

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 52 (1926)
Heft: 9

Artikel: Jaugeages au moulinet dans les conduites forcées
Autor: Dufour, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-40281>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.01.2026

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

ART. 8. — Le niveau du plus grand enfoncement, tel qu'il est déterminé à l'article 3, est marqué d'une façon apparente sur chaque côté du bateau par un ou plusieurs traits ou plaques de jauge dont le bord inférieur correspond à ce niveau. Près de chaque marque ou sur chaque plaque sont poinçonnées, en caractères apparents, les indications suivantes : 1^o Les lettres ou les numéros distinctifs du bureau visé à l'article 7 ; 2^o le numéro d'ordre du certificat. Ces indications sont reproduites en caractères indélébiles sur les parties les plus durables de la coque.

ART. 9. — Tout bateau jaugé doit être muni de son certificat de jaugeage. Ce certificat indique notamment : 1^o Le bureau d'inscription visé à l'article 7 ; 2^o Les lettres ou les numéros distinctifs dudit bureau, le numéro d'ordre du certificat et sa date ; 3^o Le nom ou la devise du bateau ; 4^o Le mode de construction ; 5^o La plus grande longueur et la plus grande largeur de la coque ; 6^o Le rappel, s'il y a lieu, pour le dernier certificat annulé par le nouveau jaugeage, des indications visées au 2^o ci-dessus ; 7^o S'il y a lieu, le nombre, l'emplacement et la description des échelles, et, notamment, la position choisie pour le zéro ; 8^o La moyenne des distances verticales entre le niveau du dessous du bateau au point le plus bas dans les sections correspondant aux échelles et le plan de flottaison à vide, tel qu'il est défini ci-dessus, ainsi que le personnel, le matériel, la hauteur d'eau dans le fond du bateau et le poids de l'eau utilisée normalement pour le fonctionnement de l'appareil moteur, qui ont été admis pour la détermination de ce plan de flottaison à vide, ainsi que la situation du lest fixe ; 9^o Le déplacement progressif du bateau par centimètre d'enfoncement à partir du plan de flottaison à vide ; pour les bateaux qui ne sont pas affectés au transport des marchandises, ces indications sont remplacées par celles du déplacement à vide défini à l'article 6 et du déplacement entre le plan du plus grand enfoncement visé à l'article 3 ci-dessus et le plan de flottaison à vide.

ART. 10. — En cas de rejaugage d'un bateau, les anciennes inscriptions et marques, et, le cas échéant, les plaques de jauge et les échelles, sont enlevées et il est procédé pour leur remplacement, comme dans le cas d'un premier jaugeage.

En même temps, l'ancien certificat de jaugeage est retiré.

ART. 11. — En cas de modification du nom ou de la devise du bateau, mention en est faite sur le certificat de jaugeage par un agent ayant qualité à cet effet. Cette mention est datée et signée.

ADDENDUM II

Liste des lettres distinctives des Etats visées à l'art. 9.

D = Allemagne. — A = Autriche. — B = Belgique. — GB = Empire britannique ; Etat libre d'Irlande. — BG = Bulgarie. — DA = Dantzig. — DK = Danemark. — E = Espagne ; Esthonie. — SF = Finlande. — F = France. — GR = Grèce. — M = Hongrie. — I = Italie. — LT = Lithuanie ; Lettonie. — L = Luxembourg. — NO = Norvège. — N = Pays-Bas. — PL = Pologne. — P = Portugal. — RM = Roumanie. — SR = Union des Républiques Soviétiques socialistes. — SHS = Royaume des Serbes, Croates et Slovènes. — S = Suède. — CH = Suisse. — CS = Tchécoslovaquie.

Protocole de signature.

Au moment de procéder à la signature de la Convention relative au jaugeage des bateaux de navigation intérieure, conclue à la date de ce jour, les soussignés dûment autorisés sont convenus de ce qui suit :

I. Sur les voies d'eau placées sous la compétence d'une Commission internationale, il est entendu que la Convention ne porte atteinte ni au droit que la Commission internationale peut tenir de ses pouvoirs propres, d'établir elle-même des textes réglementaires que comporte l'application de cette Convention ni aux obligations résultant pour elle des Traités, Conventions et Actes qui la régissent.

II. Il est entendu que la Convention n'affecte en rien les droits et obligations résultant pour les Etats contractants des accords concernant la reconnaissance réciproque des certificats de jaugeage établis en tonnes de registre.

III. Il est entendu qu'à titre provisoire les certificats délivrés conformément aux règles de mesurage et de calcul de l'Accord de 1913 entre l'Allemagne et l'Autriche-Hongrie, dans le ressort des bureaux où le jaugeage se fait actuellement d'après ces règles, seront reconnus comme équivalents à ceux qui seront délivrés dans les conditions prévues à la Convention et à son annexe. Si dans un délai de dix années à compter du 1^{er} octobre 1926, les Etats qui délivrent ces certificats n'ont pas renoncé à cette réserve, une nouvelle Conférence sera réunie pour examiner la question.

IV. Il est entendu que tout Etat contractant sur le territoire duquel des taxes seraient, à la date du 1^{er} octobre 1926, perçues sur la navigation, sur la base de la tonne de registre, pourra demander, au moment de la signature de la Convention ou de l'adhésion à celle-ci, qu'à titre provisoire, les bateaux de navigation intérieure soumis à ces taxes soient munis d'un certificat de jaugeage en tonnes de registre, ce dernier certificat étant dans ce cas reconnu par les autorités de cet Etat comme équivalent à ceux délivrés par elles d'après le même système ; à défaut de la production de ce certificat, ledit Etat pourra procéder à un jaugeage supplémentaire.

V. Il est entendu que les Etats contractants ne sont tenus de satisfaire aux obligations prévues aux articles 2 et 5 de la Convention que dans la mesure où ils participent à une navigation internationale.

VI. Il est entendu que tout Etat contractant pourra demander, au moment de la signature de la Convention, ou de l'adhésion à celle-ci, qu'en cas de rejaugage d'un bateau originellement jaugé par ses services, les marques indélébiles originaires, lorsqu'elles n'ont pas eu pour unique objet la constatation du jaugeage, soient complétées par l'addition d'une croix indélébile à branches égales, que cette addition soit considérée comme équivalente à l'enlèvement prescrit par l'article 10 de l'annexe à la Convention, que les anciennes plaques de jauge soient marquées d'une croix au lieu d'être retirées et que, s'il est apposé de nouvelles plaques de jauge, les anciennes plaques de jauge soient placées au même niveau que les nouvelles et près de celles-ci.

