
 MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE	<h2 style="color: red;">Fiche 4.1 :</h2> <h1 style="color: red;">Le moulinet d'hydrométrie</h1> <h2 style="color: red;">Évolutions techniques de</h2> <h1 style="color: red;">l'instrument : de Woltmann</h1> <h2 style="color: red;">au moulinet moderne</h2>	
<p>Rédacteur : Perret C., famillecperret@orange.fr</p> <p>Vérificateurs : Belleville A. (EDF DTG), Lang M. (IRSTEA), Le Coz J. (IRSTEA)</p>		<p>Mise à jour : avril 2017</p>

1.	Introduction.....	1
2.	Introduction du moulinet en France.....	2
3.	Technologie sommaire du moulinet.....	4
4.	Amélioration du corps de moulinet.....	4
5.	Amélioration de la sensibilité du capteur – Adoption de l’hélice.....	5
6.	Amélioration du système de comptage.....	6
7.	Amélioration de l’équipage mobile	7
8.	Conclusion	7
9.	Bibliographie.....	8

1. Introduction

De nos jours, la majorité des jaugeages effectués en France sont réalisés à l'aide de profileurs acoustiques à effet Doppler. Le recours aux moulinets d'hydrométrie reste cependant suffisamment fréquent pour qu'une place lui ait été réservée dans la Charte Qualité de l'Hydrométrie dans sa version de 2017 et pour qu'une série de fiches techniques (Bonus) lui soit consacrée. En ce début du 21ème siècle, le moulinet reste encore emblématique pour la profession tant il a marqué des générations d'hydromètres. Partant du principe « *que pour savoir où l'on va, il est utile de savoir d'où l'on vient* », il a paru nécessaire de retracer succinctement les grandes étapes du développement et du perfectionnement de l'instrument à travers les expériences françaises. Réalisé dans la mesure du possible à partir d'une analyse bibliographique des documents d'époque, ce rappel a pour but d'une part, de jaloner les grandes étapes en les rattachant à des sources identifiées et d'autre part, d'apporter une justification technique aux modes opératoires et aux opérations d'entretien nécessaires.

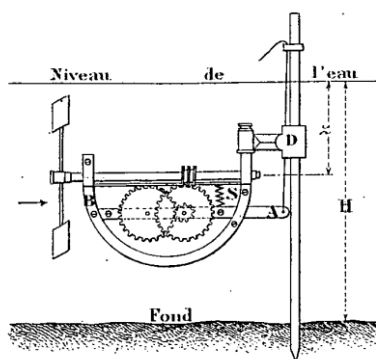


Figure 1 : Moulinet de Woltmann d'après Graëff (1883)

2. Introduction du moulinet en France

Dans le monde de l'hydrométrie, il est courant d'attribuer à Reinhard Woltmann l'invention du moulinet d'hydrométrie (Woltmann, 1790). Toutefois, d'après Frazier (1974), ce type d'instrument qui permet de mesurer la vitesse des courants d'eau, était déjà utilisé depuis longtemps. Il cite Hooke (1635 – 1703) qui utilisait déjà un moulinet en 1663 comme loch, système de mesure de la vitesse sur des bateaux.

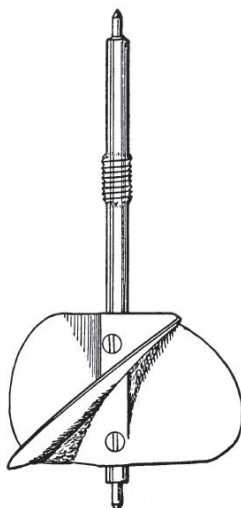


Figure 2 : Reproduction de l'hélice de Hooke d'après Frazier (1974)

Dans son *Traité d'Hydraulique à l'usage des ingénieurs*, D'Aubuisson de Voisins (1834) fait peut être la première description française de l'instrument conçu par Woltmann. Il en donne une description technique reprise par différents auteurs notamment par Graëff (1883) (cf. Figure 1) et présente quelques résultats de mesures réalisées par des ingénieurs allemands sur les fleuves et rivières d'outre Rhin.

