: 17.07.2025

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

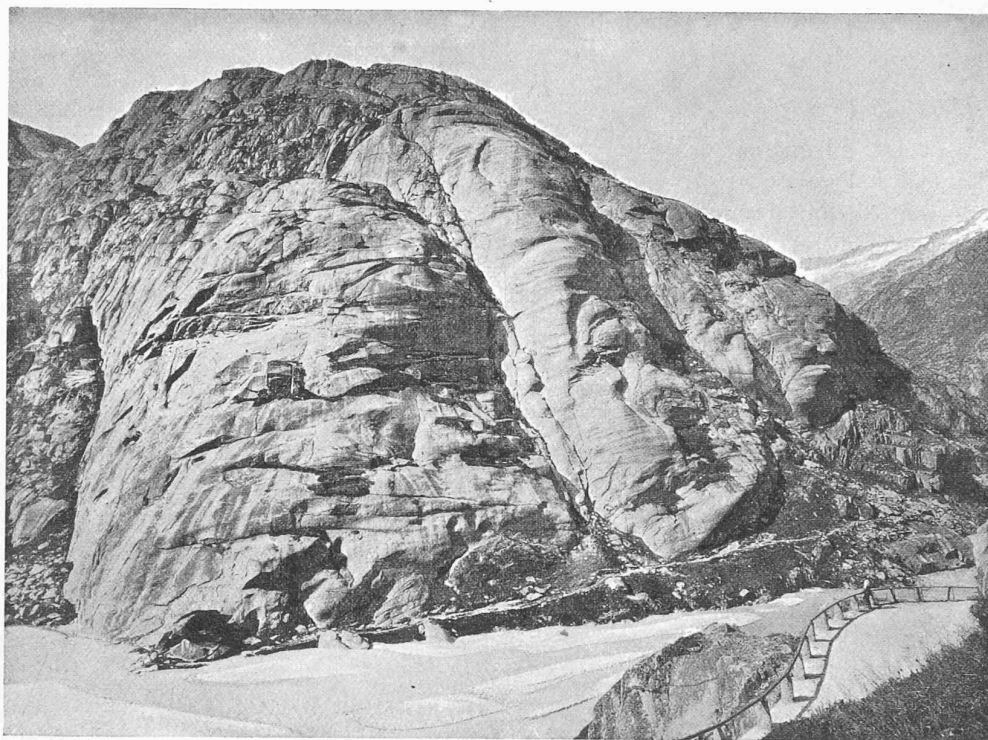


Fig. 14. — Entrée de la Spitallamm; flanc gauche de la gorge.

an, on obtient un prix de revient de 3,7 cts par kwh. Ce calcul ne tient compte que de la production d'énergie constante; à côté de celle-ci, il sera possible de produire chaque été une quantité variable d'énergie (en moyenne 30 millions de kwh) dont il sera certainement possible de tirer parti. Lorsque l'eau de la centrale supérieure sera également utilisée par le deuxième et le troisième paliers, le prix de revient moyen de l'énergie de l'Oberhasli diminuera encore notablement, car les frais provenant de la construction des grands bassins d'accumulation se répartiront sur une production deux fois et demie plus élevée.

Les clichés des figures 12, 13 et 14 ont été mis à notre disposition par la *Schweizer Bauzeitung*.

Installations thermo-électriques,

avec considérations particulières sur les installations modernes utilisant de la vapeur à très haute pression¹,

par M. Ad. Meyer, ingénieur en chef à la
Société Brown, Boveri & Cie.

Au prix actuel du charbon, savoir 36 à 40 francs la tonne en gare de Bâle, pour des livraisons importantes, la force motrice à vapeur peut concurrencer avec succès la houille blanche. Les quelques considérations qui suivent se proposent d'en donner une démonstration simple et brève.

¹ Communication à l'Assemblée de discussion organisée, le 13 décembre 1924, à Berne, par l'Association suisse des Electriciens.