Dans le cas visé ci-dessus, les avis prévus par le troisième alinéa de l'article 5 et par l'article 6 de la Convention seront également adressés au Bureau d'inscription originaire.

Le présent Protocole aura les mêmes force, valeur et durée que la Convention conclue à la date de ce jour dont il doit être considéré comme faisant partie intégrante.

En foi de quoi, etc....

Fait à Paris, le vingt-sept novembre mil neuf cent vingt-cinq.

La Conférence s'est réunie du 20 au 27 novembre 1925. Elle a adopté une Convention relative au jaugeage des bateaux de navigation intérieure :

La Conférence a également formulé le vœu suivant :

« La Conférence prie la Commission consultative et technique des Communications et du Transit de la Société des Nations d'établir, si possible avant le 1^{er} octobre 1926, un modèle uniforme de certificat de jaugeage qui sera communiqué à tous les Etats représentés à la Conférence. En attendant la mise en vigueur des certificats établis selon ce modèle, la Conférence recommande que les textes imprimés des certificats établis par les Etats contractants soient rédigés en français, en allemand et dans la langue nationale quand cette langue est autre que le français ou l'allemand. »

En foi de quoi, etc...

Jaugeages au moulinet dans les conduites forcées

par H. DUFOUR, ingénieur, à Lausanne.

Dans la construction des turbines et l'exploitation rationnelle des usines de forces hydrauliques, les progrès absolument sûrs ne sont possibles qu'à l'aide de mesures

exactes effectuées sur les turbines en service dans les usines elles-mêmes.

Les difficultés de toutes natures qui, précisément dans les usines de forces hydrauliques, entravent l'exécution de mesures exactes et en particulier le jaugeage des débits, sont connues. La Société suisse des ingénieurs et des architectes a montré son grand intérêt pour cette importante question en instituant la « Commission des normes pour les mesures de débits ».

C'est en 1908, lors des essais de réception de trois turbines où tout autre moyen semblait inutilisable que, pour la première fois, j'ai eu l'occasion de reconnaître l'intérêt présenté par un procédé de jaugeages au moulinet dans les conduites forcées. Comme ce procédé, qui, à ma connaissance, n'a pas encore été décrit dans la littérature technique, a été, dans la suite, perfectionné et a permis de faire des constatations aussi intéressantes qu'utiles, il mérite de retenir l'attention des techniciens. Le but de ces lignes est d'en donner une description, suivie d'une série de résultats de jaugeages effectués.

Dans les usines de forces hydrauliques, les canaux d'amenée et de fuite, souvent souterrains ou inaccessibles, avec de nombreux coudes ou un profil irrégulier, les premiers parfois suivis d'un déversoir ou d'une vanne de vidange non étanche, les seconds alimentés par une source, etc..., ne présentent aucun emplacement convenable pour les jaugeages des débits des turbines. Il arrive aussi fréquemment que les canaux, en eux-mêmes utilisables pour les mesures de débit, alimentent plusieurs turbines dont une seule doit être examinée pendant que les autres assurent le service de l'usine dont la charge est variable ; les variations du débit qui en résultent interdisent l'exécution de mesures exactes.

Dans de tels cas, les jaugeages au moulinet dans une conduite forcée peuvent présenter quelques avantages d'ordre général que je citerai ici.

Il est évident que la section d'une conduite est une donnée fixe et exactement déterminable et que l'eau coulant dans une telle conduite, avec axe longitudinal rectiligne, ne peut avoir qu'une direction positive. Le procédé de jaugeages au moulinet dans les conduites forcées élimine donc, sans aucun doute, deux des facteurs qui fort souvent troublent les mesures dans les canaux ou entrées des canaux : la section variable du profil mouillé et les tourbillons de l'eau dans ce profil.

Même dans les usines avec une seule conduite, les jaugeages à l'intérieur de celle-ci permettront donc d'éviter certaines difficultés rencontrées par les jaugeages sur les canaux. Dans les usines avec deux ou plusieurs conduites, on peut, très souvent, disposer les conditions d'écoulement dans la conduite alimentant la turbine à examiner pour des jaugeages exacts. Les conditions les plus favorables et même idéales, pour les jaugeages dans les conduites forcées, se présentent dans les usines où chaque turbine ou chaque paire de turbines est alimentée par une seule conduite.

Comparés aux jaugeages habituels dans des canaux

ou entrées de canaux ouverts, les jaugeages dans les conduites forcées présentent encore quelques avantages particuliers sur lesquels je reviendrai après avoir donné la description du procédé.

Les questions qui maintenant se posent sont les suivantes : Où doit être choisi, sur la conduite, l'emplacement pour les jaugeages ? Comment, et en quels points de la section de la conduite, les vitesses de l'eau doivent-elles être mesurées, enfin, si et comment, sur la base de ces vitesses, le débit passant dans la conduite peut-il être calculé ?

La réponse à la première question est facile ; les jaugeages en eux-mêmes seront d'autant plus exacts que l'entrée de la conduite est exécutée plus correctement (forme d'entonnoir avec angles arrondis) et que l'emplacement pour les jaugeages est plus éloigné de cette entrée ou du dernier coude de la conduite situé en amont de cet emplacement.

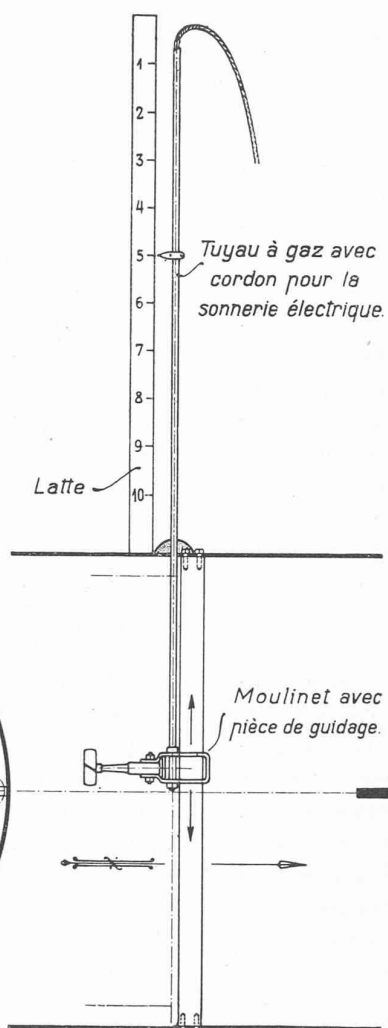
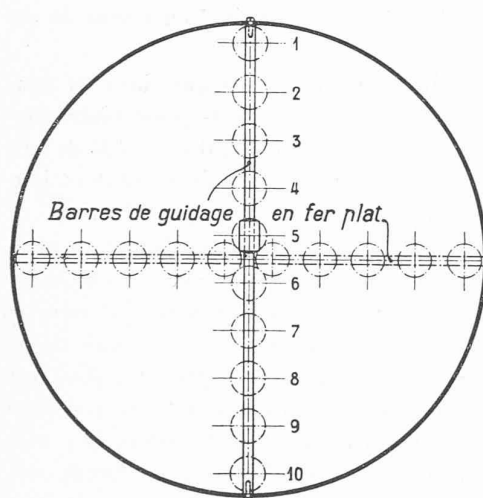
J'essayerai de répondre aux autres questions en donnant ici une description des dispositifs pour l'introduction des moulinets dans les conduites, du procédé de calcul utilisé, puis ensuite, les résultats de nombreux jaugeages effectués dans les conditions les plus diverses.