Le moulinet de Woltmann a aussi été utilisé en France comme anémomètre dans les mines (Combes, 1838) et c'est à Baumgarten (1847) que l'on doit le compte rendu le plus détaillé des premières utilisations comme hydromètre (c'est le terme qui désigne l'instrument qui mesure la vitesse de l'eau et non pas le technicien qui effectue les mesures comme dans notre usage francophone du 21ème siècle). On peut citer ici le paragraphe introductif de la publication de Baumgarten (1847) qui renseigne sur l'usage de l'instrument dans la communauté française :

« Un des éléments les plus importants en hydraulique est la détermination des vitesses des courants. Différents instruments ont été inventés pour arriver à ce but, mais celui qui me semble l'avoir le mieux atteint est le moulinet de Woltmann : cet instrument, qui est fort simple, d'un usage fort commode, est encore trop peu répandu en France pour que je ne croie pas utile de faire connaître ici ce qu'une

expérience journalière de dix années m'a appris sur ces avantages, sur la manière de s'en servir et sur le degré de précision qu'on peut en obtenir. »

Par ailleurs, Imbeaux (1892) précise que les premiers jaugeages de la Durance au Pont de Mirabeau en août 1836 ont été effectués à l'aide de flotteurs mais que pour les suivants, les 5, 10 et 15 septembre 1849, « on a aussi employé le moulinet de Woltmann concurremment aux flotteurs ».

L'analyse bibliographique tendrait donc à montrer que le moulinet de Woltmann en 1790 n'a été utilisé en France qu'à partir des années 1830-1840 pour les besoins de l'hydrométrie. L'appellation « Moulinet de Woltmann » est cependant trompeuse car la base de la version originale de l'instrument a fait l'objet de nombreuses améliorations durant plus d'un siècle. L'usage a pourtant voulu que l'appareil soit désigné du nom de son premier concepteur jusqu'au début du 20^{ème} siècle (Killian, 1904 ; Côte, 1905). Durant la seconde moitié du 19^{ème} siècle, il est utilisé de manière concurrente ou complémentaire aux flotteurs et aux tubes piézométriques (tubes de Pitot modifié par Darcy), voire aux formules de déversoirs (Graëff, 1882 ; Ritter, 1885 ; De la Brosse, 1902 ; Côte, 1905).

Albert Ott crée sa société en 1873 et produit de manière industrielle un moulinet d'hydrométrie dès 1885.

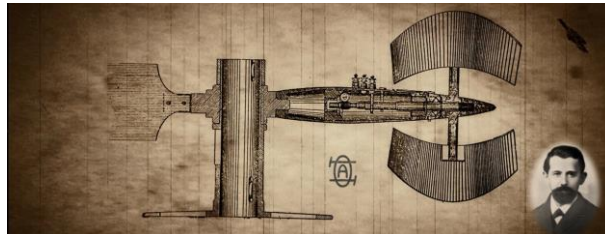


Figure 3 : Moulinet Ott de 1885 et photographie d'Albert Ott – site web de la société Ott¹

Celui-ci semble avoir été adopté par les utilisateurs français pour devenir la référence (Côte, 1905 ; Côte, 1908). De la Brosse (1911), chef du Service des Grandes Forces Hydrauliques, précise : « *Les moulinets en usage, de construction très soignée, viennent, pour la plupart, de la maison Ott, de Kempten (Bavière)...* ». C'est à cette époque que le moulinet s'impose comme l'instrument de mesure de la vitesse des courants d'eau. Il faut dire que l'instrument est régulièrement perfectionné car son emploi n'est pas limité aux rivières. Les mesures dans les canaux d'amenée ou de fuite des centrales hydroélectriques préoccupent aussi beaucoup les hydrauliciens car le débit qui transite dans un aménagement est un des paramètres qui permet d'accéder à la performance des machines hydrauliques avec les conséquences économiques que l'on peut imaginer.

A partir des années 1930 jusqu'à la fin du 20^{ème} siècle, le moulinet a été le principal instrument de mesure des débits dans les cours d'eau, à peine concurrencé par la méthode de dilution d'un traceur pourtant décrite dès 1863 (Schloesing, 1863) mais rendue vraiment opérationnelle, seulement un siècle plus tard (Dumas, 1952).



