

Entre 10 h. 7 et 10 h. 11, échauffement propre de $0^{\circ},06$ en 4 m., donc pour la première mesure, échauffement propre de $0,023$ en 1 m. $1/2$.

On en déduit, pour la deuxième mesure :

$$\Theta'_2 - \Theta_2 = 0^{\circ},177$$

D'où :

$$\eta = \frac{425 \times 0^{\circ},177}{104} = 0,72$$

On se trouvait là dans de mauvaises conditions pour exécuter des mesures, surtout en raison de la charge très variable, qui a donné lieu visiblement à des erreurs de lecture. Néanmoins, on entrevoit la possibilité ici encore, c'est-à-dire même pour une chute de 100 mètres, d'appliquer fructueusement cette méthode rapide, avec l'espoir d'en tirer une suffisante précision.

CONCLUSION

Ces mesures sous trois chutes différentes, opérées sur des ensembles de turbines, ont fourni des chiffres très concordants avec ce que nous connaissions par ailleurs de ces machines, en dépit des conditions rudimentaires dans lesquelles nous avons opéré.

Il semble très possible d'admettre qu'en observant un certain nombre de précautions nécessaires, dont il est fait mention ci-après, on puisse arriver à une véritable précision, peut-être à 1 % ou 2 % près) par cette méthode.

Le degré de précision (si l'on admet que le manomètre soit exact à moins de 1 % près, ce qui est réalisable), sera lié, toujours sous réserve de la valeur théorique de la méthode, à l'exactitude de la mesure de $\Theta'_2 - \Theta_2$, ou de $\Theta_2 - \Theta_1$.

Or, les causes d'erreurs possibles qui ont apparu sont principalement les suivantes :

1° Variations diurnes de la température de l'eau.

2° Effet de la capacité thermique des masses en jeu : turbine, parois du canal de fuite, masse d'eau contenue entre l'échappement de la turbine et le point où l'on prend la température Θ_2 , cet effet pouvant se faire sentir sensiblement si le régime de marche est variable.

3° Effet de la capacité thermique du tuyau, robinet et récipient avec lesquels on « détend » de l'eau de la conduite forcée.

Précautions à prendre. — Pour éviter ces diverses causes d'erreurs ou tout au moins pour réduire leur importance au minimum, on devra, dans la mesure du rendement d'une turbine :

D'abord, opérer à régime constant pour chaque degré de charge, en libérant la turbine de son régulateur, et en maintenant la charge aussi constante que possible, pour que la vitesse ne varie pas trop.

Pour chaque degré de charge, attendre que les régimes de température se soient établis (3 ou 4 minutes suffisent) en toutes les parties, turbine et canal de fuite.

Ne pas prendre les températures dans les remous et tourbillons, mais en des endroits aménagés à cet effet, où l'eau circulante est calme et pas trop rapide, pour éviter l'effet de frottement sur le thermomètre.

Dans la mesure de Θ'_2 , dans un récipient léger et assez netil, avoir un débit d'eau convenable par rapport à sa contenance, pour que l'énergie de l'eau se transforme en chaleur uniquement dans le récipient, sans projections au dehors (disposition de chicanes, etc...). que l'eau déborde abondamment, mais sans vitesse, du récipient. Au moment

de la lecture, faite après un temps suffisant, pour que l'équilibre de température soit réalisé, fermer le robinet pour que l'eau soit calme et lire immédiatement.

Tenir un compte exact, par des calculs appropriés, de la variation diurne, ascendante ou descendante, de la température propre de l'eau, cette variation étant parfois très sensible, comme on l'a vu ; emploi de mesures simultanées, au signal, si on le peut, à l'aide de thermomètres soigneusement comparés.

Si l'on mesure le rendement par la formule (2), (mesure de $\Theta_2 - \Theta_1$), la mesure de Θ_1 nécessite des thermomètres spéciaux, résistant à la pression ; se méfier des effets de celle-ci sur les indications du thermomètre (compression des parois). Si l'on mesure Θ_1 dans la chambre de mise en charge, à l'entrée dans la conduite, tenir compte du temps d'écoulement pour arriver à la turbine, car des mesures simultanées ne conviendraient plus alors.

