

Est. A - 12690

II<sup>ème</sup> Conférence Baltique d'hydrologie et d'hydrométrie.  
Tallinn, Juin 1928.

---



# Sur l'uniformisation des méthodes de la détermination des coefficients $C$ dans la formule de Chézy

Par MAXIMILIEN MATAKIEWICZ,

Prof. à l'École Polytechnique de Lwów

---

TALLINN

Edité par le Ministère des Voies de Communication d'Estonie

1928



**Sur l'uniformisation des méthodes de la détermination  
des coefficients  $C$  dans la formule de Chézy.**

Par Maximilien Matakiewicz,  
Prof. à l'École Polytechnique de Lwów.

Tout d'abord il faudrait réfléchir, la forme essentielle de la formule de Chézy

$$V = c\sqrt{rs}$$

doit-elle être retenue. En ce qui concerne des lits naturels, c.-à-d. des rivières, les auteurs des formules plus concordantes avec les observations ont délaissé cette forme depuis longtemps et relativement à des lits artificiels — les formules plus modernes en s'éloignent plus ou moins.

Les formules de la vitesse moyenne du débit, employées dans la pratique technique sont des formules empiriques, basées sur les mesurages directs. Ces mesurages n'ont pas une même valeur: ils sont plus exacts, s'il s'agit des lits artificiels et le contraire — en ce qui concerne des lits naturels. En tout cas leur exactitude s'éloigne beaucoup de celle atteinte dans les expériences physiques faites au laboratoire et par suite l'emploi d'un nombre trop grand des facteurs comme p. ex. de la viscosité n'y est pas indiqué.

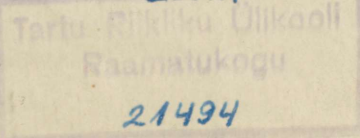
Or, il faudrait exiger que l'exactitude de ces mesurages soit poussée le plus loin possible. Il n'y suffira plus de se baser sur des jaugeages faits accidentellement pour les besoins de la pratique; pour l'établissement et la vérification des formules ce seront surtout les jaugeages effectués ad hoc dans le but théorique, donc d'une façon la plus précise possible qui présenteront la valeur maximum. Cette remarque se rapporte plus particulièrement à des rivières, pour lesquelles les données expérimentales laissent beaucoup à désirer; elle concerne également les canaux quoique dans un moindre degré.

Avant de passer à l'exposition du sujet préposé, on doit remarquer vu certaines conditions spéciales, qu'il faut préciser des conclusions séparément pour les lits naturels et pour des lits artificiels.

**A. Lits naturels.**

Les sources principales des erreurs des formules empiriques sont: a) les erreurs du jaugeage et de l'évaluation de la pente superficielle, b) la non-spécification de la matière constituant le fond et c) le charriage des matières du cours d'eau n'est pas pris en considération. L'amélioration sensible des résultats expérimentaux ne sera pas obtenue que lorsque la façon d'effectuer les jaugeages subira un perfectionnement et notamment: ad a) La pente superficielle doit être mesurée d'une façon précise aux deux rives; toutefois eu égard au mouvement non-uniforme constaté bien souvent, il ne faudrait prendre en considération que les jaugeages dans lesquels la ligne de la pente superficielle du courant présente approximativement une ligne droite. La vérification de l'uniformité du mouvement (vitesse moyenne constante) pourra être effectuée à l'aide d'une méthode bien connue, en constatant la concordance approximative de la surface des deux profils transversaux — pris à l'amont et à l'aval du profil hydro-métrique avec celle du profil même.

Est. A



ad b) Il faut exiger qu'on spécifie pendant les jaugeages la matière constituant le fond et les rives du cours d'eau en s'appuyant autant que possible sur l'analyse mécanique et aussi, dans le cas où le jaugeage s'effectue pendant les hautes-eaux — la nature resp. la végétation des terrains attenants au francbord (Vorland) inondé.

ad c) Nous ne savons pas jusqu'à maintenant mettre en évidence dans nos formules une influence importante, produite sans aucun doute par le charriage des matières sur le débit des eaux. De même, il est difficile d'exiger qu'on mesure pendant le jaugeage la quantité des matières charriées vu que la façon dont ce mesurage doit être effectué n'est pas encore fixée.

Par contre on peut insister, qu'on accompagne chaque jaugeage d'un mesurage du poids spécifique de l'eau, ce qui permettra d'apprécier du moins approximativement l'influence exercée par les matières charriées sur la vitesse du débit.

Pour des raisons théoriques il faudrait pendant le jaugeage du cours d'eau noter aussi la température de l'eau.

