

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 62 (1936)
Heft: 3

Artikel: Les essais sur ouvrages existants
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-47557>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 12 francs

Etranger : 14 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 10 francs

Etranger : 12 francs

Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Paraissant tous les 15 jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. — Organe de publication de la Commission centrale pour la navigation du Rhin.

COMITÉ DE RÉDACTION. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève. — Secrétaire : EDM. EMMANUEL, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud* : MM. C. BUTTICAZ, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; CH. WEIBEL, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur cantonal ; E. PRINCE, architecte ; *Valais* : MM. J. COUCHEPIN, ingénieur, à Martigny ; HAENNY, ingénieur, à Sion.

RÉDACTION : H. DEMIERRE, ingénieur, 11, Avenue des Mousquetaires, LA TOUR-DE-PEILZ.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DU BULLETIN TECHNIQUE

A. DOMMER, ingénieur, président ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER ; E. SAVARY, ingénieur.

ANNONCES

Le millimètre sur 1 colonne,
largeur 47 mm. :

20 centimes.

Rabais pour annonces
répétées.

Tarif spécial
pour fractions de pages.

Régie des annonces :
Annonces Suisses S. A.
8, Rue Centrale (Pl. Pépinet)
Lausanne

SOMMAIRE : *Les essais sur ouvrages existants*, par M. FRITZ HUEBNER, ingénieur. — *Les études géotechniques. Leur but et leurs méthodes* (suite et fin), par M. D. BONNARD, ingénieur. — *Problèmes constructifs relatifs aux conduites forcées et ouvrages accessoires* (suite et fin), par le D^r Ing. UMBERTO BONO. — VARIÉTÉS : *Ce qu'on peut penser des sourciers, d'après le pourcentage de leurs succès*, par M. OCTAVE MENGEL, D^r ès sciences, géologue et sourcier. — NÉCROLOGIE : *Jacques Hurter*. — SOCIÉTÉS : *Section genevoise de la Société suisse des ingénieurs et des architectes*. — CARNET DES CONCOURS. — BIBLIOGRAPHIE.

Les essais sur ouvrages existants.

Voici l'essentiel de la leçon inaugurale qu'a faite M. Fritz Huebner en prenant possession, le 26 novembre dernier, de la chaire de constructions métalliques à l'Ecole d'ingénieurs de Lausanne. Nous regrettons que l'abondance de « copie » en souffrance ne nous permette pas de publier ce remarquable discours in extenso. — Réd.

Aucune connaissance des matériaux et aucune méthode de calcul — seraient-elles aussi approfondies et développées que possible — ne sauraient en elles-mêmes nous donner toutes les garanties de sécurité — de sécurité effective aussi uniforme que possible en tous les points d'une construction, bien entendu.

Seule l'observation directe des ouvrages existants — que Rabut caractérisait si bien en parlant « d'auscultation » d'une construction — peut nous renseigner sur les conditions d'existence réelles et nous mettre en mesure d'adapter nos connaissances théoriques aux conditions déterminées par la nature propre du matériau, de la construction et du terrain sur lequel doit reposer tout ouvrage, pont ou charpente.

En effet, on ne peut se contenter d'appliquer les méthodes classiques de calcul, lorsque cette application est liée à des hypothèses plus ou moins nombreuses, dont la raison essentielle — dans la plupart des cas — est la simplification indispensable à une solution quelque peu pratique des problèmes hyperstatiques. La prétendue exactitude mathématique risque alors de devenir une manière de fiction, dangereuse même dans des cas limites, lorsque la foi en des formules — en elles-mêmes mathématiquement exactes — fait oublier que les détails de la structure d'un organisme et les réciprocity qui jouent nécessairement entre les éléments d'une construction de n'importe quelle nature n'obéissent pas dévotement aux simplifications admises par le mathématicien.

Les premiers essais sur ouvrages existants ne pouvaient renseigner que très imparfaitement sur le degré de concordance avec les théories suivant lesquelles les ouvrages avaient été calculés. A cette époque certaines notions fondamentales n'étaient pas encore corroborées par l'expérience qui nous a enseigné depuis lors, qu'en réalité, le jeu des contraintes ne

correspond que rarement de si près aux conceptions que nous suggèrent les calculs de stabilité classiques.

