

L'ÉNERGIE PAR LE GAZ

BRUXELLES

MOTEURS A GAZ

SYSTÈME

VON OECHELHÄUSER

621.4 (473)

L'ÉNERGIE PAR LE GAZ

SOCIÉTÉ ANONYME

**Moteurs à Gaz
de grande puissance**

BREVETS VON OECHELHÄUSER

BRUXELLES

27, Avenue des Arts

La **Société l'Énergie par le Gaz** a spécialement en vue de vulgariser l'emploi du gaz comme producteur de force et de fournir aux industriels les appareils qui le produisent, transforment et utilisent son énergie et en particulier **les machines à gaz de grande puissance**. Dans ce but, elle a acquis tous les brevets de **M. von Oechelhäuser**, de Dessau, et s'est ainsi assuré le droit **exclusif** de faire construire et de vendre le moteur à deux temps de son système.

Cette machine à gaz ayant fait l'objet d'une étude pratique approfondie de la part de M. l'ingénieur D'Harveng, nous croyons utile de reproduire le travail de cet ingénieur afin qu'il puisse être consulté par les personnes que les moteurs de cette catégorie intéressent.

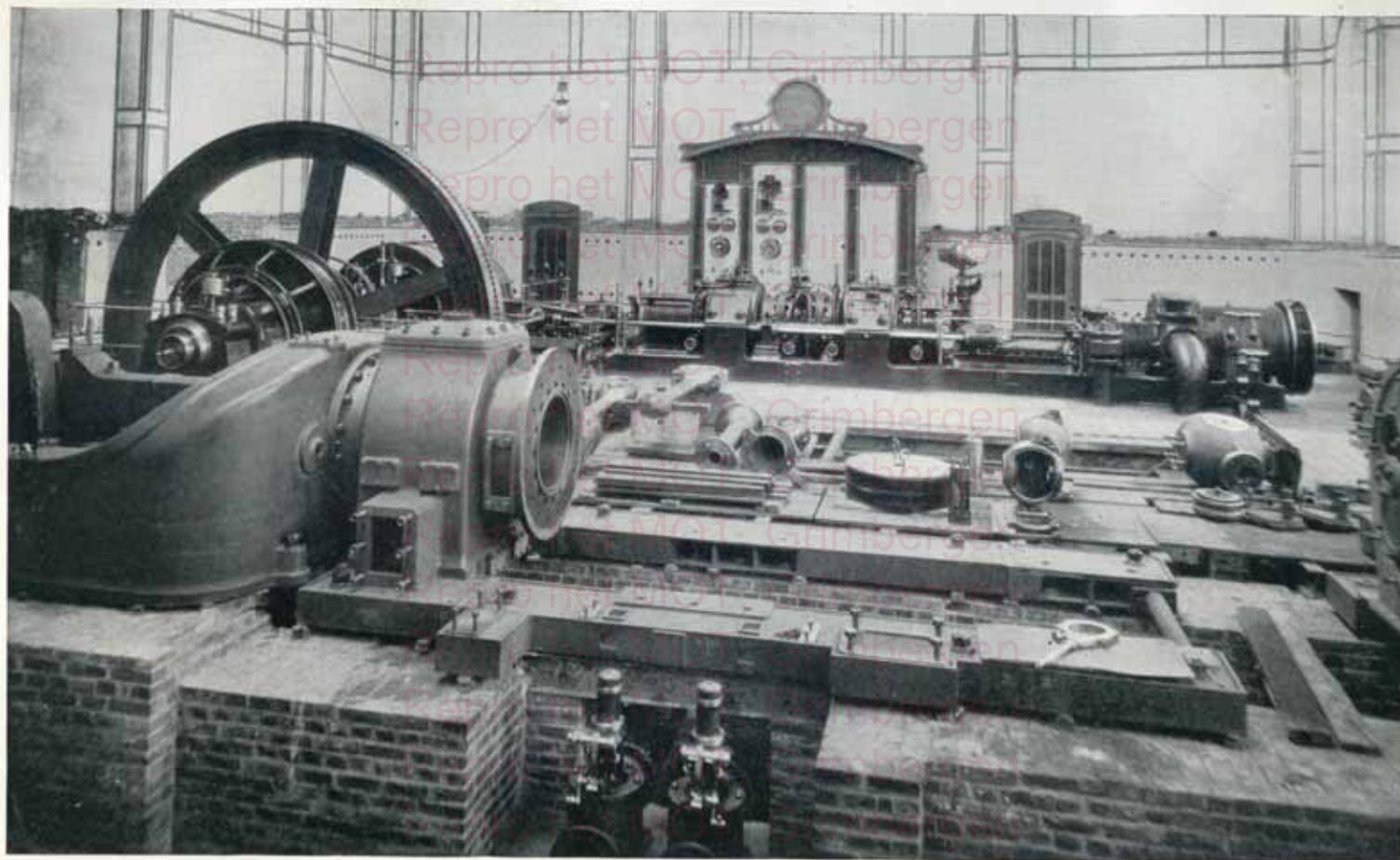
Les puissances normales des moteurs Oechelhäuser sont :

Moteurs à un cylindre	Moteurs à deux cylindres jumelés	Révolutions par minute
250 chevaux	500 chevaux	150 tours
300 »	600 »	150 »
400 »	800 »	150 »
500 »	1000 »	125 »
750 »	1500 »	125 »
1000 »	2000 »	100 »
1500 »	3000 »	100 »

Les moteurs du système Oechelhäuser construits en Angleterre et sur le continent représentent actuellement une puissance totale de 48,700 chevaux.

Nous donnons en annexe la liste détaillée de ces moteurs.

L'ÉNERGIE PAR LE GAZ.



INSTALLATION DE HERSTAL.

UN MOTEUR DE 250 CHEVAUX EN SERVICE — UN MOTEUR DE 400 CHEVAUX EN MONTAGE

INTRODUCTION

Dans la présente notice, nous nous proposons de donner quelques développements sur le moteur à gaz Oechelhäuser, trop peu connu de la plupart des ingénieurs de notre pays.

Ce type de machine dont il n'existe encore en Belgique, à Herstal, qu'une seule unité en fonctionnement, mérite en effet, par son agencement si particulier, si bien approprié au mode d'action du mélange explosif, un examen attentif de la part des ingénieurs et industriels. Différant en cela de tous ses congénères, ce moteur n'a que peu de points de ressemblance avec la machine à vapeur. C'est une machine à gaz.

Le moteur Oechelhäuser ne se construisant que pour des puissances égales ou supérieures à 250 chevaux, ce qui va suivre doit être considéré comme ne s'appliquant qu'aux machines ayant au moins cette puissance.

Avant de passer à la description du moteur dont il s'agit, il est utile d'indiquer d'une façon sommaire les conditions actuelles d'emploi des moteurs à gaz.

S'il est indiscutable que là où le gaz combustible est un produit naturel ou un sous-produit de fabrication, l'emploi du moteur à gaz soit tout indiqué, il n'en est pas de même lorsque le gaz combustible doit être produit par une batterie de gazogènes dont il faut payer les frais d'installation et qu'il faut alimenter d'un combustible coûtant plus ou moins cher.

Dans son dernier ouvrage sur les moteurs à gaz, M. le professeur Aimé Witz, établissant un parallèle entre le moteur à gaz et la machine à vapeur et envisageant la question d'une façon toute générale s'exprimait comme suit :

- « Pour une puissance de 200 chevaux, la machine à vapeur regagne le terrain perdu et il y a presque parité entre les prix du
- » cheval-heure; pour 500 chevaux, une machine à vapeur compound,
- » alimentée de vapeur, faiblement surchauffée, sous 10 kilog. de
- » pression, l'emporte légèrement, mais indiscutablement sur le
- » moteur à gaz pauvre : l'écart est dû uniquement au prix supérieur
- » du combustible employé dans les gazogènes, qui met la calorie à
- » un prix plus élevé ».

Jusque dans ces tous derniers temps, en effet, les gazogènes n'étaient établis que pour la gazéification de houilles très maigres et de criblage assez fort, 15 à 22 m/m minimum. Mais à présent, il se construit des gazogènes capables de gazéifier, dans des conditions parfaites, des charbons de criblage 4-15, contenant jusque 11 % de matières volatiles et ce sans aucune difficulté spéciale.

Nous n'avancions ce fait que parce qu'il est pour nous parfaitement établi par une pratique de plusieurs années.

Le prix de ce charbon 4-15 n'étant que de fr. 11,00 à fr. 11,50 sur wagon à la mine, prix absolument comparable à celui des houilles utilisées pour les chaudières à vapeur, on peut dire à présent que les conditions d'emploi des moteurs à gaz se sont modifiées d'une façon assez sensible.

Il ne résulte toutefois pas de là que sous le rapport économique, le moteur à gaz doit toujours être préféré à la machine à vapeur.

La question est, en effet, assez complexe et elle ne pourra être tranchée, dans chaque cas particulier, que par un examen attentif des conditions qui déterminent le coût de l'installation et les frais d'exploitation.

Au cours de cette notice, nous nous attacherons à indiquer les motifs qui nous ont amenés à considérer le moteur à gaz Oechelhäuser avec moins d'hostilité que celle qu'on vouait autrefois à tous les moteurs de l'espèce et qu'on leur voue encore parfois aujourd'hui.

En examinant la question avec attention et sans idées préconçues, on n'est pas amené, comme cela arrive souvent, sous prétexte de se couvrir contre des risques aléatoires, à exiger du moteur à gaz des avantages pécuniaires qu'il ne pourrait procurer, même si sa consommation de combustible était nulle ; mais on acquiert la conviction que dans les installations de grande puissance par le gaz, on peut réaliser des conditions économiquement avantageuses tout comme dans les petites installations.

Le cadre de cette notice d'une part, et d'autre part le travail énorme que demanderait une comparaison du moteur Oechelhäuser avec tous les types de machines en usage, genre de travail qui à notre connaissance n'a pas encore été tenté, nous obligeront toutefois à choisir parmi tous ces types de machines celui qui, à l'époque actuelle, rallie le plus de partisans et qui est par conséquent installé le plus fréquemment. Nous voulons parler de la machine horizontale à pistons, compound, actionnée par de la vapeur surchauffée à 300 ou 350° et fonctionnant à une vitesse de 150 tours par minute au maximum.

Il pourra peut-être nous être reproché de n'avoir pas établi cette comparaison entre le moteur à gaz et la turbine à vapeur ; mais il ne paraît pas, jusqu'à présent, que ces machines, d'un usage pratique beaucoup plus récent encore que les moteurs à gaz, soient d'un emploi avantageux dans les centrales, ailleurs que là où il y a grand intérêt à réduire l'espace occupé par l'installation.

CHAPITRE I

Comparaison des Installations à Vapeur et à Gaz sous le rapport de la sécurité de marche et de l'entretien

D'une façon générale, il y a sous ce rapport, du moins en ce qui concerne le moteur Oechelhäuser, sensiblement parité entre une installation par le gaz et une installation à vapeur.

Telle est du moins notre opinion et celle de constructeurs autorisés que nous avons interrogés. Cette opinion s'appuie sur les considérations qui suivent et sur les constatations qui ont été faites sur les machines de grande puissance de chacun des deux systèmes.

Les raisons qui pourraient être cause d'infériorité pour le moteur à gaz sont faciles à mettre en évidence.

Ce sont : tout d'abord le danger de détérioration des cylindres et pistons et ensuite le danger de détérioration et de rupture des tiges, bielles, arbre coudé.

Nous laissons intentionnellement de côté, parce que le moteur Oechelhäuser ne les a pas, les inconvénients que peuvent présenter les culasses, les soupapes de distribution établies sur la chambre d'explosion, le système de commande de la soupape d'échappement, l'emploi de boîtes à bourrages.

La seule détérioration à craindre pour les pistons et cylindres pourrait provenir de la haute température à laquelle ils pourraient être portés et aussi de l'introduction au cylindre de poussières amenées par un gaz mal épuré.

Nous devons tout d'abord reconnaître que la température des surfaces frottantes des cylindres et pistons est, à cause du refroidissement par eau, moins élevée dans le moteur à gaz que dans la machine à vapeur surchauffée, où tous les efforts du constructeur tendent à maintenir la paroi à la température la plus élevée possible.

On nous objectera que, dans la masse gazeuse en explosion, la température s'élève à des limites incomparablement plus élevées qu'à la paroi. Mais là n'est pas la question. De même que les tôles d'une chaudière au coup de feu, les cylindres et les pistons d'un moteur à gaz ne participent aucunement à la température du foyer et il suffit pour rendre le graissage possible, sans qu'il y ait combustion du lubrifiant, de choisir tout d'abord une huile peu inflammable et de

s'arranger ensuite de façon à ce qu'elle participe bien au refroidissement des parois. Il faut pour cela que l'huile soit étendue en couche mince et uniforme sur les parties à graisser : résultat qui s'obtient par l'emploi d'une huile relativement fluide introduite en quantité modérée par des orifices multiples.

Dans la machine à vapeur surchauffée, il ne peut pas même être question de conditions plus ou moins avantageuses de lubrification par suite de la présence de vapeur condensée sur les parois des cylindres, car l'on a bien affaire dans ce cas à un véritable gaz absolument sec.

Les détériorations aux cylindres et pistons par suite des dilatations sont parfaitement évitées par l'établissement d'un refroidissement uniforme et l'emploi de moyens propres à assurer une liberté complète au jeu des dilatations.

