

UNIVERSITE DE LIEGE

COURS DE CONSTRUCTIONS DU GÉNIE CIVIL

N° 16

LES RESSOURCES DE LA METHODE EXPERIMENTALE APPLIQUEE AUX CONSTRUCTIONS

PAR

F. CAMPUS

Ingénieur des Constructions Civiles et Electricien A.I.Br., A.I.Lg., et A.I.E.M.
Professeur à l'Université de Liège

Extrait de „**LA CITÉ**”, Revue d'Urbanisme et d'Architecture
(12^e année, n° 6 du mois de Juin 1934)

BRUXELLES

Imp. H. WELLENS, W. GODENNE & Cie, 45, rue de Roumanie.

Les Ressources

de la Méthode Expérimentale appliquée aux Constructions

par F. CAMPUS

Professeur à l'Université de Liège,
Directeur du Laboratoire d'essais du
Génie Civil de l'Université de Liège.

Dans un domaine aussi ancien de l'industrie humaine que la construction, le progrès prend l'apparence d'une évolution, qui retient peu l'attention publique, tant le rythme de la vie est devenu rapide, tant aussi il y a eu de progrès plus retentissants dans des domaines neufs : électricité, dynamique thermique ou hydraulique, tant enfin il y a eu d'inventions surprenantes, occupant à juste titre le premier plan de l'actualité : aviation, automobile, radiologie, T. S. F. etc... Cependant, le progrès n'a pas été insignifiant dans le domaine des constructions. Dans un ouvrage du plus haut intérêt, intitulé « Art et Technique dans l'Evolution des Ponts », mon collègue italien L. Santarella, résume en une phrase l'accélération impressionnante de son rythme : " vingt siècles de ponts en pierres,
" un siècle de ponts en acier,
" trente ans de ponts en béton armé.

Mais je considère comme beaucoup plus caractéristique que ce changement dans les matériaux, l'espèce de révolution qui s'est produite dans les esprits et dans les conceptions.

Il y a quelque vingt ans, l'enseignement théorique des ingénieurs était pour ainsi dire purement rationnel; leur enseignement pratique était assez conventionnel. En dehors de la chimie et de l'électricité, guère d'expérimentation : quelques essais classiques et élémentaires de machines et de résistance des matériaux. Je n'envisage pas ici une Ecole en particulier, mais une situation générale.

Les ingénieurs praticiens travaillaient dans le même esprit; je me souviens d'avoir entendu à la même époque affirmer par des ingénieurs des chemins de fer que le béton armé ne pouvait convenir pour les ponts-rails.

Après la parenthèse sanglante de la guerre survint un changement des esprits. En Belgique, de nouvelles installations universitaires surgissaient, marquant le prédominance des laboratoires.

Je constatais déjà ce fait dans la R. U. M., le 15 décembre 1926, en un article intitulé « La conception des laboratoires techniques universitaires », article dont je me suis fait un programme et dont je poursuis la réalisation. Il était d'ailleurs très général : il visait tous les laboratoires techniques et je pense qu'il était l'expression d'une conception commune à une nouvelle génération de professeurs et d'ingénieurs, qui voulait briser les cadres anciens de la science et de l'art de l'ingénieur, trop rationnels par certains aspects, trop conventionnels par certains autres et trop limités dans de nombreuses directions par l'insuffisance des moyens théoriques.

L'outil mathématique, notamment, n'est le plus souvent qu'un moyen d'expression ou un auxiliaire de travail et d'étude. Il ne peut se passer de point de départ, de fait initial : l'hypothèse. Mais celle-ci ne peut pas seulement être commode, il faut encore qu'elle soit suffisamment exacte, en elle-même et dans ses déductions (1). Ce qui n'a pas d'importance pour le mathématicien travaillant dans l'abstrait est essentiel pour l'ingénieur, qui est à la fois le maître et l'esclave des lois naturelles. Il ne peut s'écarter d'elles sans perdre sa qualité d'ingénieur, c'est donc une question de vie ou de mort. Les plus excellents calculs ne disculperaient pas l'ingénieur responsable d'un pont qui se serait écroulé.

On a reconnu, depuis assez longtemps, en matière de constructions, que les meilleurs théories étaient impuissantes et bornées. Toutes d'ailleurs conduisent finalement à des formules faisant usage de coefficients expérimentaux; leur exactitude nécessaire dépend essentiellement de celle de ces coefficients. Là où les théories étaient impuissantes, on recourait parfois, anciennement, aux formules empiriques, fruits de la routine et du bon sens. Ou bien on invoquait « l'Art » de l'ingénieur, sorte de génie individuel dont on entend encore parfois proclamer la puissance. Loin de moi la pensée de nier la valeur personnelle d'un ingénieur. Je crois au contraire que cette valeur est grande, mais qu'elle est formée de connaissances et d'expériences, non d'impressions, de sentiments, d'idées préconçues et parfois bizarres. En d'autres termes, je pense que la valeur de l'ingénieur réside tout entière dans la maîtrise objective, dans la puissance d'apprécier l'extérieur et d'agir sur l'ambiance, non dans l'épanouissement du subjectif ou du subconscient. De la sorte, il y a vraisemblablement une complète incompatibilité entre la mentalité de l'ingénieur et celle de la plupart des artistes ou esthètes de profession. Je suis cependant d'accord avec M. L. Santarella quand il écrit, dans son ouvrage précité, que le vrai ingénieur doit avoir le sentiment de l'art. Mais il ne s'agit pas là de « l'art de l'ingénieur », mais bien de la conception générale, absolue et permanente de l'Art, qui est le privilège de beaucoup d'hommes ayant reçu un certain degré d'éducation. Cette appréciation doit même s'accompagner chez l'ingénieur d'une capacité de réalisation. Et de fait, les réussites des ingénieurs dans l'art des formes dominant toute la période moderne. Quelles formes plus impressionnantes, plus neuves, plus hardies et plus inoubliables