La fig. 1 montre un dispositif très simple pouvant presque toujours être construit sur place avant l'exécution des jaugeages. Il se compose d'un fer plat, fixé dans le plan médian vertical et perpendiculaire à l'axe de la conduite aux parois de celle-ci, sur lequel glisse une chape porte-moulinet mue de l'extérieur au moyen d'un tuyau à gaz. La chape est munie de deux arrêts de course permettant d'amener, sans les heurter, les bords des ailes du moulinet jusqu'à quelques millimètres des parois de la conduite. Le câble pour la sonnerie électrique est logé à l'intérieur du tuyau. En déplaçant le tuyau muni d'un indicateur, le moulinet est amené dans les positions choisies, reportées sur la latte, et la vitesse de l'eau relevée de la façon habituelle. En utilisant un second dispositif placé comme le montre la fig. 1 dans le diamètre horizontal, les vitesses de l'eau peuvent être relevées sur un diamètre perpendiculaire au premier.

Jusqu'à ce jour, ce dispositif a été utilisé pour des diamètres jusqu'à 3,5 m. avec des vitesses de l'eau allant jusqu'à 3,3 m/s. et a toujours très bien fonctionné. D'une exécution simple et bon marché, il est pratique pour les usines dont l'eau motrice ne charrie pas d'alluvions et qui n'ont pas à envisager des contrôles répétés de leurs turbines. Sa mise en place et, les jaugeages une fois terminés, son démontage, ne peuvent toutefois se faire qu'après avoir vidé la conduite pour pouvoir y pénétrer, une manœuvre parfois difficile et possible seulement après la pose d'un trou d'homme avec échelle d'accès.

Dans les usines de plus en plus nombreuses qui, dès leurs débuts, sont munies d'appareils de contrôle perfectionnés, il est désirable que les essais de turbines ou l'étalonnage des dispositifs de mesure, comme les déversoirs, les compteurs à eau, etc..., puissent avoir lieu en tout temps, facilement et sans vider la ou les conduites.

Fig. 1.
Dispositif simple
pour jaugeages au moulinet dans
les conduites forcées.



le couvercle-guide *D*, le moulinet et sa tige sont retirés à l'intérieur de la calotte.

Après achèvement des jaugeages, la vanne est de nouveau fermée et la partie mobile du dispositif enlevée.

Comme il ressort de ces explications et des figures 1 et 2, les moulinets sont exactement guidés ; leurs axes sont donc toujours parallèles à l'axe de la conduite et à la direction de l'eau. Pour les mesures de contrôle, toujours recommandables dans les cas importants, les moulinets peuvent être ramenés exactement dans la position des mesures précédentes. Le déplacement et la mise au point des moulinets avec leurs tiges sont faciles et rapides, ce qui, comme on le sait, est toujours un avantage dans tous les jaugeages au moulinet. L'avantage capital du dernier dispositif par rapport à celui de la fig. 1 réside dans le fait que toute la manœuvre de mise en place et de démontage de sa partie mobile, ainsi que les jaugeages eux-mêmes peuvent être exécutés, en tout temps, sans déranger en quoi que ce soit le service des turbines ; le dispositif de la fig. 2 permet, en outre, un contrôle facile des deux moulinets qui, amenés successivement dans l'axe de la conduite, doivent indiquer exactement la même vitesse de l'eau.

Ces conditions sont remplies par le dispositif à deux moulinets de la fig. 2.

Ce dispositif se compose de deux vannes *A* fixées sur la conduite au moyen des anneaux de raccord *B* formant ensemble la partie fixe du dispositif. La partie mobile, montée seulement pour les jaugeages, comprend : les calottes *C* avec les couvercles-guides *D* et leurs tiges *E*, de section ovale, les moulinets *F* avec leurs tiges *G* et les lattes *H*.

Pour les jaugeages, la manœuvre de chaque moulinet est la suivante : la calotte avec le moulinet et sa tige est fixée dans sa position exacte sur la vanne jusque-là fermée. Ensuite, la vanne est ouverte, la tige du moulinet poussée vers l'intérieur et le couvercle-guide mis à sa place définitive. La traverse *I* en forme de double fourchette, fixée au couvercle-guide *D*, vient se placer sur le côté extérieur de la conduite autour des nez *K* de l'anneau *B* qu'elle embrasse rigidement. La tige *E* doit être serrée entre les fers plats *L*. La tige du moulinet est guidée en *M*, *N* et *O* exactement dans la direction du diamètre passant par l'axe de la conduite ; le moulinet peut donc être amené dans une position quelconque de ce diamètre pour y prendre la vitesse de l'eau. Pendant les courtes interruptions des jaugeages,

Sous le rapport d'une exécution facile et précise des jaugeages, le procédé par moulinet dans les conduites forcées est donc supérieur aux jaugeages sur des canaux ouverts dont la préparation et l'exécution sont généralement assez compliquées.

La fig. 3 montre une station de mesures sur deux conduites parallèles dont il sera question plus loin. On voit les dispositifs de jaugeages sur chacune des deux conduites et, sur le côté de l'une d'elles, sous les deux poutres, une vanne.

La fig. 4 donne les vitesses de l'eau pour trois débits différents, dans une conduite de 3 491 mm. de diamètre intérieur, relevées avec deux moulinets disposés selon la fig. 1 ; la fig. 5 donne les vitesses de l'eau pour cinq débits différents dans les deux conduites de la fig. 3, de 1 801 mm. de diamètre intérieur, relevées avec deux moulinets disposés selon la fig. 2.

J'ai toujours calculé le débit passant par les conduites, d'après les relevés des vitesses de l'eau sur le diamètre vertical et, séparément, d'après celles relevées sur le diamètre horizontal. Comme le montre la fig. 6, la marche de ce calcul, en partie graphique, est en somme très simple. Les vitesses portées sur les abscisses 7, 6-8 à 1-13 représentent la moyenne des vitesses aux points 7, 6 et 8...

