

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 30 (1904)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Conduites industrielles à diamètres variables  
**Autor:** Catani, Remo  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-24137>

### **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:** 22.01.2025

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

façon satisfaisante. Il en résulte parfois un désaccord complet, pénible et funeste, entre l'architecte et son client; l'œuvre à laquelle ils ont coopéré est presque nécessairement mauvaise.

M. Grassi, architecte, à Neuchâtel, a pu, en construisant la charmante villa de « La Bergerie » près Nyon, éprouver tout le plaisir qu'il y a à travailler pour un homme de goût. Son client, M. M. Pernod, a su comprendre la valeur du parti-pris de son architecte de rappeler, dans une maison rurale moderne, des silhouettes connues de vieilles constructions suisses; aussi « La Bergerie » telle qu'elle est aujourd'hui, avec ses solides assises en moellons apparents, sa tour charmante de dessin et de proportions, sa silhouette franche et originale, est-elle une des constructions que nous avons vues avec intérêt s'élever en Suisse pendant ces dernières années.

Le cadre grandiose des bords du lac Léman ajoute naturellement son charme particulier à cette villa. Elle est du reste entourée d'arbres superbes, qui auraient difficilement supporté le voisinage d'une construction mesquine et banale, mais qui étaient un décor tout indiqué pour y placer une maison d'un caractère rural et foncièrement suisse.

EDM. BILLE.

## Conduites industrielles à diamètres variables.

Par M. REMO CATANI, ingénieur.

### PREMIÈRE PARTIE

#### Considérations et formules générales.

##### § 1. Prépondérance du coût de la tuyauterie dans une installation hydraulique à haute pression.

Les progrès réalisés ces derniers temps dans les conduites en tôle d'acier ont rendu possible l'utilisation des chutes d'eau de plusieurs centaines de mètres; dans la création de bassins artificiels, en vue d'obtenir de la force motrice, on cherche à rendre les chutes toujours plus fortes, pour réaliser une économie d'installation, en augmentant de cette manière celui des deux facteurs de la force hydraulique dont la création est la moins coûteuse. En 1894, une chute de 630 m. pour une roue Pelton<sup>1</sup> paraissait déjà énorme, mais depuis on a eu d'autres types de moteurs hydrauliques fonctionnant aussi sous des charges très élevées<sup>2</sup>, et dans l'installation de Tanay, en Suisse, des roues Pelton utilisent même une chute de 950 mètres<sup>3</sup>.

Dans ces cas, le coût de la conduite devient une partie très importante des frais d'installation, et l'effort fait pour réduire autant qu'il est possible le poids du métal employé, en tenant compte du plan financier de l'industrie ou d'une perte de charge déterminée, devient très intéressant.

<sup>1</sup> G. Richard, *Bulletin de la Société d'encouragement*, 1894.

<sup>2</sup> J. Buchetti. *Les turbines actuelles et à l'Exposition universelle de 1900 à Paris*.

<sup>3</sup> *Génie civil*, N° du 18 octobre 1902. — *Bulletin Technique* N°s des 5 juillet, 5 août et 5 septembre 1902, page 161 et suivantes.

Récemment, sont apparues plusieurs industries qui exigent, pour leur développement, des puissances absolument énormes, et pour lesquelles le prix du cheval disponible doit être considérablement inférieur à celui d'autres industries; il est pourtant évident que la perte dans les conduites doit être une fonction du prix du cheval produit par les différentes installations. Plusieurs études ont été faites dans ce sens<sup>1</sup>; pour le projet de l'aqueduc de l'Orba, le professeur Zunini<sup>2</sup> a proposé une conduite à diamètres décroissants de haut en bas. On a déduit la loi de variation en établissant le minimum de l'expression du prix d'un mètre linéaire de conduite; pour cela, le poids des matériaux et les profits de l'industrie ont été considérés, en supposant connu le résultat financier de l'entreprise. Mais on peut très rarement établir ce résultat, et on préfère fixer une fraction déterminée de la chute comme perte le long de la conduite. Le diamètre, qu'on maintient toujours constant, est calculé généralement avec la formule ordinaire de Darcy, et plus rarement avec la formule plus moderne de Flamant.<sup>3</sup> La loi de l'épaisseur établie, le poids s'en déduit comme conséquence, sans études préliminaires.

La présente étude examine, au contraire, la variation du diamètre de manière que, étant donnée une certaine perte de charge, la tuyauterie soit moins lourde que celle que l'on aurait en la calculant par la méthode ordinaire.