a-t-on créées depuis quelques décades que la locomotive, le paquebot, l'avion, la turbine, les formes aérodynamiques, l'automobile, les grands ponts, les pylones, les tours. Seulement, dans ces réalisations, le souci de l'art n'a guère été intentionnel, mais s'est trouvé satisfait par surcroît, grâce à la maîtrise acquise dans l'exercice d'une profession basée sur la connaissance et qui n'a pas encore dégénéré.

Le progrès des sciences techniques était arrivé, il y a une vingtaine d'années, au point mort; les moyens paraissaient épuisés ou impuissants ou illusoire. On reconnut alors, dans le domaine des constructions, que l'ingénieur devait être plus physicien que mathématicien. Les précurseurs de ces idées étaient les Considère, les Rabut, les Mesnager, les Tetmayer, les Bach, etc... Là où les anciennes hypothèses, les anciennes théories et les anciens errements échouaient, l'expérience pouvait éclairer, sinon toujours résoudre complètement, à tous points de vues, les problèmes posés. Depuis 1919, on s'est résolument engagé dans cette voie dans les facultés techniques des Universités belges, aussi leur physionomie a-t-elle été radicalement changée. Certes, il est assez banal actuellement de décrire les années écoulées depuis la guerre, de censurer leur caractère de dissipation et de faiblesse. Il est cependant permis d'affirmer que nos contemporains ont déployé une activité méritoire dans le domaine de la construction.

De nombreux et importants congrès techniques organisés par de vivantes associations nationales et internationales ont été des manifestations significatives de ces efforts.

J'ai, ces derniers temps, été enclin à me recueillir au sujet des pensées précédentes et à faire le bilan des résultats de la conception exposée au sujet des laboratoires techniques universitaires en 1926, en tant qu'elle concerne l'application des méthodes expérimentales à la construction. J'ai été impressionné par ce bilan comme par une révélation se dégageant de la grisaille des préoccupations particulières et quotidiennes.

J'ose croire que les éléments nouveaux apportés par la méthode expérimentale à l'ingénieur des constructions ne laissent subsister aucune lacune dans ses moyens d'action. Dès lors, ses anciennes faiblesses ou bornes sont supprimées et rien de ce qui est possible, d'après les lois naturelles, ne lui est plus inaccessible.

En d'autres termes, l'ingénieur des constructions est désormais, en principe, en possession de tous ses moyens d'action, perfectibles certes, mais complets. Il n'en était pas ainsi il y a quelques dizaines d'années et un tel résultat ne peut d'ailleurs

être considéré comme acquis que s'il est général. Sa généralisation est, en Belgique, le fait des dernières années. Notre pays n'est pas en retard dans ce domaine et il y fait des progrès appréciables. Je pense que c'est pour le plus grand bien de son industrie, de son commerce, de ses Ecoles et de ses ingénieurs. Il est utile probablement d'attirer l'attention du public éclairé sur cette situation et sur ces résultats.

Je diviserai en quatre grandes classes les moyens d'action ou ressources de la méthode expérimentale appliquée aux constructions.

- I. Essais des matières premières au point de vue des constructions et étude expérimentale de leurs emplois;
- II. Essais et étude expérimentale des matériaux composés et de leur mise en œuvre;
- III. Essais et recherches expérimentales sur des modèles ou des éléments de construction;
- IV. Essais, études expérimentales et observations sur les constructions réelles.

Je considérerai successivement ces différents moyens au point de vue théorique, au point de vue didactique et au point de vue pratique.

Je forme ainsi un véritable tableau à douze cases que je remplirai successivement et qui constituera le résumé, en fin d'article, de la présente étude.

I. ESSAIS DES MATIERES PREMIERES DES CONSTRUCTIONS ET ETUDE EXPERIMENTALE DE LEURS EMPLOIS.

Les matières premières des constructions peuvent être des produits déjà manufacturés, tels que

- les métaux,
- les ciments,
- les céramiques,
- les liants organiques : bitumes, goudrons.

D'autres sont bruts ou naturels : sables, graviers, pierres, bois, etc.

Au point de vue théorique, l'essai de ces matériaux premiers intéresse surtout la production ou l'exploitation de ces matières, par l'étude théorique de leurs propriétés et qualités physiques, mécaniques et chimiques et l'étude des éléments qui les influencent ou les déterminent (alliages, mélanges, traitements thermiques, mécaniques, chimiques, etc.).

Les problèmes types sont :

- prédéterminer les qualités d'une matière,
- d'où :
- comment produire une matière ayant des qualités déterminées.

(1) On ne peut exprimer ces opinions sans évoquer les pages magnifiques des chapitres VIII et IX de « La Science et l'Hypothèse » d'Henri Poincaré.

Les moyens d'action sont connus; certains sont d'ailleurs les plus anciens dont on dispose : analyse chimique, essais mécaniques et physiques, microscopie, métallographie. Ils se sont développés par des méthodes plus nouvelles : radiographie, spectrographie, dilatométrie, etc. La pratique pose à chaque pas des problèmes théoriques nouveaux :

comportement des métaux aux températures diverses,
résistance aux actions dynamiques,
questions thermiques des ciments,
les corrosions en général et leurs antidotes, etc.

