

Revue Universelle des Mines

70^{me} Année. N° du 1^{er} Mai 1927 — 7^{me} Série - Tome XIV - N° 3

MÉMOIRES :

- HANOCQ, Ch. — Etude expérimentale des paliers de transmission effectuée au Laboratoire de Construction des Machines de l'Université de Liège (*suite et fin*)..... p. 93
- DECHERF, E. — Quelques points de détail sur la fabrication de l'acier au four électrique (*suite et fin*)..... p. 105

BULLETIN :

- GYSEN, E. — Théorie de l'arc à deux rotules (*suite et fin*)..... p. 112

REVUE DES PÉRIODIQUES TECHNIQUES :

- MINES : Le criblage des charbons de petit calibre. — L'électricité dans les mines anglaises en 1925. — Métal substitué au diamant pour sondages. — Etude sur la décantation des eaux du remblayage hydraulique..... p. 122
- MÉTALLURGIE : Les aciéries Ford. — L'Allemagne est bien outillée pour la fabrication de l'aluminium..... p. 123
- MÉCANIQUE : La résistance des dents d'engrenages. — Progrès réalisés en 1926 dans la pratique des centrales thermiques..... p. 128
- ELECTRICITÉ : Protection contre les incendies internes des alternateurs commandés par turbines hydrauliques. — Le contrôle électrique du niveau des eaux. — Fonctionnement et propriétés de la lampe à incandescence à filament rectiligne. — Locomotive électrique à accumulateurs..... p. 131
- CHIMIE : La cellulose de spart et ses applications. — Le problème des carburants au Congrès de Pittsburgh..... p. 133.
- GÉOLOGIE : Le pétrole en Languedoc, France. — Le bassin houiller du Lincolnshire. — Le platine du district de Rustenburg, Transvaal. — Diamants utilisés dans les sondages au diamant. — Un nouveau minéral de bore. — Rendement de l'exploitation du pétrole..... p. 133
- GÉNIE CIVIL : Essai des matériaux pour la route..... p. 135
- DIVERS : Résultats de recherches sur des ventilateurs installés sur une conduite d'essai et conclusions pratiques..... p. 136

Cristalleries

DU

Val St-Lambert

Quelques spécialités :

Verres pour lampes de mines

Verreries de laboratoire en Boromica

Dalles lumineuses.

Protégez l'Industrie Nationale !

Revue Universelle des Mines

Annuaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège A. I. Lg

70^{me} Année. N° du 1^{er} Mai 1927 — 7^{me} Série - Tome XIV - N° 3

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DES PALIERS DE TRANSMISSION

effectuée au Laboratoire de Construction des Machines de l'Université de Liège

(*Suite et fin*)

par Ch. HANOCQ,

Ingénieur A.I.Lg., Professeur à l'Université de Liège

§ 2. — Essais par la méthode directe

Nous avons opéré comme nous l'avons indiqué au § 3 de l'introduction, avec une charge de 75 kg. L'essai effectué avec une température ambiante de 20° et un nombre de tours de 440 par minute, a donné les résultats traduits par la courbe pointillée III de la fig. 16, points marqués d'une croix.

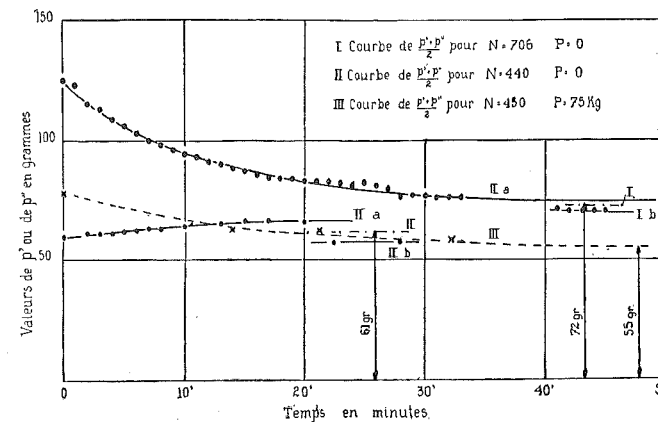


Fig. 16.

Les valeurs notées pour $\frac{p+p'}{2}$ (divisées par deux pour tenir compte de ce que deux paliers entraînent ici en jeu) ont été portées en ordonnées, les temps étant indiqués en abscisses.

La première lecture indiquée au diagramme ayant été effectuée après 20 minutes de marche, nous avons répété les observations à des intervalles compris entre 10 et 20 minutes, en opérant successivement dans les deux sens de rotation.

