

# MÉMOIRES

—  
LA

## TURBINE A VAPEUR PARSON'S

PAR

J. KERSTEN

Inspecteur général des Charbonnages patronnés par la Société générale  
pour favoriser l'industrie nationale.

[ 6211 ]

---

Les turbines à vapeur, comme les turbines hydrauliques, peuvent se diviser en deux grandes catégories : les turbines d'action et les turbines de réaction.

### *Turbines d'action.*

Dans les premières, la vapeur détendue avant son entrée dans l'appareil acquiert une vitesse considérable et agit sur les aubes par sa force vive; on utilise ainsi non pas la pression du fluide, mais son énergie cinétique. La vitesse des molécules dépend essentiellement de la pression initiale et elle augmente considérablement quand on fait détendre la vapeur dans un milieu raréfié au moyen de la condensation. C'est ainsi qu'une vapeur à 10 atmosphères complètement détendue à la pression atmosphérique acquiert une vitesse de 890 mètres par seconde; détendue dans un condenseur où règne un vide de  $0^{\text{kg}}1$  par centimètre carré, ce chiffre monte à 1,190 mètres.

Un autre avantage de la condensation, c'est que dans ce cas, la turbine tournant dans un air raréfié, ses aubes ont moins de résistance à vaincre du chef du frottement contre l'atmosphère ambiante et par conséquent, le rendement organique de l'appareil augmente.

Dans une turbine à vapeur d'action, on emploie donc la force vive des molécules et on dispose ainsi d'un travail exprimé par le produit  $1/2mv^2$ ; comme nous le disions plus haut, ce mode d'action est parfaitement comparable à celui d'une turbine hydraulique où l'on utilise un poids  $p$  tombant d'une hauteur  $h$ , c'est-à-dire le travail  $ph$ . Ces deux valeurs sont équivalentes et il suffit pour le démontrer de remplacer dans le deuxième terme  $p$  par  $mg$  et  $h$  par  $\frac{v^2}{2g}$ .

On voit d'après cela l'importance qu'il y a à augmenter la vitesse  $v$ , puisqu'elle entre au carré dans l'expression de l'énergie disponible. Aussi a-t-on toujours cherché dans les turbines d'action à marcher avec des vapeurs à aussi haute pression que possible et on est allé dans cette voie jusque 220 atmosphères.

Le seul type de turbine d'action qui mérite d'être cité est celui de de Laval, qui a déjà été décrit dans beaucoup de publications. Jusque maintenant, cette turbine n'a été construite que pour des puissances faibles ou moyennes qui n'ont guère dépassé 200 chevaux et nous pensons qu'on s'en est tenu à ce chiffre pour des raisons de sécurité.

À côté de certains avantages sérieux, la turbine de Laval présente cependant quelques inconvénients :

1° A cause de sa grande vitesse, qui peut aller jusque 30,000 tours par minute, la construction en est compliquée et on doit employer pour la transmission du mouvement une paire d'engrenages taillés avec soin. Ces engrenages s'usent assez rapidement et ils diminuent naturellement le rendement organique;

2° L'arbre qui supporte la roue est très mince; son diamètre est seulement de 20 millimètres pour une puissance de 100 chevaux. Aussi, comme il travaille élastiquement, il est sujet à se rompre et on a déjà d'ailleurs eu à enregistrer des accidents de l'espèce.

3° On n'arrive pas à détendre complètement la vapeur avant son entrée dans la turbine et comme celle-ci ne comporte qu'une seule roue, il est impossible de prolonger la détente dans l'appareil même. Il en résulte donc une diminution du rendement thermique.

Quant aux consommations spécifiques de vapeur, on est peu renseigné à cet égard. D'après des essais datant déjà de plusieurs années, il semblerait cependant que la turbine de Laval serait comparable aux bonnes machines à vapeur.

### *Turbines de réaction.*

Dans les turbines de réaction, la vapeur agit par sa pression, comme dans une machine ordinaire et suivant qu'elle parcourt les aubes en allant du centre vers la périphérie, de la périphérie vers le centre, ou parallèlement à l'axe de rotation de l'arbre, on distingue des turbines centrifuges, centripètes ou axiales.