Au point de vue didactique, l'importance correspond à celle du point de vue théorique. Les essais des matériaux fournissent des éléments essentiels et déterminants des cours de métallurgie, de chimie industrielle (ciments, céramiques, liants organiques). Pour les cours de résistance des matériaux, ils constituent un fondement capital, relatif à la constitution des matières envisagées et à leur comportement mécanique. Pour les cours d'application des constructions, ils déterminent les facteurs fondamentaux de résistance, qui conditionnent toutes les formes constructives et les méthodes de construction.

Au point de vue pratique, les essais des matériaux sont non moins capitaux. Ils ont comme effet, par la théorie et l'enseignement, de donner les facteurs de résistance, dont découlent la conception, les formes, les dimensions et l'économie des constructions. Ensuite, la sécurité exige que ces données soient effectivement respectées dans la construction, ce dont on s'assure par les essais de réception. Dans ce domaine, déjà très évolué et auquel se réduisait, il y a plus de vingt ans, à peu près tout l'arsenal expérimental des constructions, les trois points de vue théorique, didactique et pratique sont donc très étroitement liés. C'est à eux que l'on est essentiellement redevable de tous les progrès si marquants des matériaux de construction réalisés pendant ce laps de temps. Cependant, il s'en faut encore de beaucoup que les connaissances soient parfaites et que le sujet soit près d'être épuisé. Les matières premières des constructions sont très complexes et, en conséquence, leur étude n'est pas achevée. Parmi les exemples d'application, que je prendrai dans les expériences de mon laboratoire, en cherchant autant que possible à toucher tous les points de vue, je citerai :

1° la question du dégagement de chaleur dans la prise des ciments, devenue si

importante pour la construction des barrages-poids (1).

2° la résistance des ciments aux eaux sulfatées.

Cette question m'a été posée en 1929 pour la première fondation des bâtiments de l'Université de Liège au Val Benoît. Les eaux du sous-sol (fig. 85) sont assez riches en sulfates, provenant d'anciens terrils d'un charbonnage voisin et aussi de l'existence d'une sorte de marécage.

Des essais ont été entrepris, au laboratoire de chimie industrielle (Prof. G. Batta) et dans le mien. Certains processus de corrosion ont été analysés et expliqués chimiquement (études du Prof. Batta), des ciments divers ont été comparés, des essais ont été faits sur l'action d'additions de matières fines, dont certaines actives (trass, laitier granulé), des essais de compacité, de perméabilité et de filtration ont été faits.

Des résultats théoriques ont été obtenus, ils ne sont pas encore complets (2).

Ces résultats ont été aussitôt incorporés dans l'enseignement de la chimie industrielle (explication des corrosions des ciments, exercices pratiques sur ces questions) et des constructions du Génie Civil (compositions appropriées des bétons, importance des phénomènes de filtration dans les corrosions des produits de ciment, utilités de la compacité et de l'imperméabilité des maçonneries et bétons, importance des chapes de protection et des drainages, etc.).

Au point de vue pratique, les applications ont été les suivantes :

- a) les bétons des fondations des bâtiments universitaires du Val Benoît ont reçu une composition appropriée et éprouvée (3);
- b) les principes ci-dessus énoncés ont été appliqués à plusieurs galeries d'égoûts des travaux de démergement des communes riveraines de la Meuse en amont de Liège;
- c) divers silos à charbon, déjà attaqués, ont été réparés et protégés selon ces conceptions. D'autres, projetés ou en cours d'exécution, sont construits d'une manière spéciale d'après ces principes et en vue d'éviter les corrosions par les eaux sulfureuses;
- d) les essais et les publications y relatives ouvrent la voie à l'emploi et au progrès de ciments nouveaux ayant des propriétés spéciales de résistance à certaines corrosions.

(1) Livre du Congrès International d'essais des matériaux. Zurich, 1932.

(2) Bulletin de la Société belge des Ingénieurs et des Industriels, juin 1931.

(3) Livre du Congrès international d'essais des matériaux, Zurich 1932.

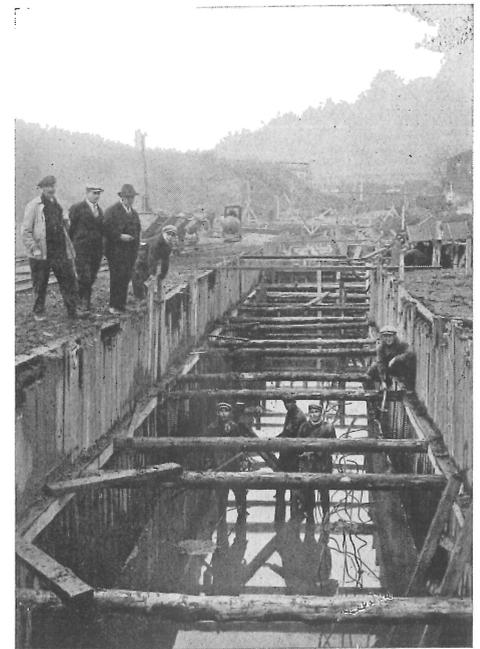


Fig. 85. Fouille inondée de fondation de l'Institut de Chimie et de Métallurgie au Val Benoît.

Dans le fond charbonnage et terril. Importance des précautions à prendre pour protéger les fondations contre l'action éventuelle d'eaux agressives, en raison de l'abondance de ces eaux.