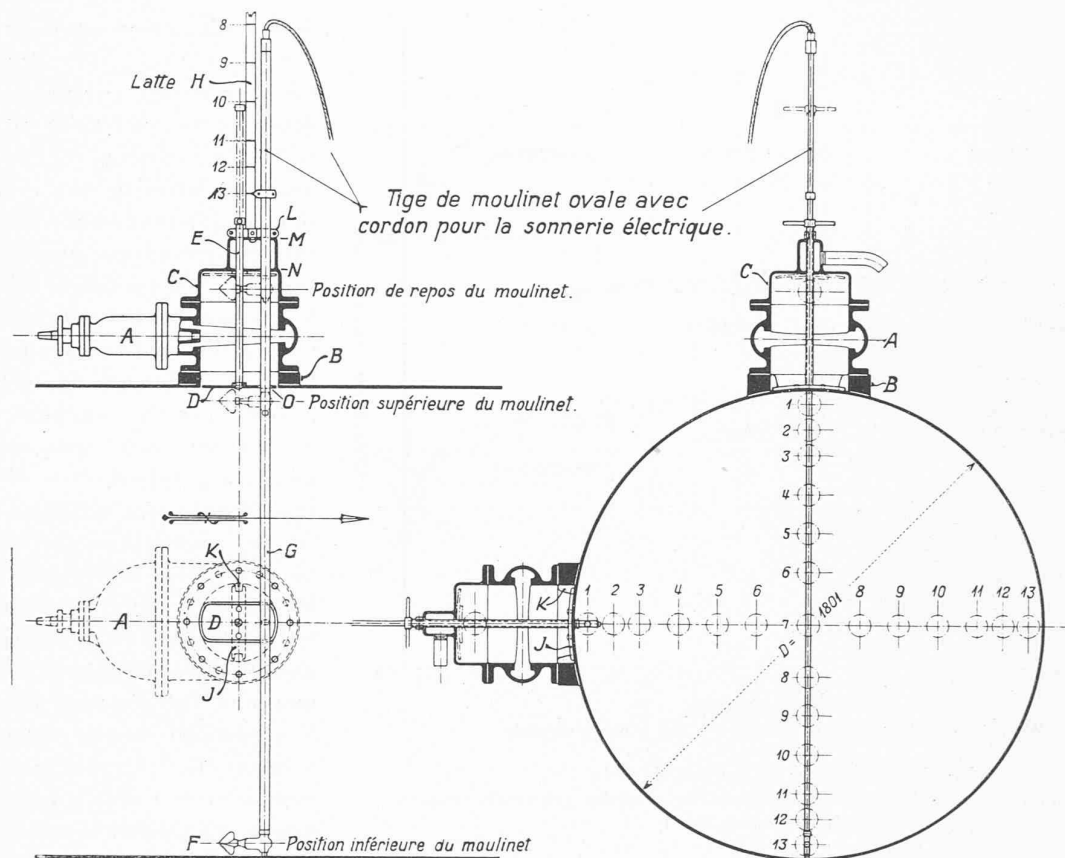


Fig. 2. — Dispositif perfectionné pour jaugeages au moulinet dans les conduites forcées : montage et démontage sans vidange des conduites.

jusqu'à 1 et 13, prises sur la courbe $Q_v = 7860$ de la fig. 5. La courbe des produits $2 \cdot \pi \cdot r \cdot v \cdot dr$ qui limite la surface hachurée du débit cherché est calculée à l'aide de la courbe des vitesses moyennes donnée par les points ci-dessus.

Le résumé suivant des jaugeages au moulinet dans les conduites forcées exécutés au cours de ces dernières années, permettra de se former un jugement sur l'exactitude et partant l'utilité de ce procédé de mesure.

1. En 1908, lors des essais de réception des trois turbines de l'usine de Dalsfos près de Kragerö, Norvège, construites chacune pour $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$. ; $H = 21,5 \text{ m}$., avec pour chaque turbine, une conduite forcée de 2,4 m. de diamètre intérieur, le preneur ne pouvant, vu le coût élevé des préparatifs nécessaires, se décider pour l'exécution de jaugeages à l'entrée des conduites, je convins avec lui d'exécuter les jaugeages dans l'une des trois conduites avec un premier dispositif comme celui de la fig. 1 dans le diamètre vertical seulement, et d'en reconnaître les résultats si les valeurs garanties étaient atteintes. Ce fut le cas, en outre, le rendement moyen constaté dépassait de 1,4 % celui d'une roue de même type et de même grandeur essayée au laboratoire (jaugeages par écran, mesure de la puissance au frein de Prony). Le rendement supérieur obtenu à Dalsfos était motivé par une conformation plus favorable du tube d'aspiration de la turbine en service.

2. Cette première expérience m'engagea en 1910 à appliquer le même procédé de jaugeage, dispositif selon la fig. 1 dans le diamètre vertical seulement, lors des essais de réception des trois turbines de l'usine de Molinar, Espagne¹, construites chacune pour $Q = 10,5 \text{ m}^3/\text{s}$. ; $H = 66 \text{ m}$. et alimentées chacune par une conduite de 2,25 m. de

¹ Usine et essais de réception décrits dans la Z. V. D. I. des 27 juillet et 4 août 1912.



Fig. 3. — Station de jaugeage sur deux conduites forcées parallèles de 1801 mm. de diamètre intérieur.