Au dire de plusieurs auteurs américains qualifiés, la dépense de combustible, dans une centrale moderne de quelques dix milliers de kW, représente en Amérique le 75 % des frais globaux par kWh, y compris les amortissements, les intérêts et les frais généraux. En Suisse, le charbon revient plus cher qu'en Amérique comparativement aux autres frais importants, de sorte que l'on devrait attribuer une plus forte part aux dépenses de combustible. Pour plus de simplicité, nous garderons le chiffre précité.

On construit actuellement en Suisse des chaudières délivrant de la vapeur à 35 at. et 400° C. La maison Brown, Boveri, en utilisant cette vapeur, est à même de garantir, pour ses turbines, en usant d'un charbon développant 7500 cal/kg. et pour une installation de condensation convenablement alimentée en eau, cette dernière condition étant toujours facile à réaliser dans le pays considéré, une consommation de combustible de 0,47 kg/kWh. fourni aux bornes des génératrices, soit $0,47 \times 4$ centimes le kg. de charbon = 1,88 ct/kWh.

Si l'on table sur le chiffre de 75 % indiqué ci-dessus, les frais globaux, pour la centrale thermo-électrique, s'élèvent à 2,5 cts/kWh. Un calcul détaillé, considérant successivement les dépenses pour les machines, la chaudière, le bâtiment de la centrale et le service, confirme ce résultat.

En admettant que les intérêts, les amortissements et les frais généraux restent invariables, alors que le coefficient d'utilisation, implicitement admis égal à 60 % dans ce qui précède, varie, nous nous plaçons de nouveau dans un cas plus défavorable qu'en réalité.