##### § 2. Formules pour les épaisseurs et les poids des conduites métalliques.

Le poids d'un mètre linéaire de tuyau d'un diamètre donné, supportant la pression d'une hauteur d'eau déterminée, peut être représenté par une formule très simple et correspondant très bien aux résultats pratiques de conduites existantes.

En pratique, l'épaisseur des tuyaux est déterminée avec des formules simples, au moyen du diamètre et de la pression; parmi les nombreuses formules proposées, nous choisissons une formule monôme, non seulement à cause de l'irrationalité des formules binômes avec un terme constant, qui fournissent des épaisseurs même pour des pressions nulles, mais aussi en considérant que l'épaisseur des premiers tronçons d'une conduite dépend, plus que des calculs, des conditions particulières dans lesquelles on fait l'installation. Souvent, par exemple, on ne peut pas disposer d'appuis et alors l'épaisseur doit être augmentée, afin de donner au tuyau la rigidité nécessaire pour se soutenir

<sup>1</sup> *Détermination du diamètre de conduites forcées pour usages industriels sur la base des principes économiques* [Ingénieur civil et Arts industriels, vol. XXV].

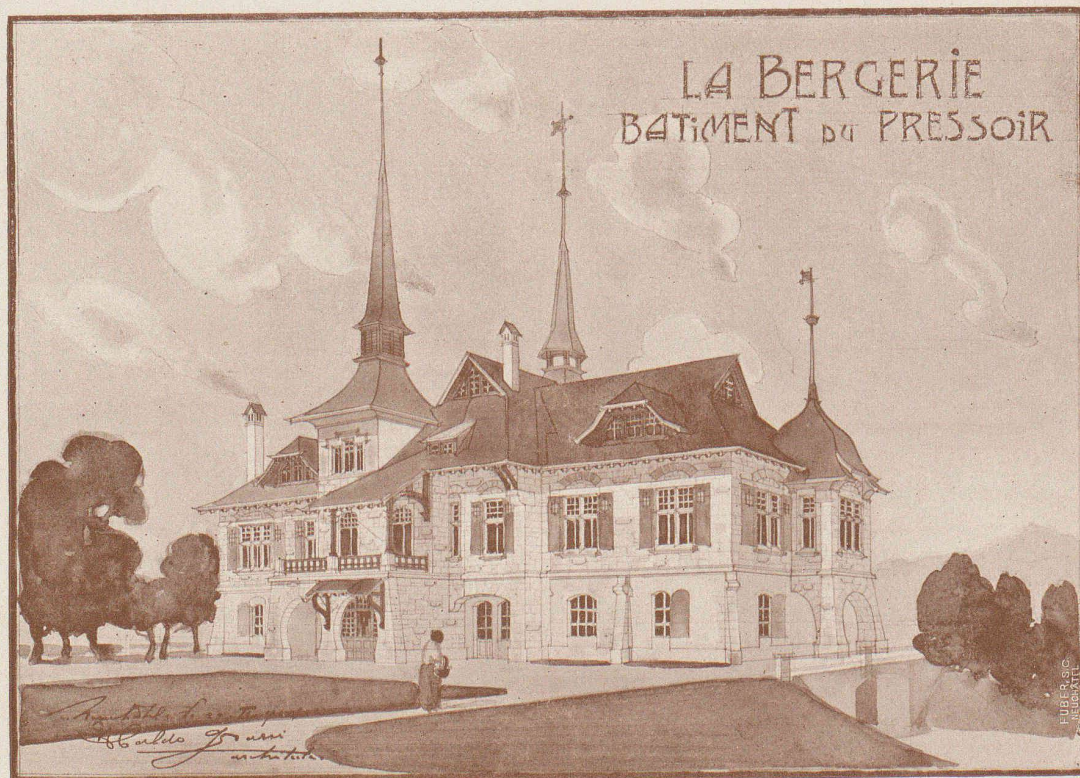
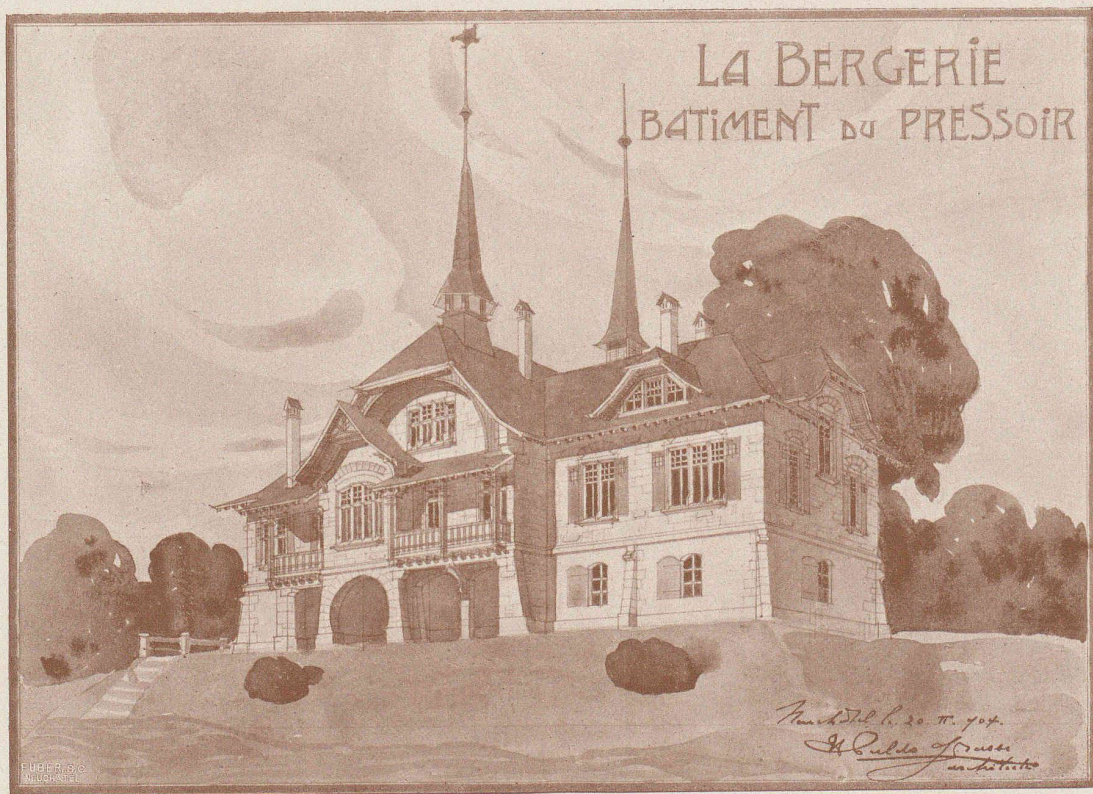
<sup>2</sup> Prof. Zunini: *Relation pour le projet de dérivation d'eau de l'Orba*.

