Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 78 (1952)
Heft: 18: Comptoir Suisse, Lausanne, 13-28 septembre 1952

Artikel: Sur l'écoulement du fluide dans les machines hydrauliques
Autor: Margarit, Georges
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-59003

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Siehe Rechtliche Hinweise.

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. Voir Informations légales.

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. See Legal notice.

Download PDF: 05.05.2025

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

78e année 13 septembre 1952 No 18

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour les abonnements s'adresser à :
Administration du « Bulletin technique de la Suisse romande » Librairie Rouge & Cie S. A., Lausanne
Compte de chèques postaux II. 5775, à Lausanne
Prix du numéro : Fr. 1.40

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Société vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitaux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux, ingénieur ; H. Matti, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgurin, architecte ; E. Martin, architecte ; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel : MM. J. Béguin. architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; D. Burgener, architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration de la Société anonyme du Bulletin Technique : A. Stucky, ingénieur, président ; M. Bridel ; G. Epitaux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces
Le millimètre (larg. 47 mm) 24 cts
Réclames : 60 cts le mm (largeur 95 mm)
Rabais pour annonces répétées
Annonces Suisses S.A.
5 Rue Centrale. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Sur l'écoulement du fluide dans les machines hydrauliques*, par GEORGES MARGARIT, I. I. E. B., Barcelone. — *Contrôle des explosifs et accessoires de tir sur chantier*, par P. VALLET, directeur de la Compagnie africaine des explosifs S. A. — BIBLIOGRAPHIE. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — DOCUMENTATION DU BATIMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

SUR L'ÉCOULEMENT DU FLUIDE DANS LES MACHINES HYDRAULIQUES

par GEORGES MARGARIT, I. I. E. B., Barcelone

L'écoulement qui a lieu dans une roue hydraulique a été l'objet depuis la création de ces machines d'une multitude de travaux, tant théoriques qu'expérimentaux.

Dans les premières études théoriques, on a cherché à simplifier le problème en introduisant l'hypothèse d'un nombre d'aubes infini, ou aussi, en substituant aux aubes un champ de forces donnant une accélération de liaison qui expliquerait comment le liquide prend ou rend son énergie.

Le but de ces hypothèses est de chercher à pouvoir considérer l'écoulement comme permanent et symétrique par rapport à l'axe de rotation de la roue.

En réalité, le mouvement est essentiellement non permanent et non symétrique, surtout dans la région des aubes.

L'asymétrie de l'écoulement provient du fait que l'action de l'aube sur le liquide exige des pressions différentes sur les deux faces de celle-ci, et il en résulte que le mouvement absolu n'est pas permanent.

Dans tous les cas, nous trouvons comme base de la théorie l'équation d'Euler $H = \frac{1}{g}(u_2 c_{t_2} - u_1 c_{t_1})$, qui donne la variation d'énergie d'un kilo de liquide traversant la roue en fonction de la vitesse tangentielle du liquide et de la vitesse de rotation de la roue. Cette équation s'applique actuellement à l'entrée et à la sortie de la roue, en des points qui n'ont pas toujours été très bien déterminés.

Nous allons établir une généralisation de cette équation en lui donnant en même temps une signification plus précise.

Pour faciliter l'exposé, étudions en premier lieu le cas d'un écoulement plan, ce qui correspond à une roue radiale pure. Dans le cas d'une pompe, la roue agit sur le liquide provenant d'une source située au centre de rotation de la roue (fig. 1).

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le mouvement absolu n'est pas permanent, mais si aucune autre paroi solide que les aubes de la roue n'agit sur le liquide, le mouvement est permanent par rapport à la roue.

C'est donc par rapport à la roue que nous allons étudier l'écoulement.

Nous adoptons un système de coordonnées polaires dont l'origine est le centre de rotation de la roue.