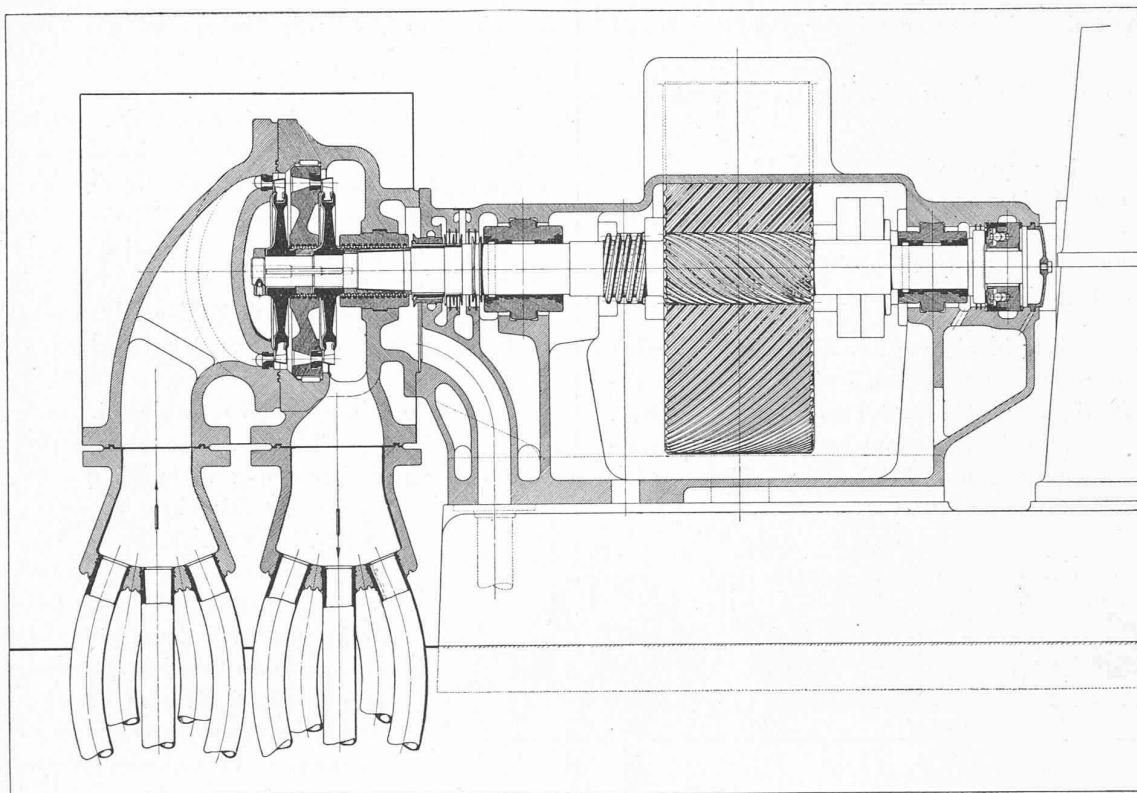


Fig. 1. — Coupe longitudinale à travers une turbine B. B. C., à très haute pression dont les deux roues sont montées en porte à faux sur l'arbre d'un des pignons moteurs. Deux pignons attaquent la même roue hélicoïdale qui est rigidement accouplée au rotor de l'alternateur.

Il est alors possible d'établir, pour le prix de revient du kWh, le tableau suivant :

Coefficient d'utilisation, en %	60	40	20
Prix du kWh en centimes	2,50	3,65	5,40

Par coefficient d'utilisation, il faut entendre le rapport, en %, entre l'énergie réelle fournie dans l'année et celle qu'aurait pu donner la centrale, si tous ses groupes électrogènes avaient fonctionné à pleine charge pendant 8700 heures.

Le tableau ci-dessus fait nettement ressortir que les prix de revient du kWh thermique sont tout à fait comparables à ceux du kWh hydraulique, lorsque le coefficient d'utilisation varie de 60 % (cas d'une centrale bien utilisée) à 20 % (cas d'une centrale destinée à couvrir les pointes). Evidemment ces prix avantageux du kWh thermique ne peuvent être atteints que par l'emploi d'une pression de vapeur plus élevée que celle qu'on utilisait ordinairement jusqu'ici. Pour l'exploitation de centrales thermiques, il serait nécessaire d'importer une grande quantité de charbon et l'on peut se demander s'il est réellement préférable d'installer une centrale thermo-électrique, plutôt qu'une centrale hydro-électrique.

Pour une catégorie spéciale d'usines thermiques, dont l'exploitation ne demande ni pressions excessives, ni augmentation sensible de l'importation de charbon, ce doute ne peut plus se justifier, même en Suisse. Nous

voulons parler des installations où on utilise de la vapeur pour les besoins industriels du chauffage et de la cuisson. Dans ce cas, il vaut toujours mieux produire la vapeur non pas à la pression exigée par ces opérations, mais à une pression plus élevée, la chute de chaleur disponible de ce fait étant alors transformée en énergie mécanique dans une turbine à contre-pression.

Comme application de ce principe, citons, par exemple, les installations de chauffage central déjà réalisées dans les bureaux et dans une grande partie des ateliers de la Société Brown, Boveri, à Baden¹. D'ici quelque temps, tous les ateliers de cette maison seront chauffés par de la vapeur d'échappement. Dans cette installation, il est fait usage de chaudières produisant de la vapeur à 15 à 18 at. et 350-380° C. pour la force motrice et les essais de turbines. Cette vapeur se détend dans une turbine jusqu'à la pression de condensation, puis cède à l'eau de circulation dans le condenseur sa chaleur latente de vaporisation. Cette eau sortant du condenseur à une température plus élevée qu'à l'entrée, est envoyée par une pompe dans les appareils de chauffage ; de là, elle retourne au condenseur, pour recommencer son cycle. Pour assurer un chauffage des locaux suffisant, l'eau de circulation doit, suivant la température extérieure, sortir du condenseur à 50-90°, valeurs auxquelles

¹ Voir la description de ce chauffage à la page 217 du *Bulletin technique* du 1^{er} septembre 1923.

correspondent des vides au condenseur compris entre 88 et 30 %.

Supposons les conditions de fonctionnement suivantes :

Pression de la vapeur vive	18 at.
Température de la vapeur vive	350° C
Contre-pression	0,5 at. absolu
permettant de chauffer l'eau de circulation jusqu'à 80° C environ.	