M. Rateau a imaginé, assez récemment, une turbine axiale, qui est aujourd'hui construite par les Ateliers d'Oerlikon, en Suisse, et la Maison Sautter-Harlé & C<sup>ie</sup>, à Paris.

Cette machine a été décrite par l'inventeur lui-même dans son *Rapport sur les turbines à vapeur* à l'Exposition universelle de Paris 1900.

Elle consiste essentiellement en une série de disques en tôle emboutie, portant à leur périphérie des ailettes d'acier rivées et qui sont calées sur un arbre tournant dans une boîte en deux pièces, dont l'une forme couvercle.

Cette boîte porte à l'intérieur des diaphragmes munis d'aubes directrices qui ont pour but de redresser le courant de vapeur après son passage dans les aubes mobiles. Les aubes vont en augmentant de hauteur au fur et à mesure que la vapeur se détend et quand elles deviennent trop grandes, on accroît le diamètre des disques emboutis. L'arbre est porté par trois paliers dont un à l'intérieur même de la turbine, ce qui est certainement un point faible. La distribution de vapeur se fait au moyen de robinets.

Pour les turbines qui sont destinées à la propulsion des bateaux, l'inventeur a prévu un dispositif permettant la marche en arrière.

Aujourd'hui, il n'y a que peu de ces turbines en usage dans l'industrie et il est difficile de se prononcer sur leurs avantages et inconvénients. Depuis le mois d'août dernier, les mines de Bruay emploient, à leur fosse n° 5, une turbine Rateau qui est mue par la vapeur d'échappement des machines, emmagasinées dans l'accumulateur de chaleur inventé également par M. Rateau. Cette turbine, d'une puissance nominale de 300 chevaux, actionne directement deux dynamos à courant continu, alimentant un réseau composé de deux ponts de 250 volts chacun. Les essais pratiqués sur cette installation ont montré que la turbine consommait de 24.2 à 25 kilog. de vapeur à la pression de 0<sup>k</sup>85 et 0<sup>k</sup>89 par cheval-heure effectif et pour des puissances de 195 et 198 chevaux. Mais il est évident que ces chiffres ne peuvent pas servir dans l'espèce de critérium, car ils dérivent d'une application toute spéciale de turbines à vapeur. M. Rateau pense d'ailleurs qu'avec des condenseurs donnant 70 centimètres de vide, il pourrait abaisser la consommation de vapeur à basse pression à 12 kilog. par cheval électrique et par heure (1).

---

(1) *Comptes-rendus mensuels des réunions de la Société de l'Industrie minière*, novembre-décembre 1902.

En 1876, M. Parson a commencé des essais au moyen de turbines à un seul disque basées sur le même principe que celle dont parle l'architecte Branca dans son traité de physique écrit en 1629. Mais quelques années après, il a abandonné complètement ce type, pour en arriver à construire des appareils à disques multiples. Il a créé une turbine de chacune des catégories, centrifuge, centripète et axiale; les deux premières ont ensuite été délaissées par lui-même et il s'en est tenu exclusivement à sa turbine axiale qu'il a successivement perfectionnée jusqu'à en faire une machine dont l'emploi s'est considérablement développé depuis quelques années en Angleterre, et qui commence à jouir d'une certaine vogue sur le continent.

A l'installation de deux turbines de 1400 chevaux faites en 1900 à la station centrale électrique d'Elberfeld, ont succédé notamment celles des services industriels de la ville de Neufchâtel, des Ateliers de la Marine française d'Indret, des Tschoepelner Braunkohlen à Tschoepeln, de la Société Edison à Milan, etc.; bientôt, un paquebot qui fait le service entre Douvres et Calais sera mû par des turbines Parson's et l'on prétend que la traversée pourra avoir lieu en 40 minutes; sous peu, deux de ces turbines de 400 chevaux chacune seront en fonctionnement dans un des plus importants charbonnages du Hainaut; à l'exposition de Paris en 1900, on pouvait voir deux turbines Parson's actionnant respectivement des dynamos de 75 et de 500 kilowatts.

La description de cette ingénieuse machine a paru dans plusieurs publications étrangères (1); nous renvoyons notamment aux travaux de MM. Duchanoy et Sinell pour compléments éventuels à la brève description donnée ci-après.