Les essais modernes qui font l'objet de notre exposé datent d'environ 25 ans. Nous les considérons comme remarquables en ce sens qu'il s'agit d'essais dits systématiques, qui se distinguent nettement des observations pratiquées antérieurement, par le fait qu'ils visent avant tout les lois auxquelles satisfont les valeurs effectivement observées. Les contraintes ou les déformations locales ne sont que d'un intérêt secondaire, en ce sens, bien entendu, qu'une comparaison immédiate avec des valeurs calculées suivant les méthodes usuelles prête facilement à des interprétations erronées. Une étude critique des observations faites ne peut être vraiment utile qu'en faisant intervenir les lignes d'influence effectives.

Afin de mieux préciser notre thèse générale, mais aussi pour démontrer en même temps qu'en fin de compte elle n'a rien de subversif, nous envisagerons rapidement quelques types de construction connus de chacun.

Par notre énumération de quelques particularités des constructions courantes desquelles dépend un calcul considéré comme exact — le seul du reste qui permet d'utiliser au plus près les propriétés d'un matériau — nous avons encore voulu mettre en évidence les difficultés qu'elles occasionnent à une interprétation correcte des résultats d'auscultations détaillées des ouvrages. Bien que cette interprétation n'offre aujourd'hui plus les complications du début, elle exige néanmoins une grande expérience en la matière.

Presque chaque essai place les expérimentateurs, même les plus habiles, devant des faits inattendus et surprenants, dont l'explication n'est souvent pas possible au premier abord voire quelquefois même impossible, sans recours à des expériences complémentaires adéquates de laboratoire ou sur des modèles à échelle réduite.

Aussi ne faut-il pas oublier que toute expérience de n'importe quel genre ne sera jamais qu'un tremplin à de nouveaux travaux et de nouveaux progrès.

Nous avons déjà caractérisé les essais systématiques sur ouvrages existants en disant qu'ils nous servent avant tout au relevé des lignes d'influences réelles. C'est parce que l'allure des lignes d'influence est caractéristique pour chaque type de construction.

La seule observation de la flèche en un point donné, ou des contraintes agissant dans une section quelconque, peut donner lieu à des interprétations d'autant plus variées que le nombre des grandeurs mathématiques plus ou moins exactement appréciables — intervenant dans les formules — est plus grand.

Relativement aux contraintes locales, il ne faut jamais oublier que celles-ci ne sont que rarement telles que l'admettent les calculs usuels, c'est-à-dire symétriques par rapport au plan principal d'un élément.

Notamment en construction métallique les longerons sous les traverses des ponts-rails, par exemple, sont toujours sollicités plus ou moins excentriquement. Il en est de même pour les entretoises qui doivent généralement suivre les déformations des longerons attachés à eux. Les poutres maîtresses sont non moins destinées à supporter des contraintes accessoires et irrégulièrement réparties sur les sections.

Tous ces faits obligent ainsi à observer constamment les contraintes de toutes les fibres d'une section et de les rapporter — ce qui est essentiel — à des positions bien déterminées de la surcharge d'essai. De là découle précisément ce qui caractérise tout spécialement nos essais systématiques : c'est-à-dire l'obligation de ne jamais se baser sur les seules contraintes observées au simple passage continu de la surcharge d'essai, mais bien au contraire sur les valeurs qui répondent à des positions déterminées de cette surcharge. Dans toute auscultation de ponts par le moyen des contraintes on ne devra pas non plus négliger l'influence de la répartition toute locale des surcharges, qui fait de toute charge de roue supposée isolée une charge plus ou moins répartie, ramenant parfois les contraintes effectives sensiblement au-dessous des valeurs théoriques calculées dans l'hypothèse de charges concentrées.