Dans ces conditions, chaque kg. de vapeur renferme 753 calories. Si l'on suppose une turbine idéale, la détente (adiabatique) enlève 166 calories à la vapeur. Il reste donc 587 cal/kg à l'échappement, que l'on pourrait utiliser pour les besoins du chauffage. Plaçons-nous

au chauffage), le prix de revient du kWh tombe à $4 \times \frac{18,5}{100} = \text{env. } 0,75 \text{ ct.}$

Ces calculs ne sont, bien entendu, valables que si, comme dans le cas précité, les chaudières et les turbines pour la production et l'utilisation de la vapeur vive à haute tension existent déjà. Souvent ces conditions ne sont pas satisfaites d'emblée, mais même lorsqu'il faut au préalable établir l'installation à vapeur à haute pression, le prix de revient du kWh thermique reste de beaucoup inférieur à celui du kWh hydraulique.

La double utilisation par turbines à contre-pression, de l'énergie disponible dans la vapeur se heurte à une difficulté particulière résultant du fait que les demandes

en énergie calorifique et en force motrice ne sont, dans bien des cas, pas constamment dans le rapport voulu. Qu'on le veuille ou non, on devra laisser s'accumuler une des deux sortes d'énergie et l'on sait que tous les systèmes d'accumulation, parmi lesquels on en connaît de nombreux pour la force motrice et l'énergie thermique, sont toujours extrêmement onéreux et fonctionnent parfois à mauvais rendement.

Aussi, dans la plupart des cas, recourt-on à un autre moyen. Au lieu d'utiliser une véritable turbine à contre-pression, détendant toute la vapeur qui la traverse jusqu'à la pression du chauffage, on installe une turbine à prise de vapeur. De cette manière, une partie seulement de la vapeur est prélevée à un étage déterminé de la turbine où elle possède précisément la pression et la température désirées pour

les installations de chauffage, l'autre partie se détendant jusqu'au condenseur. Il devient ainsi possible, même pendant une période de forte demande en énergie mécanique, de dériver par la prise, de la vapeur sous pression constante pour les besoins du chauffage, l'excédent d'énergie nécessaire à la force motrice étant fourni par la vapeur qui se détend jusqu'au condenseur.

Inversement, lorsque la demande en énergie thermique devient relativement plus importante que la demande en force motrice, on peut mettre hors service les étages à basse pression, la turbine échappant alors entièrement dans la canalisation du chauffage. On fournira l'excédent de vapeur nécessité par le chauffage à l'aide de vapeur vive dont la pression sera abaissée par une soupape by-pass.

C'est ici qu'intervient avec avantage l'emploi de très hautes pressions de vapeur. La construction des chaudières et turbines modernes à très haute pression permet de substituer à la turbine à prise de vapeur, peu économique dans la plupart des cas, une véritable turbine à contre-pression, dont on utilise toute la vapeur d'é-

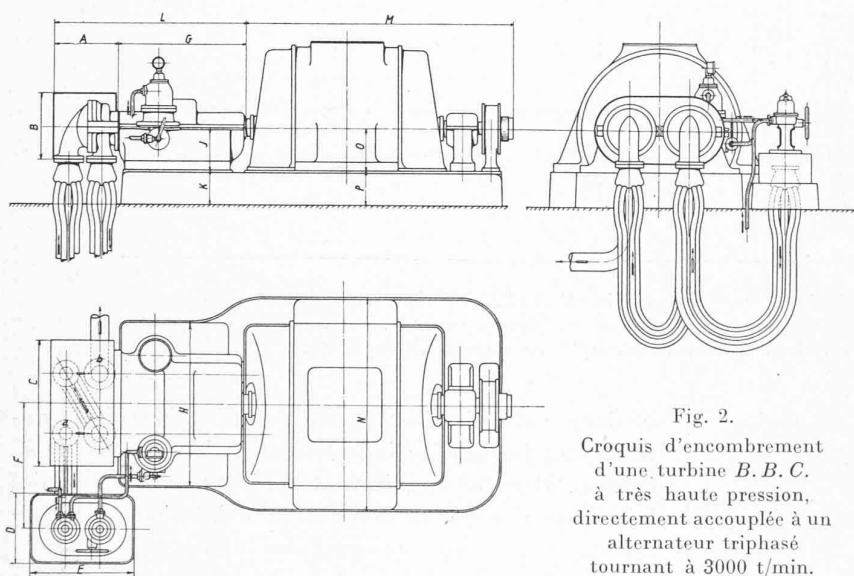


Fig. 2.
Croquis d'encombrement
d'une turbine B. B. C.
à très haute pression,
directement accouplée à un
alternateur triphasé
tournant à 3000 t/min.