Figure 4 : Moulinet Seba F1²

¹ http://www.ott.com/fr-fr/a-propos-de-nous/ott-histoire-fr/-p7_e11

² <https://www.seba-hydrometrie.com/>

3. Technologie sommaire du moulinet

L'exploration du champ des vitesses à l'aide d'un moulinet reste une technique intrusive dans l'écoulement et on conçoit de manière très intuitive qu'une pièce immergée dans un courant d'eau, puisse plus ou moins perturber ce dernier en fonction de son hydrodynamisme.

De plus, le principe même du capteur à savoir, la transformation du mouvement rectiligne des filets liquides en mouvement circulaire par un système mécanique, implique des jeux et des frottements qui impactent forcément la mesure finale de la vitesse de l'eau.

Ces deux constats très basiques, permettent d'imaginer facilement les incertitudes, voire les erreurs, qui peuvent être commises lors de l'utilisation.

Le moulinet d'hydrométrie est composé des éléments suivants :

- Un corps de moulinet dont la géométrie impacte l'hydrodynamisme de l'instrument ;
- Un capteur de vitesse, pales, hélice, coupelles ; la réponse de ce capteur dépend de sa sensibilité (le pas dans le cas d'une hélice) et sa masse ;
- Un axe de rotation et les paliers que l'on nommera équipement mobile ; cet ensemble est soumis à des forces de frottement ;
- Un système de comptage dont la complexité ou inversement la simplicité peut mettre en jeu des forces de frottement ou pas ;
- On peut ajouter un élément essentiel, externe au moulinet lui-même, mais sans lequel il ne peut pas fonctionner : son support qui impacte directement l'hydrodynamisme de l'ensemble immergé.

Il est intéressant d'observer comment ces différents composants ont été améliorés au fil du temps pour arriver aux instruments qui sont encore utilisés en ce début de 21^{ème} siècle tout en remarquant que l'asymptote a été atteinte depuis longtemps pour ce qui concerne les améliorations qu'il était possible de faire sur ce type d'instrument, car ceux qui sont utilisés aujourd'hui sont d'une conception qui remonte à près d'un demi siècle (années 1970).

4. Amélioration du corps de moulinet

La figure 1 montre que le corps du moulinet de Woltmann est réduit à une armature et que toutes les pièces en mouvement restaient exposées aux matériaux de tout calibre transportés par l'écoulement. De plus, on perçoit que l'instrument ne possède aucune qualité aérodynamique et qu'il est susceptible de perturber l'écoulement.

Les figures 3, 5 et 6 montrent quant à elles les progrès effectués au cours du 19^{ème} siècle sur le plan de la protection des pièces en mouvements et de l'hydrodynamisme. On peut dire que les appareils conçus par Harlacher et Ott ont déjà une allure moderne.

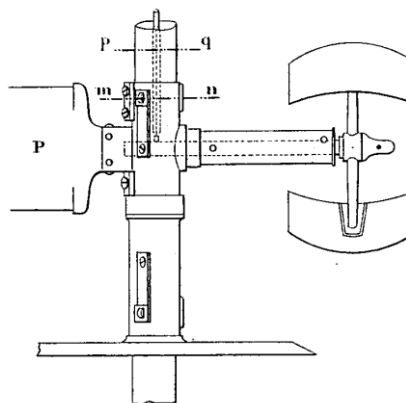


Figure 5 : Moulinet de Harlacher d'après Graëff (1883)

A la fin des années 1920, Ott a abandonné le profilage cylindrique pour pouvoir loger les mécanismes de comptage électromécanique (cf. Figure 6) mais l'adoption des systèmes de comptage électromagnétiques a permis de revenir à des formes plus aérodynamiques (cf. Figure 4). On peut noter au passage que le moulinet présenté à la figure 6 a été doté par la suite d'un capot amovible qui permettait de recouvrir les bornes électriques en reconstituant un profil un peu plus aérodynamique.