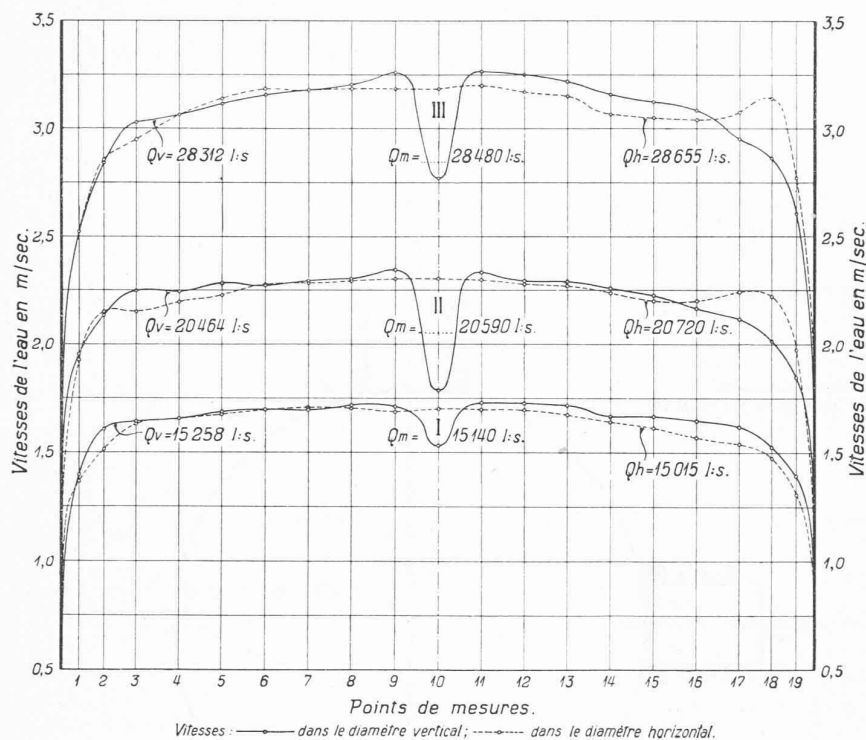


Fig. 4. — Courbes des vitesses de l'eau dans une conduite forcée de 3 491 mm. de diamètre intérieur relevées au moyen d'un dispositif selon fig. 1.

diamètre intérieur. Les résultats obtenus correspondirent fort bien, c'est-à-dire avec une différence d'environ 1 % seulement, à ceux que l'on attendait et à ceux d'une grosse turbine de l'usine de Svaelfos près de Notodden, Norvège¹, construite pour $Q = 21,4 \text{ m}^3/\text{s.}$; $H = 45 \text{ m.}$ d'un « nombre de tours spécifique » et de construction très semblables, où les jaugeages avaient été effectués au moyen d'un écran.

3. En 1911, les quatre turbines de l'usine de Florida-Alta, au Chili², construites chacune pour $Q = 4,0 \text{ m}^3/\text{s.}$; $H = 95,5 \text{ m.}$ et alimentées chacune par une conduite de 1430 mm. de diamètre intérieur se trouvaient dans des états d'usure très différents. Leurs rendements purent être déterminés au moyen de jaugeages dans les quatre conduites³ et les valeurs trouvées pour la turbine à l'état presque neuf n'étaient que de 1 à 2 % inférieures à celles d'une turbine de même type dans une usine d'Europe, où les jaugeages avaient eu lieu par déversoir de Bazin et les mesures de puissance au frein de Prony⁴.

4. C'est seulement en 1912, lors des essais de réception des trois turbines de l'usine de Lienfos, près de Notodden, Norvège⁵, construites chacune pour $Q = 30 \text{ m}^3/\text{s.}$; $H = 16,4 \text{ m.}$ et alimentées chacune par une conduite de 3 491 mm. de diamètre intérieur que j'eus l'occasion

de procéder à des jaugeages avec le dispositif selon fig. 1 dans deux diamètres. Les courbes des vitesses de l'eau et les débits correspondants sont donnés par la fig. 5. Ces premiers jaugeages dans deux diamètres de très grandes dimensions montrèrent enfin, ce que les résultats des précédents jaugeages laissaient supposer, que les débits calculés d'après les mesures des vitesses dans le diamètre vertical devaient être égaux ou au moins très peu différents des débits effectifs passant par la conduite. Comme ces expériences, bien que soigneusement préparées, durent être exécutées très rapidement pour satisfaire aux exigences de l'exploitation, on peut dire que la concordance des débits, calculés selon les mesures dans les deux diamètres, est très bonne. Une entente entre le preneur et le fournisseur, sur une valeur moyenne, fut d'autant plus facile que le rendement moyen obtenu coïncidait à moins de 1 % près avec celui d'une roue de cette turbine, essayée au laboratoire et dépassait la moyenne des chiffres garantis de 2,5 %.

5-8. De 1912 à 1914, j'eus encore l'occasion d'exécuter dans les usines de : Molinar¹, Espagne, 21 600 ch., Hogstad-Slemdal près de Skien en Norvège, 4 000 ch., du Dhron, de la ville de Trèves, 6 000 ch., quatre nouvelles séries de jaugeages dans les conduites forcées qui toutes donnèrent les mêmes bonnes concordances.

9. En 1914, les rendements d'une turbine de l'usine de Rjukan I, Norvège², construite pour $H = 280 \text{ m.}$ et $Ne =$ environ 15 000 ch., dont les essais de réception avec jaugeages à l'écran avaient été faits en 1911, mais qui depuis n'avait subi ni usure ni modification, furent déterminés une seconde fois par jaugeages avec dispositif selon la fig. 1, dans le diamètre vertical. La table suivante montre la concordance remarquable des deux séries de résultats.

Course du pointeau en mm.	Débit en l/sec.		Puissance de l'alternateur en KW.		Rendement global de la conduite, de la turbine et de l'alternateur en %	
	1911	1914	1911	1914	1911	1914
36,5	2150	2153	4500	4528	74,1 %	74,2 %
59,0	3208	3170	6820	6860	75,1 %	76,3 %
90,5	4290	4290	9140	9160	75,2 %	75,3 %
120,0	5032	4924	10520	10460	73,9 %	74,9 %

¹ Usine et essais de réception décrits dans la Z. V. D. I. du 8 mai 1909.

² Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen du 30 juin et du 10 juillet 1916.

³ Bulletin technique du 28 février 1920, Schweizerische Bauzeitung du 31 décembre 1921.

⁴ Z. V. D. I. du 2 novembre 1912.

⁵ Z. V. D. I. du 8 juin 1912.

¹ Bulletin technique du 21 février 1921.

² Usine et essais de réception décrits dans la Z. V. D. I. des 31 octobre, 7 et 21 novembre 1914.

Lors des essais de réception de l'usine de Rjukan II¹, neuf turbines pour $H = 250$ m. et chacune 16 400 ch., en 1916, j'ai utilisé le dispositif selon la fig. 1 dans deux diamètres lesquels, vu l'emplacement disponible très réduit, étaient inclinés de 45° . Je n'ai plus à ma disposition de données détaillées sur ces expériences, mais je me souviens que le chef d'exploitation des deux usines Rjukan I et II m'annonça avec satisfaction que les débits de l'usine II, jaugés en 1916 avec deux moulinets, concordaient exactement avec ceux de l'usine I jaugés en 1911 avec l'écran. L'eau alimentant l'usine de Rjukan I et, immédiatement en dessous, celle de Rjukan II sort du lac Mösswand (Télémarche), dont le volume d'accumulation est d'environ 840 millions de mètres cubes. Le débit des deux usines utilisant une chute totale de 530 m. ne varie qu'entre 47 et 56 m³/s. pendant toute l'année.

¹ Usine décrite dans la Z. V. D. I. du 26 mars 1921.