L'équation de continuité pour un fluide incompressible est :

$$\frac{\partial (w_r r)}{\partial r} + \frac{\partial (w_t r)}{r \partial \theta} = 0$$

et elle nous permet de définir une fonction de courant Ψ, par les conditions :

$$w_r = \frac{\partial \Psi}{r \partial \theta} \qquad w_t = -\frac{\partial \Psi}{\partial r}.$$

Le vecteur tourbillonnaire est égal, en tous les points de

l'écoulement, à la vitesse angulaire de rotation de la roue ω ; autrement dit :

$$\frac{\partial (w_t r)}{r \partial r} - \frac{\partial w_r}{r \partial \theta} = 2\omega$$

et en exprimant dans cette équation les vitesses en fonction de la fonction de courant, nous obtenons l'équation différentielle :

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial \Psi}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 \Psi}{\partial \theta^2} = -2\omega .$$

La solution de cette équation est de la forme :

$$\Psi = \Psi_o - \frac{\omega r^2}{2}$$

où Ψ_o est la fonction de courant d'un mouvement qui peut être aussi défini par le potentiel des vitesses $\Phi_o\,(r, \theta)$. Les vitesses du fluide sont alors déterminées aussi par :

$$w_r = \frac{\partial \Phi_o}{\partial r} \qquad \text{et} \qquad w_t = \frac{\partial \Phi_o}{r \partial \theta} + \omega r .$$

Les équations de changement de coordonnées pour passer à des coordonnées absolues sont :

$$r = r_a \quad \text{et} \quad \theta = \theta_a + \omega t = \theta_a - \omega_a t .$$

La fonction $\Phi_o\,(r, \theta)$ devient $\Phi_o\,(r_a, \theta_a - \omega_a t)$ et elle détermine les vitesses absolues du liquide, puisque :

$$c_r = w_r = \frac{\partial \Phi_o}{\partial r} = \frac{\partial \Phi_o}{\partial r_a} \quad \text{et} \quad c_t = w_t + \omega_a r = \frac{\partial \Phi_o}{r \partial \theta} = \frac{\partial \Phi_o}{r_a \partial \theta_a} ,$$

L'énergie du liquide en un point quelconque de l'écoulement peut se déduire de l'équation de Bernouilli :

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{c^2}{2g} = -\frac{1}{g}\frac{\partial \Phi_o}{\partial t} + \text{const.}$$

mais :

$$\frac{\partial \Phi_o}{\partial t} = \frac{\partial \Phi_o}{\partial \theta}\,\omega = -\frac{\partial \Phi_o}{\partial \theta}\,\omega_a = -\frac{1}{r}\frac{\partial \Phi_o}{\partial \theta}\,\omega_a r = -uc_t$$

donc, l'énergie en un point quelconque de l'écoulement est :

$$E = \frac{p}{\gamma} + \frac{c^2}{2g} = \frac{uc_t}{g} + \text{const.}$$

ce qui est la généralisation de l'équation d'Euler que nous cherchions.

Si nous voulons déterminer l'énergie totale du liquide à la sortie de la roue, nous devons résoudre l'intégrale curviligne

$$\gamma \oint E c_r r d\theta$$

étendue à un cercle qui contient les aubes. Si nous prenons un rayon suffisamment grand, la vitesse c_r est due seulement à la source située à l'origine, et devient égale en tous les points de la circonférence du cercle, ce qui nous aide à résoudre l'intégrale. Nous avons alors :

$$\gamma \oint E c_r r d\theta = \gamma c_r \oint \frac{uc_t}{g} r d\theta = \gamma \frac{c_r u}{g} \oint c_t r d\theta .$$

Mais $\oint c_t r d\theta$ est la circulation Γ de la vitesse c_t.

c_r est égal au débit de la source Q, divisé par $2r\pi$, et u est égal à $\omega . r$.