Il faut insister encore en passant sur le fait que la mesure des contraintes s'effectue plus sûrement sur des constructions métalliques que sur des constructions massives. Des essais de laboratoire effectués sur des poutres en béton armé ont démontré que dès que l'on s'approche du moment de la fissuration — même microscopique — les allongements, desquels on doit déduire les contraintes de traction, peuvent passer pour ainsi dire, subitement du simple au double ; c'est pour cette raison qu'on ne saurait admettre, sans autre, comme critère sérieux d'une construction en béton armé, les mesures de contraintes faites sur des fibres tendues. Il est, par contre, prouvé que les mesures au tensiomètre sur des fibres comprimées, soit donc pour les voûtes et les colonnes, sont entièrement valables.

Au nombre des observations utiles à l'auscultation pratique d'ouvrages existants, il y a encore le relevé très courant de flèches et la mesure de déformations angulaires. C'est en particulier pour le béton armé que ces deux espèces d'observations ont une signification toute spéciale. L'uniformité d'un béton mis en œuvre sur les chantiers ne saurait être garantie dans tous les points d'une construction ; la pose des fers est également sujette à des écarts par rapport aux données des plans. Mais — et c'est là l'essentiel — ces deux causes d'imperfection, plutôt accidentelles et locales, n'influencent que peu sur la qualité moyenne de l'exécution, considération qui importe en fin de compte et dont les flèches et les déformations angulaires sont l'expression immédiate.

Ce qui distingue surtout les essais sur les constructions massives c'est que dans ces derniers intervient toujours, bien qu'à des degrés divers, une inconnue spéciale, savoir la qualité moyenne du matériau mis en œuvre. Tout essai sur des constructions massives exige dès lors non seulement la détermination de l'état d'encastrement — qui est indispensable aussi pour les constructions métalliques — mais encore celle du module d'élasticité en jeu, pratiquement invariable pour de l'acier ou pour les autres métaux employés dans la construction. Un essai sur ouvrage en béton ou en béton armé qui néglige cette condition doit être taxé d'inutile. Des conclusions qui ne se basent que sur un relevé des flèches sont susceptibles d'interprétations tout à fait arbitraires, voire même d'être inconsidérément adaptées aux besoins de la cause. Dans tous les cas, il faudra bien se rendre compte aussi, non seulement de la surface de charge qu'il y a lieu de faire intervenir pour l'interprétation des valeurs mesurées, mais encore et

surtout de la répartition de la charge d'essai sur les poutres avoisinantes.

Ainsi, puisque l'état d'encastrement d'une poutre trouve son expression dans les déformations angulaires de son axe au droit des appuis, il est indispensable, mais toutefois suffisant, de relever encore la flèche en un point quelconque de la poutre massive envisagée et des poutres avoisinantes pour pouvoir calculer le module d'élasticité, qui détermine la qualité moyenne du béton mis en œuvre.

Si l'on se représente maintenant combien, de nos jours, les ingénieurs qualifiés s'efforcent de pénétrer le caractère particulier d'un ouvrage — tout autant par le moyen de calculs complets que par l'étude approfondie des détails de construction — si l'on se rend compte encore combien les progrès scientifiques, stimulés par une concurrence de plus en plus acharnée entre les tenants des divers genres de construction pousse automatiquement et inévitablement à des hardiesses parfois exagérées, — si enfin on ne passe pas sous silence un certain dilettantisme qui ne craint nullement de spéculer même sur les résistances en réserve des matériaux, judicieusement sauvegardées dans les ordonnances en vigueur — on comprendra d'autant mieux que nous soulignons une fois de plus la nécessité absolue de multiplier dans la mesure du possible les auscultations d'ouvrages existants.

Or, l'intérêt que l'on porte à une chose ne suffit évidemment pas pour qu'elle soit réalisée. Là encore — comme pour presque tout ce qui se fait sur cette terre — il faut avant tout disposer des moyens nécessaires ; mais il faut encore quelque chose de plus. Il faut encore un certain dévouement professionnel ainsi que l'aide et la confiance des autorités — à tous les degrés — auxquelles incombent généralement la construction et l'entretien des ouvrages les plus importants et qui sont donc les premiers bénéficiaires d'un vrai travail scientifique tel que nous l'entendons.

Ce n'est que par l'entraide des représentants de la science et des intérêts publics que nous nous rapprocherons du but idéal qui est de tendre au maximum de sécurité avec le minimum de frais.