La courbe III tend vers une asymptote dont l'ordonnée peut être prise égale à 55 gr. ce qui correspond à un couple $P\mu_r = 55 \times 322 = 17710$ grmm.

On voit que le couple diminue de plus en plus lentement à mesure que la température de régime s'établit.

Le fait est plus marquant lorsqu'on opère sur un palier libre d'osciller sur l'arbre.

Ayant effectué l'expérience à la température ambiante de 10°, et ayant fait les premières lectures dès la mise en marche, nous avons pu mettre davantage en relief l'influence de la température, l'écart entre la température de régime et la température ambiante étant alors plus important.

Les points de la courbe I_a (fig. 16) se rapportent aux lectures effectuées avec la transmission tournant à 700 tours dans le sens des aiguilles d'une montre pour un observateur regardant l'extrémité de la transmission.

Les lectures étaient faites de minute en minute, le temps zéro, correspondant à la mise en marche. Les ordonnées fournissent non les couples mais les valeurs de p observées.

A partir de la 40^{me} minute nous avons opéré en utilisant l'autre sens de rotation et noté les points de la courbe I_b correspondant aux valeurs de p' .

En traçant la courbe moyenne située à égale distance des deux courbes I_a et I_b , nous avons obtenu la valeur du couple moyen pour la température de régime.

$$P\mu_r = 72 \times 322 = 23.200 \text{ grmm.}$$

Opérant immédiatement après ce premier essai, mais à 448 tours minute, nous avons constaté que le couple allait croissant suivant la courbe II_a . Cela s'explique par le fait que la température atteinte dans le premier essai dépassait la température de régime du palier à 448 tours. Pour trouver la valeur exacte du couple, nous avons opéré ensuite avec le sens de rotation inverse, et nous avons trouvé les points situés sur la courbe II_b . Le couple à la température de régime, ressort donc à

$$P\mu_r = 61 \times 322 = 19.642 \text{ grmm.}$$

Comme on peut le constater, le couple varie peu avec la charge ; il est même plus petit pour la charge de 75 kg. que pour la charge nulle, mais cela n'est qu'apparent nécessairement, la température

ambiante étant de 20° dans le premier essai et de 10° seulement dans le second.

On peut constater également que le couple augmente rapidement avec la vitesse, puisqu'il passe de 17.710 à 23.200 lorsque le nombre de tours grandit de 445 à 705 tours.

Nous verrons que les résultats ainsi trouvés se rapprochent sensiblement de ceux obtenus par la méthode indirecte, tout en restant toujours plus élevés, toutes choses égales.

Nous croyons devoir ajouter que la méthode indirecte nous paraît plus sûre, plus précise et en tout cas beaucoup plus facile à mettre en œuvre, surtout pour les fortes charges.

§ 3. — Interprétation des résultats

De l'ensemble des essais dont nous venons de rendre compte, il résulte que le coefficient de frottement croît rapidement lorsque la température diminue, et que pour une charge constante ce coefficient varie suivant une loi strictement linéaire avec la vitesse de rotation tout au moins lorsque la charge résulte, non de l'application d'une masse, mais d'une tension provoquée par un ressort.

Pour pouvoir interpréter ces résultats, nous avons été amené à rechercher comment se décomposait la perte de puissance W due à un palier à billes.

Celle-ci comprend :

1° La perte par frottement de roulement, que nous pouvons supposer proportionnelle à μ_r coefficient de frottement de roulement et à la charge $(P + k)$, k étant l'effort supplémentaire résultant de la tension de mise en place des billes entre leurs chemins de roulement :

$$W_r = (P + k) \mu_r k_1 \omega r; \quad (16)$$

dans cette formule ωr représente la vitesse périphérique de l'arbre, k_1 le coefficient par lequel il faut multiplier celle-ci pour obtenir la vitesse de translation moyenne de la résistance $(P + k) \mu_r$;

2° La perte par frottement de glissement des billes sur leurs chemins de roulement, la vitesse à la périphérie des billes étant nécessairement plus grande que la vitesse tangentielle du chemin de roulement intérieur, et plus faible que la vitesse d'entraînement au rayon du chemin de roulement extérieur ; en désignant par μ_g le coefficient de frottement correspondant, nous pourrions poser

$$W_g = 2 (P + k) \mu_g k_2 \omega r, \quad (17)$$

k_2 tenant compte de ce que la vitesse de glissement n'est qu'une fraction de la vitesse périphérique de l'arbre, toutes les valeurs étant par convention rapportées à celle-ci ;