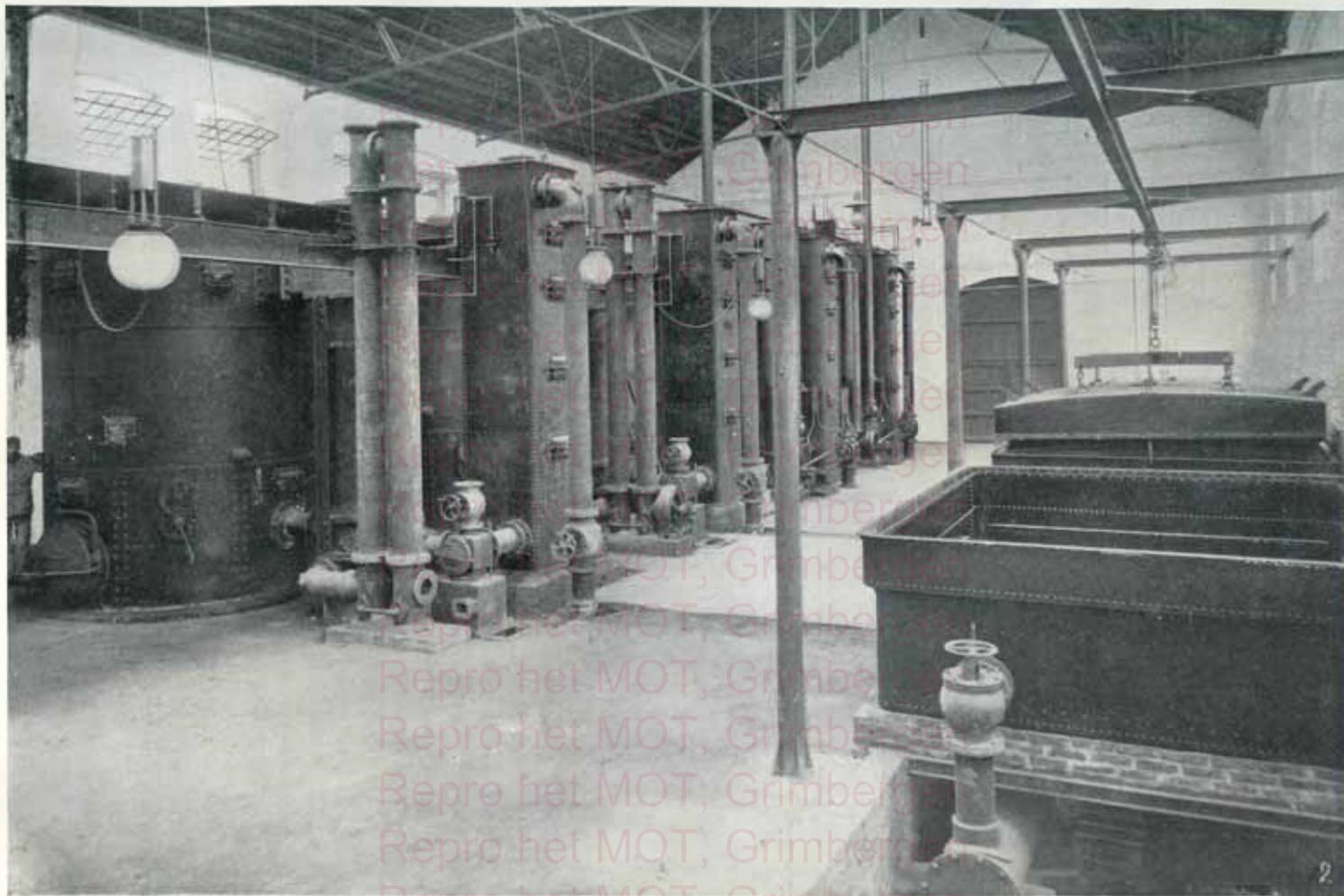
Quant à l'introduction aux cylindres de poussières par un gaz de gazogène mal épuré, on peut dire qu'elle est devenue nulle depuis l'emploi des laveurs mécaniques, emploi qui n'est pas une cause de grande dépense de force motrice, puisque les laveurs-aspirateurs combinés, seuls appareils à commande mécanique d'une installation de gazogènes, ne consomment qu'environ 1,2 % de la puissance effective de la machine.

Pour donner une idée de la pureté du gaz utilisé à Herstal, il nous suffira de dire que pendant cinq heures, durée de l'essai, le gaz peut passer sous 70 m/m d'eau de pression à travers un linge de coton serré sans qu'aucune augmentation se produise dans la perte de charge. Ce résultat d'essai suffit à indiquer également une absence complète de matière goudronneuse dans le gaz. Pour corroborer ces résultats d'essai, nous ajouterons que les modérateurs à disques ajourés et clapets à gaz de la machine fonctionnent toujours avec la plus grande facilité sans qu'il s'y forme le moindre dépôt. Et cependant aucune injection de pétrole n'y est pratiquée. Depuis le 6 avril 1904, le modérateur n'a subi aucun nettoyage et rien ne fait encore prévoir la nécessité d'y procéder.

Le danger de rupture et de détérioration des tiges, bielles, arbre coudé est écarté, si ces pièces sont calculées pour les plus fortes pressions auxquelles elles puissent être soumises, si les déformations élastiques restent dans des limites acceptables et si les effets de résonance sont évités.

Les pressions maxima anormales qui peuvent s'établir dans le cylindre sont à présent parfaitement connues en intensité et on sait aussi très bien dans quelles conditions elles peuvent se produire. Par conséquent, l'industriel, tout en possédant une machine capable de supporter ces pressions anormales, connaît également les moyens de les éviter. Ces moyens sont simples. Ils consistent en des soins d'un ordre un peu particulier, mais qui rentrent dans la catégorie de ceux que l'on doit à tout mécanisme en usage.

La machine à vapeur a un accessoire important qui n'est pas sans



INSTALLATION DE HERSTAL : QUATRE GROUPES GAZOGÈNES, DONT DEUX EN MONTAGE

Ils sont capables d'alimenter chacun un moteur de 250 chevaux.
Ils fournissent le gaz au moteur et aux appareils de chauffage industriel établis dans l'usine.

causer parfois certains soucis. Nous voulons parler du condenseur et de sa pompe, sujets à s'incruster par les dépôts calcaires laissés par l'eau d'injection ou de refroidissement. Mais les chambres d'eau des moteurs à gaz sont également sujettes à s'incruster; aussi ne nous arrêterons-nous pas à cette considération.

Si nous comparons, à présent, les batteries de chaudières avec leurs surchauffeurs, économiseurs, épurateurs d'eau d'alimentation, appareils d'alimentation, appareils de sécurité, tuyauterie sous haute pression, calorifugées, soumises au travail de la dilatation et toute la robinetterie; si nous comparons, disons-nous, toute cette installation aux appareils très simples que sont les gazogènes et leurs appareils accessoires, il est impossible de ne pas être frappé par le caractère de grande simplicité pratique des installations de ce dernier genre.

Dans les installations autogénératrices où le gaz est envoyé sous une pression de quelques centimètres d'eau au moteur, installations que nous considérons comme les seules recommandables pour les moteurs puissants, les seules, en tout cas, qui permettent l'utilisation des combustibles menus et une épuration parfaite du gaz, les appareils que nous allons citer et qui ne sont pas tous toujours indispensables suffisent pour constituer une installation absolument parfaite.

Nous prenons comme type, pour cette description, l'installation de Herstal, établie par MM. Fichet et Heurtey, installation qui donne les résultats d'épuration remarquables indiqués plus haut.

Elle comprend :

Le gazogène proprement dit avec son saturateur placé dans le haut de la cuve.

La bouillotte ou petite chaudière de quelques mètres carrés destinée avec le saturateur à amener l'eau à dissocier à la température maxima de 80° C.

Le récupérateur ou échangeur de température, constitué par un faisceau tubulaire, dont les tubes sont parcourus par le gaz chaud formé et le circuit extérieur par l'air saturé de vapeur à surchauffer, air destiné à l'alimentation du foyer.

Un aspirateur centrifuge servant également de laveur mécanique.

Et pour parfaire absolument le nettoyage du gaz : une colonne à coke et un épurateur à sciure, laquelle peut être remplacée par des oxydes de fer pour l'épuration chimique en même temps que mécanique du gaz.

Enfin le gazomètre.

Le reste de l'installation ne se compose que de tuyauteries de gaz et d'eau se trouvant dans les conditions usuelles et ne donnant par conséquent ni pour la conservation de leurs diverses parties, ni pour celle de leurs joints aucune source d'appréhension et ce pour une période de temps presque illimitée.

Si l'énumération de ces divers appareils est aussi longue que pour une installation à vapeur, combien, par contre, la conduite et l'entre-

tien en est plus facile et, par conséquent, combien plus grande est la sécurité de marche.

Aux gazogènes, le charbon en quantité réduite de près de moitié se charge commodément par une trémie. Le décrassage du feu se fait par quelques tours de manivelle. Si les cendres du combustible employé sont infusibles, le piquage est si simple et si facile qu'il est à peine nécessaire d'en faire mention. Si les cendres sont ferrugineuses, le piquage augmente d'importance, mais, à moins qu'on ait affaire à un combustible dont la cendre est très fusible et qui ne convient par conséquent pas au gazogène que nous avons pris pour type, cette opération n'est pas bien laborieuse. Elle ne s'effectue du reste que deux fois par 24 heures de marche continue. L'attaque du garnissage réfractaire par le mâchefer est peu prononcée et si l'on pique avec soin, le garnissage peut subsister longtemps sans nécessiter de réparation.

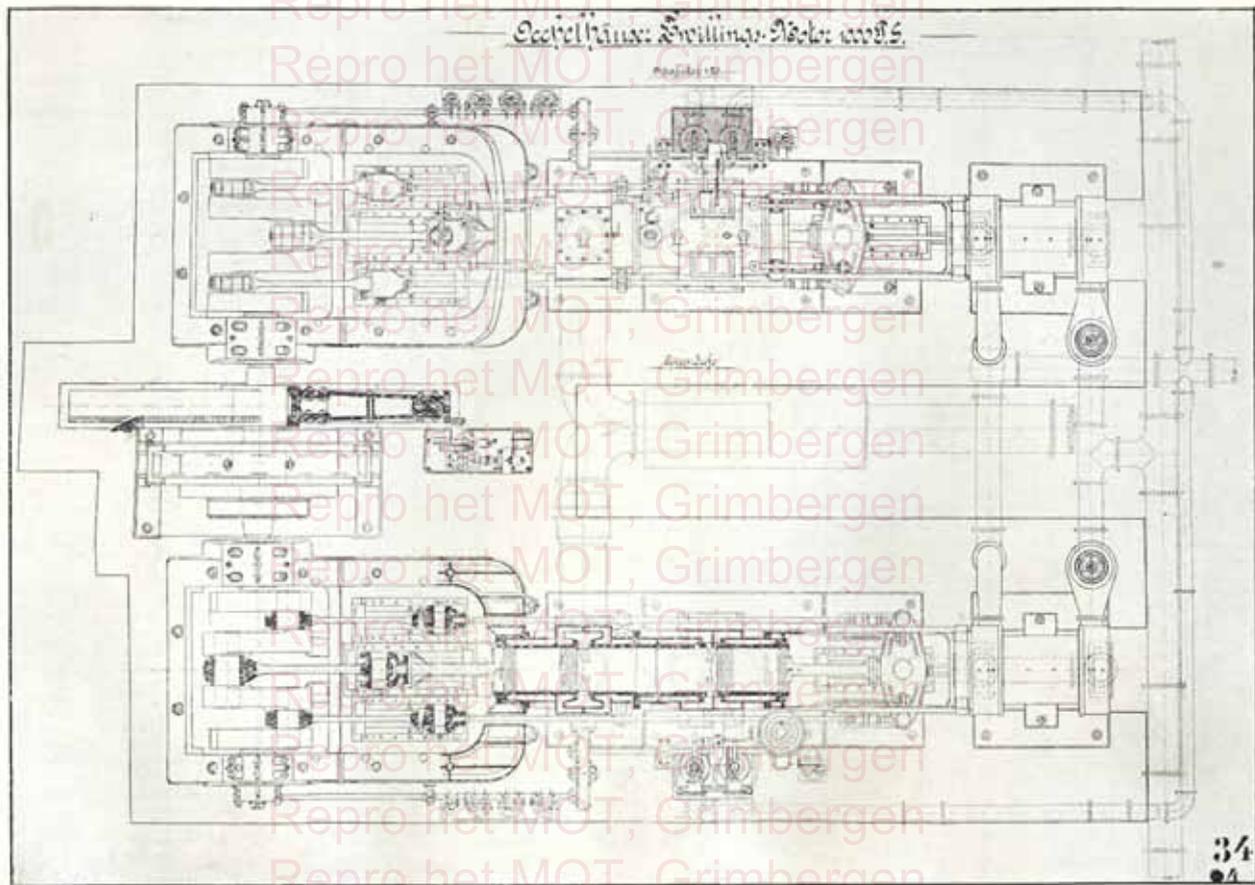
La grille se maintient indéfiniment indemne de toute attaque, car elle n'est pas en contact avec le combustible incandescent qui repose sur un épais lit de mâchefer maintenu en couverture sur la grille.

Tous les autres appareils présentent une sécurité complète.

Bref, à Herstal, depuis les deux années que l'installation est en service, aucune réparation n'a été faite à aucune de ses parties et aucun incident quelconque ne s'est produit. Aussi dans ces sortes d'installations n'est-il pas nécessaire de prévoir d'appareils de réserve, à moins qu'il ne s'agisse d'une marche ininterrompue de jour et de nuit.

Nous croyons du reste que, en ce qui concerne les gazogènes, il n'y a guère de controverses au sujet de la sécurité de marche et de l'entretien.