Je tiens à faire remarquer que ces essais interfèrent d'ailleurs avec ceux de la catégorie suivante, comme il ressort de certaines des observations précédentes.

3° Je citerai aussi l'importance de perfectionner l'étude et les essais de certains matériaux assez négligés tels que les graviers et les sables. Étant donné les progrès réalisés dans les ciments et la manière dont on les connaît et les garantit, le facteur d'indécision et de risque des bétons et mortiers est devenu le sable ou le gravier. Je connais d'expérience personnelle de nombreux cas flagrants. Ceci m'a engagé à entreprendre dans mon laboratoire une étude assez systématique des qualités intrinsèques de ces produits.

II. ESSAIS ET ETUDE EXPERIMENTALE DES MATERIAUX COMPOSES ET DE LEUR MISE EN ŒUVRE.

Comme tels, nous considérons :

- les mortiers et bétons;
- les maçonneries diverses;
- les conglomerats routiers à liants organiques;
- les soudures;
- les peintures, etc.

On pourrait être tenté de joindre cette catégorie à la précédente. Ce serait une erreur à mon sens, parce que les essais de cette catégorie impliquent qu'aient d'abord été effectués sur les constituants séparés les essais de la première catégorie. Dès lors, l'ordre des essais de la deuxième catégorie est assez différent de celui des essais de la première; des éléments nouveaux d'appréciation s'y introduisent : proportions, traitements, manipulations diverses. Cette catégorie d'essais et d'études est d'ailleurs plus nouvelle que la précédente; elle a, dans certains domaines, tel celui des bétons, fait des progrès considérables au cours des dernières années.

Au point de vue théorique, on peut affirmer en général que l'on est assez peu avancé et que la théorie joue jusqu'à présent un assez faible rôle. Les études des dernières années sur la composition des bétons n'ont pas permis d'édifier ce que l'on pourrait appeler une théorie. Les plus récentes publications de M. Freysinot ouvrent la voie à une théorie, mais elle n'est pas encore établie. On peut dire la même chose de la soudure, des conglomerats routiers, etc.

Au point de vue didactique, les progrès récents de l'étude des bétons et les résultats des premières études des soudures ont été importants pour les cours d'application des constructions, par la détermination des facteurs fondamentaux mécaniques et physiques, même chimiques (corrosions des produits composés, tels les bétons).

Au point de vue pratique, les essais de la seconde catégorie ont été particulièrement efficaces, que ce soit pour les bétons, dont la connaissance pratique et les qualités réelles ont fait des progrès importants au cours des quelques dernières années, que ce soit pour les soudures, dont les essais ont été indispensables pour le début et l'extension des assemblages soudés. Pour ce deux objets, les essais fournissent les facteurs de résistance déterminant toutes les dimensions et l'économie des ouvrages et garantissent, d'autre part, la sécurité par les épreuves de contrôle.

En ce qui concerne les conglomerats routiers, les bétons de ciment ont bénéficié des études faites à propos des bétons en général. Les conglomerats asphaltiques ont été assez étudiés à l'étranger et sont arrivés à une technique très perfectionnée et adéquate, comparable en tous points à celle du béton.

Les conglomerats goudronnés, si intéressants au point de vue de notre industrie nationale, ne sont pas arrivés à ce point; à mon avis, la cause en est précisément le manque d'essais. J'enseigne depuis 1926 la nécessité de perfectionner le tarmacadam

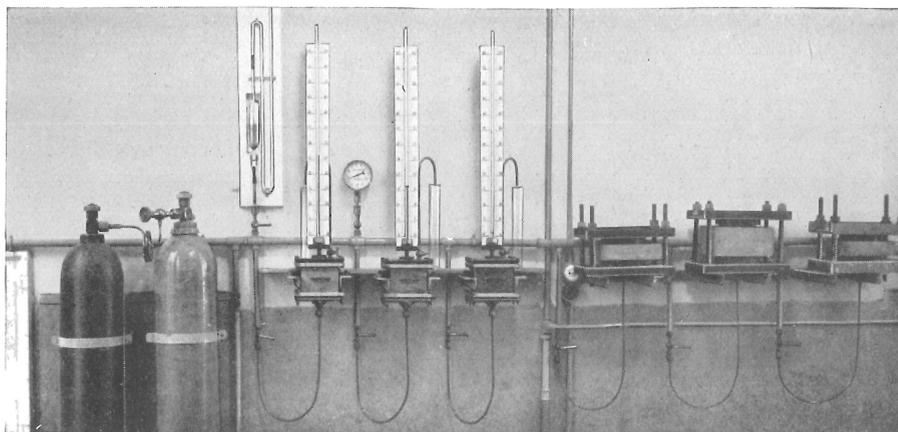


Fig. 86. Appareil d'essai de la perméabilité des bétons à l'eau.

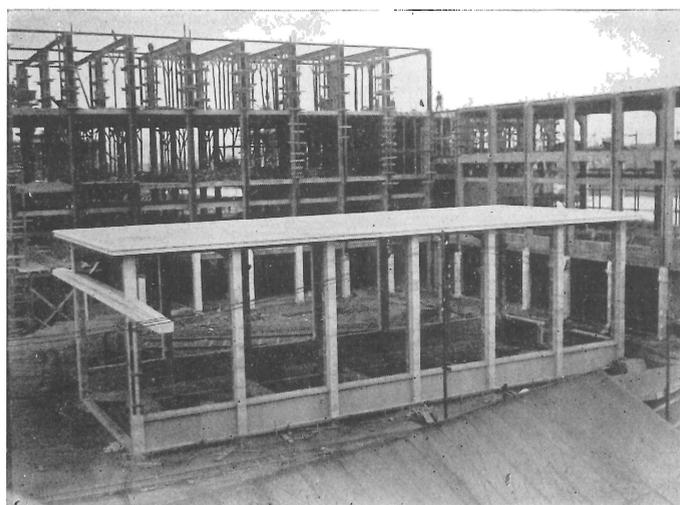


Fig. 87.
Béton de parement blanc.