<sup>3</sup> Flamant a cru pouvoir déduire de ses expériences que la formule exacte pour la perte de charge dans un tuyau de diamètre D et de longueur L, avec un débit de Q m<sup>3</sup>, est:

$$Y = K \frac{Q^{7/4} L}{D^{19/4}}$$

Les expériences récentes de M. le Prof. Masoni donneraient pour la valeur du coefficient K:

$$K = 0,000211.$$



VILLA « LA BERGERIE », PRÈS NYON. — BATIMENT DU PRESOIR.

ARCHITECTE : M. UBALDO GRASSI, A NEUCHÂTEL.

Seite / page

leer / vide /  
blank

en pleine charge. Dans les tronçons où la pression et l'épaisseur sont élevées, la section d'un tuyau est presque toujours, sauf quelques très rares exceptions, assez résistante pour permettre de grandes portées.

On doit naturellement appliquer la formule monôme à partir d'une profondeur  $H_1$ , à laquelle correspond l'épaisseur minimum qu'on a cru ou dû adopter pour les tronçons initiaux.

Pour un tuyau d'un diamètre de  $d$  mètres, soumis à la pression de  $h$  mètres, en représentant par  $K$  kilogrammes la charge de rupture de la matière par millimètre carré et par  $\sigma$  le coefficient de sécurité, l'épaisseur  $s$  exprimée en millimètres doit satisfaire à la condition :

$$100 d \frac{h}{10} = 2s (10 \sigma K),$$

de laquelle on tire :

$$s \text{ (mm.)} = \frac{0,5}{\sigma K} h d = \frac{h d}{2 \sigma K}.$$

Le poids  $p$ , en kilogrammes, d'un mètre linéaire de tuyau se déduirait de cette formule — après réduction de l'épaisseur en mètres — en multipliant par  $\pi d$  et par  $\rho$  le poids en kilogrammes d'un mètre cube des matériaux employés :