Suivant l'opinion motivée qui précède et sans nous arrêter ni aux causes de détérioration auxquelles les surchauffeurs sont soumis par suite de la température excessive à laquelle ils sont portés, ni à l'action corrosive qui s'exerce sur les économiseurs lorsque le combustible employé est pyriteux, par suite de la température peu élevée des gaz à la sortie de ces appareils, ni à quelques autres causes d'avaries, nous admettons sous le rapport sécurité de marche et frais d'entretien, il y a parité entre une installation par machines à vapeur surchauffée et moteurs à gaz Oechelhäuser. La parfaite conservation de toute l'installation de Herstal, et de bien d'autres du reste, apporte en tout cas un témoignage non négligeable à cette manière de voir.



VUE EN PLAN ET COUPE DU MOTEUR DE 1000 CHEVAUX A DEUX CYLINDRES JUMELLÉS

CHAPITRE II

LE MOTEUR OECHELHAUSER

Description générale du moteur

Le moteur Oechelhäuser se compose schématiquement d'un cylindre très long, ouvert à ses deux extrémités, dans lequel se meuvent d'un mouvement alternatif inverse deux pistons placés en opposition.

Un de ces pistons, celui d'avant, est relié directement à l'arbre du moteur à la façon ordinaire, c'est-à-dire par tige, crosse, bielle et manivelle, tandis que le piston arrière lui est relié par tige, traverse horizontale placée à l'arrière du cylindre, une paire de tiges en retour disposées de part et d'autre du cylindre, une paire de crosses, de bielles et de manivelles.

Pour réaliser l'inversion du mouvement du piston d'arrière par rapport à celui du piston d'avant, les manivelles latérales commandées par le premier font avec la manivelle centrale un angle de 180° . L'arbre du moteur comporte donc un triple coude en forme de M.

Les deux pistons emprisonnent entre eux le mélange explosif qu'ils compriment en se rapprochant et en reçoivent ensuite au retour l'impulsion motrice.

Cette disposition en elle-même présente déjà le grand avantage d'équilibrer le moteur, c'est-à-dire de soustraire son bâti, en grande partie, aux réactions des efforts moteurs et d'inertie.

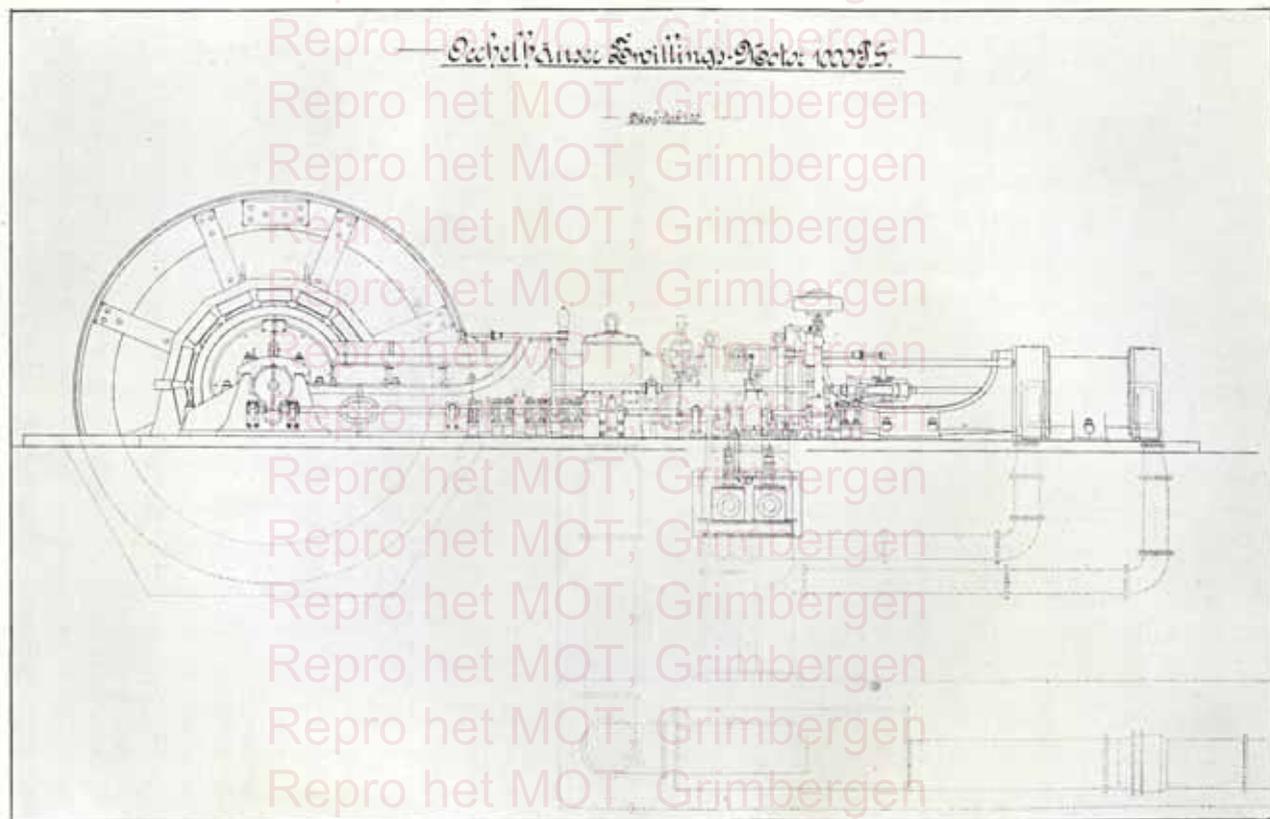
Mais il y avait encore un autre parti à tirer de cette disposition.

Les pistons moteurs, au nombre de deux, pouvaient servir, l'un de distributeur d'échappement, l'autre de distributeur d'admission, à condition que l'échappement et l'introduction pussent se faire rapidement dans le voisinage du passage au point mort des deux pistons, point mort d'avant pour le piston d'avant, point mort d'arrière pour le piston d'arrière.

La marche à deux temps devait résoudre parfaitement le problème :

Les orifices ou lumières d'échappement et d'admission sont percés dans la paroi même des cylindres. Ils ont une section rectangulaire uniforme pour chaque série. Dans chacune de celles-ci, ils sont répartis à intervalles égaux sur le pourtour du cylindre entre les sections géométriques droites qui en limitent la longueur dans le sens des génératrices.

Les orifices d'échappement placés à l'avant sont établis de façon à ce qu'ils soient découverts les premiers et que l'échappement libre



VUE EN ÉLEVATION DU MOTEUR DE 1000 CHEVAUX A DEUX CYLINDRES JUELLÉS

ait annulé toute surpression dans le cylindre au moment de l'ouverture des orifices d'admission par le piston d'arrière.

Les orifices d'admission sont disposés en deux séries, la première, la plus proche de la chambre d'explosion, pour l'introduction de l'air, la seconde pour l'introduction du gaz.

Dès que toute surpression a disparu dans le cylindre, les orifices d'admission d'air sont découverts et livrent passage à un violent courant d'air qui balaye vers l'échappement les produits brûlés restant dans le cylindre.

Le gaz arrive ensuite par la seconde série d'orifices et se mélange à l'air qui continue à s'écouler.

Nous verrons plus loin par quels procédés la composition et l'homogénéité du mélange explosif sont assurées.

Pour l'instant voyons seulement comment est créé le courant d'introduction.

Le constructeur a recours pour cela à une pompe à double effet placée généralement à l'arrière du moteur et dont la tige est commandée directement par la traverse du piston d'arrière.

Cette pompe à double effet comprime l'air du côté avant à la pression suffisante de 0.4 à 0.5 kilog., tandis qu'elle comprime le gaz du côté arrière à la pression de 0.3 à 0.35 kilog. (1) L'air et le gaz pompés ainsi séparément sont foulés dans deux réservoirs distincts qui se terminent chacun à leurs collecteurs respectifs entourant le cylindre à l'endroit des orifices d'introduction.

Les quantités d'air et de gaz introduites d'un coup de pompe aux réservoirs sont celles qui correspondent à un cycle et elles s'écoulent dans le cylindre sous l'action de leur propre force expansive.

Ainsi donc, par la simple adjonction d'une pompe à double effet, on obtient encore comme avantages : la suppression complète des soupapes d'admission et d'échappement sur la chambre d'explosion et simultanément la marche à deux temps qui permet d'atteindre facilement, avec le simple effet, les régularités cycliques demandées aujourd'hui.

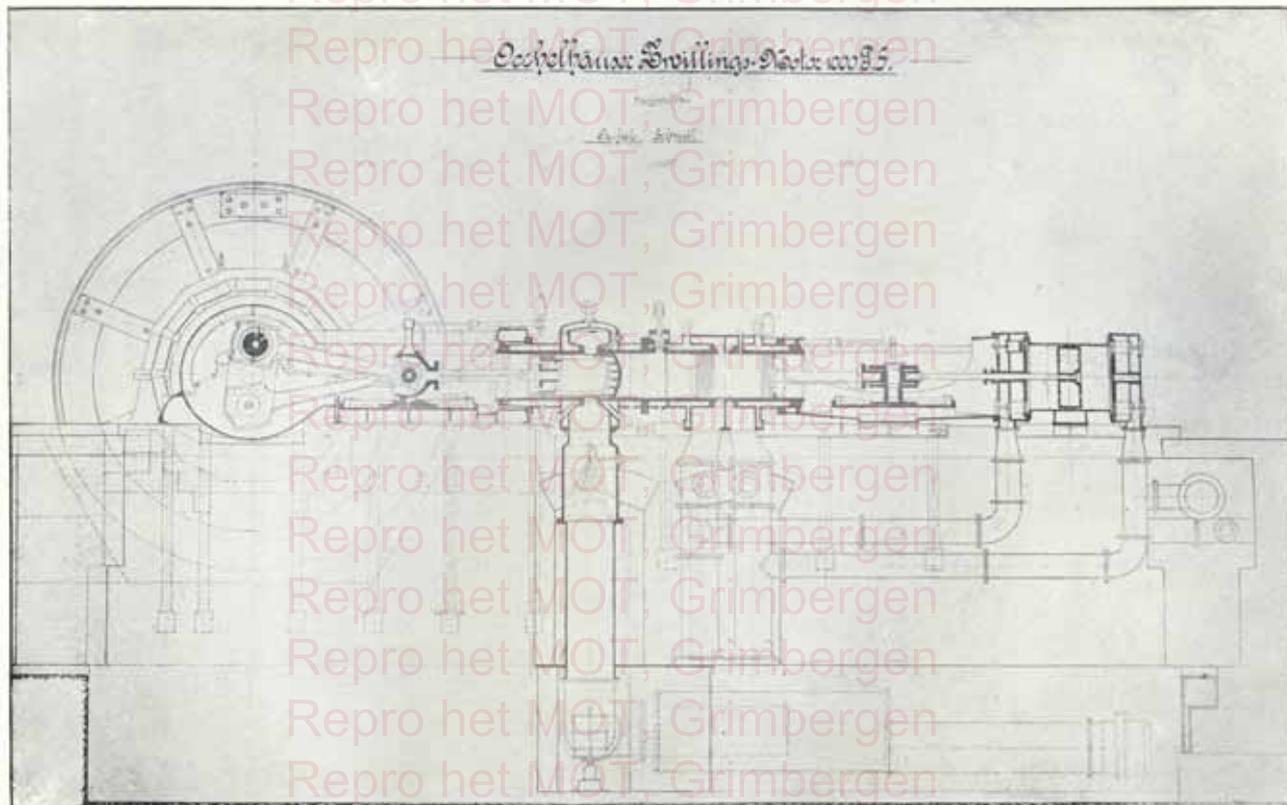
Le lecteur ayant à présent une idée générale du moteur, nous nous permettrons d'en entreprendre, du moins pour les traits les plus saillants, une étude un peu plus détaillée.

Avantages généraux

Le moteur Oechelhäuser possède tout d'abord au plus haut degré un avantage essentiel pour l'obtention d'un haut *rendement thermique*.

Pour atteindre ce haut rendement il faut, non seulement que le mélange soit bien constitué, mais il faut aussi que, pendant l'explosion et la détente, la portion de mélange en évolution ne soit exposée

(1) Cette différence de pression est motivée par les exigences de la distribution.



COUPE LONGITUDINALE DU MOTEUR DE 1000 CHEVAUX A DEUX CYLINDRES JUMELLÉS

à l'action refroidissante des parois que pendant un minimum de temps et par un minimum de surface.

Or, la durée de contact qui est fonction de la vitesse du piston, valeur sensiblement constante pour toutes les machines, ne peut guère être réduite. Mais il n'en est pas de même de l'étendue de la surface de contact. Il suffit pour s'en rendre compte de comparer la coupe du cylindre d'un moteur Oechelhäuser avec celle de tout autre moteur. Dans le premier, pour une cylindrée donnée, la surface des parois de la chambre d'explosion ne se compose, à part la surface du fond du piston, que d'une bande cylindrique de hauteur égale à la moitié (1) de la longueur totale de la chambre d'explosion. Dans les autres moteurs, par contre, il existe un fond et des chambres à soupape qui donnent à la surface de parois un développement beaucoup plus grand.