dans un cas plus conforme à la réalité, en admettant un rendement de la turbine de 74 %. Si l'on tient compte des pertes mécaniques et de l'énergie dissipée par rayonnement, les calories réellement transformées en énergie mécanique par la turbine ne seront que de 118 ; il restera par conséquent $753 - 118 = 635 \text{ cal/kg}$ disponibles à l'échappement, ce qui représente environ le 85 % de l'énergie contenue dans la vapeur vive.

Si la turbine consomme 7 kg/kWh de vapeur et que la chaudière possède un coefficient de vaporisation de 8,75, la consommation de combustible atteindra 0,8 kg/kWh. A cause de la température relativement élevée à laquelle l'eau de condensation utilisée comme eau d'alimentation arrive dans la chaudière, on peut admettre un chiffre de vaporisation aussi favorable sans demander un rendement exagéré à la chaudière, ce qui ne dépassera guère 77,5 % dans de telles conditions. Pour du charbon à 50 fr. la tonne, les 7 kg de vapeur nécessités par kWh, reviennent à 4 cts. Comme seulement 18,5 % de l'énergie utile de la vapeur sont prélevés pour la force motrice (les 81,5 % restant servent

chappement pour les besoins du chauffage. Dans le cas seul où l'on dispose d'une entière liberté dans le choix des caractéristiques de la vapeur vive, on pourra déterminer, pour la turbine, la consommation spécifique de vapeur capable d'assurer en tout temps la répartition désirée entre la force motrice et l'énergie calorifique, ainsi que la contre-pression exigée. En modifiant la pression initiale de la vapeur, on peut faire varier conformément à la demande, l'énergie calorifique et l'énergie fournie pour la force motrice.

Dès que des installations de chauffage et de cuisson marchent en parallèle avec une usine électrique, le fonctionnement des turbines à contre-pression dont la vapeur d'échappement sert aux besoins industriels n'exige ni système d'accumulation d'énergie, ni adjonction d'une prise de vapeur, ni de pressions de vapeur particulièrement élevées. De cette manière, il est possible de répartir, au gré de la demande, la charge prise par chacun des services. Il serait nécessaire d'envisager l'établissement, entre les installations industrielles et les centrales électriques, d'un contrat d'échange d'énergie qui, prévoyant un tarif multiple aussi bien pour l'énergie fournie que pour l'énergie consommée, offrirait des avantages aux deux parties contractantes. Puissent les entreprises électriques de la Suisse, à l'exemple de ce qui a été partiellement réalisé dans d'autres pays, se montrer favorables à la conclusion d'arrangements réciproques dont notre économie nationale retirerait certainement un grand profit.

L'utilisation d'énergie contenue dans la vapeur d'échappement d'une turbine ou du moins d'une partie de cette énergie est également réalisable dans le cas d'une turbine à condensation. Il suffit de dériver une fraction de la vapeur traversant la turbine, à un étage intermédiaire de celle-ci, et de la conduire dans les réchauffeurs de l'eau de condensation ou d'alimentation des chaudières. De cette manière, les calories contenues dans la vapeur dérivée ne sont pas perdues pour l'installation, puisque l'eau qu'elles réchauffent, retourne aux chaudières. Ce procédé de réchauffage de l'eau d'alimentation, déjà mentionné par M. le Dr Tissot, offre des avantages d'autant plus considérables que la pression de la vapeur vive est plus élevée. C'est ainsi que pour une pression initiale de 50 à 100 at., il permet de réaliser une économie de 10 à 15 % sur le combustible.