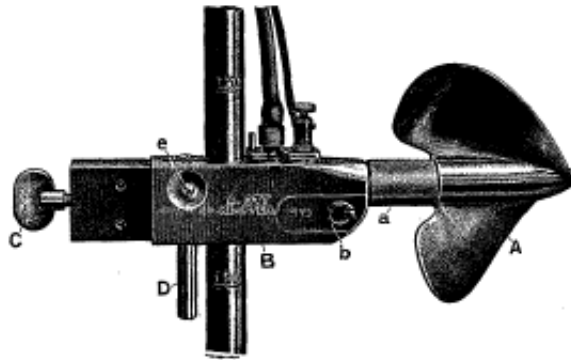


Figure 6 : Moulinet Ott type « Texas » d'après Anonyme La Houille Blanche (1929)

5. Amélioration de la sensibilité du capteur – Adoption de l'hélice

Les premiers moulinets ne semblaient pas faire l'objet d'une fabrication industrielle. Baumgarten (1847) rapporte qu'il l'a « fait exécuté par M. Rochette, à Paris : il revient à avec sa boîte à 50 francs ». On peut interpréter cette anecdote en supposant que ceux qui se sont lancés dans la fabrication de l'instrument, ont pu également apporter des améliorations aux plans de Woltmann. Le moulinet tel que conçu par Woltmann n'était pas doté d'une hélice mais de palettes droites comme le montre la figure 1, dessin proposé par Graëff (1883). Baumgarten a perfectionné l'instrument en donnant une forme hélicoïdale aux pales. Il n'a cependant pas la paternité de cette innovation puisqu'elle est déjà décrite par Lapointe (1845 et 1846) qui présente un moulinet de son invention : « Cet appareil se compose d'un tube cylindrique en fonte, d'un petit moulinet à ailettes hélicoïdales et d'un compteur ».

Graëff (1883) cite Harlacher pour « ... son beau travail sur l'hydrographie de la Bohême, exposé par lui à notre exposition Française de 1878. Il a supprimé le châssis et les roues dentées et réduit le moulinet à l'arbre tournant muni d'ailettes, auxquelles il a donné d'ailleurs des surfaces hélicoïdales, pour annuler autant que possible le choc de l'eau à son arrivée sur l'ailette... ».

Le développement d'hélices de pas différents a permis de mieux cerner les gammes de vitesses observées dans l'écoulement. On doit cependant faire remarquer que même si les vitesses maximales sont parfois importantes, lorsqu'on approche le fond ou les bords, elles tendent toujours vers zéro. On devrait ainsi changer souvent d'hélice lors d'un jaugeage, ce qui en pratique n'est jamais réalisé.

Les fluctuations de vitesse des écoulements sont souvent importantes et la question de l'intégration de ces dernières pour évaluer une valeur moyenne a beaucoup préoccupé les hydrauliciens. Certains pensaient que l'adoption d'hélices lourdes permettrait de mieux intégrer ces variations. C'est le contraire qui a été prouvé au début des années 1960 par différents essais, notamment ceux pilotés par l'ICMG (International Current Meter Group³).

6. Amélioration du système de comptage

La réalisation de l'exploration du champ des vitesses était une opération de longue haleine puisque le système de comptage était intégré au corps de l'instrument. Il était constitué par un système de deux roues dentées et graduées qui était bloquées au moment de l'immersion à la position souhaitée, puis débloquée pour permettre la mesure et enfin à nouveau bloquée au moment où le moulinet devait être retiré de l'écoulement pour que la lecture de ladite roue puisse être effectuée.

La mise au point d'un comptage électrique à la fin du 19^{ème} siècle a simplifié les opérations puisqu'il n'était plus nécessaire de retirer le moulinet de l'eau pour effectuer le comptage. Graëff (1883) cite encore Harlacher pour la description du système de comptage « ... L'arbre doit porter à sa circonférence un taquet, pour établir, à chaque rotation, un contact électrique sur le circuit formé par l'ensemble métallique du moulinet, et de la tige, et de fils allant aux pôles placé sur le ponton à un compteur ». Un système équivalent est décrit par Ritter (1885) mais ce dernier part du moulinet de Woltmann modifié par Baumgarten en remplaçant la roue dentée en métal par une en ébonite munie d'une dent en cuivre. Ces systèmes sont astucieux mais sont difficiles à maintenir car ils sollicitent des pièces en mouvements dont certaines doivent être isolées électriquement.