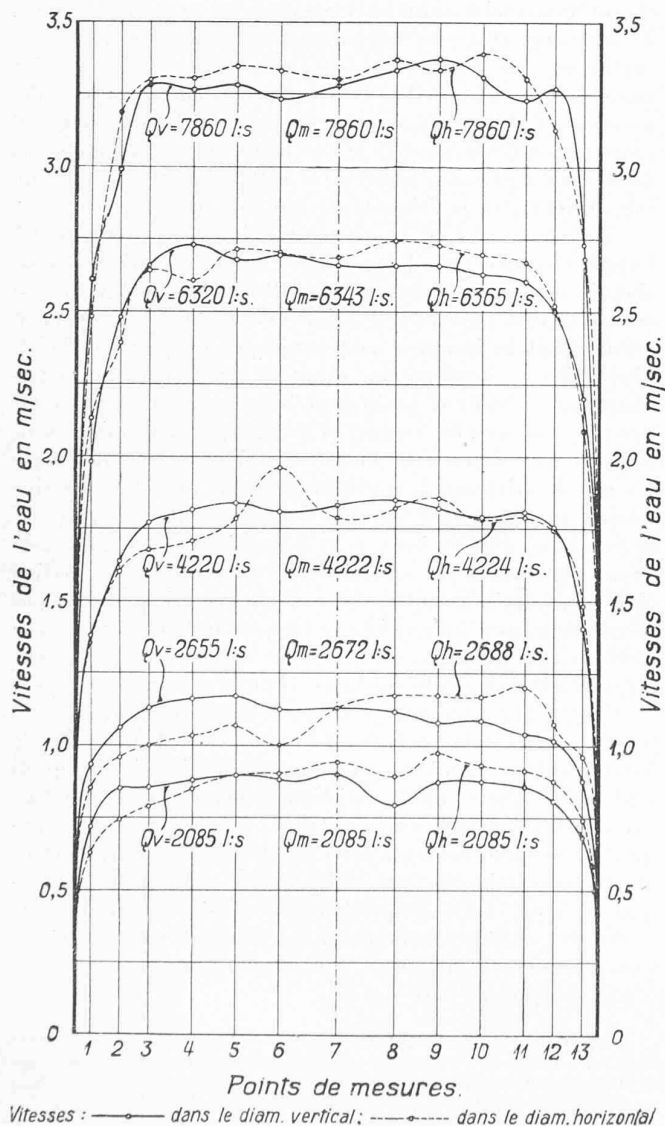


Fig. 5. — Courbes des vitesses dans une des conduites de la fig. 3, relevées au moyen d'un dispositif selon fig. 2.

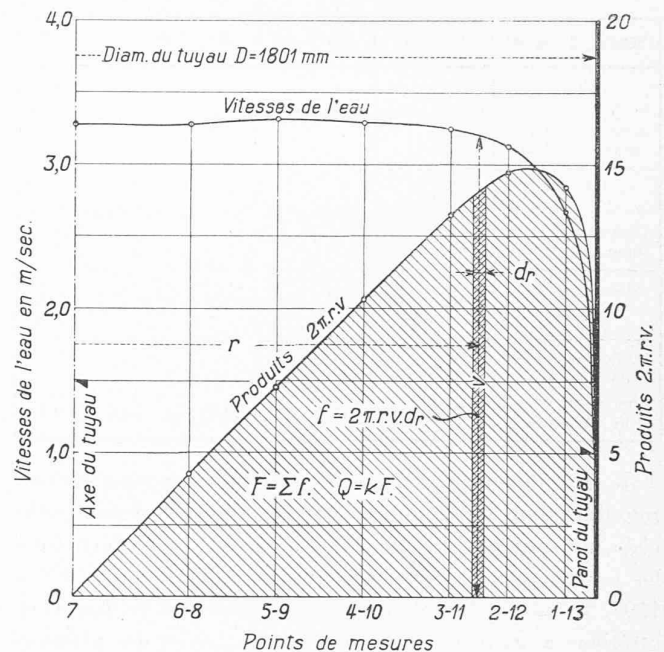


Fig. 6.

Procédé de calcul du débit de la conduite d'après les courbes des vitesses, fig. 5.

$$Q_m = 7860 \text{ l/s.}$$

10. C'est seulement en 1918 que de nouveaux jaugeages purent être faits, cette fois en Suisse, sur une turbine de l'usine de Klösterli sur la Lonza, construite pour $H=220$ m. $N_e = 3500$ ch., dont le débit avait été déterminé par M. le Dr Mellet, de Lausanne, au moyen d'une solution salée. Vu le bon mélange obtenu, M. Mellet garantissait l'exactitude du débit trouvé de 1514,5 l/s. à 0,5 % près. Les jaugeages opérés au moyen de deux dispositifs selon fig. 2, dans le diamètre vertical des deux conduites avec 995 et 1011 mm. de diamètre intérieur qui simultanément alimentent la turbine, donnèrent respectivement 818 et 695 l/s. et pour la turbine 1513 l/s., c'est-à-dire une concordance parfaite avec le jaugeage à la solution salée de M. le Dr Mellet.

11. Pour terminer, je citerai encore une série intéressante de 8 jaugeages qui confirme brillamment les bonnes concordances constatées lors des jaugeages précédents. Ils eurent lieu dans les deux conduites de 1801 mm. de diamètre intérieur de l'Usine Electrochimique du Giffre, Haute-Savoie, $Q = 16$ m³/s.; $H = 69$ m., avec le dispositif complet de la fig. 2 donc dans deux diamètres. Leur but était la détermination du débit de différentes turbines et groupes de turbines. Ces jaugeages furent aussi soigneusement préparés, mais pour plusieurs d'entre eux l'exploitation de l'usine ne permit pas de consacrer tout le temps et le soin désirables, ce qui influença visiblement leur exactitude.

Les fig. 2, 3, 5 et 6 dont il a été question se rapportent à ces jaugeages et la table suivante donne un résumé des résultats de ces mesures d'exploitation purement internes.

Numéro du jaugeage	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Débit en l/s. d'après le jaugeage dans le diam. vertical.	2085	2200	2200	2348	2655	4220	6320	7860
Débit en l/s. d'après le jaugeage dans le diam. horizontal.	2085	2218	2270	2298	2688	4224	6365	7860
Débit moyen en l/s.	2085	2209	2235	2323	2672	4222	6343	7860
Différence entre le débit moyen et les débits dans un diamètre.	0 %	0,4 %	1,6 %	1,1 %	0,7 %	1,04 %	0,4 %	0 %

Je crois devoir relever que les onze séries de jaugeages au moulinet dans des conduites forcées, dont le résumé précède, ne sont pas un choix des meilleurs, mais bien tous les jaugeages par ce procédé que j'ai effectués de 1908 à 1923. Ils eurent lieu dans des conduites dont le diamètre intérieur a varié de 995 à 3491 mm., avec des vitesses d'eau comprises entre 0,25 et 3,3 m/s., à une distance de l'entrée de la conduite ou du dernier coude situé au-dessus du poste de jaugeage qui ne fut pas inférieure à 15 m.