---

(1) Voir : Le *Génie civil*, n° 988, du 15 mai 1901 : *Turbines à vapeur Parson's*, par M. DUCHANOY, ingénieur civil;  
*Ein Vortrag gehalten am März*, 1902, in Beuthen, O. Sch. von EMIL SINELL, ingénieur.

*Description de la turbine.*

Elle se compose essentiellement d'un arbre horizontal en acier, à la périphérie duquel sont fixées des couronnes de petites aubes en bronze implantées par queue d'aronde. Cet arbre est enveloppé par un manchon cylindrique fixe formé de deux sections assemblées; ce manchon porte également des couronnes de petites ailettes. Lorsque l'arbre est placé, les couronnes qu'il porte alternent avec celles du manchon.

FIG. 1.

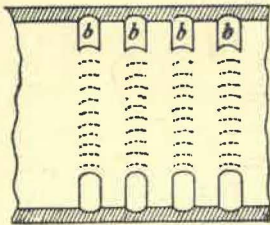
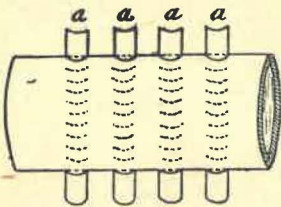


FIG. 2.

La figure n° 1 représente schématiquement une portion de l'arbre avec huit ailettes seulement, la trace des autres étant simplement indiquée.

La figure n° 2 montre, de même, une partie du manchon fixe avec huit ailettes, la trace des autres étant aussi figurée.

Les ailettes fixes représentées en *b* qui servent de directrices pour la vapeur, alternent avec les ailettes mobiles *a*; un jeu mécanique convenable est ménagé entre elles.

Le croquis n° 3 montre cette alternance en indiquant la

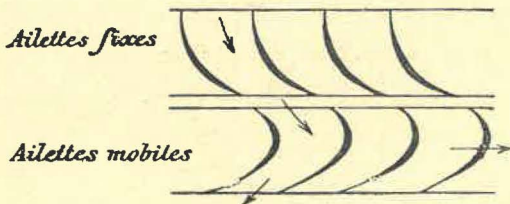


FIG. 3.

forme des ailettes. La vapeur chemine donc axialement dans la turbine.