Le moulinet d'Harlacher délivrait un contact pour 20 tours d'hélice et celui décrit par Ritter un contact pour 50 ou 100 tours d'hélice. Le moulinet industrialisé par Ott (cf. Figure 3) est également doté de contact électrique mais on n'a pas retrouvé les caractéristiques de ses performances de comptage. Le moulinet Ott type « TEXAS » de 1929 (cf. Figures 6 et 7) équipé d'un système de comptage électromécanique (roue à ergots qui commande un contact) délivrait quant à lui un contact tous les 10 ou 20 tours en fonction de la roue à ergot adoptée par l'opérateur.

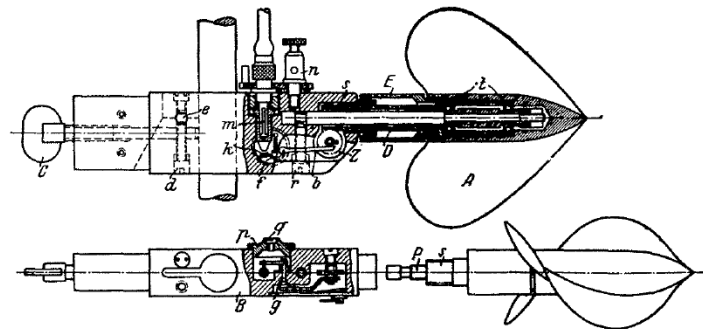


Figure 7 : Moulinet Ott type « TEXAS » d'après Anonyme La Houille Blanche (1929)

On peut retenir qu'en moins d'un siècle, on est passé d'un système de comptage purement mécanique (Woltmann) à un système électromécanique (Ott type TEXAS). En utilisant moins de pièces mécaniques en mouvement, les constructeurs ont ainsi progressivement éliminé les sources de détérioration liées à l'usure des pièces ou aux impuretés en suspension. Vers 1970 les moulinets ont été dotés de contacts électromagnétiques qui ont grandement amélioré la fiabilité de l'instrument en réduisant très fortement tous les frottements (Moulinets C2 et C31 de Ott ; Moulinets F1 et M1 de SEBA). Un aimant est monté sur l'axe de rotation et active un contact ILS à chaque tour de rotation.

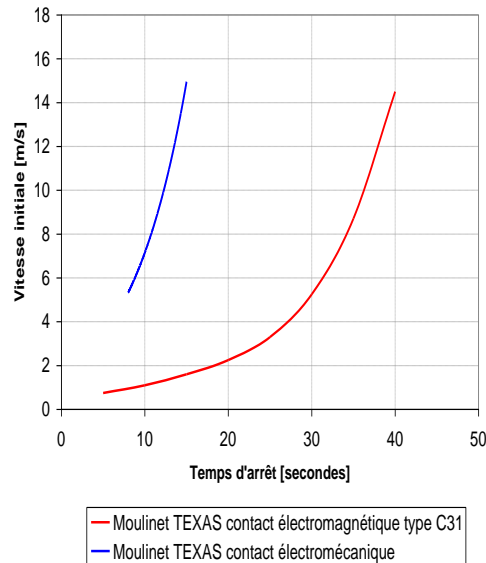


Figure 8 : Comparaison du temps d'arrêt dans l'air d'une hélice de moulinet (pas de 0.25 m en alpx) pour un moulinet type TEXAS mini d'un système de comptage électromécanique et du même moulinet équipé d'un système électromagnétique.

La figure 8 montre très nettement le gain apporté par l'apparition du système de comptage électromécanique. Pour une vitesse initiale de 10 m/s, un moulinet équipé de contact électromécanique s'arrêtait en 10 secondes environ alors qu'un moulinet équipé de contact électromagnétique s'arrête quant à lui en 35 secondes environ.

7. Amélioration de l'équipage mobile

La figure 1 montre très nettement que le moulinet de Woltmann est composé par un axe reposant sur deux paliers. Dans les descriptions qu'ils donnent de l'instrument, ni D'Aubuisson de Voisins, ni Baumgarten ne donnent une description précise de ce système et notamment du type de palier utilisé. On peut cependant supposer que les frottements de ces derniers étaient probablement importants. Plus tard, Ritter (1885) précise : « *L'arbre du moulinet, dont chaque extrémité est creusée d'une alvéole cylindrique, est supporté par des aiguilles fixes qui s'engagent dans ces alvéoles et autour desquelles il tourne, surtout dans l'eau, avec de très faibles frottements* ».