La réalisation de quelques-uns des problèmes précédemment exposés exige, comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'emploi de pressions de vapeurs plus élevées que par le passé. La maison *Brown, Boveri et Cie* a

établi une statistique des unités exécutées par elle dès le début de la construction des turbines, statistique qui comprend 4 000 000 kW, en chiffres ronds, de turbines normales à condensation. Il ressort de cette publication que la pression la plus fréquemment employée pour la vapeur vive, est celle de 12 at. Dans quelques cas isolés, il a été fait usage de pressions atteignant jusqu'à 20 at. La température initiale, d'autre part, n'a guère dépassé 375° C. Même aujourd'hui, on constate que l'on a beaucoup parlé et écrit sur l'utilisation des très hautes pressions de vapeur, mais que ce nouveau procédé n'a encore été que rarement mis à exécution. A notre connaissance,

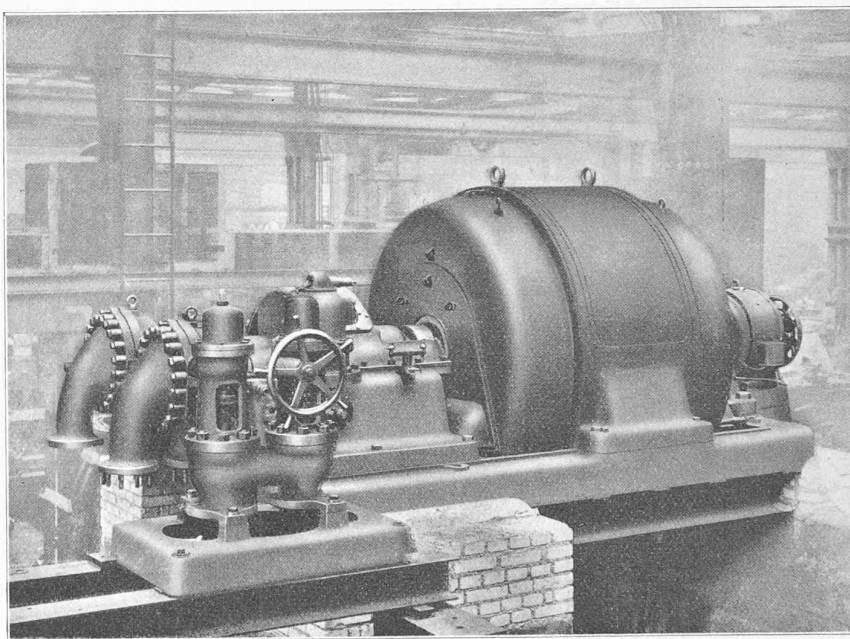


Fig. 3. — Groupe turbo-alternateur *B. B. C.* de 1750 kW, 3000/1500 t/min., entraîné, par l'intermédiaire d'un réducteur à engrenages, par une turbine à haute pression utilisant de la vapeur à 51 kg/cm² et 442° C. Ce groupe, photographié en cours de montage sur la plateforme d'essai, est destiné à la Société des Centrales Electriques des Flandres, à Langerbrugge (Belgique).