Afin de tenir

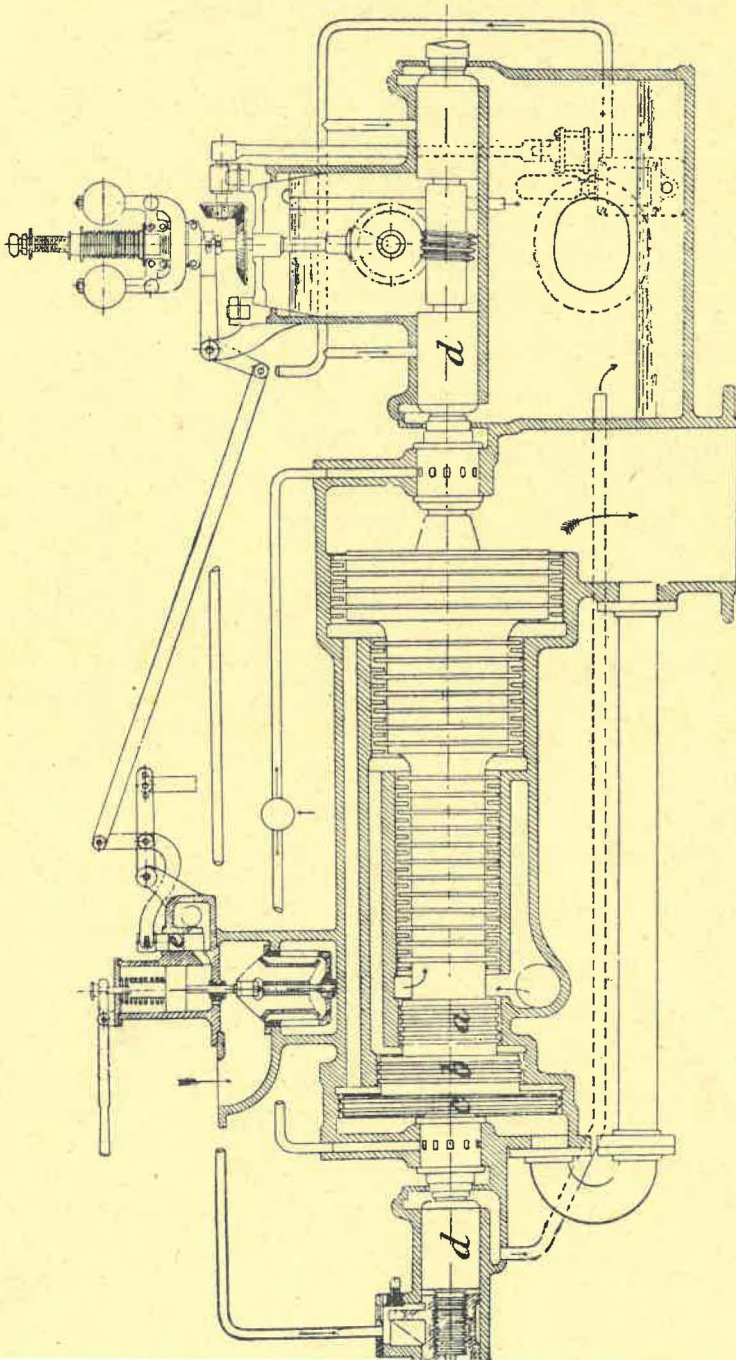


FIG. 4.

compte de sa détente, le diamètre de l'arbre et la dimension des aubes s'accroissent après une certaine longueur de parcours. Pour combattre les pressions longitudinales que ces accroissements successifs de diamètre entraînent, trois pistons à rainures circulaires sont disposées comme la coupe de la figure 4 le montre en *a*, *b* et *c*.

L'arbre en sortant du manchon traverse deux faux paliers portant des cannelures fixes qui viennent s'emboîter dans des cannelures qu'il porte lui-même (paliers à peignes) sans qu'il y ait contact; un tuyau amène une faible quantité de vapeur prise à la boîte de distribution dans ces paliers spéciaux.

Par cette disposition, bien qu'il n'y ait pas de bourrage, aucune fuite de vapeur ne se produit, et le contact entre l'huile de graissage et la vapeur est évité. Au-delà, en *d* viennent les paliers, dont les coussinets consistent en plusieurs douilles enfilées l'une sur l'autre; ces douilles portent des trous pour laisser pénétrer l'huile foulée sous pression. De cette façon, des couches d'huile séparent constamment les douilles et l'arbre tourne sans frottement de métal sur métal, ce qui est important, étant donné que ces machines atteignent jusque 3,000 tours par minute. L'huile de graissage est mise en circulation continue.

L'admission de vapeur s'opère par un mécanisme très simple qui est en relation directe avec le régulateur à force centrifuge. Une soupape à double siège admet la vapeur dans la turbine un certain nombre de fois par minute; le mouvement de cette soupape est commandé par un petit cylindre *e* qui, par son mouvement de va et vient, laisse échapper un certain nombre de fois par minute la vapeur qui soulève un piston portant la soupape d'admission.

Le cylindre *e* reçoit lui-même son mouvement d'un système de leviers reliés, d'une part, par vis et excentrique à l'arbre, d'autre part au régulateur. Quand la turbine tend



à ralentir, les leviers dépendants du régulateur agissent de telle sorte que la soupape d'admission reste plus longtemps ouverte et inversement. L'oscillation constante des pièces sur lesquelles le régulateur doit agir rend son action très rapide et efficace.

Ces turbines sont, généralement, accouplées directement avec des dynamos à courants continus ou alternatifs: elles constituent ainsi des groupes électrogènes nommés souvent turbo-dynamos.

Le nombre de tours ne dépasse pas 3500 par minute et pour des machines puissantes, il descend à 1100.

Quand la puissance atteint des chiffres élevés, on est obligé d'employer des arbres assez longs et pour empêcher les vibrations, on constitue alors l'appareil de deux turbines montées en tandem sur le même arbre, mais tournant dans deux enveloppes tout à fait séparées, de manière que l'on peut alors supporter l'arbre en son milieu par un palier intermédiaire.