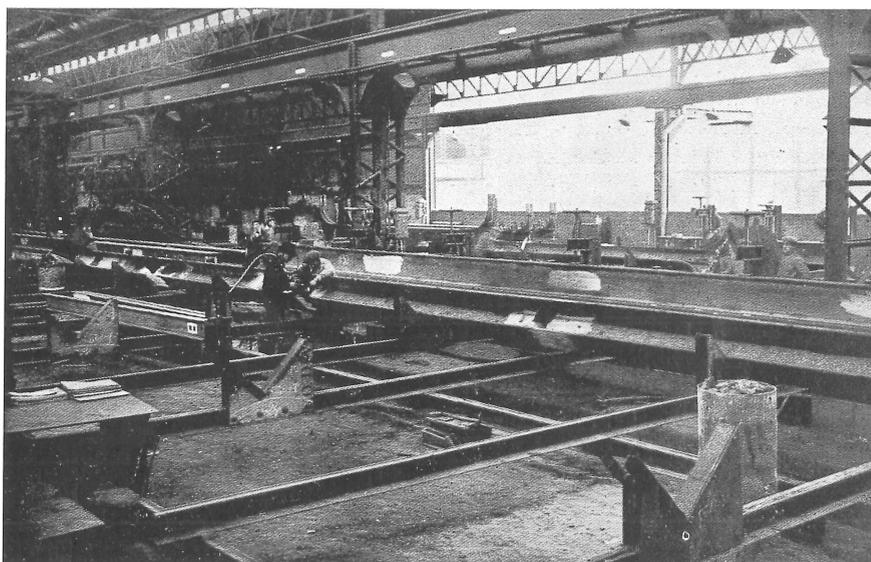
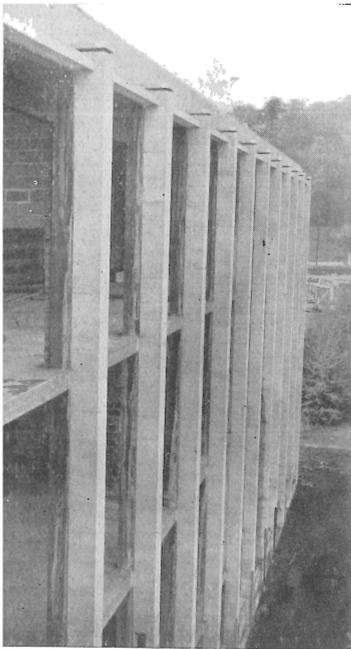


Fig. 89. Contrôle d'un cordon de soudure à l'atelier.



Colonnade en béton blanc de la
1 de l'Institut du Génie Civil au
(avant sablage).



soudure de montage en hiver.

dans le sens des bétons. Des essais de tar-
macadam, commencés dans mon labora-
toire au début de 1930 et non poursuivis
alors, viennent d'y être repris avec des ré-
sultats déjà très encourageants, qui seront
publiés en temps opportun. On peut espé-
rer que de sensibles progrès pourront être
réalisés.

Ceci constitue à la fois un exemple de la
nécessité et de l'efficacité pratique des
essais. Le but aussi en ressort clairement :
définir les qualités les meilleures des maté-
riels composés et les garantir.

Comme exemples d'applications effec-
tuées, je citerai :

- 1° Les essais effectués à mon laboratoire
pour la composition des bétons des
instituts universitaires du Val Benoit, qui
ont montré l'importance du gravier et
surtout du sable. La nécessité d'une
composition assez précise étant établie,
on a constaté l'élément perturbateur
important que constitue le dosage en
volume du sable et dans une beaucoup
moindre mesure, du gravier. Le poids
spécifique du sable varie considérablement
d'après le degré d'humidité. Ceci nous a
conduits progressivement à doser
les bétons en poids. Cet exemple a été
suivi délibérément sur d'autres chan-
tiers, où l'Université n'exerce aucune
autorité.
- 2° Dans le même domaine, les essais sur la
composition des bétons de fondation
devant résister aux eaux sulfatées;
- 3° Les essais de perméabilité des bétons,
importants pour la conservation de
beaucoup d'ouvrage (1) (fig. 86);
- 4° Les études en vue de la composition de
bétons de parement de haute qualité,
ayant conduit à la technique des bétons
quartzueux blancs employés pour l'Insti-
tut du Génie Civil au Val Benoit (fig. 87
et 88);
- 5° Au point de vue de la soudure, l'étude
des essais de réception des électrodes,
des essais d'agrégation des soudeurs et
du contrôle des soudures, effectuée au
sujet de la charpente métallique conti-
nue, entièrement soudée et en acier
spécial, construite d'après nos plans par
la S. A. d'Ougrée-Marihaye pour l'Insti-
tut du Génie Civil au Val Benoit à
Liège, première construction réunissant
toutes ces caractéristiques (fig. 89, 90
et 91).