En ce qui concerne la forme à donner à la formule pour des lits naturels, on doit s'arrêter sur les trois types, d'après les propositions plus modernes.

1. Formule de Gröger (1914)

$$0,2 \leq T < 2 m \quad v = 23,78 t^{0,776} s^{0,458}$$

$$T > 2 m \quad v = 22,11 t^{0,58} s^{0,43}$$

L'auteur s'efforçait sans doute à appliquer cette formule à une série des jaugeages dont il disposait, on peut cependant lui objecter la discontinuité, la division en deux équations, l'impossibilité d'être employée pour des profondeurs au dessous de 0,2 m, enfin son emploi, limité à des pentes au dessous de 5‰.

2. Formule de Strickler (1923), basée sur la formule de Gaukler resp. de Chézy:

$$v = K \cdot R^{2/3} s^{1/2} = (K R^{1/6}) \sqrt{Rs} = c \sqrt{Rs}$$

dans laquelle Strickler introduit

$$c = 21,1 \sqrt[6]{\frac{R}{\rho}}$$

où  $\rho$  est la mesure de la rugosité (la grosseur des grains de la matière fluviale ou bien les aspérités du sol).

Cette formule dans sa forme actuelle doit être reconnue comme peu pratique. Sans doute, la rugosité se trouve en rapport étroit avec la grosseur de la matière constituant le fond, toutefois cette dernière étant hétérogène dans un même profil, la détermination de la vitesse, déduite en se basant sur „la grosseur moyenne de la matière“ conduirait à des graves erreurs.

3. Formule de Matakiewicz (1925)\*:

$$v = 35,4 t^{0,7} s^{0,493} + 10 s$$

est d'une forme la plus simple possible, parce qu'elle repose sur un principe connu depuis longtemps, que la grosseur de la matière constituant le fond reste en rapport étroit avec la pente et par conséquent la rugosité peut être exprimée tout à fait bien en fonction (en exposant) de la pente. Cette formule ne contient pas aucune valeur à

\*) La formule ci-dessus, liée avec les travaux de l'auteur de 1910 et 1905, fut publiée dans la brochure:

„Ogólna formuła na średnia chyzosc przepływu w łozyskach rzecznych i kanalowych“, (Allgemeine Geschwindigkeitsformel für Fluss- und Kanalbetten). Lwów, 1925.

choisir, contrairement à la formule de Strickler (il renouvelle cette valeur après l'intervalle de 26 ans, c.-à-d. des temps du Piedock et même de Laval). La formule en question représente une relation entre les trois facteurs seulement, c.-à-d. entre la vitesse  $v$ , la profondeur moyenne  $t$  et la pente superficielle  $s$ , ce qui nous permet de dresser aisément un tableau soit du type  $v = f(t) \cdot F(s) = (34 t^{0,7}) \cdot (1,04 s^{0,493} + 10 s)$  soit d'un type encore plus commode — sous forme d'un tableau numérique, dans lequel pour des valeurs données de  $t$  et  $s$  on trouve celle de  $v$ , soit enfin sous forme d'une courbe simple.

Cette formule vérifiée expérimentalement a montré sa concordance avec des jaugeages des cours d'eau non seulement à profondeurs moyennes et grandes, mais aussi à profondeurs très petites (centimètres et millimètres). Cela est prouvé dans le second ouvrage de l'auteur\*, démontrant en outre, à l'appui des expériences, que les opinions défavorables, exprimées par les laboratoires hydrologiques de Berlin et de Vienne relativement à l'aptitude des formules empiriques d'être applicables pour les lits de petite profondeur et plus spécialement pur des auges d'essai employées aux laboratoires, ne sont pas justifiées\*\*).

On pourrait d'accord avec certains auteurs faire usage d'une forme simple

$$v = A \sqrt{ts}$$

constituant à proprement parler la formule de Chezy, à moins que pour chaque pente  $A$  reçoive une valeur différente; d'après la formule de l'auteur ces valeurs sont les suivantes:

|                    |       |             |
|--------------------|-------|-------------|
| Pour $s = 0,00001$ | ..... | $A = 38,3$  |
| „ „ $= 0,00010$    | ..... | $A = 37,4$  |
| „ „ $= 0,00100$    | ..... | $A = 34,7$  |
| „ „ $= 0,00200$    | ..... | $A = 32,65$ |
| „ „ $= 0,00300$    | ..... | $A = 31,0$  |
| „ „ $= 0,00400$    | ..... | $A = 29,5$  |
| „ „ $= 0,00500$    | ..... | $A = 28,2$  |
| „ „ $= 0,00600$    | ..... | $A = 27,0$  |
| „ „ $= 0,00700$    | ..... | $A = 25,9$  |
| „ „ $= 0,00800$    | ..... | $A = 24,9$  |
| „ „ $= 0,00900$    | ..... | $A = 23,95$ |
| „ „ $= 0,01000$    | ..... | $A = 22,1$  |

Une simple courbe, tracée d'après  $A = F(s)$  ou bien le tableau comme ci-dessus, mais un peu élargi, laisse à des partisans de la formule de Chézy la possibilité de faire leurs calculs d'après celle-ci.