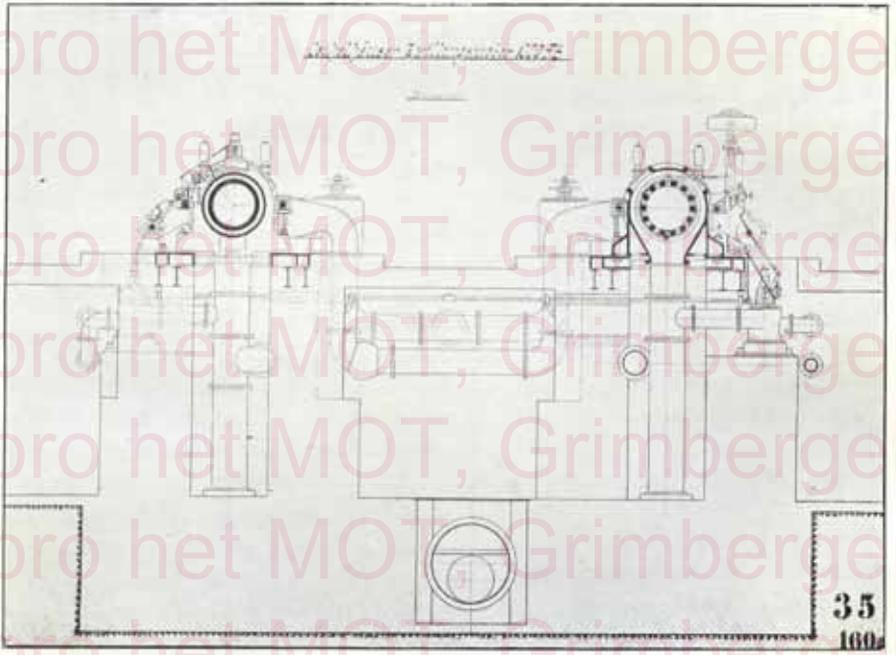
Le moteur Oechelhäuser est soumis aux heureux effets d'un *balayage* à l'air pur bien effectué et il est le seul qui se prête parfaitement à l'emploi de ce procédé.

Ce balayage qui débarrasse complètement le cylindre des produits brûlés avant l'introduction de la charge doit, pour être efficace, se faire avec aussi peu de remous que possible, de façon à ce que l'air et le mélange explosif en circulation dans le cylindre pendant le balayage et le chargement se présentent sensiblement sous forme de tranches cylindriques. Cette stratification évite tout contact entre les produits brûlés de l'explosion précédente et le mélange frais qui s'introduit, et simultanément la perte de combustible à l'échappement. Or, il est bien évident qu'aucun autre moteur que l'Oechelhäuser ne présente des dispositions aussi rationnelles pour l'obtention d'un tel résultat. Les dispositions spéciales qui sont ici en cause sont : la forme géométrique absolument simple de la capacité soumise au balayage; la répartition uniforme des orifices d'introduction à une extrémité du cylindre et sur tout son pourtour comme de ceux d'échappement à l'autre extrémité opposée; les larges sections de passage que présentent ces orifices.

Voyons à présent l'influence que peuvent avoir la conformation du moteur Oechelhäuser et le procédé de chargement employé sur la production des *explosions prématurées*.

Nous avons déjà indiqué que pour éviter la combustion de l'huile de graissage du cylindre, il faut non seulement que l'huile ait une température d'inflammation élevée, mais aussi qu'elle soit étendue en couche mince et uniforme sur la paroi à graisser, afin qu'elle participe bien à son refroidissement. Une petite quantité d'huile mal étalée brûle, et si la concrétion carbonneuse, qui en résulte, est trop volumineuse ou trop peu adhérente à la paroi pour qu'un refroidissement suffisant lui soit assuré, elle provoque, elle-même, l'explosion

(1) Il faut noter en effet que dans le moteur Oechelhäuser, c'est une cylindrée double qui est emprisonnée entre les deux pistons.



COUPE TRANSVERSALE DU MOTEUR DE 1000 CHEVAUX A DEUX CYLINDRES JUMELÉS

prématurée des charges jusqu'à ce qu'elle ait été balayée hors de l'enceinte.

Des parcelles de matières goudroneuses, des poussières même incombustibles qui peuvent former avec l'huile un magma combustible produisent les mêmes effets.

Pour détruire ou éviter la cohésion de ces poussières et goudrons, s'ils existent, et faciliter leur sortie du cylindre au moment de l'expulsion des gaz brûlés, on est obligé d'augmenter la quantité d'huile introduite et c'est surtout alors qu'il importe que celle-ci soit bien étendue sur les parois.

Le long piston du moteur Oechelhäuser assurera ce dernier avantage. Dans ce moteur la longueur de cette pièce, qui joue le rôle de distributeur, est forcément un peu plus grande que sa course et, contrairement à ce qui se produit avec les pistons courts, elle ne découvre en aucun moment les conduits d'amenée d'huile au cylindre. L'huile, poussée par les graisseurs mécaniques sous le piston, n'est donc découverte par celui-ci, pour passer dans l'enceinte, qu'après avoir été bien étendue sur la paroi.

L'action expulsive sur les matières introduites et résidus solides, pendant l'échappement libre, n'est pas complète. Comme la masse gazeuse s'échappe sous l'action de sa propre force expansive, cette action expulsive ne s'exerce guère que dans le voisinage de l'issue. Le moteur Oechelhäuser, lui, avec le balayage complet de toute son enceinte de forme simple et sans aucun recoin, se prête parfaitement encore à un nettoyage cyclique efficace.

Cylindres et pistons

Les cylindres se composant de simples tubes, le libre jeu des dilatations sur ces pièces de forme simple est très facile à ménager.

Leur construction s'effectue de deux manières : Ou bien la chambre d'explosion est une pièce distincte des cylindres. Elle est dans ce cas construite en acier coulé et d'une pièce avec son enveloppe. Elle s'assemble par brides et boulons avec chacune des enveloppes des cylindres. Les chemises, distinctes de leurs enveloppes, sont munies d'une bride qui est pincée entre la bride de la chambre d'explosion et celle de leur propre enveloppe, avec joints aux endroits voulus. Un bourrage est établi à l'entrée et à la sortie de la chambre d'échappement à l'avant et à l'entrée et à la sortie de la double chambre d'admission à l'arrière. Enfin, un bourrage à presse-étoupe extérieur est établi à l'extrémité extérieure de la chemise, entre celle-ci et son enveloppe.

Dans un deuxième mode de construction, le plus employé actuellement, la chambre d'explosion est constituée par le prolongement de la chemise d'arrière et de son enveloppe.

La circulation d'eau s'établit sur toute la longueur des cylindres et de la chambre d'explosion, sauf à l'endroit des orifices. La cham-

bre d'eau contourne la chambre d'échappement. A la chambre d'admission, elle est interceptée.

Les pistons sont également l'un et l'autre refroidis par l'eau. Pour l'introduction et la sortie de l'eau ; la crosse d'avant et la traverse d'arrière portent chacune une pièce en forme de V à laquelle sont raccordés, sur chacune des branches, un tuyau de raccordement au piston et un tuyau de prise ou de sortie d'eau. Ce dernier est constitué par un tube plongeur analogue au piston d'une pompe qui prend l'eau dans un corps à bouchage parallèle au cylindre et placé vers la partie supérieure de celui-ci.

La pression d'eau nécessaire pour que la circulation d'eau voulue s'établisse dans les pistons comme dans les enveloppes des cylindres n'est que de 10 à 12 mètres.

Le piston d'avant est muni d'une tige et d'une crosse, de sorte qu'aucune action, autre que celle de la pesanteur et celle des segments ne s'exerce sur le cylindre. Le remplacement du fond de cylindre par un second piston mobile ne permet pas, dans le système Oechelhäuser, la suspension des pistons par support extérieur sur la tige prolongée, mais si le combustible et le comburant sont propres, cela ne présente pas plus d'inconvénients que pour la machine à vapeur, et si le gaz renferme des impuretés, nous ne croyons pas qu'il soit préférable que ces impuretés se bourrent sous le piston pour être repoussées par le premier segment plutôt que d'être repoussées directement par le piston lui-même.

Les pistons sont munis de deux séries de segments : une série de cinq segments près du fond, pour assurer l'étanchéité de l'enceinte et une série de deux segments à l'avant pour éviter le dégagement vers l'extérieur des gaz frais et d'échappement.

Le moteur Oechelhäuser, tout en se prêtant très bien au balayage cyclique du cylindre, présente encore pour la visite de ce dernier la plus grande facilité. Cet avantage prend une importance particulière lorsqu'il est fait usage d'un gaz débarrassé incomplètement de ses poussières, ce qui est fréquemment le cas pour le gaz de haut fourneau. Il suffit, pour avoir accès au cylindre, d'enlever les deux petits tuyaux à eau de raccordement au piston d'arrière, de retirer la tige de celui-ci et de faire glisser le piston sur les couvercles des glissières disposées *ad hoc*. De là le piston s'enlève avec facilité pour découvrir l'accès au cylindre *sur toute sa section*.

Au sujet des cylindres, il a été fait quelques critiques au moteur Oechelhäuser. Ces critiques visaient surtout les orifices d'évacuation et d'introduction.

A Herstal, les orifices d'admission d'air et de gaz, n'ayant jamais donné aucune sorte d'appréhension, on ne les examine que par curiosité lorsque l'occasion s'en présente.

Quant aux orifices d'évacuation des gaz brûlés, ils s'encroûtent légèrement d'un résidu charbonneux d'huile calcinée, mais ce résidu se réduit à très peu de chose lorsque le graissage est bien fait, et ce

n'est vraiment que parce qu'on nous en a parlé que nous en parlons nous-mêmes, car il n'est pas possible qu'il ait une influence quelconque sur la bonne marche du moteur. Il est évidemment bon de nettoyer ce résidu quand l'occasion s'en présente, ce qui est du reste très facile et exige très peu de temps, mais il n'est pas à prévoir que le moteur doive jamais être arrêté pour ce motif. Il est du reste à remarquer que ce dépôt se forme hors de l'enceinte.

Il n'a été constaté aucun autre fait spécial se rattachant à la présence des orifices sur le pourtour des cylindres : les parties du cylindre découpées par ces orifices se lubrifient parfaitement, et il n'est pas possible d'y trouver trace d'usure anormale, pas plus qu'aux autres parties.

Etant donné l'épaisseur des cylindres à l'endroit des orifices, la modération avec laquelle leur largeur et leur nombre sont déterminés, l'uniformité du refroidissement par eau et la liberté complète laissée aux mouvements de dilatation, il n'est pas possible d'admettre que la présence de ces orifices puisse être une cause de déformation ou de rupture et nous croyons du reste qu'on n'a jamais eu à enregistrer de fait tendant à le faire supposer.

La chambre d'explosion est une capacité absolument étanche et qui se conserve telle. Des défauts d'étanchéité ne peuvent guère s'y produire que par les segments des pistons dont l'efficacité est connue. Il n'y a en effet sur la chambre d'explosion que quatre orifices qui ne peuvent donner naissance à une fuite. C'est tout d'abord la petite soupape de mise en marche par l'air comprimé, laquelle ne doit se lever que deux fois de son siège à chaque départ du moteur et reste débrayée pendant le reste du temps. Elle présente donc toutes garanties pour une longue conservation et c'est en réalité ce qui se produit. Les trois autres orifices sont obstrués, l'un par le robinet, dit de compression, sur lequel on peut placer l'indicateur, et les deux autres par les bouchons d'allumage, montés en double, pour parer au défaut de fonctionnement éventuel de l'un de ces deux appareils. L'étanchéité de ces trois côtés est aussi absolue et très sûre.

Dans le moteur Oechelhäuser, aucune perte ne peut donc se produire ni par les soupapes d'admission ou d'échappement, ni par la boîte à bourrage, et la compression est toujours rigoureusement invariable pour une charge et un refroidissement déterminés. Aucune introduction de mélange explosif dans la prise d'air n'est à craindre. Aucun souci de nettoyage, de rodage ou d'entretien quelconque pour des soupapes qui n'existent pas. Au lieu de la pesée formidable que la transmission intermédiaire et le mécanisme de soulèvement doivent exercer pour la levée de la soupape d'échappement, les orifices sont ici découverts sans le moindre effort, sans même aucun organe spécial.

A l'admission comme à l'échappement, de larges sections de passage rapidement ouvertes et fermées, qualité indispensable aux moteurs à deux temps si l'on veut atteindre des vitesses raisonnables.

Il ne peut être question de difficultés aux soupapes de retour des réservoirs, soupapes dont il sera question plus loin, car elles fonctionnent dans des conditions excellentes sous le rapport de la conservation et des efforts à exercer. La température de l'air et du gaz dans les réservoirs est en effet très faible et la pression sur la soupape au moment de la levée est nulle.

La pompe à charger les réservoirs d'air et de gaz se trouve également dans d'excellentes conditions. Les clapets employés sont automatiques et du système Gutermuth ou du système Borsig. Ces clapets ont l'un et l'autre fait parfaitement leurs preuves et sont d'un fonctionnement absolument satisfaisant sous tous les rapports.

Triple coudé

Parmi les organes du moteur Oechelhäuser, il en est un qui n'est pas sans causer de l'étonnement, si pas de l'appréhension, aux personnes qui voient cette machine pour la première fois. Nous croyons même pouvoir dire que l'impression est généralement telle, et nous avouons n'y avoir pas échappé.

Mais, en mécanique, peut-il être question de sentiment ?

En ce qui concerne le triple coudé, le calcul seul suffit à donner tout apaisement à l'appréhension la plus vive.

Pour donner à ses calculs d'établissement une sanction irréfutable, la maison Borsig a soumis pour vérification à M. le professeur Eugène Meyer, de la Haute École technique de Berlin, le projet du triple coudé d'un moteur de 500 chevaux. Ce triple coudé était du type à trois portées, une de chaque côté du coudé et une extérieure au volant.

Nous nous bornerons ici à donner les conclusions du rapport du savant professeur.

1^o Tension de la matière.

« Les calculs que nous avons exécutés montrent que les tensions »
» qui se produisent dans le triple coudé sont faibles et que dans le »
» cas le plus défavorable (1) et aux sections dangereuses, elles sont »
» inférieures à 6 kgs par m^2 , valeur qui peut être considérée comme »
» très acceptable pour l'acier Martin Siemens, dont l'axe est consti- »
» tué. »

2^o Déformations élastiques par flexion.