Les conditions d'entrée des conduites, favorables dans les cas 1, 3, 4, 7, 8 et 10, avec embouchure en forme d'entonnoir aux arêtes arrondies, l'étaient beaucoup moins dans les cas 2, 5, 6 et 9, avec entonnoirs peu prononcés aux arêtes vives. Dans le cas 11, avec entrées munies de vannes aux arêtes vives, disposées perpendiculairement à la direction d'arrivée de l'eau sur le côté d'une chambre de mise en charge très petite, ces conditions étaient excessivement défavorables.

De cet exposé visant un grand nombre de jaugeages au moulinet dans les conduites forcées, me paraît résulter le fait important qu'au point de vue de l'exactitude cette méthode est au moins égale et même supérieure aux autres méthodes de jaugeage connues aujourd'hui. Les résultats de ces jaugeages confirment en outre l'opinion de collègues expérimentés, comme par exemple celle de M. Lüttschg, l'ancien et très estimé ingénieur en chef du Service fédéral des Eaux, qu'entre les mains de bons opérateurs, le moulinet hydrométrique de bonne construction représente un instrument de mesure de premier ordre. Avec les jaugeages au moulinet dans les conduites forcées on pourrait, lors des essais de réception de turbines, adopter comme tolérance d'exactitude le chiffre de 1 %. Celui de 2 % généralement admis paraît en tous cas très suffisant¹.

Une constatation nouvelle et importante découle enfin des résultats cités, c'est que dans tous les jaugeages dans les conduites forcées exécutés jusqu'à maintenant, les débits mesurés dans deux diamètres différents et perpendiculaires entre eux sont pratiquement égaux. La connaissance approfondie et complète des lois qui régissent

¹ Trois étalonnages de mon moulinet exécutés à Berne et à Munich entre 1909 à 1912 ont donné des résultats dont les plus grandes différences varient seulement entre 0,3 et 0,5 %.

l'écoulement de l'eau dans les conduites forcées prouvera peut-être un jour qu'il doit en être ainsi. En attendant puisse mon exposé servir de contribution à la recherche de ces lois et stimuler de nouvelles applications de cette méthode de jaugeages¹.

Lausanne, août 1925.

L'évolution du rôle de l'architecte et les tendances actuelles dans la construction.

Sous ce titre, M. Léon Petit, ingénieur des Ponts et Chaussées, a publié, dans le numéro du 9 janvier dernier du *Génie civil*, un article où, après avoir résumé l'étude de M. Abel Fabre sur « L'architecte autrefois et aujourd'hui », reproduite dans nos numéros 5, 6 et 7 (1926), il émet les intéressantes considérations qui suivent.

« ...Enfin vient le béton armé. Celui-là, plus encore que le fer, est un matériau « savant » : suivant la grandeur et le sens des efforts auxquels on le soumet, il faut doser dans une certaine proportion la quantité de métal qu'on y enferme, et choisir convenablement les emplacements de celui-ci. C'est de ce dosage et de ces dispositions, autant que de sa forme extérieure, que dépend sa résistance. Mais le béton armé a mauvaise réputation : il ne se prête que malaisément à l'ornementation : si, par exception, on consent à l'employer en construction civile, c'est en le masquant sous des revêtements qu'on estime plus acceptables. On ne lui accorde guère qu'un rôle utilitaire, et on l'abandonne aux ingénieurs.

» Cependant, devant l'espèce d'impuissance dont paraît frappée l'architecture qui, par abus de la décoration, n'a pu aboutir qu'aux « pâtisseries » de 1900, on commence à se retourner vers l'œuvre des ingénieurs, et on découvre qu'en « dédaignant la beauté », pour employer l'expression de M. Abel Fabre — il serait plus exact de dire : en ne la recherchant pas — ceux-ci pourraient bien, très souvent, l'avoir trouvée. Les grands viaducs d'Eiffel (Porto, Garabit) sont admirés ; sa fameuse Tour même est l'objet de plus de louanges que de critiques. L'érudit archéologue qu'est M. Camille Enlart, pourtant peu suspect d'engouement à l'égard du modernisme, dira du beau pont à transbordeur de Rouen² : « Ses constructeurs se sont abstraits de toute préoccupation esthétique. Mais, à tout prendre, ce pont est intéressant par sa grandeur, par l'ingéniosité et l'opportunité de ses formes : c'est presque un monument : il a les qualités qui manquent souvent aux édifices de nos jours, si vides d'esprit. »

» C'est à peu près dans les mêmes termes que M. Magne³ louera les nouvelles Acieries de Caen. De cet ensemble de bâtiments et d'organismes purement industriels, il dira qu'ils sont « pleins de qualités artistiques, parce qu'ils sont une expression de vérité, au lieu d'être, comme trop de monuments contemporains, un pastiche stérile et mort ». Parlant des mêmes établissements, MM. Verne et Chavance⁴ indiqueront que « leurs proportions, la courbe des voûtes, le dessin des supports, uniquement déterminés par des nécessités mécaniques, atteignent à des hardiesses, à des élégances même, qui sont de l'art ».

¹ Sur ma proposition la S. A. des Usines du Wäggital installe actuellement une station de jaugeage au moulinet sur une conduite de son usine de Rempen et les Chemins de fer fédéraux une station sur chacune des deux conduites de la grande usine de Vernayaz.

² Camille ENLART : *Rouen* (Collection des Villes d'art célèbres).

³ Henri-Marcel MAGNE : *L'Architecture* (Collection de l'Art français depuis vingt ans).

⁴ H. VERNE et R. CHAVANCE : *Pour comprendre l'art décoratif moderne en France*.

» Le pont Alexandre-III, à Paris, a suscité un concert unanime d'éloges, lesquels s'adressent particulièrement à l'œuvre de Résal, supposée dépouillée de son trop riche revêtement ornemental. « Devant ce pont magnifique, écrit M. de la Sizeranne¹, on dira : c'est de l'art. Et ce n'est pas seulement un triomphe pour l'ingénieur, c'est une joie pour l'artiste. » M. Dervaux² déplore qu'on ait cru devoir surajouter des pilastres de fonte à cette arche, en elle-même « élégante, hardie, délicate et rationnelle ». Le même auteur cite, pour s'en indigner, l'exemple d'un beau pont en béton armé d'une ville du midi, que l'on a gâté en voulant à tout prix l'habiller d'une « architecture » d'ordres classiques.

