

- the best undertaker in his works at Daggendam Breach by Captain John PERRY.
Éditeur : R. FRANCKLIN, London, 1723.
- Un nouveau type de barrage en enrochements : le batardeau de Marège, par M. MARY.
- Transactions second congress on Large Dams Washington 1936. — Edit. O.C. MERRIL, 1938.
- The Yellow river problem by O.J. TODD and S. ELIASSEN.
Transactions of the ASCE — Vol. 105 — 1940.
- L'hydraulique des ouvrages à claire-voie, par S. V. ISBACH.
- Comptes rendus de l'Institut de Recherches Scientifiques Hydrotechniques de Léningrad — Vol. 19 — 1936.
- Les travaux d'assèchement de l'île de Walcheren, par P.Ph. JANSEN.
- De Ingénieur 25-1-46 et 19-4-46.
- Submerged weir across the South Sault channel of the Lawrence river - The Canadian Engineer - Vol 39 - Nov. 25-1920.
- Emploi de tétraèdres creux en béton armé dans les travaux de rectifications de rivières. - Engineering News Record - Octobre 3-1935.

EFFORTS LONGITUDINAUX PROVOQUÉS DANS LES CONDUITES PAR LA PRESSION HYDRAULIQUE ET LA TEMPÉRATURE

Sous ce titre on a pu lire dans le numéro de mai-juin :

« Les effets de la pression sont très souvent négligés alors que le calcul en est très simple »... et encore : « ... la température de pose de la conduite a une grande importance, et il est indispensable de faire le dernier joint au moment de la journée où la température est la plus favorable ».

Ces conclusions ont pu surprendre par leur simplicité — au moins égale à celle des hypothèses :

Il s'agissait « d'étudier les cas les plus généraux en tenant compte de tous les effets, thermiques et hydrauliques », en fait, les effets se sont réduits à ceux de la pression intérieure et des variations de température. N'est-ce pas pousser trop loin le souci de simplification ?

Les efforts longitudinaux

Nous ne prétendons pas traiter cette question, mais seulement préciser qu'il ne suffit pas de considérer uniquement la pression hydraulique et la température pour déterminer l'effort longitudinal sur une conduite et sur un massif d'ancrage.

On peut distinguer dans les calculs les causes d'effort à caractère permanent :

- la pression intérieure,
 - le poids propre de la conduite et de l'eau,
 - l'écartement des appuis,
 - le mode d'appui et la nature du sol,
 - le frottement sur les appuis,
 - la force centrifuge agissant sur les coudes,
 - la température de l'eau,
- de celles à caractère intermittent :
- le remplissage,
 - les surcharges extérieures,
 - la température extérieure lorsque la conduite est vide,
 - les pressions extérieures.

Il arrive même que des causes exceptionnelles et imprévisibles produisent des efforts longitudinaux considérables, telle l'avalanche d'Izourt qui a déplacé une conduite sur 120 mètres avec une flèche de 1 m. 50, provoquant par surcroît un coup de bélier très violent (surpression 50%). (Photo n° 1).

L'effet que peuvent avoir ces différentes causes n'est pas toujours facile à déterminer et la stabilité d'une conduite, le calcul des points fixes, le volume des ancrages ne sont pas aisés à établir dans tous les cas.

Ainsi, le frottement des conduites sur leurs supports est mal connu d'autant plus qu'il varie suivant que la conduite est pleine ou vide. La

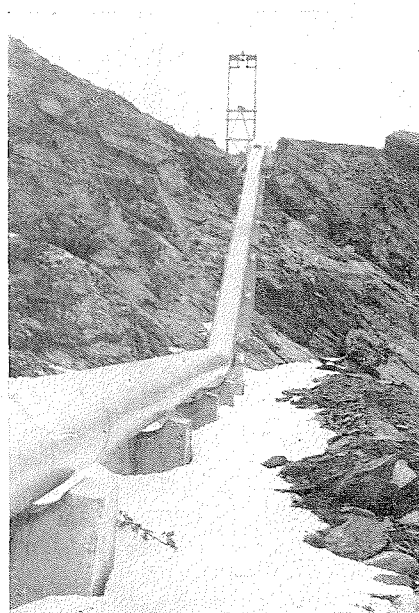


PHOTO N° 1 — IZOURT

L'accident survenu le 24 mars 1939 aura permis d'utiles constatations et de précieux renseignements sur la résistance des conduites forcées non seulement aux coups de bélier mais surtout aux effets longitudinaux exceptionnels.

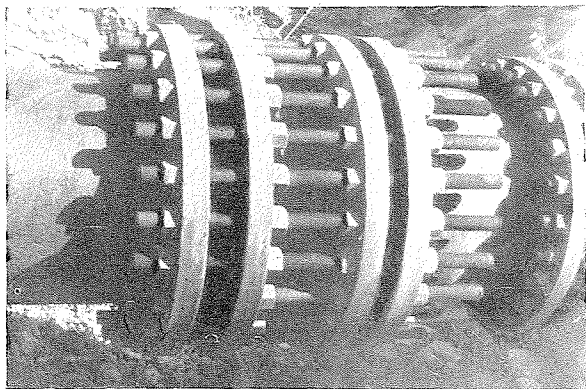


PHOTO N° 2 — LA NEUVACHE.