### Résultats pratiques (1).

A. — *Résultats d'essais d'un turbo-alternateur pour MM. Schlieper et Baum d'Elberfeld, effectués aux ateliers Brown Boveri & C<sup>ie</sup>, à Baden (Suisse), le 14 octobre 1902.*

#### DONNÉES :

Puissance normale : 500 kilowatts sous  $\cos \varphi = 0,8$ .

Courants triphasés sous 260 volts 50 périodes.

Vitesse : 3000 tours par minute.

Pression de vapeur : 10 atmosphères.

Surchauffe : 250 degrés centigrades.

#### GARANTIES :

Pleine charge : 10,9 k. de vapeur par kilowatt aux bornes

3/4	»	11,3	»	»	»
1/2	»	12,1	»	»	»
1/4	»	18	»	»	»

(1) Dans tous ces essais, la consommation de vapeur a été rapportée à la puissance électrique disponible aux bornes de la dynamo.

## RÉSULTATS D'ESSAIS :

Charge de 487 kilowatts.	. . . . .	9,5 kilos
» 393,4 »	. . . . .	9,78 »
» 376,6 »	. . . . .	9,95 »
» 245,7 »	. . . . .	11,3 »
» 129,7 »	. . . . .	14,7 »
» 41 »	. . . . .	27,25 »

A vide avec excitation, la turbine prend 690 kilos par heure.

» sans » » 532 »

Le vide a été maintenu de 66 à 68 °/ms.

B et C. — *Résultats d'essais d'une turbo-dynamo pour les services industriels de la ville de Neufchâtel, effectués aux ateliers Brown Boveri & C<sup>ie</sup> à Baden (Suisse) par M. l'Ingénieur Chavannes des services industriels.*

## DONNÉES :

Puissance normale : 300 kilowatts.

Courant continu à 600 volts.

Pression de vapeur : 11 atmosphères.

Surchauffe de 44 degrés.

## GARANTIES (sans surchauffe) :

Pleine charge 11,3 kilos de vapeur par kilowatt-heure.

1/2 » 12,6 » » » »

## RÉSULTATS D'ESSAIS :

	SANS SURCHAUFFE		AVEC SURCHAUFFE	
	sans l'énergie prise par le condenseur	y compris l'énergie prise par le condenseur	sans l'énergie prise par le condenseur	y compris l'énergie prise par le condenseur
	Kilog.	Kilog.	Kilog.	Kilog.
Pleine charge .	10.13	10.48	9.45	9.8
Demi-charge. .	11.68	12.1	10.80	11.22

D. — *Résultats d'essais d'une turbo-dynamo pour les ateliers de la marine française d'Indret, effectués aux ateliers Brown Boveri et C<sup>ie</sup>, à Baden (Suisse), le 24 juin 1902. par les agents réceptionnaires : GAL, Ingénieur-délégué; LABON, Chef du service électrique à Indret; STEIGER, Contrôleur de la marine.*

## DONNÉES :

Puissance normale : 280 kilowatts.

Courant continu.

Pression de vapeur : 14 kilos par centimètre carré.

(Sans surchauffe).

## RÉSULTATS D'ESSAIS :

Charge de 280 kilowatts 10,58 kilos de vapeur par kw.-h.

»	263	»	10,71	»	»	»
»	229	»	11,22	»	»	»
»	140	»	12,7	»	»	»
»	113	»	13,58	»	»	»

A vide, sans excitation, la turbine prend 452 kilos à l'heure.

Le vide a été maintenu à 68 c/ms.

E. — *Résultats d'essais d'un turbo-alternateur pour les Tschöpelner Braunkohlen & Thon-Werke à Tschöpel bei Moskau (Allemagne) effectués aux ateliers Brown Boveri & C<sup>ie</sup>, à Baden (Suisse), le 28 décembre 1901, par le professeur H.-F. Weber, de Zurich, agent réceptionnaire.*

## DONNÉES :

Puissance normale : 400 kilowatts sous  $\cos \varphi = 0,8$ .

