

Zeitschrift:	Bulletin technique de la Suisse romande
Band:	51 (1925)
Heft:	7
Artikel:	Observations faites pendant la construction et l'exploitation d'installations hydrauliques et recherches dans un laboratoire hydraulique
Autor:	Gruner, H.E.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-39498

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: 18.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : Dr H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Observations faites pendant la construction et l'exploitation d'installations hydrauliques et recherches dans un laboratoire hydraulique*, par H. E. GRUNER, ingénieur-conseil, à Bâle. — *Concours d'architecture relatif à l'aménagement du quartier de Villamont et de la Place du Faucon*. — *Cavitation et corrosion dans les turbines hydrauliques*. — *Expériences faites avec le service combiné du rail et du pneu*. — *Exposition internationale de Navigation intérieure et d'Exploitation des forces hydrauliques*, à Bâle, 1926. — *Journées de discussion organisées par le Laboratoire fédéral d'essais des matériaux*, à Zurich. — *Conférence Internationale pour l'emploi de l'Esperanto dans les sciences pures et appliquées*, Paris, 14, 15 et 16 mai 1925. — *BIBLIOGRAPHIE*. — *SOCIÉTÉS* : Société technique et Section S.I.A., Fribourg. — *CARNET DES CONCOURS*. — *Service de placement*.

Observations faites pendant la construction et l'exploitation d'installations hydrauliques et recherches dans un laboratoire hydraulique.

par M. H. E. GRUNER, ingénieur-conseil, à Bâle¹.

Permettez-moi, Messieurs, de vous exposer pour commencer une question d'hydraulique élémentaire : étant donné un canal de longueur indéfinie et de pente donnée, déterminer sa section de façon qu'il débite un volume d'eau donné. Sous une apparence très simple, ce problème embrasse un ensemble de phénomènes qu'une étude de plusieurs siècles n'a pas encore réussi à expliquer complètement.

Nous éliminerons tout d'abord de l'étude le cas d'un *glissement* de l'eau sur le fond : on sait que si la quantité d'eau introduite dans le canal est très faible, il n'y aura pas écoulement proprement dit, mais si la pente est suffisante et les parois lisses, l'eau *glissera* en une lame mince, dont la vitesse dépend aussi de la viscosité du liquide et de la température. Ce phénomène est rare dans la nature, mais il peut se produire dans les modèles réduits d'où il importe de l'éliminer en choisissant des modèles suffisamment grands si l'on veut pouvoir utiliser pratiquement les résultats des essais.

M. Gruner rappelle ensuite les travaux de Ganguillet, Bazin, Chézy, du Dr Strickler, en vue de déterminer la constante C de la formule fondamentale $V = C\sqrt{RJ}$, et expose en particulier les considérations que M. René Koechlin a développées dans son intéressant ouvrage « Mécanisme de l'eau »², récemment paru, qui l'ont conduit à la nouvelle formule

$$C = C_1 \cdot (1 + A\sqrt{R})$$

qui tient compte des dimensions des aspérités du lit. Puis il poursuit en ces termes :

Venons à présent à notre canal et tout en maintenant le débit constant faisons varier sa pente. Nous constatons

¹ Extrait d'une Conférence faite, le 23 janvier 1925, devant la Section vaudoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes.

² Voir le compte rendu de cet ouvrage à la page 257 du *Bulletin technique* du 27 septembre 1924.