3° La puissance absorbée par les chocs des billes sur le chemin de roulement, celles-ci tendant à partir d'une certaine vitesse à rebondir

et à sautiller, provoquent une perte par chocs, proportionnelle au carré de la vitesse de translation des billes qui est elle-même proportionnelle à $\omega^2 r^2$, et à la masse participant aux chocs, qui est représentée nécessairement par la masse m des billes et par une fraction $k''M$ de la masse supportée par le palier

$$W_c = (m + k''M) k_3 \omega^2 r^2 ; \quad (18)$$

4° Enfin la puissance absorbée par le frottement des billes dans l'huile entraînée par la cage à billes et raclée par celle-ci, cette puissance pouvant s'évaluer de la manière suivante : la force de frottement appliquée à la périphérie des billes étant proportionnelle à la surface en contact avec les billes σ , au coefficient de viscosité ν de l'huile et à la vitesse périphérique $\sqrt{k_4} \omega r$, en vertu de la loi de *Newton* ; on peut donc poser

$$W_v = k_4 \sigma \nu \omega^2 r^2. \quad (19)$$

La valeur de la puissance totale peut s'écrire par définition.

$$W = (P \mu r) \omega = W_r + W_g + W_c + W_v. \quad (20)$$

ou, sous une forme explicite

$$P \mu r = k_1 (P + k) \mu_r \times r + 2 k_2 (P + k) \mu_g \times r + k_3 (m + k''M) \omega r \times r + k_4 (\sigma \nu) \times \omega r \times r. \quad (21)$$

De cette relation on peut tirer

$$\begin{aligned} \mu &= (k_1 \mu_r + 2 k_2 \mu_g) + \frac{k}{P} (k_1 \mu_r + 2 k_2 \mu_g) \\ &+ k_3 \frac{1}{g} \left(\frac{P}{P} + k'' \right) \omega r \\ &+ k_4 \left(\frac{\sigma \nu}{P} \right) \omega r \end{aligned} \quad (22)$$

Cette formule montre que pour une charge constante, μ doit croître linéairement avec la vitesse ωr et doit décroître avec la charge P .

Nous n'avons tout d'abord pas pensé devoir tenir compte du 4^e terme, et nous avons attribué l'allure de la courbe de μ en fonction de N , à l'influence du troisième terme. Cela nous avait conduit à réaliser une série d'essais où la charge était obtenue exclusivement par l'action d'un ressort.

Les résultats, tout en montrant l'influence de la masse, conduisaient à donner au coefficient k'' une valeur peu vraisemblable. Fait nouveau que nous n'avons pu mettre en évidence jusqu'alors, le terme qui dépendait de ω , croissait nettement à mesure que la température allait diminuant.

Pour interpréter ce résultat, force était de faire apparaître un terme dépendant de la température et croissant linéairement avec la vitesse ; c'est ce que nous fîmes en admettant un quatrième terme proportionnel au coefficient de viscosité et à la vitesse relative des billes par rapport à la cage à billes.

Pour vérifier les formules (2) ou (3) ainsi complétées, nous n'eûmes qu'à utiliser les chiffres tirés des expériences effectuées à ce moment. En effet, en opérant avec des charges variables et une température constante nous avons obtenu les diagrammes de la fig. 10.

En prolongeant les droites représentant μ en fonction de N , jusqu'à l'axe des ordonnées, nous avons pu en déduire les valeurs correspondant à $N = 0$, desquelles nous avons tiré

$$C_0 = (P \mu r)_0$$

Portant C_0 en ordonnées, la charge P en abscisses dans le diagramme de la fig. 17, nous en avons déduit la formule

$$C_0 = 2,1 + 0,00067 P r \quad (23)$$

en kg.mm., formule qui fait connaître les deux premiers termes de la relation (22)

$$k_1 \mu_r + 2 k_2 \mu_g \quad \text{et} \quad k (k_1 \mu_r + 2 k_2 \mu_g)$$

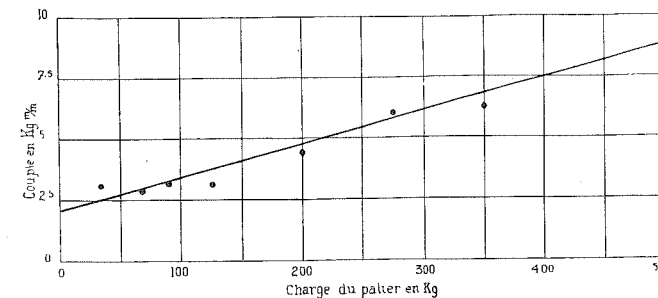


Fig. 17.