$$p = \frac{0,00157}{\sigma K} = h d^2 \rho.$$

### § 3. Conduites en tôle d'acier.

En posant pour l'acier :

$$k = 42 \text{ kg.}; \quad \sigma = \frac{1}{6}; \quad \rho = 7800 \text{ kg.};$$

il résulte :

$$s \text{ (mm.)} = 0,0714 h d; \quad (1)$$

$$p \text{ (kg.)} = 1,72 h d^2. \quad (2)$$

Mais, en pratique, le poids moyen d'un mètre de tuyau est considérablement supérieur, à cause des superpositions de rivures, du poids des rivets, etc. ; la proportion en pour cent d'augmentation varie suivant les installations existantes, mais dans des limites pas trop étendues. En général, on peut admettre 15 % pour les conduites rivées, de manière que le poids d'un mètre de conduite en tôle d'acier de  $d$  mètres de diamètre et soumis à la pression de  $h$  mètres peut être exprimé par cette formule très simple :

$$p \text{ (kg.)} = 2 h d^2. \quad (3)$$

Pour tuyaux à brides, l'augmentation varie de 20 à 30 %, et elle a une valeur moyenne pour les tuyauteries rivées et à brides ; le poids  $p$  peut alors être représenté par la formule :

$$p = (2,10 \div 2,25) K d^2.$$

Dans le cas d'une conduite inclinée de l'angle  $\alpha$  sur l'horizon, si l'on veut maintenir comme variable la hauteur de chute  $h$ , le poids de la conduite par mètre linéaire de projection verticale est :

$$p = \frac{2 h d^2}{\sin \alpha}. \quad (4)$$

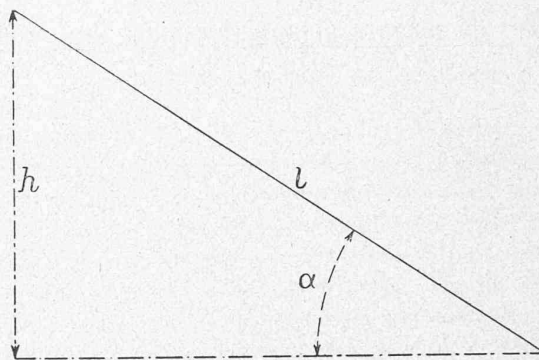


Fig. 1.

Le poids total d'un tronçon dont les sections extrêmes ont leur centre à des profondeurs de  $H_1$  et  $H_2$  mètres au-dessous du niveau supérieur de l'eau, sera :

$$P = 2 \int_{H_1}^{H_2} \frac{h d^2}{\sin \alpha} dh, \quad (5)$$

en supposant  $d$  et  $\alpha$  variables avec  $h$ .

Pour  $H_1$  on devra adopter la profondeur jusqu'à laquelle l'épaisseur du tuyau s'est maintenue constante et cela indépendamment de la formule (1).

Pour un tuyau horizontal de longueur  $L$ , avec une charge constante de  $H$  mètres sur l'axe :

$$P = 2 H \int_{L_1}^{L_2} d^2 dl. \quad (6)$$

Si le diamètre est constant, le poids total d'une conduite soumise à une charge hydraulique maximum de  $H$  mètres peut être alors exprimé très approximativement de la manière suivante :

$$P = H^2 d^2, \quad (7)$$

dans le cas d'une conduite rectiligne verticale ;

$$P = \frac{H^2 d^2}{\sin \alpha}, \quad (8)$$

dans le cas d'une conduite inclinée de  $\alpha$  sur l'horizon ;

$$P = 2 H L d^2, \quad (9)$$

dans le cas d'une conduite horizontale de longueur  $L$  ; formules dans lesquelles  $H$  représente la pression maximum.

Les deux premières formules fournissent des poids un peu inférieurs aux réels, à cause de l'épaisseur plus grande du premier tronçon ; mais, pour de longues conduites, l'approximation qui en résulte, est très suffisante ; d'ailleurs, la loi de variation du poids avec la hauteur de charge n'est elle-même pas exacte, car la variation des épaisseurs est subordonnée aussi aux épaisseurs des tôles, et cette seconde différence peut augmenter ou diminuer la première, mais enfin on obtient des résultats très satisfaisants si l'on applique les formules qui précèdent à des conduites existantes.

(A suivre.)