### B. Lits artificiels.

D'après la littérature technique la plus moderne\*\*\*) on voit que les exigences de la pratique s'étendant à l'heure actuelle plus loin que celles d'hier. Les formules d'ailleurs excellentes de Bazin et Darcy, de Ganguillet-Kutter et d'autres ne suffiront plus et

\*) „Formuly na srednia predkosc przeplywu i problem predkosci przy bardzo malych glebokosciach“ — Lwow 1927, voir aussi:

„Die Geschwindigkeitsformel und das Problem der Geschwindigkeiten bei sehr kleinen Tiefen“. — Zeitschr. des Öster. Ing. u. Arch. Ver. 1927 H:43/44.

\*\*) „Zeitschrift f. Bauwesen 1907 et Mitteilungen der Versuchsanstalt f. Wasserbau, Wien 1916.

\*\*\*) Voir entre autres l'art. M. Hubie, publié dans les Annales des ponts et chaussées, 1927/I.: „Note sur les diverses formules relatives à l'écoulement de l'eau dans les conduites et les aqueducs des grandes dimensions“.

la pratique demande une nouvelle détermination précise du degré de rugosité des différents matériaux employés dans la construction des canaux. Il est donc nécessaire de faire une détermination des nouveaux chiffres expérimentaux avec une classification détaillée et même minutieuse des matériaux. Sans doute il est nécessaire de procéder à des nouvelles observations conduisant à la détermination de ces chiffres, cependant il faut d'abord choisir une forme de la formule et de décider, faut-il prendre pour base une des formules plus anciennes et plus compliquées ou bien faut-il s'appuyer sur une des formules plus modernes et d'une forme plus simple.

Or, les recherches menées pendant plusieurs années sur la forme des formules ont contribué à l'explication de beaucoup des questions et plusieurs idées considérées par des auteurs anciens comme essentiels sont reconnues aujourd'hui comme secondaires. Par suite, les auteurs modernes sont disposés plutôt à choisir les formules les plus simples possible, tout en insistant sur la mise en évidence d'une façon convenable de la rugosité. En partant de ces hypothèses je considère qu'en ce qui concerne des lits artificiels les deux suivants types des formules conviennent le mieux pour les besoins de la pratique :

$$1) v = \lambda \cdot R^{0,7} s^{0,5} \text{ et}$$

$$2) v = 35,4 R^{0,7} s^m$$

La première constitue un type très rapproché de la formule de Chézy : elle possède un coefficient à choisir — dépendant de la rugosité du matériel. Elle était recommandée par plusieurs auteurs et dernièrement par Forchheimer (1923).

L'autre formule, établie par le rapporteur sous-signé et exposée plus en détail dans première brochure, est pourvue d'un coefficient constant, mais aussi d'un exposant  $m$  variable, dépendant de la rugosité du matériel ainsi que la pente  $s$ .

Cette formule peut être présentée également sous une autre forme :

$$v = f(R) F(s) = (1,04 R^{0,7}) (1,04 s^m)$$

permettant de dresser les diagrammes ou bien des tableaux numériques pour  $f(R)$  et  $F(s)$ .

L'introduction dans l'exposant d'une variable  $m^*$ ) rend la formule très sensible.

Pour pouvoir suffisamment caractériser et classier les matériaux par rapport à leur degré de rugosité, il faudrait effectuer pour les lits artificiels des mesures spéciales dans lesquelles on devrait prendre en considération et décrire le plus exactement :

1. La structure mécanique et éventuellement chimique du matériel servant à la construction du canal ou du tuyau.

2. L'âge du canal ou du tuyau, en soumettant en outre à l'examen aussi bien les installations nouvelles que celles fonctionnant depuis 1,2 et plus d'années.

3. L'aspect extérieur du matériel constituant le paroi, avec la détermination à l'aide des appareils optiques de la grandeur des saillies moyenne ainsi que de leur forme.

Comme une question la plus urgente on devrait considérer l'étude des parois en béton avec l'application des différentes sortes des mortiers de ciment.

Lwów, Juillet 1927.

\* ) Dépendant du degré de rugosité du matériel ainsi que de la pente superficielle.