Connaissant cette valeur des deux premiers termes il devenait simple d'obtenir par différence la valeur du dernier terme dépendant de ν , viscosité de l'huile.

En opérant comme nous l'avons fait avec une traction par ressort, c'est-à-dire en rendant pratiquement négligeable la valeur du troisième terme, le couple total $P \omega r$ diminué du couple C_0 et divisé par ωr , devait nous donner une quantité égale à

$$k_4 \sigma \nu = \frac{P \mu r - C_0}{\omega r} \times \frac{1}{r} \quad (24)$$

La figure 18 donne en fonction de la température les valeurs de $(k_4 \sigma v)$ dans le système d'unité kg.mm.sec., pour une charge de 125 kg.

Les points marqués de deux cercles concentriques se rapportent l'un aux expériences effectuées pour mettre en évidence l'influence de la charge, et traduites par le diagramme de la fig. 10, l'autre aux expériences effectuées à une autre date (19 mai 26) pour trois charges 125 kg., 250 kg., et 500 kg., mais avec une température ambiante de 12° et une température de régime de 19°5.

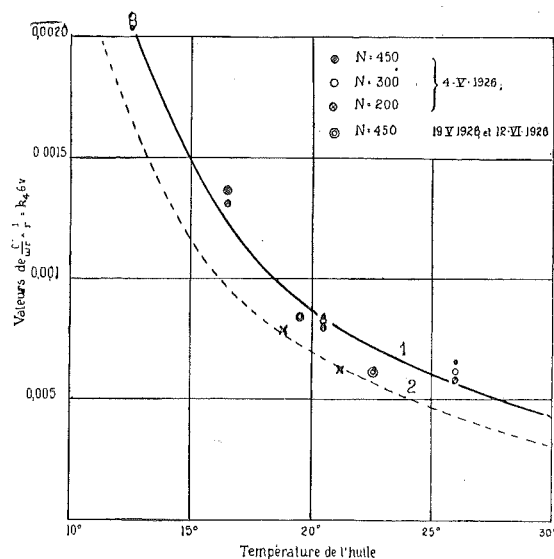


Fig. 18.

Ce fait de l'invariabilité du terme $(k_4 \sigma v)$ avec la vitesse, constitue une première présomption d'exactitude des considérations émises plus haut ; ce qui est plus décisif c'est que l'allure de la courbe s'est trouvée identique à celle de la courbe de viscosité de l'huile employée. La courbe résultant d'essais nombreux effectués à des températures variant entre 10 et 70° au laboratoire du Chimie industrielle de l'Université de Liège, est représentée figure 19, et en la transposant à une autre échelle sur la fig. 18 (courbe *b* pointillée), nous avons pu nous assurer que les ordonnées de l'une variaient proportionnellement à celles de l'autre, à quelques % près.

Il ne pourrait être question de trouver une vérification plus probante, surtout si l'on tient compte de l'impossibilité de réaliser strictement les mêmes températures aux quatre paliers utilisés dans l'essai.

La courbe moyenne (1) étant connue, on voit qu'il est possible d'utiliser la formule (21) pour déterminer $P\mu r$ en fonction de P , pour une température donnée et une vitesse déterminée, dans l'hypothèse

Les points se rapportant respectivement à 12°5, 16°5, 20°5 et 26°, sont déduits de la relation (21) ci-dessus, appliquée aux expériences à température variable (fig. 11), les calculs ayant été faits pour trois vitesses, 450, 300 et 200 tours par minute.

Comme on le voit les points sont sensiblement indépendants de la vitesse et l'on peut tracer une courbe unique moyenne 1, pour relier les différentes valeurs obtenues.

d'une charge appliquée par ressort, c'est-à-dire dans le cas où le troisième terme est négligeable.

Pour vérifier les résultats fournis par cette formule, nous disposions des valeurs relevées dans les essais à charge variable, effectués du 12-6 au 3-8-1926 (courbes de la fig. 10), ainsi que des essais effectués les 19 et 20-5 pour trois charges 125, 250 et 500 kg. mais avec une température ambiante plus faible 12° ; enfin nous pouvions également utiliser les essais effectués par la méthode directe, pour la charge nulle et la charge de 75 kg.