M. le professeur Meyer calcule l'angle que fait aux points d'appui la tangente à l'axe déformé avec l'axe droit théorique. Il s'exprime ensuite comme suit :

« Pour pouvoir juger si les valeurs trouvées sont acceptables, il »
» faut connaître les valeurs correspondantes pour d'autres axes qui

(1) Y compris celui d'explosions prématurées.

se sont bien comportés. Ensslin a calculé ces valeurs pour trois axes : l'axe d'un moteur Diesel de 30 chevaux, l'axe d'un moteur à gaz à quatre temps de 100 chevaux et l'axe à double coudé et quatre portées d'une machine à vapeur compound.

Dans les positions les plus défavorables des manivelles, les valeurs angulaires étaient comprises entre :

Pour le moteur Diesel. . . . 0,00024 et 0,00118

Pour le moteur à gaz 0,00061 et 0,00102

Et pour la machine à vapeur. . . 0,000279 et 0,000412 (1)

M. le professeur Meyer avait trouvé comme valeurs correspondantes pour le triple coudé étudié des valeurs maxima de 0,000162 et 0,000632.

Il ajoute :

« Pour notre axe les flexions ne seraient que très peu supérieures à celles de l'axe de la machine à vapeur examinée par Ensslin et ne seraient qu'environ la moitié ou le tiers de celles trouvées pour le moteur Diesel et le moteur à gaz. La crainte de grandes déformations n'est donc pas fondée. »

3° Déformations élastiques par torsion.

Comme les couples de torsion ont une action périodique, on pourrait craindre que des effets de résonance se manifestent dans l'axe. Pour que ces effets soient évités, il importe que le nombre de tours critique soit très supérieur au nombre de révolutions de l'axe. Le nombre de tours critique de l'axe qui nous occupe est de 1420 par minute. Il est donc quatorze fois plus grand que le nombre de révolutions normal de l'axe (100 tours). Le danger de l'apparition de résonance n'existe donc pas.

L'axe est donc suffisamment rigide pour les couples de torsion qu'il subit.

Cette étude a donc montré que cet axe en acier Martin Siemens, pourvu qu'il soit composé avec beaucoup de soin et qu'on puisse le considérer comme étant d'une pièce, suffit entièrement à toutes les exigences en ce qui concerne sa résistance et ses déformations.

Équilibrage

Le fond du cylindre moteur du moteur à gaz ordinaire étant remplacé ici par un piston mobile, de même diamètre que le piston d'avant, il est évident que les efforts reçus et transmis au bâti par le cylindre sont absolument nuls.

À l'arrière, il y a, par la pompe du moteur Oechelhäuser, transmission d'un léger effort au bâti, mais il est à peine nécessaire de le mentionner, tant cet effort est faible.

1° Ces mesures sont données en longueurs d'arc de rayon égal à l'unité.

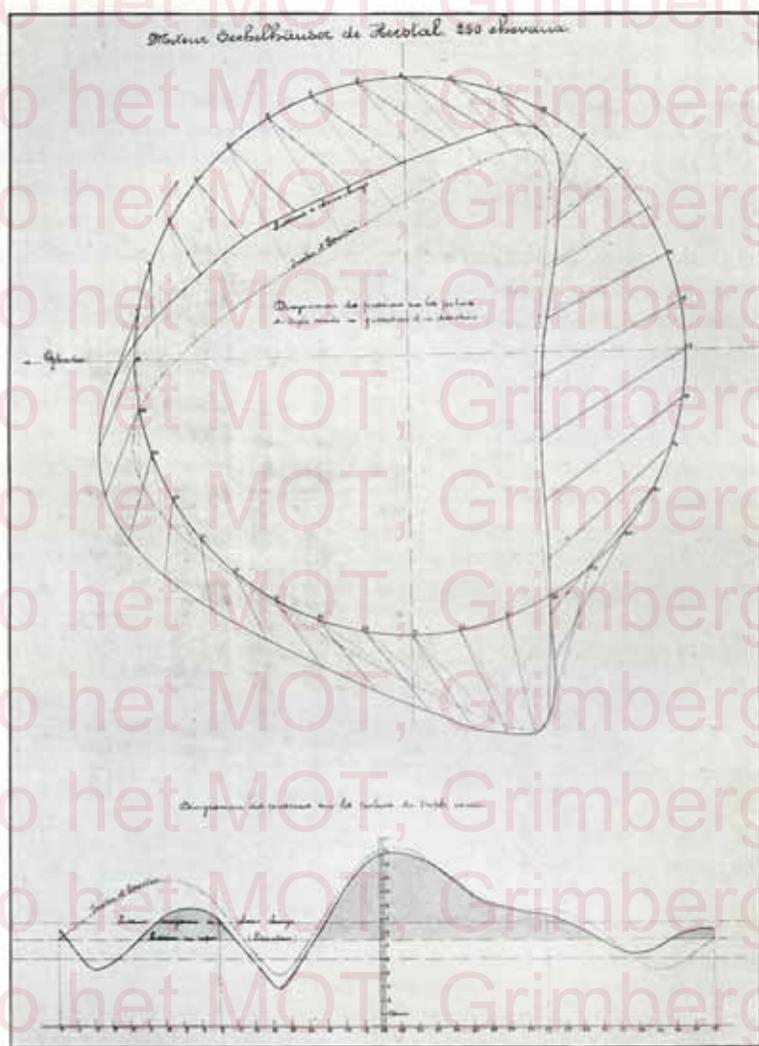


DIAGRAMME DES PRESSIONS SUR LES PALIERS DU TRIPLE COUDE
DU MOTEUR DE HERSTAL

Il n'y a, en somme, d'efforts exercés sur le bâti que par les patins des crosses et par les tourillons du triple coudé.

Pour nous rendre compte du degré d'équilibrage du moteur, nous avons effectué à Herstal tous les relevés nécessaires sur les pièces en cours de montage et nous avons relevé à l'indicateur sur la machine en marche les diagrammes des pressions sur les pistons.

Les diagrammes des pressions sur les glissières et les boutons de manivelle ne présentent rien de bien particulier, mais il n'en est pas de même pour celui des pressions sur les paliers du triple coudé; aussi croyons-nous utile de le présenter.

Pour l'établissement de ce diagramme, les efforts de frottement ont seuls été négligés : nous avons tenu compte du poids du triple coudé et des bielles. L'influence propre de celles-ci, en ce qui concerne la pesanteur et les effets d'inertie, a été déterminée séparément par la méthode de Land.

Le diagramme des pressions sur les paliers du triple coudé a été tracé de deux manières :

Dans la première, nous avons porté, en chaque point occupé par un bouton de manivelle idéal, de même calage que la manivelle centrale, l'effort sur les paliers en grandeur et en direction.

Dans la seconde, nous avons développé le chemin parcouru par le bouton de la manivelle centrale et nous avons porté normalement, en chacune des positions correspondantes, l'effort sur les paliers en grandeur sans tenir compte de sa direction.

Dans ce dernier diagramme nous avons mené une parallèle à l'axe des abscisses, ayant pour ordonnée constante la longueur représentant le poids du triple coudé augmenté de la fraction du poids des bielles qui se reporte sur les paliers. L'ordonnée constante de cette droite donne donc la charge au repos des paliers et les ordonnées de la courbe, prises à partir de cette même droite, donnent le supplément de charge que les paliers ont à supporter lorsque le moteur fonctionne à pleine charge.

On peut déduire de ces diagrammes l'action minimale que le moteur Oechelhäuser exerce sur son bâti et ses fondations.

Réglage

Pour assurer une combustion parfaite, c'est-à-dire une utilisation complète de la puissance calorifique du gaz, il faut que la bonne composition et l'homogénéité du mélange explosif soit assurée.

Le moteur Oechelhäuser dispose d'un grand nombre de moyens de réglage qui permettent d'arriver à coup sûr au résultat désiré :

- 1° Tout d'abord sur chacun des raccords d'aspiration des pompes se trouve un modérateur qui permet l'étranglement de la conduite;
- 2° Les orifices d'admission d'air et de gaz au cylindre moteur sont recouverts dans leurs collecteurs respectifs d'un anneau découpé

d'ouvertures, anneau qui permet d'étrangler séparément les sections de passage de l'air et du gaz ;

3° D'autre part, sur chacun des réservoirs d'air et de gaz est placée une soupape qui, par sa levée, peut mettre en communication chacun de ces réservoirs avec le conduit d'aspiration correspondant de la pompe ;

4° Enfin, sur le réservoir d'air, en un point qui partage ce réservoir en capacités sensiblement proportionnelles aux volumes d'air de balayage et de mélange, est placé un clapet d'étranglement qui permet de modifier la vitesse d'introduction de l'air au moteur et n'agit sensiblement que sur l'introduction de l'air de mélange.

Les soupapes de retour, établies sur les réservoirs, sont commandées mécaniquement et soumises à l'action du régulateur.

Ces soupapes dont le fonctionnement écarte du cylindre une partie du gaz et de l'air fournis aux réservoirs par la pompe, sont levées d'une quantité constante dès le commencement du refoulement de la pompe et la durée de leur levée est rendue variable par l'action du régulateur sur un mécanisme de distribution analogue à ceux des machines à vapeur. Ces soupapes ayant une large section de passage et ne donnant lieu, de même que les clapets de la pompe, qu'à une perte de charge négligeable, la compression dans la pompe et le réservoir ne commencent qu'après la fermeture de la soupape de retour et le travail indiqué de la pompe n'est à toute charge du moteur que ce qu'il doit être strictement pour que la pression voulue soit atteinte dans le réservoir.

Le clapet d'étranglement, qui divise en deux parties le réservoir d'air et ne doit agir que pendant le chargement du cylindre moteur, est aussi commandé mécaniquement pour que toute perte de charge pendant le remplissage du réservoir par la pompe soit évitée. Pour cela il est ouvert pendant le remplissage et replacé dans sa position agissant pour la période d'introduction au cylindre moteur.

Les autres appareils de réglage, qui ne doivent se manœuvrer que pour obvier à des différences dans la composition du gaz, sont commandés à la main.

La charge du cylindre moteur se compose ainsi d'une série de tranches d'épaisseurs variables dont évidemment les surfaces de démarcations ne sont pas absolument nettes :

Tout d'abord s'introduit un tampon d'air de balayage d'épaisseur suffisante : 1° pour assurer le rafraîchissement qui lui incombe dans les conditions de charge, de compression et de refroidissement correspondantes ; 2° pour éviter le contact entre les produits brûlés de l'explosion précédente et le mélange frais admis, et 3° pour qu'aucune perte de gaz frais ne se produise par les orifices d'échappement. Ce tampon est suivi par le mélange explosif qui se loge contre le piston d'arrière.

Avec la réduction de la puissance demandée à la machine se produit, sans perte de travail, la réduction du volume de mélange en

même temps qu'une certaine réduction de la quantité d'air de balayage. Cette dernière réduction peut être consentie sans inconvénients à cause de la moindre quantité de chaleur développée dans le cylindre et du volume plus faible de la tranche de mélange explosif.

La tranche de mélange conserve une composition constante et la compression dans le cylindre reste invariable.

Sous le rapport réglage et uniformité de la composition du mélange, nous croyons que des critiques se sont encore élevées contre le moteur Oechelhäuser, mais les essais de consommation et ceux de régularité ayant été des plus satisfaisants, toutes les théories plus ou moins bien établies doivent s'incliner devant ces constatations.

Régularité de marche

La régularité de marche, qui prend parfois une si grande importance, ne laisse rien à désirer.

Pour en faire la démonstration en peu de mots, il nous suffira de dire que, aux Usines métallurgiques de Gross-Ilse, près Hanovre, deux alternateurs accouplés directement à des moteurs Oechelhäuser marchent en parallèle entre eux et avec d'autres alternateurs commandés par machines à vapeur établies anciennement dans une autre salle.

Lorsqu'il s'agit d'obtenir de grandes régularités, comme c'est le cas dans la centrale que nous venons de citer, le moteur comporte deux cylindres jumelés.

Nous croyons avoir, dans cet exposé, répondu à toutes les objections qui ont pu être ou qui peuvent être faites. Pour notre part, nous n'en avons pas entendu formuler et nous ne pouvons nous en imaginer d'autres.

Les autres détails du moteur n'ont rien de particulier et nous ne croyons pas utile d'en parler.

D'une façon générale, le moteur Oechelhäuser est donc très heureusement conçu en vue d'utiliser l'action d'un mélange explosif, même impur. Le triple coudé qu'il présente, soigneusement calculé, et le double piston mettent tout le bâti de la machine à l'abri de tout effort.

La distribution par les pistons dispense de l'emploi de soupapes sur la chambre d'explosion et de leur système de commande. Toute la machine ne se compose que d'un petit nombre d'organes très robustes et les quelques organes accessoires ne sont soumis à aucune fatigue.



MOTEUR DE 1500 CHEVAUX A UN CYLINDRE

CHAPITRE III

Conditions d'emploi, consommations, frais d'établissement et d'exploitation d'une installation de force motrice par le gaz

L'élément dominant dans les frais d'exploitation est la somme dépensée en achat et transport du combustible jusqu'aux soutes.