Courants triphasés sous 2000 volts 50 périodes.

Pression de vapeur : 7,5 atmosphères, sans surchauffe.

## GARANTIES :

Pleine charge 12,50 kilos. de vapeur par kilowatt-heure

3/4	»	13,07	»	»	aux bornes.
1/2	»	14	»	»	»
1/4	»	16,35	»	»	»

## RÉSULTATS D'ESSAIS :

Charge de 400 kilowatts . . . . .	10,50 kilos.
» 300 » . . . . .	11,27 »
» 200 » . . . . .	12,80 »
» 100 » . . . . .	17,35 »

Avec une charge de 414 kilowatts, la surchauffe de 41°,4 a donné une réduction de consommation de 6 p. c.

Avec une charge de 212 kilowatts, la surchauffe de 41°,6 a donné une réduction de consommation de 7 p. c.

F. — *Résultats d'essais divers. — Société Edison Milan, turbo-alternateur de 2000 kilowatts.*

Pression effective : 12 kilos.

Température vapeur : 275° C.

Vide au condenseur : 90 p. c.

Tours par minute : 1500.

Consommation par kilowatt-heure :

Charge 2000 kilowatts . . . . .	7,9 kilos.
» 1500 » . . . . .	8,3 »
» 1000 » . . . . .	9,2 »
» 500 » . . . . .	11,7 »

On trouvera en annexe des diagrammes représentatifs de ces essais.

Dans une communication lue récemment par M. E.-H. Sniffin, à la réunion de l'*American street Railway Association*, à Detroit (Etats-Unis), l'auteur compare les turbines aux machines à vapeur ordinaires au point de vue des frais d'installation et d'exploitation. Des unités de 400 kilowatts seulement peuvent ne consommer que 6,5 kilog. de vapeur par cheval-heure effectif et dans un exemple récent, on a garanti une consommation de 5,2 kil. de vapeur par cheval-heure électrique, pour une turbine de 750 kilowatts. En outre, une charge variable n'est pas incompatible avec un fonctionnement très économique. L'encombrement de la

turbine est 80 % de celui de la machine verticale, 40 % de celui de la machine horizontale. Au point de vue du volume des matériaux de fondation nécessaires, l'avantage est plus marqué encore : le rapport de ces volumes pour la turbine et la machine verticale est de 1 : 9 ; pour la turbine et la machine horizontale, de 1 : 15 (on compare des unités de 1,000 kilowatts). Le prix du bâtiment des machines est sensiblement le même pour le type vertical et horizontal : il est moindre de moitié pour la turbine ; aussi a-t-on pu, dans plusieurs cas que rapporte l'auteur, accroître la puissance d'une installation sans agrandir le bâtiment des machines.

Quant à la turbine elle-même, son prix n'a rien d'excessif ; elle a même encore l'avantage sous ce rapport, si l'on prend un juste point de comparaison (1).

Outre les points indiqués ci-dessus, on peut encore revendiquer pour ces machines les avantages suivants :

1° Facilité d'employer une haute surchauffe ;

2° La vapeur n'étant pas en contact avec des pièces lubrifiées, l'eau de condensation peut sans inconvénient servir à l'alimentation des chaudières ;

3° Par suite de sa marche très régulière, même avec des variations de charge considérables, la turbine peut être employée avantageusement pour actionner des alternateurs travaillant en parallèle ;

4° Les organes sont peu compliqués, comparés à ceux d'une machine à vapeur et ils demandent par conséquent moins de surveillance et d'entretien ;

5° La consommation d'huile est très faible ;

6° Les ailettes ne s'usant pas, le rendement organique de l'appareil se maintient constant. Les seules pièces qui s'usent