Les essais sous charge variable dont les résultats sont fournis par la fig. 10, ayant toutefois été effectués à la température de régime propre à chacune de charges, il convenait si l'on voulait trouver la courbe de μ à température d'huile constante, de corriger les résultats pour tenir compte de la variation de la température de régime, avec la charge.

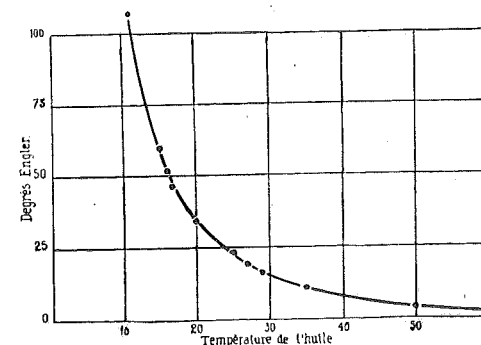


Fig. 19.

Nous avons porté fig. 20, les valeurs trouvées pour le couple en fonction de la charge, à la vitesse de 450 tours par minute, pour une température constante de l'huile de 21° ; ces valeurs sont indiquées par les points noirs, les points blancs représentant les valeurs non corrigées, correspondant respectivement à

- | | |
|---------------------------|--------------|
| 23 environ au lieu de 21° | pour 200 kg. |
| 24 au lieu de 21° | pour 275 kg. |
| 25 au lieu de 21° | pour 350 kg. |

La courbe moyenne tracée pour réunir les points ainsi obtenus correspond à la formule (21), à la condition toutefois de considérer la courbe pointillée de la fig. 18 comme donnant les valeurs de $k_4 \sigma v$. La croix indique en effet, la valeur de $k_4 \sigma v$ à laquelle correspond la courbe (1) pour la température de 21° ; et en utilisant les essais des 19 et 20 mai 1926 effectués à la température ambiante de 12° et avec une température de palier d'environ 18° (essais qui conduisent à la courbe (2) fig. 20) nous avons obtenu le second point marqué d'une croix d'abscisses 18°, situé également sur la courbe pointillée.

Pour compléter la vérification de la formule (22) nous avons porté sur l'axe des couples, pour la charge nulle, les valeurs trouvées par la méthode directe à 10° de température ambiante. (Points marqués de deux cercles). On voit que la moyenne correspond très sensiblement à celle déduite de la courbe (2).

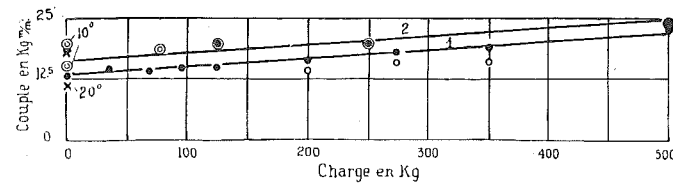


Fig. 20.

Le point fourni par la méthode directe pour la température ambiante de 20° et pour une charge de 75 kg. est également indiqué sur la fig. 20 ; la valeur trouvée se trouve nettement supérieure à celle fournie par la méthode directe.

En opérant avec la méthode indirecte des quatre paliers fig. 5, nous avons obtenu en maintenant une charge nulle, le 17-12-1926, le point marqué par une croix (point inférieur) correspondant à la température ambiante de 20°.

En utilisant deux paliers au lieu de quatre, nous avons obtenu le 26-4-1926, l'autre point marqué d'une croix, mais pour la température de 16°. Ce résultat est un peu trop fort, et il est forcément entaché d'une erreur relative plus grande puisque le couple obtenu par différence, était divisé par 2 non par 4, comme dans l'expérience précédente.

Nous pouvons donc conclure d'une façon formelle, que la formule (21) dépourvue de son troisième terme c'est-à-dire applicable au cas des charges fournies par tension (et non par l'action d'une masse), se trouve vérifiée.

Pour le roulement à billes de 40 mm. nous pouvons dire que

$$C = P \mu r = 2,1 + 0,00067 P r + (k_4 \sigma v) \omega r \times r \quad (25)$$

($k_4 \sigma v$) étant déterminé par le diagramme de la fig. 18 en fonction de la température.

Sans avoir pu vérifier par des essais sur des paliers à billes de même fabrication plus grands ou plus petits, que la formule (25) restait applicable, nous sommes persuadé qu'elle suffit à fournir une valeur très approchée, pour autant que les proportions restent les mêmes et que, pour le troisième terme, on introduise le rapport des surfaces de contact avec les billes $\frac{\sigma'}{\sigma}$ et le rapport $\frac{v'}{v}$, s'il s'agit d'huiles différentes.