Enfin, si l'on juge à propos de tenir compte des pertes dans le ou les paliers de la turbine, on peut, soit en faire une évaluation approximative, soit évacuer, dans le canal de fuite, les calories qui proviennent de ces pertes, par une faible circulation d'eau prélevée dans le canal de fuite lui-même à l'aide d'une pompe.

Cette correction doit être d'ailleurs de peu d'effet en général (1 % probablement, pour les raisons indiquées déjà).

En terminant, et au risque de nous faire taxer de monotonie, nous ne saurions trop insister à nouveau sur le caractère *hypothétique* d'exactitude philosophique de la méthode que nous venons d'exposer.

Nous espérons que les quelques chiffres et quelques résultats d'essais rapportés plus haut démontreront notre parfaite bonne foi en la matière. Notre sincère espérance est qu'un mouvement d'opinion sera ainsi créé autour d'une question d'une importance capitale. Nous accueillerons avec le plus grand plaisir, nous sollicitons même les explications, observations ou suggestions qui pourraient nous être présentées par nos confrères et amis de l'industrie.

16 août 1920.

L. BARBILLION et A. POIRSON.

L'ÉTUDE DES COUPS DE BÉLIER

DANS LES
CANALISATIONS MÉTALLIQUES SOUS PRESSION

RÉSULTATS OBTENUS PENDANT LA GUERRE
(SUITE)

6. *Transmission du coup de bélier provenant d'une fermeture brusque.* — L'un de nous a montré que les réflexions qui se produisent dans une conduite à caractéristiques variables aux jonctions des divers tronçons ont pour effet de modifier complètement le phénomène de la transmission intégrale dont nous avons parlé plus haut dans le cas des conduites à caractéristique unique. La valeur du coup de bélier au moment où l'onde arrive en haut sera :

$$y = y_0 + f_1 \prod_{i=1}^{i=n-1} \left(1 - \frac{\alpha_i + \alpha_{i+1}}{\alpha_i + \alpha_{i+1} + 1} \right), \quad (21)$$

$i = 1$

α étant le rapport $\frac{a}{S}$.

Dans les conduites industrielles, il y a donc diminution dans le premier parcours. Cette diminution peut atteindre 11 % dans la chute de 250 m. de Soulom. Cependant, il ne faut pas toujours compter sur cette diminution, car le jeu des réflexions peut arriver à augmenter au contraire la valeur du coup de bélier dans les périodes suivantes.

7. *Subdivision d'une conduite industrielle en 2 ou 3 tronçons.* — Pour faire la subdivision par exemple en deux parties, on trace une courbe des vitesses a en fonction du temps mis par l'onde pour aller du distributeur au point considéré. On prend sur la courbe le point d'abscisse $\frac{T}{2}$. T désignant le temps total mis par l'onde pour aller du distributeur à la chambre de mise en charge.

On divise donc la courbe en deux parties.

Les longueurs l et l' sont données par la somme des longueurs des tronçons compris dans chacune de ces parties. Connaissant l et l' , on a :

$$a = \frac{l}{\frac{T}{2}} \qquad a' = \frac{l'}{\frac{T}{2}}$$

On procède de même pour la subdivision en trois tronçons.

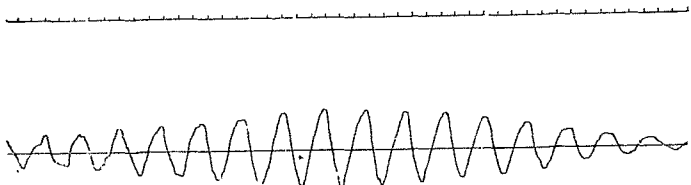


Fig. 10. — Expérience du robinet tournant. Résonance de la période apparente (Gave de Caunterets)

8. *Phénomènes de résonance.* — En employant la méthode du robinet tournant à l'Institut Electrotechnique et à l'usine de Soulom, sur des conduites à caractéristiques variables, nous avons trouvé que la première résonance correspond à la période apparente et que les autres correspondent aux harmoniques impairs de la période $4 \sum \frac{l_i}{a_i}$. Par exemple, sur une conduite formée de deux parties : l'une de 201^m63 de longueur ayant un diamètre de 80^{mm} et une vitesse $a = 1300^m/s$, l'autre ayant 105^m85, un diamètre intérieur de 40^{mm} et une vitesse de 1.356 mètres, la subdivision en trois tronçons d'une pareille conduite donne :

$$\frac{l}{a} = \frac{l'}{a'} = 0^s,0775; \qquad \frac{l''}{a''} = 0^s,078.$$

Les résonances ont été :