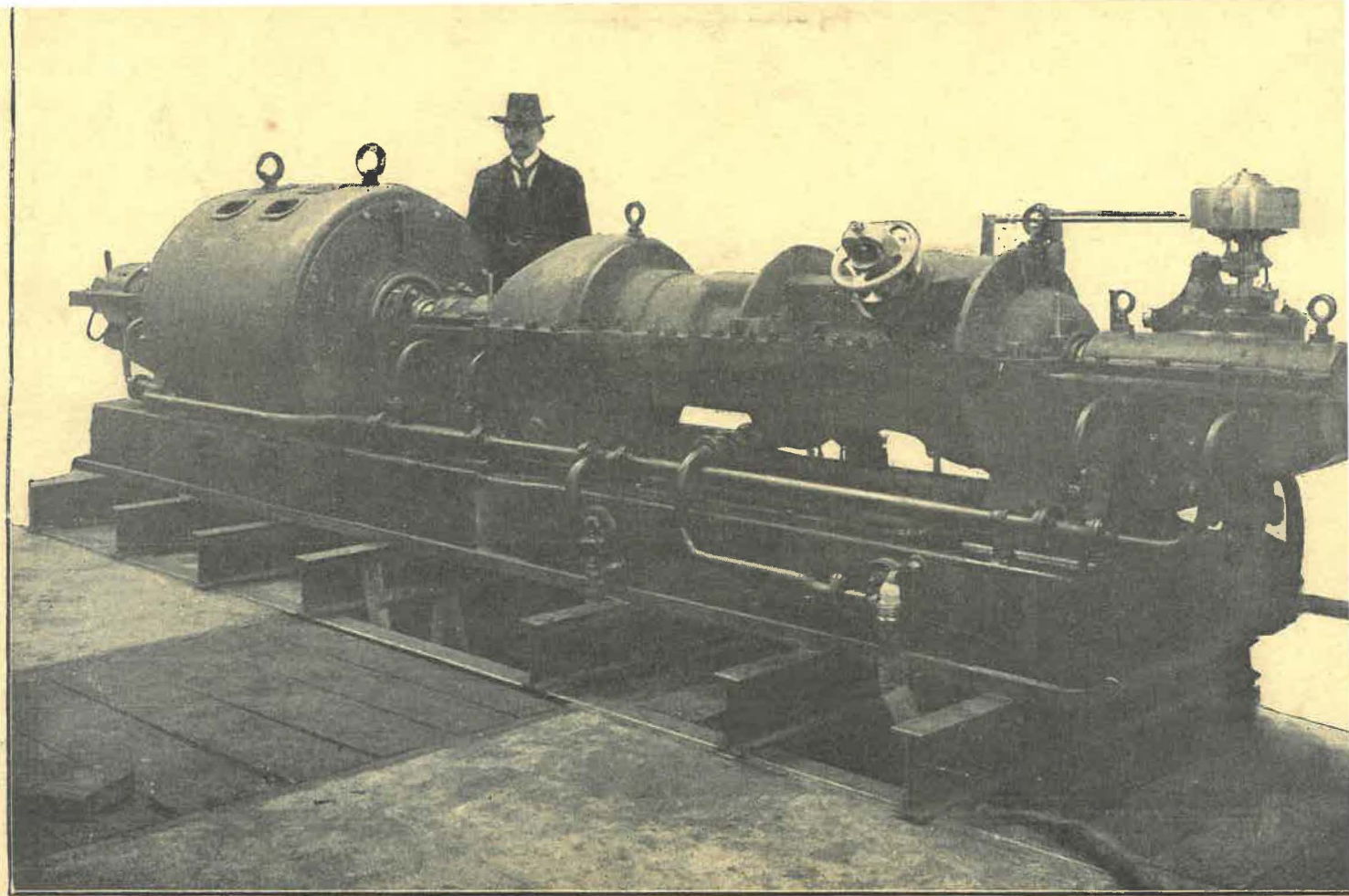
---

(1) D'après l'*Eclairage électrique*, du 29 novembre 1902.

sont les paliers et encore ne faut-il les remplacer que tous les quatre ou cinq ans. Dans une installation anglaise, on a constaté qu'après deux ans, pendant lesquels une machine a fonctionné 12 heures par jour, les paliers s'étaient usés seulement de 0.01 pouce anglais;

7° Etant données les vitesses que l'on peut atteindre avec la turbine Parson's, il est possible d'entraîner directement des dynamos sans devoir recourir à des transmissions de mouvement.

Bruxelles, 3 janvier 1903.



TURBO-ALTERNATEUR DE 300 CHEVAUX DE LA VILLE DE COIRE.