Il pouvait rester un doute en ce qui concerne l'influence du dernier terme, fonction de la vitesse, tous les essais dont nous venons de rendre compte ayant été effectués en partant d'une vitesse maximum de 440 à 450 tours par minute. Il était donc intéressant de s'assurer

que la loi linéaire de la variation de μ en fonction de N vérifiée d'une façon si nette jusqu'à 450 tours, se trouvait également exacte pour des vitesses supérieures.

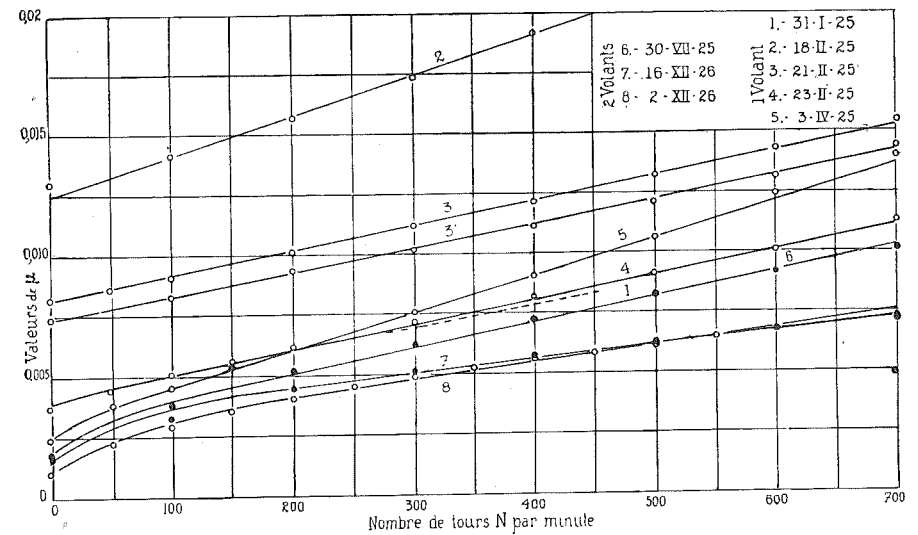


Fig. 21.

Nous indiquons fig. 21 courbe 5, les résultats obtenus avec la transmission à un volant et les paliers à deux rangées de billes pour une température ambiante de 19°, en partant d'une vitesse de 700 tours par minute.

Comme on le voit, les points restent alignés ; il semblerait que μ tende même à croître plus rapidement que les ordonnées de la droite passant par les points relatifs à 400 et 500 tours ; mais nous avons obtenu dans l'expérience avec 2 volants et une température ambiante de 20° (courbe 8) un résultat inverse, les derniers points correspondant aux vitesses élevées se trouvant légèrement au-dessous de la droite passant par les points relatifs à 400 et 500 tours.

Ces différences restant de l'ordre des erreurs d'expérience, nous pouvons conclure d'une façon certaine que la loi reste vraie, en tous cas jusqu'à 700 tours.

Les essais effectués avec les paliers à une rangée de billes ont conduit à la même conclusion ; les résultats de ces essais sont indiqués par les courbes 6 et 7 pour des essais effectués avec 2 volants à des températures différentes, le premier essai (courbe 6) du 30-7-1925 ayant été réalisé avec une température ambiante de 20° mais une température inférieure à la température de régime, le second, courbe 7, ayant été effectué à la température de régime de 25°.

On voit par la comparaison des courbes 5 et 6 d'une part, 7 et 8 d'autre part que la valeur de μ tend à croître moins vite avec le palier à une rangée de billes, qu'avec le palier à deux rangées, à température égale et à charge égale. Ce résultat s'explique puisque les billes sont moins nombreuses avec le palier à une rangée et que partant la surface totale de contact avec la cage est moindre.

En ce qui concerne l'influence de la masse dont nous n'avons rien dit jusqu'à présent, nous devons nous borner à comparer les résultats d'expériences obtenus en opérant avec la charge fournie successivement par un volant puis par deux volants, avec ceux obtenus dans les mêmes conditions de température, mais avec une charge appliquée par ressort.

Sur la fig. 9 nous avons indiqué courbes 1 et 2, les résultats obtenus avec 1 volant et 2 volants et les paliers à 2 rangées de billes.

Nous avons reporté les courbes I et II pointillées de la fig. 10 qui donnent les valeurs trouvées pour μ dans les mêmes conditions de température et avec la même charge appliquée par ressort.