Joint spécial à réglage périodique pour rattraper les déplacements du terrain.

tenue des supports sur certains terrains est très variable et il peut même arriver qu'elle varie d'année en année comme à la Neuvache où il a fallu prendre des dispositions particulières. (Photo n° 2).

Les causes les plus simples sont précisément la pression hydraulique et la température lorsqu'elles sont considérées seules.

Un peu d'histoire

Sans remonter aux origines on peut dire que depuis que les conduites forcées sont destinées à alimenter des usines d'une certaine importance, les dilatations et les raccourcissements dus aux variations de température ont été étudiés et discutés.

Il y a plus de 25 ans que l'on a coutume de distinguer la « Technique Suisse » et la « Technique Française », les premiers étaient partisans d'ancrer tous les coudes sans exception, à les transformer en points fixes et à mettre entre chaque intervalle des joints de dilatation. Certains climats et certains modes d'exploitation nécessitent toujours la présence de ces appareils délicats. Mais les Français se sont attachés à résoudre le problème différemment en établissant des points fixes sur les parties rectilignes.

Citons pour mémoire les travaux de M. BARTICLE qui a fait intervenir, dans le calcul de l'effort maximum, la flèche de la conduite entre les ancrages, et a démontré ainsi l'avantage qu'il y avait à ne pas ancrer les coudes et à ménager entre deux ancrages une flèche sensible.

Il est évident que lorsqu'il existe en nombre suffisant des joints de dilatation, la température de pose de la conduite peut être quelconque, mais il n'en est plus de même dans le cas contraire. C'est ce que souligne M. EYDOUX

(Hydraulique Industrielle et Usines Hydrauliques - 1921) :

« Dans ce cas l'étude de la stabilité de la conduite repose entièrement sur des écarts de température. Il faut en conséquence que la conduite soit « arrêtée » à une température absolument fixée d'avance et correspondant aux calculs ».

En pratique, c'est bien ainsi que la chose est considérée, d'autant plus qu'il n'est pas toujours possible de laisser libres des coudes entre les ancrages, et les constructeurs se sont imposés des limites de fatigue longitudinale à ne pas dépasser (1).

D'autre part les dispositions nécessaires sont prises pour laisser les conduites se dilater librement au cours du montage (photo n° 3) et des consignes précises sont en vigueur pour déterminer à quel moment il faut effectuer le blocage d'un joint ou encore la mesure et la pose d'un faux-joint.

Le blocage d'un joint peut se faire de différentes façons. Lorsqu'il s'agit de raccorder un tronçon à un autre on dispose généralement d'une manchette coulissante. Le tronçon amont est fixe, le tronçon aval coulisse et ne subit aucun effort anormal.

(1) Cf. « Conduites forcées - Conditions Techniques d'établissement » - 1927 - « Conduites forcées - Technique 1941 », édités par la S.D.E.M. et par les E.B.V. - Grenoble.

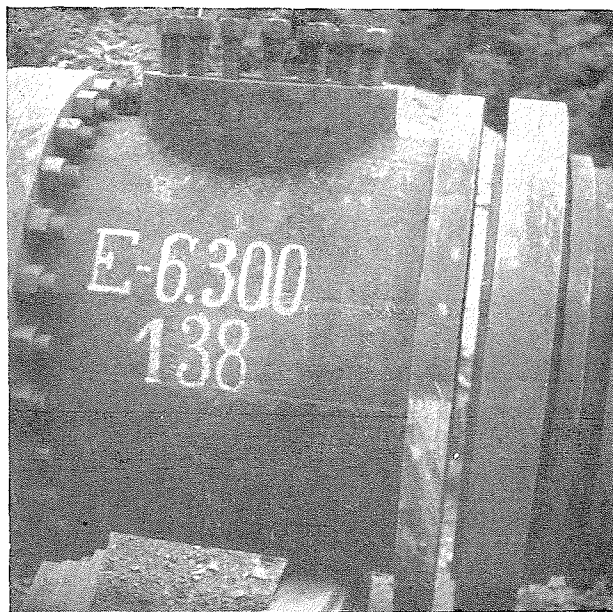


PHOTO N° 3

La conduite est libre à l'aval tant que le montage n'est pas entièrement terminé. La mesure du faux-joint se fera à une température généralement comprise entre + 5° et + 10°.

Lorsqu'il s'agit de raccorder une conduite à un appareil quelconque (robinet, etc.) chaque extrémité porte une bride ; entre ces brides on laisse un espace. Le jeu sera comblé au moment du blocage par un « faux-joint » dont il faut mesurer la cote à un moment précis. (Photo n° 3).