Nous croyons, malgré ce qu'en disent les inventeurs, que les gazogènes, fonctionnant avantageusement avec les charbons demi-gras au delà de 11 % de matières volatiles, n'existent pas encore au moment où nous écrivons ces lignes. L'on se butte, en effet, lorsque la proportion de matières goudroneuses dépasse une certaine teneur, à de sérieuses difficultés. Si l'on essaye de condenser ces matières à leur sortie du gazogène, on arrive si pas à de grandes complications d'appareils, tout au moins à compliquer le service par de fréquents nettoyages. De plus, toute la puissance calorifique que représente les matières combustibles condensées peut-être considérée comme pratiquement perdue. La seule méthode paraissant devoir éviter ces divers inconvénients consiste dans l'emploi d'un gazogène spécial dans lequel les goudrons seraient brûlés complètement et ramenés ensuite à la forme H et CO. Ces transformations devraient évidemment se faire avec une perte minime de calorique. Or, bien que des essais suivis soient tentés actuellement de divers côtés, et que les résultats de ces essais semblent encourageants pour leurs auteurs, nous ne croyons pas que la solution pratique de ce problème soit imminente.

Dans la situation actuelle, il serait donc seulement possible d'utiliser dans les gazogènes pour moteurs des charbons quart gras et en dessous.

Il résulte de là, tout d'abord, que l'établissement d'un moteur dans une région houillère qui ne produit pas les combustibles sus-indiqués ne se présente pas dans des conditions bien avantageuses. Et ces conditions le sont d'autant moins que ces combustibles devraient être grevés de frais de transport plus importants pour être rendus aux soutes des gazogènes.

Si, par contre, ces combustibles, comme tout autre convenant aux générateurs à vapeur, reviennent au même prix, l'avantage de l'emploi du moteur à gaz sera d'autant plus sensible que ce prix sera lui-même plus élevé. Avec un prix plus élevé, la différence de consommation se traduira, en effet, par une économie annuelle plus importante.

Il faut se demander ici si l'extension que prennent les installations de force motrice par le gaz, n'est pas destinée à provoquer une hausse dans le prix des charbons pour gazogènes.

A part les hausses factices qu'il n'est pas possible de soumettre à discussion et qui ne sont guère durables, cette augmentation de prix ne pourrait provenir que d'une augmentation plus rapide dans la demande que dans la production. Mais pour suivre la demande, les installations se transforment et les travaux d'exploitation se développent dans les houillères productrices de maigres, en attendant que d'autres, par la force même des choses, marchant à la rencontre de couches de plus en plus maigres, viennent successivement, avec le temps, renforcer l'offre des charbons de cette catégorie. Il est évidemment des houillères qui n'atteindront les couches qui nous intéressent qu'à une époque encore très éloignée, mais il en est d'autres par contre qui les recouperont à échéance relativement courte.

A simple titre d'exemple, je transcris ci-dessous un tableau que je dois à l'obligeance de M. Claude, directeur des travaux des charbonnages de Bonne Espérance, Batterie et Violette. Ce tableau renseigne la production depuis 1893 jusqu'en 1903 des houillères qui exploient les charbons maigres dans le bassin de Liège.

SIÈGES D'EXPLOITATION	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904
Batterie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	48000	52000
Bonne Espérance	65120	76000	78210	84900	93100	96600	104580	111230	110350	121870	119320	140400
Wandre	80954	82060	84600	90052	102280	97160	92700	68600	60305	63675	52560	
Belle-View et Bien-Venue	27510	28920	30750	28440	28430	31200	34200	39710	35190	38160	45060	
Abhoos et Bonne Foi Hareng	106500	104100	101460	127760	126520	90850	141910	171720	169490	189300	200700	
Petite Bacnure	54570	51540	57120	52340	52560	52140	49790	57660	51770	59920	65270	
Oupeye	25080	24500	24620	28500	21110	22830	24010	25140	23300	23600	24210	
Herve Wergifosse	59391	78769	90980	100410	99645	103945	106195	102740	81597	97192	104490	
Français	31510	51770	59850	54950	72000	68500	65410	76280	86980	111670	126690	
TOTAUX	450635	497659	527590	567352	595645	563225	618795	653080	618982	705387	786300	
Augmentation de production annuelle par rapport à celle de 1903	»	14°/o	17°/o	26°/o	32°/o	25°/o	37°/o	45°/o	37°/o	57°/o	74°/o	

Chiffres non publiés

On remarque dans ce tableau que l'exploitation des couches maigres au siège de la Batterie n'a commencé qu'en 1903.

Pour les raisons indiquées, une hausse dans le prix des charbons pour moteurs à gaz nous semble peu à craindre.

Consommation de combustible

La plupart des grosses unités à gaz actuelles étant alimentées de gaz de haut fourneau, les essais de consommation en sont particulièrement difficiles à cause de l'importance des masses de gaz entrant en circulation. Aussi les essais précis sont-ils rares, d'autant plus que dans ce genre d'application une stricte économie de combustible ne présente pas encore un énorme intérêt.

Néanmoins des essais de consommation d'une haute précision ont pu être faits par M. le professeur Meyer, sur un moteur Oechelhäuser de 600 chevaux, alimenté de gaz de four à coke (1). Ce moteur, installé dans les usines de Borsigwerke, y actionne une soufflerie de haut fourneau.

Nous résumerons simplement ici le tableau des derniers essais effectués le 26 octobre 1903.

Nombre de tours de l'arbre manivelle	103.0	107.1	108.2	106.1	107.4
1 Puissance indiquée au cylindre moteur	821.0	839.0	780.0	715.0	707.0
2 " " à la soufflante N_{60}	625.0	635.5	583.0	495.0	480.5
3 " " à la pompe à air	69.3	76.3	72.1	80.1	85.7
4 " " à la pompe à gaz	7.8	8.0	8.1	8.6	8.8
Puissance indiquée nette du moteur $N_f = (1-3-4)$	744.0	755.0	700.0	626.0	612.0
Rendement mécanique $\frac{N_{60}}{N_f}$	83.9	84.2	83.3	79.2	78.5
Consommation de gaz à 0° c. 760 m/m par h ^{re} ; m ³	382.6	395.2	373.9	342.8	334.3
Pouvoir inférieur du gaz employé; cal. : m ³	3560	3510	3410	3510	3540
Consommation de chaleur par chev.-h ^{re} utile (N_{60})	2180	2180	2180	2430	2460

A Herstal, le moteur de 250 chevaux à 125 tours, en service depuis deux ans, a donné aux essais les consommations suivantes :

Charge en kilowatts au tableau	173.75	162.34	149.08	135.99	123.33	113.88	100.14	88.14
Puissance en chevaux effectifs correspondante	263.64	245.32	224.51	204.04	184.60	170.00	149.28	131.43
Puissance absorbée par la pompe de circulation d'eau commandée par courroie	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Puissance effective totale développée	265.14	246.82	226.01	205.54	186.10	171.50	150.78	132.93
Consommation de gaz par heure en m ³ à la température du compteur (7° C.)	470	438	422	400	378	356	326	300
Puissance calorifique inférieure du gaz par m ³ ramené à la température du compteur	1358	1358	1353	1349	1332	1325	1335	1350
Consommation de chaleur par cheval-heure effectif.	2407	2409	2526	2625	2705	2750	2886	3046

(1) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 25 février 1905.

Dans les essais de Herstal, de même que dans ceux de Borsigwerke, le volume de gaz absorbé a été mesuré par un compteur établi directement sur la conduite d'aspiration du moteur. Comme il avait été élevé des doutes au sujet de l'exactitude des indications du compteur placé dans ces conditions, nous avons fait des essais très précis, qui nous ont montré que l'erreur ne dépasse pas $1/4$ %, c'est-à-dire que le compteur, même dans ces conditions, reste un instrument de mesure d'une précision largement suffisante.

La description de ces essais ne pouvant trouver place ici, sera donnée ultérieurement.

Les chiffres de consommation qui précèdent peuvent donc être considérés comme parfaitement exacts.

Les consommations relevées à Herstal sont plus fortes que celles qui ont été relevées à Borsigwerke, à cause de la puissance calorifique moins élevée du gaz et surtout à cause du poids trop élevé des organes moteurs trop largement calculés, de la trop faible section de passage des clapets des pompes et du système désavantageux de commande des soupapes de retour, imperfections qui ont totalement disparu du nouveau modèle de construction.

Voyons, néanmoins, à quelle consommation de charbon, aux gazogènes, correspond cette consommation de chaleur du moteur.

Un charbon de gazogène de composition suivante : matières volatiles : 8.20, cendres : 10.23, a pour puissance calorifique, d'après la formule de Goutal, 7714 calories. D'autre part, le rendement calorifique d'un gazogène est d'environ 75 %. La quantité de gaz produite par kilogramme de charbon représente donc une puissance calorifique inférieure totale de $7714 \times 0,75 = 5785$ calories.

La consommation de 2407 calories, relevées à Herstal, correspond donc à une consommation de charbon de $2407 : 5785 = 0 \text{ k. } 414$.

Mais, ainsi que nous l'avons dit, cette consommation, quoique faible, est encore exagérée pour le moteur Oechelhäuser.

Pour le moteur de 400 chevaux, actuellement en montage à Herstal, la consommation de chaleur à pleine charge, fixée par contrat, est de 2,500 calories, la puissance supérieure du gaz étant choisie pour cette détermination. Si, comme dans les valeurs qui précèdent, c'est la puissance inférieure du gaz qui est adoptée, la consommation revient à environ 2358 calories, et, par conséquent, à 407 grammes de charbon.

Consommation d'huile

Etant donné la consommation en combustible réduite des moteurs à gaz, il est évident que, rien que par ce fait, la consommation d'huile y prendra une importance relative plus considérable que dans la machine à vapeur.

Nous ferons ici observer que les constructeurs établissent généralement leur garantie, en ce qui concerne la consommation d'huile, en

grammes par cheval-heure. Or, cette garantie, sous cette forme, n'intéresse que très médiocrement l'industriel. Ce que celui-ci tient à connaître, c'est la consommation totale en francs qui n'est aucunement fixée par la garantie en grammes.

Consommation d'eau

Dans les installations non pourvues abondamment d'eau et dans celles où le mètre cube d'eau revient à un prix notable, sa consommation doit être réduite autant que possible.

Il est alors fait usage d'un réfrigérant. Cet appareil est plus coûteux à installer pour la machine à vapeur, car la quantité d'eau en circulation est environ triple de ce qu'elle est pour le moteur à gaz de même puissance; mais, en ce qui concerne la consommation d'eau totale, il y a à peu près parité, si l'on veut réaliser un nettoyage parfait du gaz. La consommation d'eau de nettoyage du gaz compense à peu près l'excédent de perte par évaporation au réfrigérant de la machine à vapeur.

Les autres consommations sont peu importantes et les mêmes que pour les autres genres d'installations. Il en sera fait mention dans le prix de revient de la force motrice.

Consommation de force motrice par les appareils auxiliaires

Quant à la dépense en force motrice pour les appareils auxiliaires, elle est peu importante.

Les appareils qui l'utilisent sont : le compresseur d'air de mise en marche, la pompe de circulation d'eau du moteur, s'il en est fait usage, et l'aspirateur-laveur des gazogènes.

La force motrice nécessaire au premier de ces appareils est minime; il s'agit simplement avant chaque départ du moteur d'amener à la pression de 20 kilog. un réservoir de 750 à 1000 litres qui a été laissé à 15 kilog. de pression après le départ précédent.

Ce petit compresseur d'air peut être commandé par le moteur à gaz lui-même, par électro-moteur ou par moteur à gaz pauvre spécial. Il ne faut toutefois pas perdre de vue que pour la première mise en marche et pour les cas, très rares cependant, où le départ du moteur ne s'effectue pas à la suite des premières impulsions dues à l'air comprimé, il faut pouvoir disposer d'une source d'énergie indépendante. Sous ce rapport l'emploi du moteur à gaz spécial est préférable; l'électro-moteur, qui peut s'employer lorsque la transmission est électrique, devrait en effet être pourvu d'une petite batterie d'accumulateurs qui ne sont pas inépuisables.

Il faut noter que cette petite installation autogénératrice accessoire, quelque faible qu'elle soit, peut servir pour un nombre indéfini de moteurs, en adjoignant à quelques-uns de ceux-ci, si le

nombre en est important, un compresseur commandé par le moteur lui-même.

Une mention en passant au démarrage électrique lorsque l'installation s'y prête.

La pompe de circulation d'eau, s'il en est fait usage, peut être commandée directement au moyen d'une courroie par le moteur lui-même sans qu'il en résulte le moindre inconvénient.

Pour la commande de l'aspirateur-laveur tout moyen convient évidemment. Mais encore ici il faut que l'aspirateur puisse être mis en mouvement par un moyen indépendant, lorsque la cloche est vide de gaz, comme c'est le cas, notamment, à la mise en marche de l'installation.

Lorsque l'usine ne possède pas d'installation électrique, un seul petit moteur à gaz pauvre peut actionner compresseur d'air et aspirateurs. Il est muni d'un carburateur de secours qui lui permet de fonctionner au pétrole à la mise en marche de l'installation et après une vidange de la cloche.

Pour terminer nous donnerons les frais d'exploitation et d'installation d'une station de force motrice de la puissance moyenne de 400 chevaux effectifs, qui se rencontre assez fréquemment dans l'industrie.

Les chiffres sont établis comparativement pour une installation à gaz et une installation à vapeur et reposent sur les bases suivantes :

La machine à vapeur choisie est horizontale, compound, à cylindres jumelés et à condensation. Sa vitesse angulaire est de 125 tours par minute. La surchauffe de la vapeur est de 300° à la machine. Le rendement organique de celle-ci est de 85,5 % et sa consommation de 5 kilog. de vapeur par cheval-heure indiqué.

Les chaudières choisies sont multitubulaires et pourvues de surchauffeurs et d'économiseurs. Leur rendement est de 74 %.

Le charbon employé ayant une puissance calorifique de 7500 calories, la vaporisation est de 8,6 kilog. de vapeur par kilog. de charbon.

La consommation de charbon est donc par cheval-heure indiqué de $5 : 8,6 = 0,581$ kilog. et par cheval-heure effectif de $0,581 : 0,855 = 0,680$ kilog.