On voit que l'influence de la masse a pour effet de déporter la courbe de μ d'une quantité à peu près constante à partir de la vitesse de 100 tours environ, ce qui permet de fixer approximativement la valeur de k'' . Il est impossible toutefois sans entreprendre des expériences avec plus de minutie encore, de déceler si la masse des billes intervient, et si l'on peut considérer le coefficient k'' comme constant.

Il est presque certain que la masse des billes est négligeable, étant donné les vérifications obtenues dans les expériences précédentes, en éliminant le terme dépendant de la masse des billes. Il est probable au contraire que le coefficient k'' n'est pas indépendant de la charge, mais varie avec celle-ci et avec la raideur de l'arbre.

A la vitesse nulle les courbes en trait pointillé et en trait plein devraient se rejoindre puisque l'écart entre les deux provient d'un phénomène de percussion qui n'apparaît nettement qu'à partir d'une certaine vitesse. Cela se vérifie pour les courbes II et 2, pour les courbes I et 1 cette coïncidence ne se produit pas, mais le point trouvé expérimentalement dans l'expérience à un volant, se trouve nettement trop bas ; il suffit pour qu'il en soit ainsi, que la courbe choisie pour représenter la loi de ralentissement en fonction du temps, ne coupe pas exactement l'axe des temps au point marquant l'arrêt.

Dans l'expérience effectuée avec le palier à une rangée de billes, on peut voir que le point situé sur l'axe des ordonnées (courbe 1) est nettement trop haut, les erreurs dans cette région de la courbe pouvant être très élevées du fait que nous n'avons pu établir l'allure exacte de la courbe entre 100 t/m. et l'arrêt complet.

§ 4. — Influence sur la valeur de μ du mode de graissage et de la présence des feutres de protection.

Nous avons cherché à nous rendre compte de l'influence du mode de graissage sur la valeur de μ ; pour cela nous avons opéré avec les paliers à deux rangées de billes graissées au moyen de graisse consistante.

Les résultats obtenus avec la charge correspondant à un volant, sont indiqués par la courbe pointillée (1) du 31 janvier 1925, et par la courbe (4) du 23 février 1925, fig. 21, le premier essai ayant été effectué à la température ambiante de 18°7 avec un arbre supporté par deux paliers distants de 1 m. 600 le second à la température ambiante de 15° mais avec une distance entre paliers de 0 m. 780.

En comparant ces résultats à ceux traduits par la courbe 5, qui correspond aux mêmes paliers graissés au moyen d'huile, on voit que si le coefficient μ est un peu plus fort aux faibles vitesses, il croît moins rapidement et se trouve inférieur très nettement aux vitesses élevées, à ceux obtenus antérieurement.

En utilisant le mode de graissage par graisse consistante, mais en plaçant des feutres de protection, nous avons obtenu les résultats représentés par les courbes 2, 3 et 3'.

Toutes ces courbes sont sensiblement parallèles à la courbe 4, mais décalées d'une quantité qui dépend du serrage du feutre sur l'arbre.

La courbe (2) a été obtenue avec l'arbre reposant sur des appuis distants de 1 m. 600 ; avec cette distance des appuis, l'arbre prend une flèche assez considérable et exerce en s'inclinant dans les paliers, une pression sur les feutres sensiblement plus grande que la tension de pose ; aussi le coefficient μ est-il augmenté de près de 0,01 par la présence de ceux-ci, c'est-à-dire qu'il est plus que triplé aux petites vitesses et plus que doublé aux vitesses moyennes.

La courbe 3 a été obtenue avec une distance entre les paliers beaucoup plus faible à une température ambiante sensiblement la même.

En opérant après une heure de marche nous avons obtenu la courbe 3' qui montre que la résistance due aux feutres tend à diminuer assez rapidement tout en restant très appréciable.

Nous n'avons pu poursuivre ces essais assez longtemps et assez systématiquement pour pouvoir dire après combien de temps cette résistance devient négligeable sans que l'efficacité des feutres disparaisse. Ce qui est certain c'est qu'avec un arbre peu rigide l'influence des feutres sur la résistance totale reste très considérable.

§ 5. — Conclusions

Des essais que nous avons entrepris sur les paliers à billes, nous avons pu déduire la valeur de μ et partant du couple résistant en fonction de la charge, de la vitesse et de la température; nous avons indiqué la formule qui donne μ en fonction de la charge, de la vitesse et d'un coefficient dépendant de la température de régime.