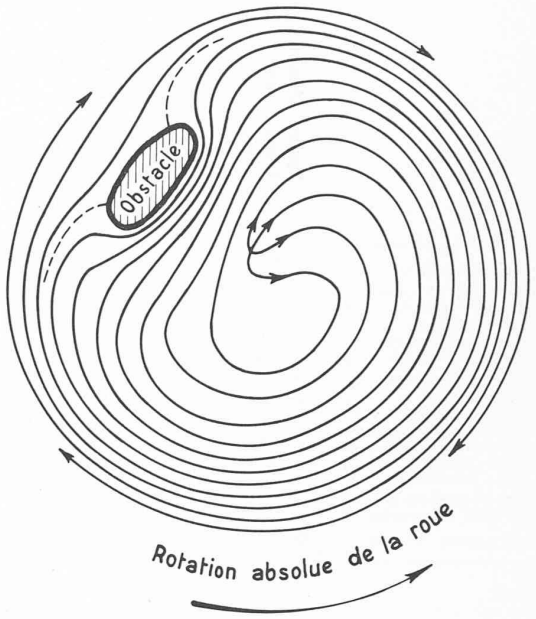

Fig. 1.

En introduisant ces valeurs, nous trouvons :

$$\gamma \oint E c_r r d\theta = \frac{\gamma}{g}\frac{\omega \Gamma Q}{2\pi} .$$

Si nous appliquons cette intégrale à un cercle de rayon suffisamment petit nous aurons également l'énergie à l'entrée de la roue.

La différence de ces deux valeurs est l'énergie gagnée par le liquide (toujours dans le cas d'une pompe).

En résumé, nous arrivons aux conclusions suivantes :

La vitesse absolue en un point quelconque de l'écoulement est déterminée par une fonction potentielle non permanente de la forme :

$$\Phi_o\,(r_a, \theta_a - \omega_a t).$$

Cet écoulement sera défini par des points singuliers situés à l'intérieur de l'aube et qui tournent avec elle à la vitesse angulaire ω. L'énergie en un point quelconque est déterminée par l'équation :

$$E = \frac{uc_t}{g} + \text{const.}$$

et pour que l'ensemble du liquide gagne ou perde de l'énergie il faut qu'autour des aubes s'établisse une circulation, sans quoi les aubes ne feraient que produire des différences d'énergie dans les divers points du liquide, sans qu'il en résulte un travail utile.

Par rapport à la roue, nous pouvons aisément faire le tracé des lignes de courant autour d'un obstacle avec circulation (fig. 1), en ajoutant un mouvement potentiel à l'écoulement $\Psi = -\frac{\omega r^2}{2}$.

Le raisonnement qui précède s'applique aussi bien au cas d'un écoulement à trois dimensions et les vitesses sont alors définies par une fonction potentielle non permanente $\Phi_o\,(z_a, r_a, \theta_a - \omega_a t)$ et l'équation de l'énergie $E = \frac{uc_t}{g} + \text{const.}$ reste valable

Comme il existe toujours dans toute machine hydraulique des parties fixes, elles déterminent des vitesses dérivant d'une fonction potentielle Φ permanente. L'écoulement peut être déterminé en additionnant les deux fonctions, ce qui est pratiquement exact lorsque, quand le liquide arrive aux directrices, le mouvement créé par les aubes s'est pratiquement uniformisé et est devenu permanent.

Ainsi, nous pouvons arriver à exprimer mathématiquement la vitesse et l'énergie des particules d'un liquide qui traverse une machine hydraulique, si l'on connaît les points et les lignes singulières qui déterminent les aubes et les directrices.

Adresse de l'auteur :
223, rue Valencia, Barcelone.

CONTRÔLE DES EXPLOSIFS ET ACCESSOIRES DE TIR SUR CHANTIER

par P. VALLET, directeur de la Compagnie africaine des explosifs, S. A., à Casablanca, Maroc [1]

Les travaux de génie civil, les mines et les carrières emploient, pour l'extraction des matériaux et des minerais, des explosifs en quantités parfois très importantes.

Tous les usagers en connaissent les règles d'emploi ; mais des incidents, des accidents peuvent se produire et chacun en recherche bien souvent en vain les causes, faute de pouvoir procéder à une analyse des faits.

Qui doit-on incriminer ?

la mèche,
le détonateur,
l'explosif,

ou l'ouvrier qui a mis en œuvre ces trois éléments qui sont solidaires ?