tout d'abord que la profondeur de l'eau varie. Aux grandes profondeurs correspond un écoulement *tranquille*, tandis que pour les petites profondeurs l'écoulement est appelé *torrentiel*. La limite entre ces deux écoulements correspond à une profondeur parfaitement déterminée qui s'exprime au moyen de considérations théoriques très simples. Considérons une section donnée du canal par laquelle s'écoule un débit parfaitement déterminé Q . Imaginons en outre que par suite de modifications quelconques dans les conditions d'écoulement (telles que changement de pente, ou modification de la nature des parois) le niveau d'eau prenne successivement dans la section considérée différentes altitudes. Nous pouvons caractériser chacun de ces états en reportant à partir du plan d'eau la hauteur $+ \frac{v^2}{2g}$. Le lieu de ces points dans le profil en long est appelé la *ligne d'énergie*, sa hauteur au-dessus du fond est égale à :

$$H = t + \frac{v^2}{2g},$$

(t étant la profondeur). H représente la somme d'énergie potentielle et cinétique spécifiques contenue dans la section considérée. La relation entre la hauteur H et la profondeur t est donnée à la figure 1. On voit qu'elle se divise en deux branches ascendantes se rejoignant au minimum pour une certaine valeur de t . A chaque valeur de H , c'est-à-dire pour chaque hauteur de la ligne d'énergie, correspondent deux valeurs de la profondeur. L'une t_o pour l'écoulement tranquille, l'autre t'_o pour l'écoulement torrentiel. La valeur de t qui correspond à H_{min} forme la limite entre les deux ; on l'appelle la profondeur *critique*.

Inversement, au lieu de considérer la variation de H avec la profondeur pour un débit donné, on peut établir la relation entre le débit et la profondeur pour une hauteur donnée de la *ligne d'énergie* (fig. 2). Ce débit est nul pour $t = 0$ et redouble pour $t = H$ ($v = 0$) et passe entre deux par un maximum pour une profondeur d'eau égale à la profondeur critique. Celle-ci est donc non seulement la limite au-dessus de laquelle l'écoulement est tranquille et au-dessous de laquelle l'écoulement est torrentiel, mais elle correspond aussi au plus grand débit possible pour une hauteur donnée de la *ligne d'énergie*. Etant donné H , il est donc impossible au canal de débiter plus que Q_{max} et

RELATION ENTRE LE DEBIT ET LA PROFONDEUR D'EAU POUR UNE HAUTEUR DONNÉE DE LA LIGNE D'ÉNERGIE

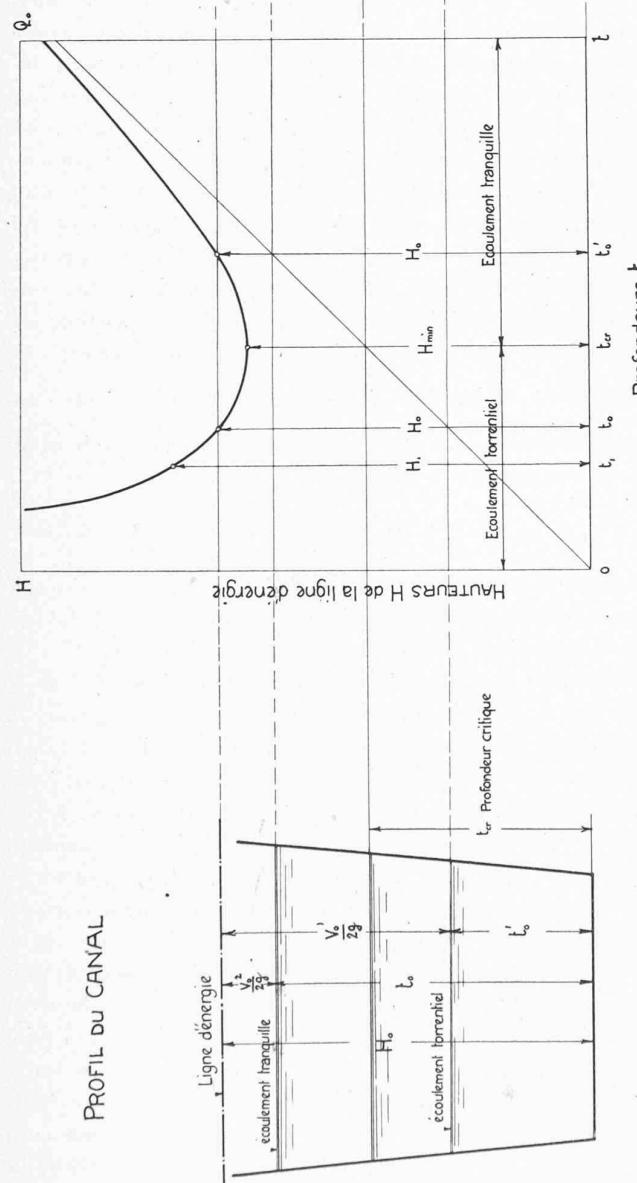


Fig. 2:

RELATION ENTRE LA HAUTEUR DE LA LIGNE D'ÉNERGIE ET LA PROFONDEUR D'EAU POUR UN DEBIT DONNÉ

PROFIL DU CANAL

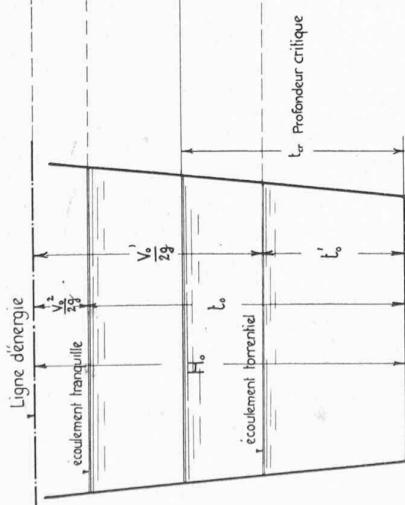


Fig. 4.

ceci quelles que soient la pente, la nature des parois et autres conditions physiques.

Il est très remarquable que la distinction entre des phénomènes physiques aussi complexes que l'écoulement tranquille et l'écoulement torrentiel puisse s'exprimer au moyen d'une relation purement mathématique, extrêmement simple.

Il est aisément de montrer que pour un profil donné il ne peut pas y avoir passage de l'écoulement tranquille à l'écoulement torrentiel ou inversement tant que les conditions physiques de pente, rugosité, etc., restent les mêmes. Par contre, on voit facilement qu'en modifiant un ou plusieurs de ces éléments, ce passage peut se produire. De plus, on démontre que le passage de l'écoulement tranquille à l'écoulement torrentiel peut se faire d'une manière continue, sans à-coup ; par contre, la transformation inverse de l'écoulement torrentiel en écoulement tranquille est impossible à réaliser, à moins qu'elle ne se fasse brusquement, instantanément. C'est le phénomène auquel on a donné le nom de *ressaut d'exhaussement* (*Wassersprung*), qui est toujours accompagné de la formation de tourbillons et d'une forte perte de charge.

Comme nous l'avons dit, des modifications dans les conditions physiques, en particulier les variations des dimensions du profil, ont pour effet de faire varier la profondeur d'eau et son mode d'écoulement. A première vue les conséquences de ces modifications du lit peuvent paraître difficiles à prévoir ; mais le simple examen de la courbe de la figure 1 nous permet de surmonter aisément cette difficulté. Ainsi (voir fig. 3), un rétrécissement du profil dû par exemple à une surélévation du fond du canal provoquera un abaissement du niveau si l'écoulement est tranquille (la branche de droite de la fig. 1 nous montre que si H diminue t diminue aussi) tandis que cette même élévation du fond provoquera, au contraire, une surélévation du niveau si l'écoulement est torrentiel (la branche de gauche montre que si H diminue, t augmente).

Ces deux cas sont représentés sur la figure 4.

Lorsque à un tronçon dans lequel l'écoulement normal (c'est-à-dire celui pour lequel le plan d'eau est parallèle au lit) est tranquille, par exemple à cause de la faible pente, succède un autre tronçon auquel correspond un écoulement normal torrentiel, par exemple à cause de la forte pente, le niveau s'abaisse progressivement en amont et à l'aval du point qui sépare les deux tronçons considérés, et comme le passage par la profondeur critique ne peut se faire, comme nous l'avons dit, que si les conditions physiques se modifient, on en conclut que la profondeur d'eau dans la section qui sépare les deux tronçons est précisément égale à la profondeur critique. Le problème est ainsi parfaitement déterminé, théoriquement et aussi pratiquement.