Nous avons pu établir que le coefficient était proportionnel à la viscosité de l'huile, mais nous n'avons pu faute de temps, établir s'il était proportionnel à la surface des billes, plus exactement à la surface de la cage en contact avec les billes. Il faudrait pour établir une telle relation, opérer avec des paliers de différents diamètres, et ces essais demanderaient un temps considérable.

Si les conclusions sont très nettes en ce qui concerne l'influence de la température, on ne peut en dire autant en ce qui concerne l'influence de la masse.

Tout ce qu'il est possible d'affirmer c'est que cette influence n'est pas négligeable puisque à partir de 100 tours minute, dans les essais effectués et caractérisés par les diagrammes de la fig. 9, l'accroissement du coefficient μ paraît être en moyenne de 0,0012. Nous ne pourrions toutefois déduire de ces essais la valeur des coefficients du troisième terme de la formule (22), avec quelque certitude. Ce qui peut être retenu c'est que pour la vitesse de 150 à 200 tours par minute pour un arbre de 40 mm. de diamètre, la valeur du coefficient μ se trouve aux environs de 0,005 pour une charge normale et une température ambiante de 18°.

Avec les fortes charges ce coefficient peut descendre à 0,0025 mais ce cas ne peut se présenter pour les paliers de transmission qui sont toujours relativement peu chargés.

Avec des feutres de protection, nous pensons que ces chiffres doivent être doublés, au début de la mise en marche en tout cas. Lorsque la température ambiante diminue, la valeur de μ croît rapidement. Avec une température constante de l'huile et une vitesse constante de rotation, μ diminue avec la charge tandis que le *couple résistant reste pratiquement constant*.

Pour émettre des conclusions plus intéressantes, nous attendrons d'avoir rendu compte des essais sur les paliers lisses et de pouvoir établir une comparaison entre les coefficients de frottement propres aux deux types de paliers.

Errata au n° du 1^{er} avril 1927

Pages 10 et 11 lire : $\frac{6}{2}$ P au lieu de $\frac{5}{2}$ P

Formule (7) lire : $\frac{3}{2} \mu_v =$

Formule (8) lire : $\frac{6}{2} \mu_v =$

SOMMAIRE :

Mémoires :	Pages
HANOCQ, Ch. — Etude expérimentale des paliers de transmission effectuée au Laboratoire de Construction des Machines de l'Université de Liège (<i>suite et fin</i>).....	p. 93
DECHERF, E. — Quelques points de détail sur la fabrication de l'acier au four électrique (<i>suite et fin</i>).....	p. 105
Bulletin :	
GYSEN, E. — Théorie de Parc à deux rotules (<i>suite et fin</i>)	p. 112
Revue des Périodiques techniques	122-136

S. A^{me} Belge des Fours Stein et Combustion Rationnelle

68, BOULEVARD DE LA SAUVENIÈRE, LIÈGE

Filiale de la S. A. des Appareils de Manutention et Fours Stein, PARIS
Succursales : Londres-Gênes-Bilbao-Mount Vernon-Pittsburg-Essen

Les Grands Spécialistes du Charbon pulvérisé et Installations au gaz

Appareils individuels " Résolutor ", pour chauffage de chaudières
et Fours métallurgiques

Gazogènes Stein — Appareils à gazéifier Chapman

Demandez-nous études, catalogues, notices.

Références dans le monde entier

78 R 24

Mentionnez la R. U. M. en écrivant aux annonceurs

REVUE UNIVERSELLE DES MINES

DE LA

MÉTALLURGIE, DES TRAVAUX PUBLICS DES SCIENCES ET DES ARTS APPLIQUÉS A L'INDUSTRIE

Annuaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège. (A. I. Lg.)

paraissant le 1^{er} et le 15 de chaque mois

Revue publiée sous la direction du Comité Scientifique de l'A. I. Lg.

Sommaire: Voir 4^{me} page de la couverture

ABONNEMENT } Belgique et Congo Belge: Un an 125 francs
Etranger: Un an 150 francs
Le numéro: 10 francs.

RÉDACTION ET ADMINISTRATION: 16, Quai des Etats-Unis, Liège

Imprimerie H. VAILLANT-CARMANNE, 4, Place St-Michel, Liège. — 266.

Vannes à Eau Vannes à Gaz

les plus robustes

Cie G^{le} des CONDUITES D'EAU

LIÈGE

LIVRAISON RAPIDE

529.8B R 24

Mentionnez la R. U. M. en écrivant aux annonceurs