RÉSONANCES

Période $4 \sum \frac{l_i}{a_i}$	Période apparente	3 ^e harmonique	5 ^e harmonique
0 ^s ,93	0 ^s ,70	0 ^s ,31	0 ^s ,18

La résonance la plus importante au point de vue technique est celle de la période apparente.

Ainsi une expérience faite à l'usine de Soulom sur la chute de 120 mètres nous a donné les résultats suivants :

La conduite essayée avait 350 mètres de longueur et 1^m20 de diamètre, la charge 120 mètres d'eau ; nous avons employé un robinet à boisseau dont la lumière n'avait que

22^{mm} × 48^{mm}, soit 10^{cm}² environ, et qui tournait avec une vitesse telle que la durée séparant deux ouvertures consécutives, était 1^s,36, période apparente de la conduite. Nous avons ainsi créé des variations de pression dont l'amplitude totale représentait une colonne d'eau de 72^m50 de hauteur. La figure 10 représente une résonance de la période apparente de la conduite C₃ de Soulom, alimentant une turbine Bouvier de 3.500 chevaux.

Remarque sur la déformation des ondes. — Comme il arrive généralement dans des phénomènes analogues, l'onde se déforme en se propageant. Nous avons montré qu'elle s'étale en même temps que son ordonnée maximum diminue. Mais, dans les conditions ordinairement réalisées dans la pratique industrielle, il se trouve heureusement que la déformation de l'onde est assez faible pour qu'on puisse, dans une première approximation, admettre que la vitesse a a une valeur bien déterminée. La méthode de la dépression brusque permet de se rendre compte du degré de longévité de l'onde.

(A suivre.)

C. CAMICHEL,

Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur de l'Institut électrotechnique de Toulouse.

D. EYDOUX,

Ingénieur des Ponts et Chaussées,
Ingénieur principal à la C^{ie} du Midi.

Houille blanche, Electricité, Agriculture

Il nous a paru intéressant de rassembler quelques-unes des nombreuses questions qui peuvent se présenter lorsqu'on est amené soit à utiliser l'eau d'une façon intégrale, soit à aménager une région géographique d'une façon intégrale. Ces problèmes qui, au fond, sont pour la plupart bien connus, exigent, pour être conduits avec le plus de logique possible, que l'on ait sans cesse à la pensée les rapports entre la Houille blanche et l'Agriculture, le rôle ou le rendement de l'eau en force motrice d'une part, en irrigations de l'autre, ou encore comme voie de navigation. Examinant les questions d'un autre point de vue, celui de l'agriculteur, quels sont les besoins, en eau, en énergie, en électricité et en voies navigables de l'agriculture et qui, plus est, des populations rurales ?

Les agriculteurs sont des retardataires, n'est-il pas vrai ? D'aucuns en concluent qu'en général, ils n'ont que faire de l'énergie mécanique ou de l'électricité, que ce sont là des perfectionnements de l'industrie moderne bien au-dessus de leur portée et de leurs besoins.

Nous allons voir qu'il est peut-être bientôt temps, au contraire, de songer à mettre les forces hydrauliques et électriques, les transports fluviaux, à la disposition de l'industrie vitale du monde.

D'ailleurs, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui le sentent, en contemplant cette terre que l'ouvrier hait parce qu'elle demande trop de sueur, ce sont les agriculteurs eux-mêmes qui sentent la nécessité d'avoir recours à une énergie étrangère et si la machine vivante subsiste plus longtemps en agriculture que dans les autres industries, c'est parce que les bêtes de somme y sont, en quelque sorte, à pied d'œuvre : l'habitude de les utiliser est nécessairement plus vivace et, de plus, les machines entièrement « mécaniques » ne sont pas encore adaptées d'une façon satisfaisante aux travaux agricoles.