» Fatigués de l'abus d'une ornementation surannée, accoutumés, dans un siècle essentiellement industriel, à vivre au milieu d'objets, de machines strictement adaptés à leurs fonctions, nous avons acquis des habitudes visuelles évidemment différentes de celles de nos devanciers. L'œil réclame un retour à la netteté, à la simplicité des lignes et des formes. Beaucoup même considèrent que l'art dans la construction doit maintenant, selon les termes de M. H. M. Magne, « résulter de l'expression franche donnée à la solution scientifique ». C'est dans ce sens que les nouveaux hangars à dirigeables d'Orly, conçus par M. Freyssinet, et qu'on a pu qualifier de « vaisseaux prodigieux », valant les nefs gothiques les plus hardies³, le pont sur la Seine de Saint-Pierre-du-Vauvray (du même ingénieur), ouvrages tracés de telle sorte que la fibre moyenne des arcs coïncide exactement avec la courbe funiculaire des charges permanentes, constituent des réalisations architecturales de premier ordre.

» Un architecte d'avant-garde, M. Le Corbusier, dont on a dit qu'il était « le poète du béton armé »⁴, s'est emparé avec fougue d'exemples de cette espèce pour montrer dans quelle direction, selon lui, devait s'orienter désormais l'architecture. « Leurs œuvres, dit-il en parlant des ingénieurs, sont sur le chemin du grand art⁵. » Et il invite les constructeurs à méditer sur l'esthétique propre de l'automobile, du paquebot, de l'avion, aux lignes si parfaitement conformes à la destination de ces engins. Tous les urbanistes connaissent son schéma de la cité future, se présentant sous la forme d'une gigantesque « ville-tours », composée d'énormes blocs de « machines à habiter », construites en série.

» Il convient cependant de se garder de toute outrance. Si une réaction est apparue nécessaire, si un sang plus jeune doit être infusé à notre architecture, il ne faudrait pourtant pas tout sacrifier à un rationalisme absolu, qui ne tarderait guère à engendrer la sécheresse et l'ennui. C'est ainsi qu'à la récente Exposition des Arts décoratifs, bien peu de constructeurs ont su éviter cet écueil. Néanmoins, cette grande manifestation d'art, même dans ses exagérations, a été du plus haut intérêt en mettant en évidence les tendances architecturales de l'heure présente. Ce que nous avons dit plus haut de l'évolution de nos conceptions esthétiques apparaissait là d'une manière éclatante. Visiblement, les structures des divers édifices soumis au jugement du public étaient issues, en droite ligne, du béton armé. Ce « style polyédrique », ainsi que l'a très justement appelé M. Charles Nordmann, ce parti pris de simplification des formes, cette prédominance de la ligne droite et du plan, toute cette géométrie constructive, résultait directement du monolithisme d'un matériau mis en œuvre par coffrage. La belle adaptation

décorative de M. Letrosne, à l'intérieur du Grand-Palais, avec ses hauts piliers carrés de section constante, ses linteaux d'une portée inusitée, ne serait, bien entendu, possible dans la réalité qu'avec le béton armé.

» D'autre part, à l'ornementation sculptée de la pierre devait tout naturellement se substituer le décor plaqué de marbre ou de céramique, non pour donner le change sur la véritable nature du matériau sous-jacent, mais pour en rehausser, en des points convenablement choisis, l'aspect quelque peu monotone.

» Ainsi, par la vertu d'un matériau longtemps tenu à l'écart, mais depuis peu mis en honneur, le constructif semble devoir désormais prendre le pas sur le décoratif. L'architecte moderne, qui est quelquefois aussi constructeur — comme l'était le *mechanicus* antique — veille à ne plus donner à l'ornement que la place qui lui convient. En tout cas, il est amené, de plus en plus, à collaborer étroitement avec l'ingénieur, au lieu de se juxtaposer à lui, ainsi qu'il est arrivé trop souvent.

» Dans cet ordre d'idées, on a même suggéré de fondre ensemble les cultures de ces deux praticiens de la construction. M. Abel Fabre voudrait, pour la formation de nos futurs architectes, que l'on réunît l'enseignement de l'Ecole des Beaux-Arts et celui de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Il est étrange, dit M. Roux-Spitz¹, qu'il existe « une école pour apprendre à faire un temple et une autre pour apprendre à faire un pont. » Et M. Léandre Vaillat² se demande s'il ne conviendrait pas, « comme au Polytechnikum de Zurich, de rattacher les classes d'architecture à l'une de nos écoles d'ingénieurs, dont elles ne seraient qu'une branche spécialisée ».

» Nous n'avons pas la prétention d'apporter ici une réponse à cette importante question. Nous avons simplement voulu noter, dans ces quelques réflexions, le courant d'opinion très net qui tend à rapprocher l'œuvre des ingénieurs de celle des architectes. Nous avons multiplié à dessein les citations, pour montrer combien est générale l'évolution qui s'est faite, à cet égard, dans les esprits : évolution bienfaisante, croyons-nous, et de nature à faire cesser, plus rapidement peut-être qu'on ne le pense, ce « divorce entre l'art et la science » que déplore M. Abel Fabre, et dont notre architecture a souffert pendant si longtemps.

LÉON PETIT,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Les dernières extensions de la notion d'espace³

par M. J. MARCHAND, D^r ès sciences, professeur à Lausanne.

L'espace mathématique est une notion purement abstraite, donc bien différente de celle de l'espace *physiologique*, de l'espace de notre intuition sensible, que nous trouvons complètement élaborée en nous-mêmes.

Jusqu'au début du XIX^e siècle, la notion d'espace mathématique était inséparable de la géométrie euclidienne. Ses propriétés étaient celles qui sont conservées dans un déplacement euclidien. Plus tard, la création

¹ ROUX-SPITZ : Préface pour *Les arts décoratifs modernes*, par G. Quénioux.

² Léandre VAILLAT (*L'Illustration* du 31 octobre 1925).

³ Aperçu d'une communication présentée au VII^e Colloque mathématique des Universités de la Suisse romande (voir *Bulletin technique* du 5 décembre 1925, page 312.)

¹ R. DE LA SIZERANNE : *L'esthétique du fer* (Revue des Deux Mondes du 1^{er} mai 1900).

² A. DERVAUX : *L'édifice et le milieu*.

³ H. VERNE et R. CHAVANCE, ouvrage précité.

⁴ Jean DESTHIEUX : *Qu'est-ce que l'art moderne ?*

⁵ LE CORBUSIER : *Vers une architecture*.