Il n'en est malheureusement pas de même lorsqu'un tronçon à écoulement tranquille succède au tronçon à écoulement torrentiel ; le *ressaut* déjà cité ne se produit pas à la jonction des deux tronçons, il est situé théoriquement au point d'intersection des *lignes d'énergie*

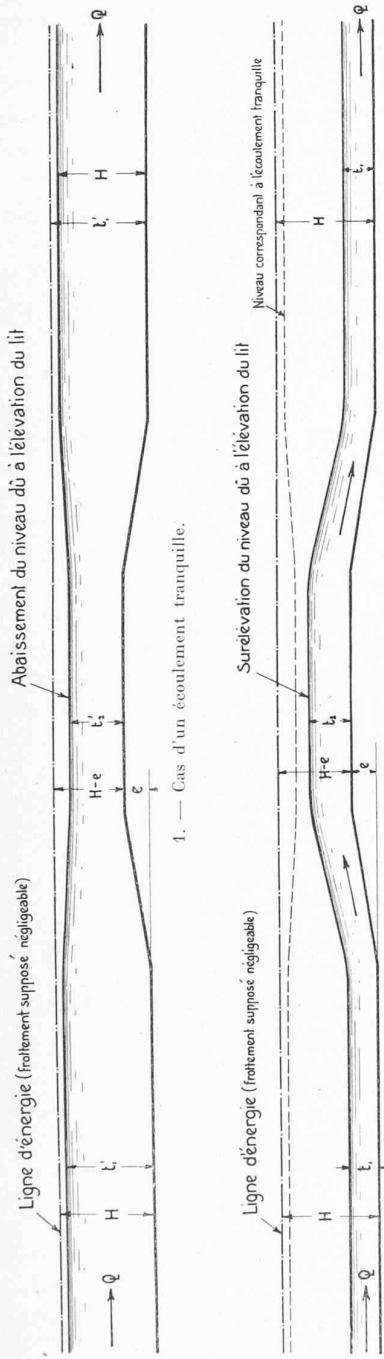
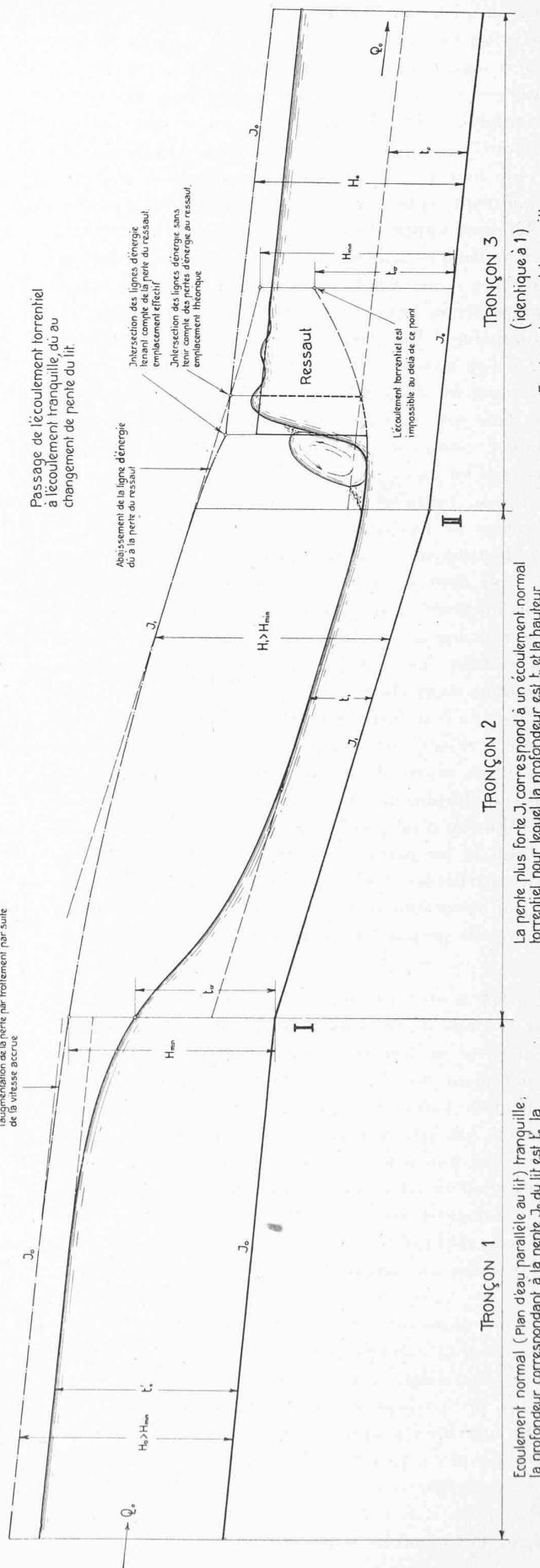