Sentenac (1921) indique que les moulinets Ott qu'il utilise à Toulouse sont équipés de roulements à billes. Ce perfectionnement a constitué une amélioration majeure pour la diminution des frottements. Les moulinets modernes sont toujours équipés de paliers à roulement à billes.

8. Conclusion

Lorsqu'on observe le moulinet de Woltmann qui date de la fin du 18^{ème} siècle (cf. figure 1) et l'hélice conçue par Hooke dès le 17^{ème} siècle (cf. figure 2), on reste étonné par la modernité de cette dernière et on s'interroge sur l'apparente régression technologique qui apparaît.

Les ingénieurs français du 19^{ème} siècle ont perfectionné l'instrument de Woltmann en donnant une forme d'hélice au capteur de vitesse. Les noms de Baumgarten, l'Eveillé, Ritter qui appartenaient au Corps des Pont et Chaussées, sont parvenus jusqu'à nous grâce à des articles très détaillés publiés dans les Annales. D'autres comme Lapointe sont tombés dans l'oubli alors que leurs travaux auraient mérité plus d'attention.

Si les ingénieurs français ont développé des trésors d'imagination et d'inventivité, il semble que leurs initiatives soient restées expérimentales ou tout au moins réservées à l'usage des équipes qu'ils

animaient directement. Outre Rhin, l'état d'esprit était différent puisque les développements d'A. Ott ont conduit au développement d'une société qui aujourd'hui encore reste une référence européenne dans le domaine.

C'est au début du 20^{ème} siècle que le moulinet d'hydrométrie s'est imposé comme l'instrument de mesure des vitesses des écoulements, devant notamment le tube de Pitot modifié par Darcy. Il a fallu attendre la toute fin du 20^{ème} siècle pour qu'il soit progressivement remplacé par les profileurs à effet Doppler hérités des techniques océanographiques. Le moulinet reste encore très utilisé car plus accessible financièrement et parfois seul instrument techniquement compatible avec les écoulements en présence.

Les principales évolutions techniques dont l'instrument a bénéficié ont permis de le rendre plus sensible avec le développement d'une gamme d'hélices de différents pas et diamètres. L'équipage mobile a également beaucoup évolué jusqu'à la généralisation des roulements à billes et le système de comptage de la vitesse de rotation est constitué aujourd'hui par un système de contact électromagnétique. Ces dispositifs ont permis de diminuer de manière considérable les forces de frottements.

On peut dire enfin que l'instrument moderne est suffisamment profilé pour que la perturbation engendrée par son immersion dans l'écoulement soit minimale.

Si le moulinet reste encore très utilisé, il est cependant très souvent remplacé par des systèmes électromagnétiques et à ultra sons. Ils comportent un certain nombre d'avantages comme de pouvoir mesurer des vitesses très faibles et dans des conditions particulièrement défavorables en présence d'herbiers notamment.

9. Bibliographie

Anonyme (1929) Nouveau moulinet Ott La Houille Blanche juillet août 1929 p. 126

<http://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1929/04/lhb1929023.pdf>

Baumgarten (1847) Notice sur le moulinet de Woltmann, destiné à mesurer les vitesses de l'eau, sur son perfectionnement et les expériences faites avec cet instrument. Annales des Ponts et Chaussées.

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k408468b/f329.item.r=Baumgarten>

<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k408468b/f408.item.r=Baumgarten>

Boileau (1846) Étude expérimentale sur le mouvement des cours d'eau – L'écho du monde savant, p.294 à 298.

Combes (1838) Mémoire sur un nouvel anémomètre, propre au jaugeage des courants d'air qui circulent dans les galeries de mine, les tuyaux de calorifère, les cheminées, et généralement les conduites d'une assez grande section. Annales des Mines Tome XIII 1838 p. 103.