Température de raccordement

« La température normale de raccordement est $+5^{\circ}$, mais comme il peut être difficile d'opérer à une température aussi précise, il y a lieu d'admettre des tolérances et de s'astreindre à ne pas faire les raccordements à une température inférieure à $+5^{\circ}$ ou supérieure à $+10^{\circ}$. Il s'agit, bien entendu, de la température de la conduite et non de la température extérieure, qui peuvent être très différentes l'une de l'autre à certains moments de la journée ».

« C'est dans ces limites que se feront la mesure des faux-joints et l'immobilisation de la conduite. » (2).

On ne doit jamais bloquer les joints au soleil, mais la nuit après 22 heures ou par une journée brumeuse ou pluvieuse. Le blocage doit être effectué par 3 cordons de soudure intérieurs et extérieurs, posés simultanément si possible. Les trois cordons exécutés dans les conditions précédentes, la soudure pourra être terminée à un moment quelconque de la journée.

Il existe souvent des cas particuliers où la température optimum n'est pas $+5^{\circ}$, la température est alors précisée sur les dessins de montage.

On pourrait s'étonner de ce que le blocage soit effectué à une température aussi basse. $+5^{\circ}$ ne correspond généralement pas à la moyenne entre les températures maximum et minimum que prend une conduite vide. On peut en effet concevoir que la variation se passe entre -20° et $+50^{\circ}$. Mais il y a lieu de considérer que les dilatations sont beaucoup moins à craindre que les contractions. En effet dans ce dernier cas (écart de température négatif) la conduite — supposée rectiligne — se tend entre les massifs en conservant la même longueur ; alors que dans le cas contraire elle s'allonge sous l'effet de la dilatation, affectant des formes diverses suivant son orientation et les parties échauffées. De ce fait l'effort n'atteint jamais la valeur donnée par les calculs et il y a lieu de choisir pour la température de blocage une valeur inférieure à celle donnée par la moyenne arithmétique des écarts maximum.



PHOTO N° 4 — ASTON.

Mesure des efforts longitudinaux sur une conduite vide bloquée ; auscultation sonore à l'aide de l'appareil COYNE.

Une justification éclatante de cette technique vient d'être observée à Aston (Ariège) où la conduite est bloquée depuis la fin de l'année 1946 et restera vide jusqu'à fin 1947, vraisemblablement. Au moment des fortes chaleurs de l'été 1947 les déplacements de certains tuyaux « coudes sortants » ont été considérables, la conduite quittant plusieurs supports successifs, sans qu'on ait à enregistrer le moindre incident.

La question est donc bien résolue.

Perspectives d'avenir

Ce n'est pas pour autant que les installateurs s'en désintéressent car, nous l'avons dit, les cas particuliers appellent des solutions particulières pour lesquelles le calcul mathématique reste parfois insuffisant.

Au cours des observations faites sur la conduite d'Aston (photo n° 4) on a utilisé des témoins sonores (système Coyne). Nous nous proposons de donner à ces auscultations sonores davantage d'ampleur et, profitant de cette première expérience, d'étudier systématiquement les contraintes existant aussi bien dans les conduites que dans le béton des ancrages ou des points particuliers, au cours d'un prochain montage.

Il est intéressant de connaître quelle est en réalité la valeur des efforts longitudinaux au delà même du domaine des conduites forcées : il faut en effet s'assurer de l'efficacité de certains ancrages ou de certaines butées, notamment au voisinage des robinets ou autres éléments déformables et délicats qui ne doivent pas subir d'efforts de traction ou de compression.

(2) Plan S.D.E.M. n° 7448.

Disons pour conclure que les efforts longitudinaux qui existent de façon permanente ou intermittente dans une conduite forcée, ne posent qu'exceptionnellement des problèmes pour celle-ci. Les installateurs déterminent l'épaisseur à donner au métal, en tenant compte des causes d'efforts habituelles ou accidentelles, de telle façon que les taux de travail maximum restent dans les limites admises.

L'expérience est sans doute pour eux un élément aussi important que le calcul. Ils ne nient pas cependant que celui-ci apporte encore des perfectionnements à leur technique, et il existe tout un domaine dans lequel ils aimeraient voir s'orienter les recherches, plutôt que de se sentir soupçonnés de négligence sur des questions élémentaires qu'ils ont réglées définitivement en leur temps.

Robert BOUCHAYER,
Ingénieur à la S. O. E. M.

ERRATUM

Une erreur numérique s'est glissée dans l'article de M. ANGLES D'AURIAC du précédent numéro, page 248. La liste des coefficients A est à rectifier comme suit :

$$A_3 = 2,21$$

$$A_4 = 4,72$$

$$A_5 = 8,06$$

$$A_6 = 12,25$$

$$A_7 = 17,25$$

$$A_8 = 23,1$$

$$A_9 = 29,8$$

$$A_{10} = 37,3$$