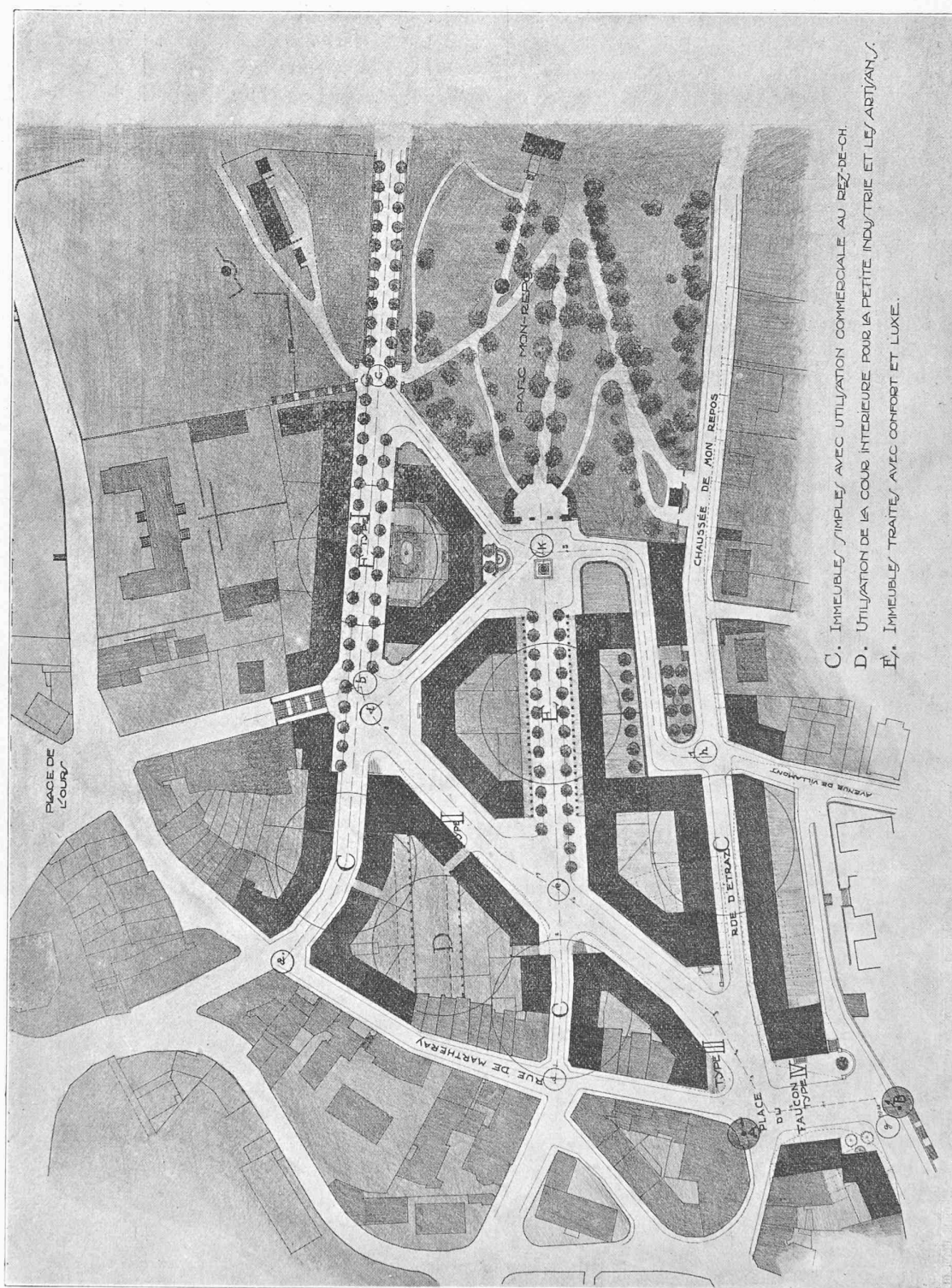
il n'existe qu'une installation à vapeur équipée avec des chaudières et des turbines pour une pression supérieure à 20 at., qui ne fonctionne pas uniquement comme station d'essais : la centrale de Noorth-Tees. Elle possède, depuis trois ans environ, des chaudières Babcock produisant de la vapeur à 33 at. et 370° C, pour l'alimentation directe de turbines fournies par la Société Métropolitain-Vickers. Cette installation a donné lieu à de très nombreuses difficultés, toutes surmontées à l'heure actuelle¹.

Dans une fabrique de papier à Gotheburg, en Suède, il existe deux chaudières du type *Atmos*, à tubes tournants, dont M. le Dr Tissot² a donné précédemment la description, et qui fonctionnent sous des pressions par-

¹ Voir *Engineering*, Nos du 13 juin et du 11 juillet 1924.

² Voir *Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens*, N° de janvier 1925, page 18.