Fig. 3. — Influence du rétrécissement du profil sur la hauteur du niveau.

Passage de l'écoulement tranquille à l'écoulement torrentiel, dû au changement de pente du lit.

correspondant à chacun des deux modes d'écoulement ; mais comme le ressaut est accompagné d'une forte perte de charge, c'est-à-dire d'un abaissement de la ligne d'énergie que l'on ne peut pas calculer exactement, il en résulte que ledit point d'intersection, autrement dit l'emplacement exact du *ressaut*, n'est pas déterminable théoriquement. Et cependant nous allons voir la grande importance que prend la connaissance exacte du *ressaut* dans un grand nombre de constructions hydrauliques.

J'attirerai à présent votre attention sur un autre phénomène. Supposons que nous exécutions dans



de la ligne d'énergie H_1 Ecoulement normal tranquille

notre canal des mesures hydrométriques, telles par exemple que celles exécutées par la Commission de la Société suisse des ingénieurs et des architectes. Eh bien ! nous constaterons ici comme on l'a constaté dans des mesures semblables, des différences pouvant aller jusqu'à 10% et que nous prendrions au premier abord pour des erreurs de mesure. Cependant, malgré tout le soin que nous pourrons apporter à nos observations, toujours ces différences apparaîtront. Messieurs, mon avis est que ces inexactitudes cachent une loi naturelle encore inconnue, et qui ne serait autre que la loi de pulsation déjà présentée à l'état d'hypothèse dans l'ouvrage du Dr Rümmelin « De quelle façon se meut l'eau courante ? ». Cet auteur, se basant sur des essais exécutés sur un canal où il avait constaté ce même phénomène, expose dans son ouvrage toute une théorie où il tente d'expliquer comment peut se mouvoir l'eau que nous voyons tous les jours couler sous nos yeux sans que nous ayons réussi, jusqu'ici, à en apprendre beaucoup plus qu'au temps de Pythagore.

Si le frottement n'existe pas l'eau prendrait simplement un mouvement qui serait uniformément accéléré pour un profil et une pente constants et qui, de toute façon, serait aisément calculable à l'aide de la *ligne d'énergie* : celle-ci restant horizontale, sa position serait exactement connue dans chaque section.

De même, s'il se formait le long des parois et du fond une couche d'eau immobile sur laquelle glisserait sans frottement la masse d'eau, ainsi que le supposaient les premiers hydrauliciens, le phénomène serait aussi très simple. Mais ce n'est pas le cas, en dehors du frottement entre l'eau et les parois existent encore les frottements entre les particules d'eau ; ce sont ces actions tangentielles qui déterminent la formation de tourbillons et jouent un rôle prépondérant dans le mode d'écoulement.