* * *

Voici maintenant, parmi les plus essentiels, les problèmes de la pratique des constructions qui nous préoccupent et dont une partie seulement peut être considérée comme étant déjà résolue :

Les efforts secondaires dus à la rigidité des attaches aux nœuds des poutres métalliques évidées constituent l'essence d'un rapport de M. le Prof. Ros, élaboré au nom de la Commission technique de l'Association des constructions métalliques, d'après un grand nombre d'auscultations de ponts de systèmes très variés. Ces essais ont démontré — grosso modo — que les efforts secondaires sont en général moins importants que les calculs connus jusqu'ici ne le laissent prévoir. C'est notamment le cas si l'on réduit dans la mesure du possible les dimensions des attaches. Ce résultat tient à l'élasticité spécifique des rivures d'attache et des goussets.

Quant à la répartition des efforts tranchants dans des poutres évidées à diagonales multiples, de nombreux essais nous ont enseigné que l'effort tranchant ne se répartit également que lorsque les diagonales tendues et comprimées sont de sections égales. Dans tous les autres cas, la répartition a été trouvée à peu de chose près proportionnelle aux sections des diagonales. Cette question peut être considérée comme étant entièrement élucidée.

Les encastrements de poutres liées entre elles ont fait l'objet de nombreux essais sur des longerons et des entretoises de ponts métalliques. Ils ont démontré l'existence pour ainsi dire inévitable d'encastrement parfois très importants ; d'où le droit, sinon l'obligation, d'en tenir compte dans les calculs. Mais il convient de bien distinguer entre l'efficacité assez variable des divers types. Pour bien s'en rendre compte, il a fallu procéder à des essais complémentaires de laboratoire pour arriver à éliminer, entre autres, l'effet variable et très influent de la répartition toute locale des charges, que l'on retrouve toujours dans les ouvrages. Sans être, pour l'instant, entièrement renseignés sur tous les détails du calcul d'une attache donnée, nous connaissons cependant des résistances relatives, qui facilitent beaucoup la solution du problème.

Les encastresments des poutres en béton armé, envisagés au double point de vue de la sécurité des ouvrages et de leur économie, constituent peut-être le problème le plus important du béton armé. Aujourd'hui, nous ne sommes pas encore en mesure de déterminer, *a priori* et dans tous les cas, les encastresments qui se produiront dans l'ouvrage fini, du moins pas avec l'exactitude qui vise à réaliser une égale sécurité en tous les points d'une poutre. Il est certain que l'encastrement d'une poutre munie de biais aux appuis est plus efficace que celui d'une poutre de hauteur constante. Donc, pour des poutres de section rectangulaire, il n'y a plus guère de grosses indécisions à ce sujet. Par contre, nous ne connaissons qu'imparfaitement ce qui se passe effectivement dans les poutres de section en T bien que les règlements fixent la largeur de la dalle qui collabore aux fatigues ; mais celle-ci intervient uniquement pour le calcul des sections. Quant aux déformations, nos essais systématiques indiquent, au contraire, nettement que les moments d'inertie effectivement en jeu dépendent de largeurs variables de la dalle et qu'ils vont en diminuant vers les appuis. La conséquence est que nous calculons en général avec des moments d'encastrement trop élevés.

Dans cet ordre d'idées nous ne pouvons pas nous dispenser d'émettre quelques commentaires sur les motifs d'encastresments. Nous ne nous arrêtons pas aux encastresments des fondations qui dépendent de la nature et de la résistance du sous-sol. Nous dirons simplement que la diversité des terrains exige encore de bien nombreuses études, et en particulier des études de laboratoire parallèlement à des sondages sur place, complétés par des essais sur ouvrages existants. Les résultats de ces essais ne concernent évidemment pas les constructions massives seulement. Toutefois, étant donné que leur rigidité est supérieure à celle des constructions métalliques, les constructions massives dépendent bien plus des propriétés spécifiques des divers terrains de fondation.

Les encastresments qui importent en premier lieu, sont ceux qui ont une influence sur le détail des constructions.