Les essais des deux premières catégories
donnent à l'ingénieur tous les renseigne-
ments qui lui sont nécessaires pour la con-
naissance, l'usage, la mise en œuvre et le
contrôle des matériaux quelconques, sim-
ples ou composés. Il ne pourrait obtenir ces

(1) Livre du Congrès international d'essais
des matériaux, Zurich 1932.

renseignements, qui lui sont indispen-
sables, par d'autres moyens que ces essais.
Leur nécessité est donc aussi indiscutable
que leur efficacité. L'Association belge
pour l'essai, l'étude et l'emploi des maté-
riels a certes beaucoup contribué, par la
diffusion des travaux et l'émulation entre
les Ecoles, au progrès de ces questions en
Belgique.

III. ESSAIS ET RECHERCHES EXPERI- MENTALES SUR DES MODELES OU DES ELEMENTS DE CONSTRUCTION.

Point de vue théorique.

Pourvu des renseignements que lui procu-
rent les essais des catégories I et II, l'ingé-
nieur doit concevoir, c'est-à-dire calculer et
dessiner, ses ouvrages. Il dispose principa-
lement, à cet effet, des théories de la résis-
tance des matériaux et de la stabilité des
constructions, c'est-à-dire de la mécanique
appliquée. Constatons tout d'abord que
ces théories ont indiscutablement un fonde-
ment expérimental; elles appartiennent à
la mécanique, c'est-à-dire plus générale-
ment à la physique (1).

En effet, les hypothèses fondamentales de
ces théories résultent d'expériences élé-
mentaires : proportionnalité des déforma-
tions aux tensions : loi de Hooke, conserva-
tion des sections planes : hypothèse de
Navier, hypothèse des déformations sous
charge invariable : loi de plasticité. Ces
hypothèses sont ou bien simplifiées, ou
bien de validité limitée, ou même simple-
ment approximatives. Malgré cela, elles
conduisent parfois, telle l'hypothèse de
l'élasticité, à des équations complexes, dont
la résolution est fréquemment difficile sinon
impossible. La nécessité du progrès tech-
nique a rendu de plus en plus utiles des
garanties plus grandes d'exactitude que
celles données par les théories usuelles ou
simplifiées et la résolution sûre des cas où
des théories connues n'aboutissaient pas.

(1) Voir les magistrales conclusions géné-
rales de la troisième partie de « La
Science et l'Hypothèse » d'Henri Poincaré.

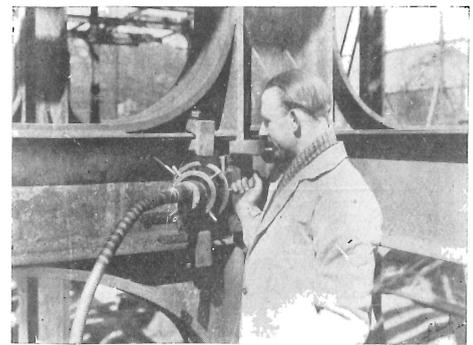


Fig. 91. Contrôle d'un cordon de sou-
dure au chantier.

On a demandé ces résultats à l'expérience directe. Je pense qu'au premier abord certains ingénieurs ont été tentés d'y voir un retour à l'empirisme, tant l'habitude était prise de confondre théorie et mathématiques. On avait perdu de vue que le fondement des théories était l'expérience, dont une trop longue habitude du calcul avait détourné l'esprit. On comprend aujourd'hui que ce retour à l'expérience, qui laisse au calcul la place qui lui revient, est un grand progrès.

Le calcul conserve d'ailleurs une situation privilégiée au point de vue du nombre de ses adeptes; il est à la portée de tous. La méthode expérimentale est seulement à la portée des organismes équipés en conséquence. Cela suffit d'ailleurs et il faudrait craindre la trop grande dispersion des services expérimentaux, pour les raisons qui seront indiquées plus loin. Que toutes les universités en possèdent, rien de plus naturel et de plus légitime.

Les essais deviennent donc les moyens les plus sûrs et les plus puissants d'investigation théorique et les meilleurs auxiliaires de la théorie. Il aident à la résolution des problèmes mathématiques difficiles ou y suppléent.

Ils peuvent opérer sur des éléments de construction en vraie grandeur ou réduits, ou sur des réductions de constructions entières ou de fragments importants. J'estime qu'on peut réunir ces diverses modalités sous le nom générique d'essais sur modèles.

Les moyens dont on dispose sont variés :

Les méthodes élasticimétriques sur modèles en matières diverses : aciers, celluloid, carton, etc.;

Les méthodes photo-élastiques, sur modèles transparents en verre, celluloid, phénolite, etc.;

Les méthodes basées sur le principe de réciprocité de Maxwell, agissant par déformation de lames élastiques, éventuellement assemblées, ou de modèles en celluloid, carton, etc.: les déformations extérieures étant relevées graphiquement ou par des microscopes micrométriques (influentiographe Colonnetti, continostat, déformètre de M. Begos, micro-influentiomètre de M. Magnel, etc.)

Ces méthodes ont permis jusqu'à présent, la vérification très satisfaisante d'un grand nombre de résultats théoriques, ce qui est d'une utilité incontestable. Elles ont rendu possible également la solution d'un certain nombre de cas non résolus autrement, en général des cas très particuliers.

On doit à la vérité de dire que la confrontation de la théorie mathématique et de l'expérience a été très souvent à l'honneur de la théorie, ce qui prouve le bon usage qu'en avaient fait les théoriciens mathé-

maticiens. Seulement, leurs analyses, souvent très pénibles et fastidieuses, n'avaient trait cependant qu'à des cas simples, théoriques. La pratique impose souvent des formes trop complexes pour le calcul. Il est cependant très heureux que le changement de méthode ait maintenu l'unité de doctrine. Ainsi, il n'y a pas eu de révision ou de séparation, mais au contraire consolidation et avancement.