[https://patrimoine.mines-](https://patrimoine.mines-paristech.fr/document/Annales_Mines_1838_S03_13#?c=0&m=0&s=0&cv=51&z=-423.1755%2C0%2C3758.351%2C2452)

[paristech.fr/document/Annales_Mines_1838_S03_13#?c=0&m=0&s=0&cv=51&z=-423.1755%2C0%2C3758.351%2C2452](https://patrimoine.mines-paristech.fr/document/Annales_Mines_1838_S03_13#?c=0&m=0&s=0&cv=51&z=-423.1755%2C0%2C3758.351%2C2452)

Côte E. F. (1905) : Essais comparatifs de jaugeages. La Houille Blanche N°11 Novembre 1905 p. 265.

<http://www.shf-lhb.org/fr/articles/lhb/abs/1905/11/lhb1905062/lhb1905062.html>

Côte E. F. (1907) : Essais comparatifs de jaugeages. La Houille Blanche N°10 Octobre 1906 p. 221.

<http://www.shf-lhb.org/fr/articles/lhb/abs/1907/10/lhb1907047/lhb1907047.html>

Côte E. F. (1908) : Le Service d'étude des grandes forces hydrauliques. La Houille Blanche N°12 Décembre 1908 p. 284.

<http://www.shf-lhb.org/fr/articles/lhb/abs/1908/12/lhb1908081/lhb1908081.html>

D'Aubuisson de Voisins (1834) : Traité d'hydraulique à l'usage des ingénieurs - Édition FG Levrault.
https://books.google.fr/books?id=ZFH4Y4TTlygC&pg=PA129&dq=d%27aubuisson+de+voisins&hl=fr&sa=X&ved=0ahUKewjbqYmqp9_RAhVHL8AKHV32Cd4Q6AEITTAI#v=onepage&q=d'aubuisson%20de%20voisins&f=false

Graëff A. (1882) Traité d'hydraulique Imprimerie Nationale p. 216.
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k208354r/f1.image>

De la Brosse (1902) Étude hydrologique d'un bassin de montagne – La Houille Blanche octobre 1902 p.136.
www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1902/06/lhb1902033.pdf

De la Brosse (1911) Le service d'étude des grandes forces hydrauliques – La Houille Blanche mars 1911 p.72.
<http://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1911/03/lhb1911013.pdf>

Dumas (1952) : La méthode chimique pour la mesure du débit des cours d'eau. La Houille Blanche octobre novembre 1952 p. 690
<http://www.shflhb.org/articles/lhb/pdf/1952/07/lhb1952045.pdf>

Frazier A.H. (1974) : Water Current Meters. In the Smithsonian collections of the national museum of history and technology.

Imbeaux E. (1892) La Durance. Annales des Ponts et Chaussées, tome III.

Lapointe (1845) Sur le jaugeur ou appareil propre à mesurer, pendant un temps indéterminé, le produit constant ou variable d'un cours d'eau - L'écho du monde savant, p.1142 à 1143.

Killian (1904) Mesure de la vitesse d'un cours d'eau – La Houille Blanche octobre 1904 p. 331 332
<http://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1904/10/lhb1904067.pdf>

Lapointe (1846) : Jaugeur ou appareil propre à mesurer, pendant un temps indéterminé, le produit constant ou variable d'un cours d'eau ; Le Technologiste et Archives des Progrès de l'Industrie Française ou Etrangère. Tome VII – septième année p. 286.

Ritter C. (1885) Sur quelques changements dans la disposition et les procédés de tarage des instruments de jaugeage et dans le mode de calcul des débits – Annales des Ponts et Chaussées p. 1058 à 1179.

Schloëssing Th. (1863) Nouvelle méthode pour jauger les fluides – Compte-rendu de l'académie des sciences juillet 1863 présentée par Sainte Claire Deville.
<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k30143/f164.image>

Sentenac G. (1921) La station de tarage des moulinets des Ponts-Jumeaux à Toulouse.

Woltmann R. (1790) Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels oder eine zuverlässige Methode die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten (Théorie et utilisation du moulinet hydrométrique ou une méthode fiable pour mesurer la vitesse du vent et de l'eau qui coule) - Hoffmann, 1790 – Conservé à la bibliothèque de l'état de Bavière.
https://books.google.fr/books?id=z2o_AAAAcAAJ&dq=reinhard+woltmann+1790&hl=fr&source=gb_s_navlinks_s