Le moteur à gaz Oechelhäuser est à un cylindre avec pompe placée à l'arrière. Sa vitesse angulaire est de 150 tours par minute. Sa consommation, admise pour nos calculs, est de 410 grammes de charbon par cheval-heure effectif.

Les gazogènes sont à sole tournante et disposés pour l'utilisation de charbon menu, le réglage précis de la quantité de vapeur à introduire au foyer et le nettoyage parfait du gaz.

Les deux installations sont absolument complètes, mais il est supposé toutefois que rien ne s'oppose à ce qu'elles soient établies dans des conditions absolument normales.

Les machines et appareils de l'une et l'autre installation sont d'une

construction très soignée de façon à ce que les conditions d'exploitation soient excellentes. Aucune parcimonie n'a présidé à l'établissement de ces devis.

Les prix d'établissement ressortent des données de maisons de premier ordre : Borsig pour tout le matériel de l'installation à vapeur et le moteur à gaz, Fichet et Heurtey pour l'installation des gazogènes.

Il n'est pas prévu d'appareils de réserve pour l'installation à gaz, parce que l'industriel trouve toujours le moyen sur une période de deux à trois années de disposer des quelques jours nécessaires à la visite complète et aux petites réparations éventuelles de l'installation.

Il n'en est pas de même pour l'installation à vapeur dont les appareils de vaporisation doivent être visités et nettoyés périodiquement. Dans les frais d'exploitation nous supposons que ces visites ont lieu quatre fois par an.

Les frais d'exploitation, dont nous donnons le détail, sont établis pour la marche à pleine charge de chacune des installations. On peut objecter que dans la pratique on n'atteint jamais cette charge en régime soutenu et que la consommation de charbon par cheval-heure du moteur à gaz augmente plus rapidement que celle de la machine à vapeur lorsque la charge de la machine diminue. Mais nous ferons observer que, si le moteur à gaz est un peu inférieur à la machine à vapeur sous ce rapport, le taux de sa consommation par contre n'est pas sous la dépendance directe d'un élément aussi délicat à maintenir qu'un degré déterminé de surchauffe de la vapeur.

Frais d'établissement de l'installation à vapeur

Deux chaudières multitubulaires de 198 ^m ²	fr.	32,500
Accessoires		160
Appareils d'alimentation		875
Deux surchauffeurs à 80 ^m ²		11,250
Un économiseur avec moteur de commande		8,000
Un épurateur d'eau d'alimentation avec pompe à vapeur		3,500
Une machine à vapeur horizontale compound, à soupapes de 400 à 550 chevaux, avec condenseur, pour accouplement direct avec dynamo, à 125 tours par minute		42,500
Tuyauteries		8,125
Réfrigérant à cheminée avec pompe centrifuge et électromoteur		8,250
Dynamo, tableau, appareils, câbles (mémoire)		25,000

A reporter. 140,150

	Report.	140,150
Maçonneries pour l'installation des chaudières	10,000	
Fondations de la machine et de la dynamo	2,125	
Bâtiment des chaudières et soutes à charbon	9,000	
Bâtiments de la machine.	16,000	
Cheminée	10,625	
Bassin du réfrigérant et de séparation d'huile.	2,500	
		<u>50,250</u>
Frais totaux d'établissement. . . fr.		190,400

Frais d'établissement de l'installation à gaz pauvre

Deux gazogènes garnis avec tous leurs accessoires : saturateurs, faisceaux tubulaires, bouillottes, cheminées, vannes, etc.	24,500	
Deux aspirateurs avec accessoires et transmission	4,900	
Deux laveurs à coke, tuyauterie, vannes	4,000	
Deux épurateurs à grande section	4,800	
Tuyauteries, vannes, raccords	1,400	
Gazomètre avec cheminée de vidange, vannes, syphons, etc.	7,150	
Plancher en fer des gazogènes	3,000	
Petit moteur à gaz pour l'actionnement des aspirateurs des gazogènes et du compresseur d'air de mise en marche. Le compresseur d'air	4,000	
Un moteur à gaz Oechelhäuser de 400 chevaux effectifs, à 150 tours par minute	60,600	
Réservoir à air comprimé, soupapes, conduites de circulation d'eau	1,765	
Tuyauterie et cheminée en fonte avec boulons, joints.	5,000	
Réfrigérant à cheminée avec bassin en tôle	3,220	
Pompe centrifuge de circulation d'eau et poulie de commande	580	
Dynamo, tableau, appareils, câbles (mémoire)	25,000	
		<u>158,915</u>
Maçonneries pour les gazogènes et le gazomètre	750	
Fondations du moteur et de la dynamo	4,800	
Bâtiment des gazogènes et soutes à charbon	5,000	
Bâtiment du moteur	17,000	
		<u>27,550</u>
Frais totaux d'établissement.		186,465

Frais d'exploitation

	Installation à vapeur	Installation à gaz
Puissance effective.	400 chevaux	400 chevaux
Nombre d'heures de marche par an	3600	3600
Consommation de charbon par cheval- heure effectif	680 gr.	410 gr.
Consommation annuelle de charbon par la machine en service	979.20 tonnes	590.40 tonnes
Consommation des pompes d'alimen- tation des chaudières, etc., 4 %	39.18	»
Consommation pour remise à feu jour- nalière et après nettoyages ou pour l'entretien des feux en arrêt	79.40	75.84
Consomm. totale annuelle de charbon	1097.78 t ^{es}	666.24 tonnes
Prix du charbon rendu aux soutes	12.85 (1)	11.50 (1)
Dépense annuelle en combustible	14106	7662
Huile pour paliers	900 k. à 0.21 189	900 k. à 0.21 (1) 189
» » cylindres	600 k. à 0.85 510	1200 k. à 0.35 (1) 420
Produits pour nettoyages et petites réparations	500	300
Main-d'œuvre à la machine	1650	1650
» » à la chaufferie	1800	1800
Consommations pour épuration de l'eau	270	»
Evacuation des cendres à 2.5 % ⁰⁰ kgs	274	166
Force motrice pour réfrigérant et aspi- rateurs des gazogènes	192	189
Contributions : taxes spéciales	mémoire	mémoire
Dépenses de service annuelles totales.	19491	12376
Intérêt de 4 % sur l'ensemble de l'installation.	7616. »	7458.60
Amortissement de 5 % sur les machines et appareils	7007.50	7945.75
Réparations : 1 % sur les machines et appareils	1401.50	1589.15
Amortissement de 2 % sur bâtiments et maçonneries	1005. »	551. »
	17030	17544.50
Frais totaux annuels d'exploitation.	36521	29920.50

(1) Prix payés à Herstal. Voir ce que nous avons dit à ce sujet aux premiers alinéas du chapitre III.

La différence entre les frais d'exploitation s'élève à 6,600 francs, c'est-à-dire à 46 % du coût annuel du combustible ou encore à près de 10 % de la valeur totale du moteur à gaz.

Si nous placions notre machine à vapeur dans des conditions d'installation très avantageuses, en supposant par exemple que l'eau existe en abondance et n'a pas besoin d'être épurée, tout en appliquant les mêmes prix très peu élevés des combustibles, prix qui lui sont également très avantageux, nous aurions à déduire dans les frais d'établissement.

POSTES	Installation	
	à vapeur	à gaz
Machines et appareils		
Réfrigérant	8,250	3,220
Épurateur	3,500	»
Différence	»	8,530
	<hr/>	<hr/>
	11,750	11,750
Maçonneries		
Réfrigérant	2,500	»
Différence	»	2,500
	<hr/>	<hr/>
	2,500	2,500

La différence dans les frais totaux d'établissement serait donc sur le premier devis de : $8530 + 2500 = 11030$ francs. Il y aurait donc, dans ces nouvelles conditions, un avantage net de $11,030 - 3,935 = 7,000$ francs en faveur de la machine à vapeur.

Les frais d'exploitation de l'installation à vapeur seraient, d'autre part, réduits de :

- 270.00 pour consommation de réactifs, etc.
- 440.00 pour intérêts sur la différence 11,030 francs.
- 426.50 pour amortissement des appareils.
- 85.30 pour réparation des appareils.
- 50.00 pour amortissement des maçonneries.

Total 1,271.80.

Dans ces conditions l'avantage du moteur à gaz dans l'exploitation serait ramené à 5,300 francs, ce qui permettrait néanmoins de rembourser la différence de coût d'installation en seize mois.

Évidemment, il est possible qu'une installation à vapeur se trouve dans des conditions encore beaucoup plus avantageuses, pour lesquelles la machine à vapeur l'emporterait d'une façon décisive sur son rival le moteur à gaz. Mais, comme nous l'avons dit dans les premières pages de cette notice, ce n'est que par un examen attentif que ce point pourra être élucidé.

Si, tout en attirant l'attention sur le moteur Oechelhäuser, nous avons pu montrer l'intérêt qui est attaché à cet examen, nous aurons la satisfaction d'avoir atteint le but que nous nous étions proposé.

Liège, Juin 1905.

Jules D'HARVENG.

Table des matières

	PAGES
Introduction	5
Chapitre I. Comparaison des installations à vapeur et à gaz sous le rapport de la sécurité de marche et de l'entretien	7
Chapitre II. Le moteur Oechelhäuser.	
1. Description générale du moteur	13
2. Avantages généraux.	
<i>a)</i> Rendement thermique.	15
<i>b)</i> Balayage	17
<i>c)</i> Explosions prématurées	17
3. Cylindres et pistons.	19
4. Triple coudé	22
5. Equilibrage	23
6. Réglage	25
7. Régularité de marche	27
Chapitre III. Conditions d'emploi. Consommations. Frais d'établissement et d'exploitation d'une instal- lation de force motrice par le gaz	29

L'ÉNERGIE PAR LE GAZ

SOCIÉTÉ ANONYME

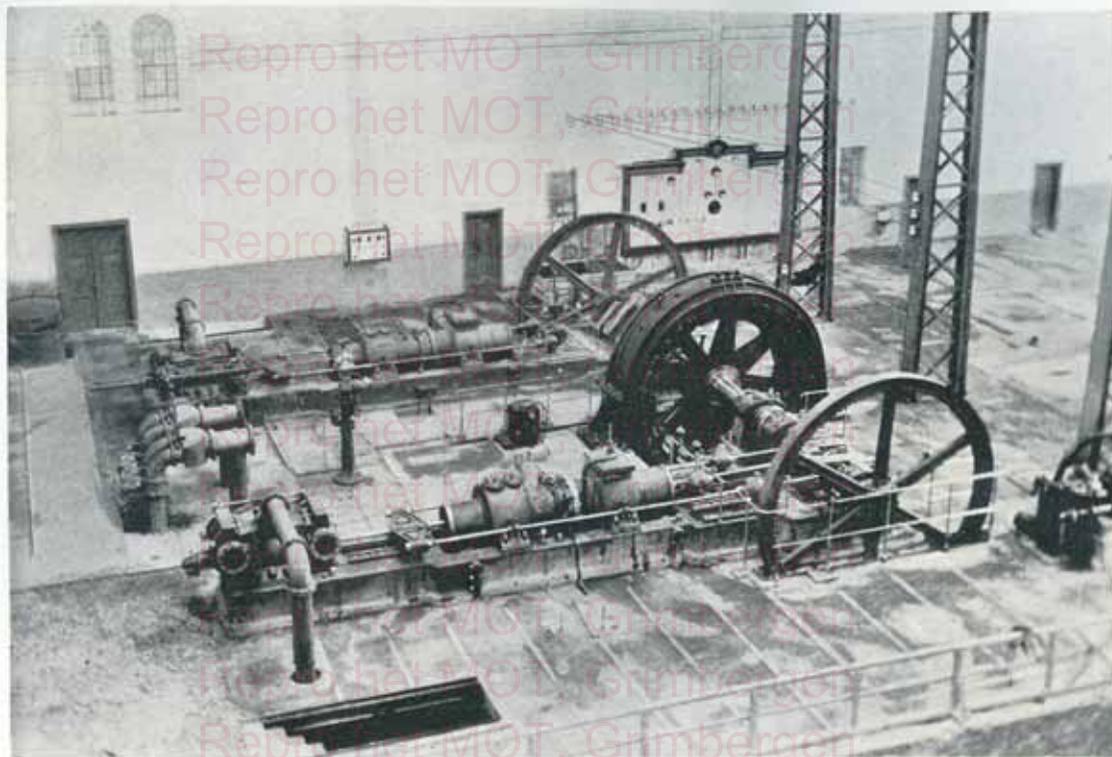
27, Avenue des Arts

BRUXELLES

Liste des Moteurs **Oechelhäuser**

En fonctionnement

ou en
construction



MACHINE JUMELLE DE 600 CHEVAUX, SYSTÈME VON OECHELHÄUSER
INSTALLÉE AUX USINES DE HÖRDE ET ACTIONNANT DIRECTEMENT UNE DYNAMO A COURANT CONTINU.