Une poutre s'appuyant tout à fait librement sur un mur robuste et indéformable sera presque entièrement encastree, dès que sa déformation angulaire sur les appuis est empêchée. Il est, dès lors, facile d'entrevoir la gamme des encastresments possibles eu égard au fait que les murs sont en réalité plus ou moins déformables.

Les poutres continues et les systèmes de cadres sont, au contraire, bien plus abordables par le calcul, parce que les essais ont démontré le bien-fondé des théories connues, toujours sous réserve d'une appréciation exacte des moments d'inertie effectifs.

Enfin, les encastresments qui résultent de la résistance à la torsion des poutres sont encore insuffisamment mis en lumière. C'est que cette question importante se complique encore du fait que des poutres soumises à la torsion collaborent presque toujours avec des dalles adjacentes.

Ainsi, parmi les problèmes les plus urgents à résoudre par des études systématiques nous devons compter celui des encastresments dus à la résistance des murs ainsi qu'à la résistance de poutres à la torsion, tandis que les encastresments provenant de la continuité des poutres ou de leur liaison avec des colonnes sont assez bien connus, toujours sous réserve — et nous insistons là-dessus — d'une appréciation quelque peu exacte de la variation des moments d'inertie en jeu.

(A suivre.)

F. HUEBNER.

Les études géotechniques. Leur but et leurs méthodes.

par D. BONNARD, ingénieur, chef de travaux
au Laboratoire d'hydraulique de l'Université de Lausanne.

(Suite et fin) ¹

d) Essais d'écrasement (sans frottement latéral). — Ces essais sont comparables, dans leur forme, aux essais de compression auxquels on soumet les cubes de béton.

¹ Voir Bulletin technique du 18 janvier 1936, page 14.

L'échantillon, placé dans une atmosphère saturée d'eau est chargé graduellement puis déchargé. En reportant, en fonction de la charge, l'aplatissement unitaire $\frac{\Delta h}{h_0}$ (Δh = variation de hauteur sous l'effet de la charge ; h_0 = hauteur réduite de l'échantillon, par définition = $\frac{h}{1 + \epsilon}$) on obtient une courbe formant boucle d'hystérésis. L'inclinaison de cette boucle représente un module d'élasticité apparent.

La résistance étant fonction de l'angle de frottement, de la tension capillaire et de la vitesse d'application des charges, l'utilisation des résultats de ces essais est délicate.

III. Intérêt pratique des déterminations géotechniques ¹.

Classification des sols argileux et sableux.

Sur la base de leurs caractéristiques physiques et mécaniques, il est possible d'établir une nomenclature des sols qui, quoique incomplète à divers points de vue, suffit à éviter dans les applications techniques de nombreux malentendus.

Trop souvent, faute de mieux, on est réduit à « étiqueter » les sols d'après leur apparence, leur couleur ou l'impression qu'ils laissent au toucher. On commet alors des erreurs dans l'appréciation de leurs propriétés, en particulier de leur perméabilité et de leur stabilité.

La méthode nouvelle consistant à déterminer, au laboratoire, quelques-unes des particularités essentielles du sol et à en déduire son espèce est préférable. Les expériences de base étant faites suivant un processus toujours le même, on se rend indépendant ainsi de l'appréciation personnelle.

Nous donnons à la Fig. 8 la classification proposée par M. le professeur Terzaghi (« Ingenieur-Geologie », Vienne, 1929, page 349). L'indice de perméabilité et le facteur de gonflement permettent de situer le sol dans l'une des catégories mentionnées. La terminologie des terrains est donc basée ici sur l'essai œdométrique.

¹ Nous signalons, dans ce chapitre, quelques-uns des problèmes dont la solution est facilitée par les essais géotechniques, en priant le lecteur de se reporter, pour plus ample information, aux ouvrages et articles cités.

Indice de perméabilité	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹
VIII	Glaises	Argiles	Argiles			
VII	Sableuses	Argiles	Argiles			
VI		Boues	Boues			
V						
IV	Sables		Boues			
III						
II	Fins		avec éléments organiques			
I						
Groupe	A-260	150	64	32	16	8
	1	2	3	4	5	6

Fig. 8. — Classification des sols sableux et argileux proposée par M. Terzaghi. Elle est basée sur les résultats de l'essai œdométrique.