Passons à un autre ordre de considérations. Si l'on observe la chute d'une lame d'eau par-dessus un barrage, on peut voir se former quatre sortes de tourbillons. Immédiatement au-dessous de la lame d'eau se trouve un tourbillon horizontal qui se meut dans le sens du mouvement du jet. Sur la lame elle-même s'en forme un deuxième, tournant en sens inverse. En aval du jet, à l'endroit où la lame d'eau quitte le seuil du barrage, on peut constater un troisième tourbillon se mouvant dans le sens de l'eau. Enfin, on peut apercevoir plus loin un mouvement ascendant de l'eau du fond vers la surface.

Ces tourbillons obéissent naturellement à des lois précises dont la connaissance nous permettrait de déterminer exactement le mouvement de l'eau. Mais elles nous sont précisément encore inconnues et leur étude forme un des buts proposés à l'hydraulicien. On a fait toutefois jusqu'ici quelques observations intéressantes : on a constaté par exemple que le tourbillon supérieur qui se meut en sens inverse de l'eau surcharge la lame déversante et fait office de frein. En donnant au barrage

une forme convenablement choisie on peut arriver ainsi à détruire la plus grande partie de la force vive du jet.

En ce qui concerne le tourbillon inférieur on a observé qu'il avait une grandeur limite qui n'est jamais dépassée. Supposons qu'à l'extrémité du radier se trouve un trou très profond auquel fait suite la rivière. On constate que dans ces conditions le tourbillon aval prend une grandeur parfaitement déterminée.

Reprenons notre canal en bois et donnons-lui une inclinaison de 35° sur l'horizontale ; nous verrons que malgré cette très forte pente la vitesse de l'eau reste à peu près constante, même si l'on augmente le débit. L'eau entraîne avec elle une certaine quantité d'air qui peut aller jusqu'à tripler son volume primitif.

Pour terminer ces considérations théoriques, envisageons à présent l'écoulement non plus dans un canal ou une rivière, mais à travers un matériel poreux. Si nous supposons qu'une masse de sable ou de gravier, par exemple, soit soumise en deux sections déterminées à des pressions hydrostatiques différentes il s'établira entre ces deux sections, à travers les pores de la matière, un courant. La pente hydraulique, ou si l'on veut la pente de la surface de la nappe souterraine prend en une section quelconque une valeur proportionnelle à la vitesse dans ladite section. Le coefficient de proportionnalité est appelé *facteur de percolation*.

(A suivre.)

Concours d'architecture relatif à l'aménagement du quartier de Villamont et de la Place du Faucon.

Extrait du rapport du jury¹.

Le jury s'est réuni lundi 1^{er} décembre, à 9 h. 30, au Casino de Montbenon où les projets étaient exposés.

Etaient présents : MM. Boiceau, directeur des Travaux ; Camille Martin et Braillard, architectes à Genève ; Rochat-Mercier, ingénieur en chef de la Ville.

M. Daxelhoffer, architecte, empêché d'assister à la séance, est remplacé par M. Burnat, architecte à Vevey, suppléant.

M. Boiceau est nommé président du jury.

Pour faciliter la discussion et laisser pleine liberté d'esprit aux membres du jury, un secrétaire est nommé en la personne de l'architecte-adjoint du Plan d'Extension.

M. le président du jury lit en premier lieu le programme du concours et constate que huit projets ont été remis en temps voulu au Service technique de la direction des Travaux.

Ce sont les projets : « Faucon » ; « Unité » ; « Repos » ; « La Percée » ; « Saint-Pierre » ; « Adolphe » ; « Pour être vu en perspective » ; « Simple ».

Après une vérification rapide, le jury constate que les projets remplissent les conditions du programme et peuvent être admis à l'exception du projet « La Percée », dont l'auteur a fermé l'enveloppe qui contient probablement le mémoire demandé et laissé ouverte celle qui renfermait son nom ; un membre du jury a été ainsi amené à prendre connaissance du nom de l'auteur ; en outre, une des deux perspectives demandées au programme pour la place du Faucon, manque.

¹ Voir *Bulletin technique* du 16 mars 1925, page 71.