Cela permet aussi de mettre chaque chose à sa vraie place. J'ai indiqué déjà le gros avantage de l'étude mathématique : l'absence d'impedimenta. C'est le côté matériel qui limite le recours à l'expérience. Le calcul est donc assuré de rester le moyen le plus courant d'expression, sinon de recherche et d'étude. On n'imagine guère d'étude approfondie sans son concours. Cela est très bien et ne contredit nullement la nécessité de l'expérience, limitée aux besoins réels et aux cas où elle est utile ou indispensable.

Au point de vue didactique, les essais sur modèles ont une très grande signification intuitive, éducative et convaincante. La vérification expérimentale d'une formule établie par voie mathématique est un critérium édifiant de l'exactitude du processus mental qui a conduit des hypothèses expérimentales de base au résultat (1). Un professeur attachera à un tel résultat pédagogique une valeur considérable. Il y a eu une génération d'étudiants ingénieurs sceptiques, celle qui a précédé la guerre et qui sentait confusément l'insuffisance de la seule théorie mathématique : elle doutait de ses enseignements faute d'éléments expérimentaux suffisants. Les essais se prêtent, par la projection fixe ou animée, à la démonstration sensible; même parfois à des expériences directes de démonstration. Ils permettent aussi d'y initier des catégories spécialisées d'élèves. A mon avis, il est peut-être préférable de n'y initier que des jeunes chercheurs.

Au point de vue pratique, les essais sur modèles ont reçu déjà de nombreuses applications sous toutes leurs formes. Ils deviennent des moyens ou des auxiliaires précieux pour le calcul et le dessin d'éléments d'ouvrages ou d'ouvrages entiers, lorsque ceux-ci présentent des nouveautés audacieuses, ou des formes complexes. Ils peuvent parfois remplacer partiellement ou totalement les calculs. Seulement, une question très importante se pose ici, qui a moins d'importance au point de vue théorique et didactique, celle de la validité du report des résultats du modèle sur la construction réelle, qui dépend des

conditions dites de similitude à réaliser à cet effet, c'est-à-dire des rapports ou échelles des différents éléments intervenant dans l'essai sur modèle et dans la réalité.

Je n'entrerai pas ici dans le détail des questions de similitude, une conférence entière au moins y serait nécessaire. Je renvoie à l'article de mon collègue A. Schlag (1) sur la similitude mécanique en général et aux ouvrages très fouillés de mon collaborateur R. Spronck sur la similitude hydraulique (2). Au point de vue pratique, il est peut-être plus essentiel de bien apprécier les causes perturbatrices de la similitude et leurs effets que les lois, somme toute assez simples, de la similitude.

Je me borne à noter que, pour les modèles de constructions, il faut apprécier pleinement :

les caractères propres de matériaux souvent différents du modèle et de l'objet réel (par exemple, celluloid et béton);

les perturbations provoquées par des agents naturels (température, humidité), dont les actions ne sont pas à des échelles déterminées dans le modèle et dans la réalité;

le fait que les réactions auxquelles sont soumis le modèle et l'objet réel peuvent différer profondément, par exemple si les limites élastiques ne sont pas simultanément atteintes mais seulement dans un des phénomènes (modèle ou objet réel). Des précautions toutes particulières s'imposent donc pour des essais de rupture et des essais de fatigue sur modèles.

Il y a même des causes perturbatrices plus grossières encore, celles qui proviennent tout simplement de la difficulté, voire de l'impossibilité matérielle de réaliser un modèle en similitude géométrique dans tous ses détails (essai sur modèle de nœud du pont de Lanaye (3)).

D'expérience personnelle, je tiens en médiocre estime les essais sur modèles de celluloid, dont l'avantage essentiel de commodité me paraît fâcheusement compensé par la grande susceptibilité thermique et hygroscopique de cette substance. J'éprouve de même quelque réserve à l'égard des méthodes qui emploient des modèles plans posés horizontalement à plat, mesurant des tensions sur une face seulement, car l'habitude des mesures de tensions sur deux faces opposées de modèles plans m'a généralement montré qu'il se produit des flexions qui peuvent diminuer beaucoup l'approximation des résultats, parfois même les troubler profondément. Bref, il peut

(1) Revue technique luxembourgeoise, janvier-février 1933.

(2) Mémoires de la Société Royale des Sciences de Liège, 1933.

(3) Revue Universelle des Mines, 1933.