CONCOURS POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA PLACE DU FAUCON, ETC., A LAUSANNE



Plan de situation. — 1 : 2500.

Projet « Pour être vu en perspective », de M. G. Epitau, architecte, à Lausanne.

ticulièrement élevées. La première, en service depuis près de deux ans, fournit de la vapeur à 50 at. ; la seconde, en service depuis environ six mois, donne de la vapeur à 100 at. Ces pressions élevées n'étant prévues que pour l'estimation des capacités des chaudières précitées, en cours d'exploitation, sont, si nous sommes bien renseignés, ramenées à la valeur normalement utilisée pour des machines à papier.

Deux autres installations, en voie d'achèvement en

Amérique, seront bientôt à même de fournir de la vapeur à 80 at. La turbine d'une troisième installation, située en Belgique, se trouve pour l'instant sur la plateforme d'essai, dans les ateliers de la maison Brown, Boveri et Cie. Les chaudières de ces trois installations appartiennent toutes au type Babcock sectionné.

Donnons maintenant quelques renseignements plus détaillés sur l'installation belge mentionnée en dernier lieu. Cette usine, comme les installations américaines

CONCOURS POUR L'AMÉNAGEMENT DE LA PLACE DU FAUCON, ETC., A LAUSANNE



Vue prise du point B.

Projet de M. G. Epitoux.



Vue prise du point A.

précitées, comprend une partie à haute pression qui envoie sa vapeur d'échappement dans les trois turbines de 6600 kW de la partie à pression normale (20 at.). La chaudière haute pression produit de la vapeur à 55 at. et 425° C, les caractéristiques correspondantes, à l'admission de la turbine haute pression, étant 50 at. et 400° C. La puissance des nouvelles chaudières est fixée par la condition que la turbine à haute pression, utilisant la détente de la vapeur jusqu'à 20 at., puisse fournir environ 2000 kW. La vapeur d'échappement de cette turbine peut, à elle seule, faire fonctionner à pleine charge l'une quelconque des turbines normales de 6600 kW. On voit par là que l'adjonction d'une turbine à haute pression permet, avec la même consommation de combustible que par le passé, d'accroître de 30 % la puissance d'un groupe.

On a poussé très loin le chauffage préalable de l'eau d'alimentation par vapeur dérivée. Cette eau arrive, en effet, dans la chaudière avec une température de 190°. Joint à l'emploi d'une pression très élevée, ce réchauffage particulièrement intense assure un rendement global de l'installation de 24 %, contre 18 % environ que l'on obtenait sans l'adjonction de la turbine à haute pression.

Après avoir développé ces diverses considérations, M. Meyer fait passer sur l'écran une série de vues des plus intéressantes dont trois sont reproduites ci-contre. Les unes se rapportant à l'installation de chauffage réalisée dans les usines de Baden de la Société Brown,

Boveri et C^{ie}, illustrent un exemple d'utilisation de la vapeur d'échappement ; les autres montrent comment une centrale à vapeur à pression normale est susceptible d'être complétée et améliorée par l'adjonction de turbines à très haute pression échappant dans les turbines déjà installées.

Les figures font nettement ressortir le faible encombrement des turbines à haute pression comparativement à leur puissance. Ces nouvelles turbines offrent donc l'avantage très précieux que la puissance d'une installation équipée avec des groupes turbo d'un ancien modèle peut être notablement accrue, sans travaux d'extension importants, le rendement global s'améliorant du même coup d'une manière sensible.

L'orateur termine son exposé en invitant son auditoire à venir voir la turbine à haute pression, pour 50 at., qui se trouve actuellement sur la plate-forme d'essai de la maison Brown, Boveri et C^{ie}.

**Concours d'architecture relatif
à l'aménagement du quartier de Villamont
et de la Place du Faucon.**

*(Suite et fin.)*¹

Extrait du rapport du jury.

Pour être vu en perspective. — L'étude en plan est défectueuse. L'avenue principale coupée par une place, perd toute son importance ; son redressement sur l'avenue débouchant de

¹ Voir *Bulletin technique* du 11 avril 1925, page 89.