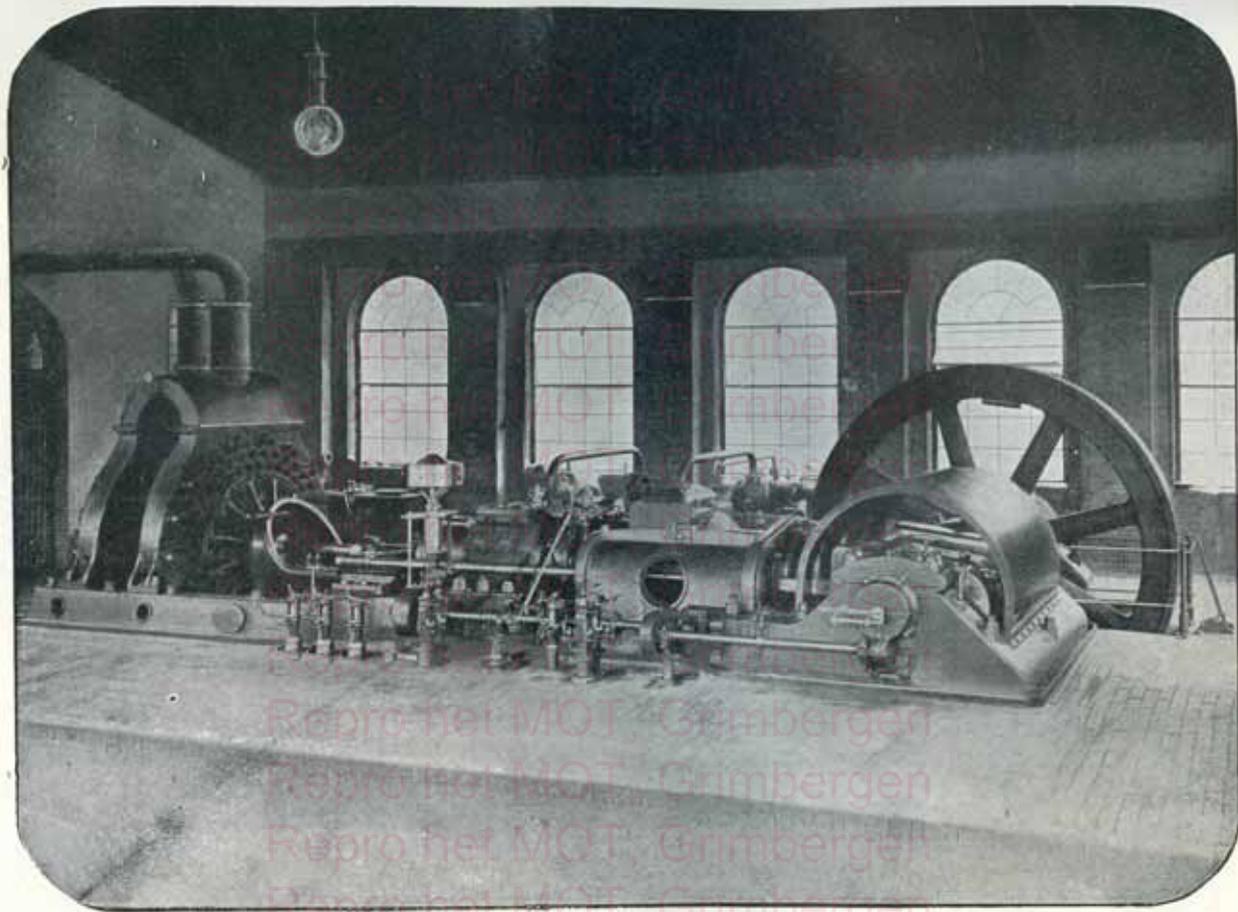
Elle se compose de deux moteurs identiques de 300 chevaux avec cylindre à gaz de 480 millimètres de diamètre. La vitesse de rotation est de 135 tours, avec une course de piston de 800 millimètres. La dynamo est placée entre les deux moteurs. La distribution est faite par les deux pistons eux-mêmes, qui attaquent l'arbre moteur par des manivelles calées à 180°. L'allumage électrique a lieu au point mort-intérieur des deux pistons, sous une compression de 8 atmosphères. Pendant la course de compression et la course motrice, les deux pompes auxiliaires, qui sont à double effet, et que l'on voit vers la gauche, aspirent et refoulent dans les chambres annulaires, sous une faible charge, le mélange d'air et de gaz.

Repro het MOT, Grimbergen

Société Anonyme "L'ÉNERGIE PAR LE GAZ"

27, Avenue des Arts, BRUXELLES

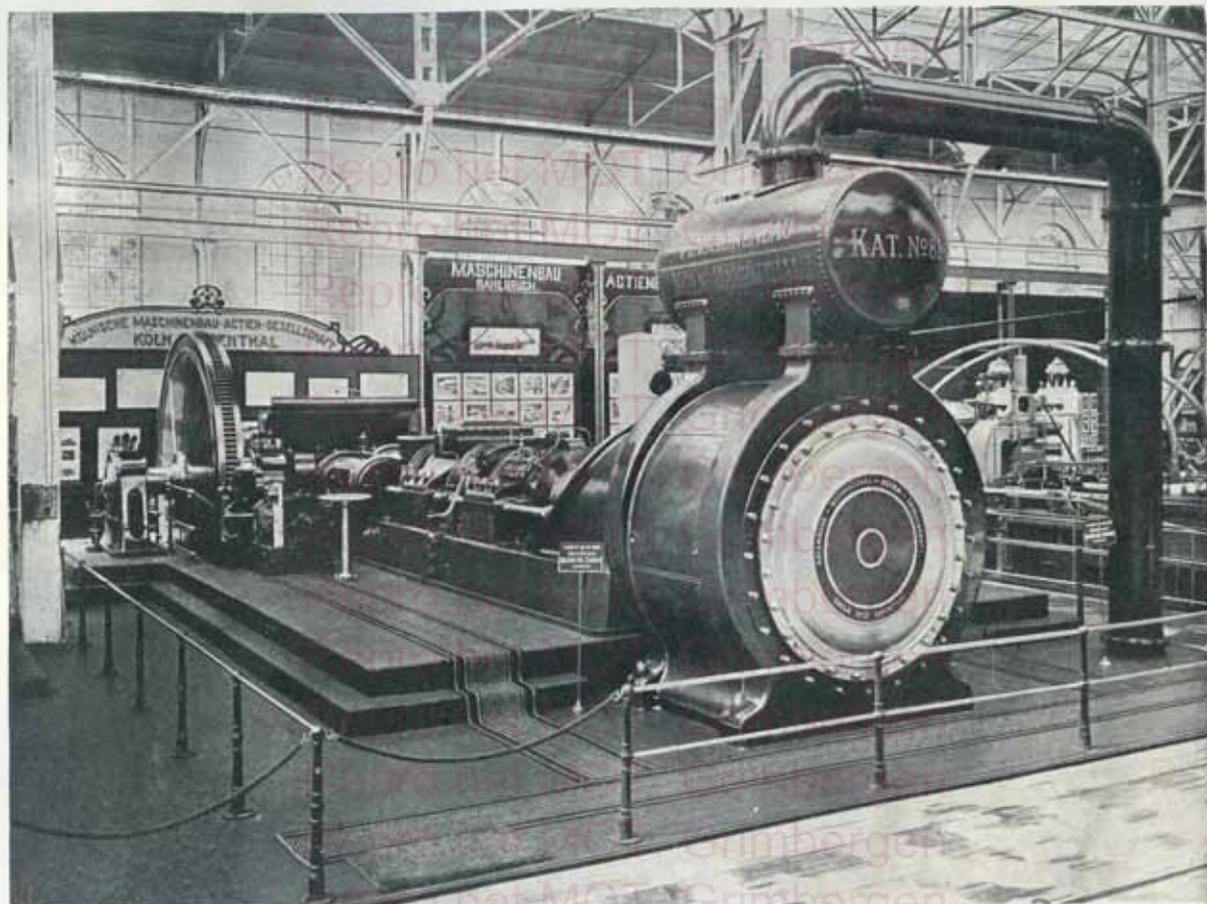
NOMBRE	Puissance en chevaux effectifs	Nombre des cylindres	Destination	CONSTRUCTEUR	PROPRIÉTAIRE	Observations
3	chaque de 600	2	Dynamo	Berlin Anhaltische Maschinenbau - Aktien Gesellschaft, à Dessau.	Hörder Bergwerks und Hütten-Verein, à Hörde, Westphalie.	En fonctionnement.
1	1000	2	Dynamo	Ascherslebener Maschinenbau Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Ilseeder Hütte, à Gross-Ilse, près Peine.	Id.
1	1000	2	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Ilseeder Hütte, à Gross-Ilse, près Peine.	Id.
1	500	1	Soufflerie	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Ilseeder Hütte, à Gross-Ilse, près Peine.	Id.
1	600	1	Soufflerie	Kölnische Maschinenbau-Aktien - Gesellschaft, à Cologne-Bayenthal.	Lothringer-Hütten-Verein, Aumetz-Friede, à Kneuttingen.	Id.
1	1000	2	Dynamo	Maschinenfabrik Andritz-Aktien - Gesellschaft, à Andritz-Vienne.	Oesterreichische Alpine Montan - Gesellschaft, à Vienne.	
1	1000	2	Soufflerie	Maschinenfabrik de L. Lang, à Budapest.	Central-Direktion der Königlichen ungarischen Eisenwerke, à Vaydahunyad.	Id.
1	500	1	Soufflerie	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Borsigwerk, à Borsigwerk Oberschlesien.	Id.
3	chaque de 500	2	Dynamo	Berlin-Anhaltische Maschinenbau - Aktien - Gesellschaft, à Dessau.	Südrussische Metallurgische Gesellschaft, à Kamenskoié.	Id.
1	300	1	Dynamo	Société anonyme des Forges, Usines et Fonderies de et à Haine-St-Pierre.	Fabricas de Moreda y Gijón, à Gijón.	Id.
1	500	1	Soufflerie	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Ilseeder Hütte, à Gross-Ilse, près Peine.	Id.
2	chaque de 300	1	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Compañia General de Productos Químicos del Abono, à Gijón.	Id.
7	chaque de 400	1	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Compañia General de Productos Químicos del Abonos, à Gijón.	En construction.
1	400	1	Dynamo	Société Métallurgique de Senelle - Maubeuge, à Maubeuge.	Usines Métallurgiques de Marquise, à Rinxent, Pas-de-Calais.	En montage.
1	1000	2	Laminoirs	Aschersleben Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, à Aschersleben.	Deutsch - Luxemburgische Bergwerks- und - Hütten Aktiengesellschaft, à Differdange.	En fonctionnement.
1	250	1	Dynamo	Société anonyme des Forges, Usines et Fonderies de et à Haine-St-Pierre.	Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal-lez-Liège.	Id.
1	1500	1	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Destiné à l'Exposition de St-Louis.	Terminé en atelier.



MOTEUR von OECHELHÄUSER DE 600 CHEVAUX EFFECTIFS, TOURNANT A 125 TOURS ET ACTIONNANT DIRECTEMENT UNE MACHINE SOUFFLANTE
des HAUTS-FOURNEAUX d'ILSEDE, près PEINE (HAGUENAU)
Constructeur : A. Borsig, à Tegel.

Repro het MOT, Grimbergen

NOMBRE	Puissance en chevaux effectifs	Nombre des cylindres	Destination	CONSTRUCTEUR	PROPRIÉTAIRE	Observations
1	1500	2	Soufflerie	Ascherslebener Maschinenbau-Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	"Phönix" Aktiengesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb, à Laar, près Ruhrort.	En fonctionnement.
1	250	1	Dynamo	Maschinenfabrik von L. Lang, à Budapesth.	Herzogl. Philipp Coburg Gotha'sche Eisenwerke, à Pchorella.	Id.
2	chaque de 1000	2	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Fried. Krupp, à Essen, pour Hüttenwerk Rheinhäusen.	En construction.
2	chaque de 400	1	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Berliner Gasanstalt, à Tegel, près Berlin.	Id.
1	500	1	Soufflerie	L'Astilleros del Nervion, Bilbao.	L'Astilleros del Nervion, à Bilbao.	
2	chaque de 500	1	Dynamo	William Breadmore & Co., Glasgow.	The Parkhead Iron & Steel Co. Ltd., à Rotherham.	En fonctionnement.
1	1000	2	Dynamo	William Breadmore & Co., à Glasgow.	The Parkhead Iron & Steel Co. Ltd., à Rotherham.	
1	500	1	Dynamo	Aschersleben Maschinenbau - Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Kölnner Bergwerksverein, à Altenessen.	En fonctionnement.
2	chaque de 1000	2	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Siemens Schuckert Werke, à Berlin, pour la Mansfelder Kupferschiefer bauende Gewerkschaft, à Mansfeld.	En fonctionnement, l'autre en construction.
2	chaque de 1600	2	Dynamo	Aschersleben Maschinenbau - Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Ilseder Hütte, à Gross-Ilse, près Peine.	En construction.
1	500	1	Dynamo	Aschersleben Maschinenbau - Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Gelsenkirchener Bergwerks - Aktien - Gesellschaft, à Rhein - Elbe, pour le puits "Ministre Stein".	En fonctionnement.
1	2000	2	Soufflerie	Ascherslebener Maschinenbau - Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Union, Dortmund.	En construction.
5	chaque de 2000	2	Dynamo	William Breadmore & Co.	The Municipality of Johannesburg.	En fonctionnement.
3	chaque de 1000	2	Dynamo	William Breadmore & Co., Ltd., à Glasgow.		
1	500	1	Laminoir	William Breadmore & Co., Ltd., à Glasgow.	W. Breadmore & Co.	En construction.
1	400	1	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Fabrique Nationale d'Armes de Guerre, à Herstal.	
1	1500	2	Dynamo	A. Borsig, à Tegel, près Berlin.	Steinkohlenbergwerk Rheinpreussen, à Homburg.	
2	400	1	Soufflerie	W. Breadmore & Co.		
1	1000	2	Dynamo	Ascherslebener Maschinenbau - Aktiengesellschaft, à Aschersleben.	Union, Dortmund.	



MOTEUR von OECHELHÄUSER DE 600 CHEVAUX-EFFECTIFS, TOURNANT A 50 TOURS ET ACTIONNANT DIRECTEMENT UNE MACHINE SOUFFLANTE

Exposé à DUSSELDORF en 1902

Constructeur : KÖLNISCHE MASCHINENBAU A. G., à Bayenthal