Bien des fois il est impossible de conclure, faute de méthodes élémentaires de contrôle applicables sur les chantiers.

Nous allons indiquer quelques moyens simples qui permettent de se rendre compte rapidement de la qualité des différents éléments qui entrent dans une mine, tout en envisageant les incidents qui doivent motiver l'emploi immédiat de ces moyens.

RATÉS

Les ratés, très préjudiciables à une exploitation, et très dangereux, peuvent provenir :

1° de la mèche ;
2° du détonateur ordinaire ou électrique ;
3° de l'explosif ;
4° d'une mauvaise conjonction de ces trois éléments.

C'est ce quatrième paragraphe qui est à étudier en premier.

Il faut se rendre compte de la façon dont le boutefeu prépare ses amorçages.

Le sertissage du détonateur sur la mèche est-il correctement exécuté avec une pince spéciale dite pince à sertir ?

Le bout de la mèche entrant dans le détonateur est-il coupé franchement et perpendiculairement à l'axe de la mèche ? n'est-il pas coupé maladroitement en sifflet, ce qui aurait pour effet de rabattre l'onglet sur l'ouverture de l'opercule du détonateur au moment où on introduit la mèche au fond du détonateur, et d'empêcher l'allumage de ce dernier ?

Si ces opérations sont exécutées correctement, il faut passer à l'examen de chacun des éléments du tir.

[1] Texte communiqué par la *Société suisse des explosifs, Gamsen-Brigue (Valais).*

1. Mèches

La mèche peut présenter deux défectuosités :

a) discontinuité du cordon de poudre (pulvérin) ;
b) le pulvérin peut être mouillé ou humide.

Pour procéder à une vérification de la mèche, il faut :

1° Prélever sur le lot suspect, en cours d'utilisation, des rouleaux entiers et les faire brûler.

Si des arrêts de combustion sont constatés, la mèche est ouverte avec précaution aux endroits où ces arrêts de combustion se sont produits, pour voir s'il y a interruption du cordon de pulvérin et par conséquent défaut de fabrication.

Normalement des étiquettes repérées permettent de connaître la date de fabrication et d'adresser au fournisseur des indications précises, lui facilitant le contrôle des fabrications et les recherches.

S'il n'y a pas d'interruption de ce cordon, c'est que la mèche a été mouillée.

Dans ce cas il faut, en premier, bien vérifier les conditions de magasinage et s'il s'agit de mèches dites imperméables, il faut faire des essais d'imperméabilité.

Pour procéder à ces essais on coupe des longueurs d'un mètre environ sur plusieurs rouleaux et on les met en cor de chasse, par un nœud très ouvert, puis on les plonge dans un seau ou une cuve remplis d'eau, en laissant hors de l'eau les deux extrémités (de 10 à 15 cm), et au bout d'une demi-heure on allume les mèches. Elles doivent brûler entièrement.

Si elles ne brûlent pas toutes entièrement, c'est que la qualité de la couche d'imperméabilisation laisse à désirer et que la mèche peut absorber l'humidité de l'air ou l'eau.

Le goudron ou la couche d'imprégnation deviennent cas sants en période froide ou par vieillissement.

Le lot peut être, dans certains cas, à rejeter en entier.

Certains pays, dont la Suisse, sont très stricts sur ce point, et dans ce dernier pays l'imperméabilité d'une mèche se vérifie de la façon suivante : des prélèvements de 50 cm de longueur sont faits sur le lot.

Ces échantillons sont alors pliés en deux, en épingle à cheveux, et introduits par la boucle dans des bouteilles à vin normales d'un litre, remplies d'eau.

Le feu est mis au bout de trente minutes d'immersion et le pourcentage des ratés doit être très faible.

Cette méthode est plus sévère que celle indiquée plus haut et qui, à notre avis, est suffisante dans la plupart des cas.

Nous ne saurions cependant trop recommander la seconde dans les mines et chantiers où des venues d'eau sous pression se produisent dans les trous de mine.