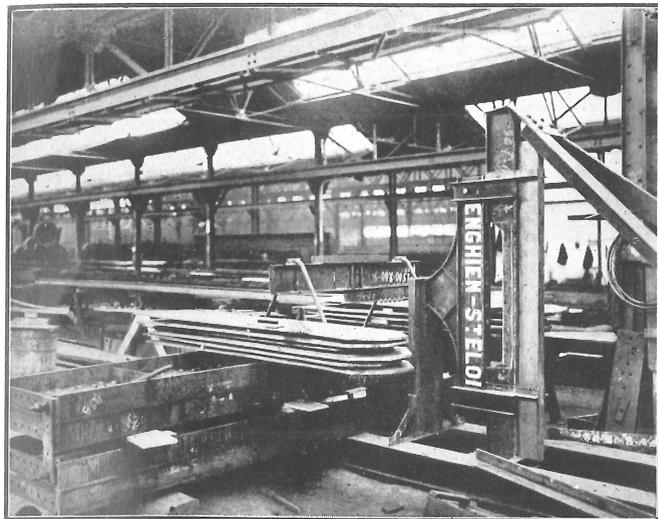
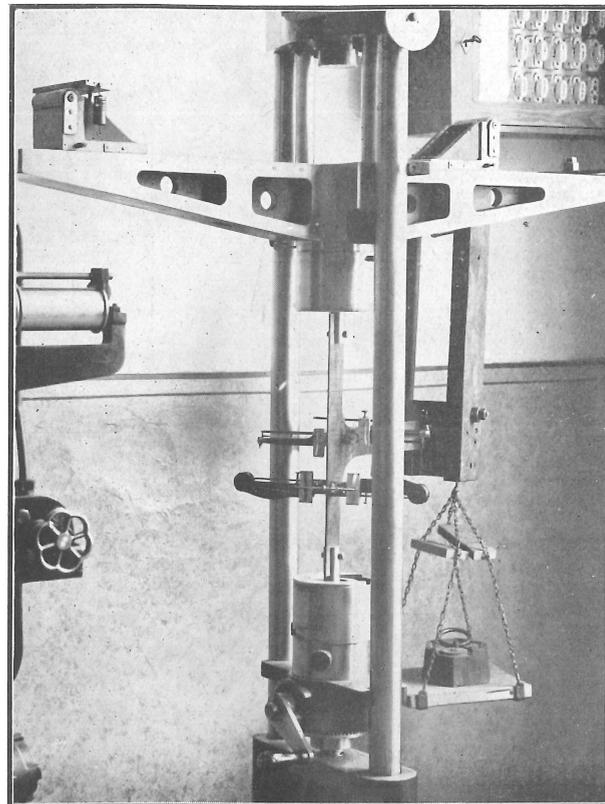


Fig. 92.
Essai du modèle du nœud soudé et rivé du pont de Lanaye.

Fig. 93.
A droite : Essai du modèle plan de nœud de charpente.



exister, dans certaines méthodes, des incertitudes très appréciables. Il faut un esprit critique et une prudence éclairée dans l'application des résultats, surtout s'ils visent à diminuer la sécurité. Il sera toujours utile de pouvoir les comparer à des essais sur constructions réelles.

Je ne pourrais négliger, étant donné la connexité des points de vue, de citer les essais hydrauliques sur modèles de constructions fluviales ou maritimes et les essais aérodynamiques sur modèles de constructions (effets du vent). Je dirai seulement que les mêmes réserves sont à faire au sujet de la validité des reports et des lois de similitude et que dans ces essais, encore davantage, l'exacte appréciation des perturbations de la similitude l'emporte sur la connaissance de ses lois. Je renverrai encore sur ce point aux ouvrages cités de M. R. Spronck.

Cela est vrai particulièrement de l'effet du vent et, sans du tout vouloir contester en principe toute validité aux essais sur modèles en tunnels aérodynamiques, je crois cependant devoir faire observer :

- 1) que les causes perturbatrices me paraissent plus grandes dans les essais aérodynamiques que dans les essais sur modèles d'autres natures, quand il s'agit de modèles non théoriques, mais d'objets pratiques s'entend;
- 2) que le régime exact du vent échappant à toute reconstitution à une certaine échelle, les conditions d'essais dans les

tunnels sont à priori sans rapport possible avec ce régime et que l'on en ignore les conséquences. Le vent réel est en général variable; le plus dangereux est formé de bourrasques ou de cyclones, qui n'ont guère d'éléments constants. Le vent du tunnel est un vent à régime régulier, à vitesse et à direction constantes. J'ai l'impression que les écarts entre la réalité et le modèle peuvent être considérables de ce fait. Le vent réel est souvent tourbillonnant en dehors de tout voisinage d'obstacle;

- 3) que le scepticisme s'imposera à l'égard des résultats des essais sur modèles tant que l'on n'aura pas suffisamment de points de comparaison avec des résultats d'observations d'effets de vents réels sur constructions réelles. Je crois notamment qu'il serait dangereux de diminuer les conditions de sécurité en se basant uniquement sur des essais de modèles.

Les observations des effets de vents réels sur constructions réelles ne pouvant se faire qu'en des points isolés et sur des éléments adaptés à la construction sont, à mon sens, intermédiaires entre la catégorie des essais sur éléments de constructions ou modèles et celle des essais sur constructions réelles. Plus exactement, comme entre les catégories I et II, il peut y avoir interférence entre les catégories III et IV. L'étude des effets du vent fait en Belgique l'objet des

travaux d'une commission présidée par le Professeur L. Baes.

Comme exemples d'application, je citerai :

- 1) l'essai sur modèle du nœud du pont soudé et rivé de Lanaye, justifié par la nouveauté de cette technique (1) (fig. 92);
- 2) les essais sur modèles plans de nœuds de charpente en vue de la construction des charpentes métalliques continues des instituts universitaires du Val-Benoit à Liège (1) (fig. 93);
- 3) un essai sur modèle de celluloid d'une poutre en béton armé, de 20 mètres de portée et de 5 mètres de hauteur, percée d'une baie en son milieu et chargée de 25.300 kilos par mètre courant, pour l'Institut du Génie Civil en construction au Val-Benoit à Liège. Cette poutre est relativement mince (épaisseur de l'âme : 0,30 m.). La théorie usuelle m'avais permis d'établir les lignes d'influence des tensions normales maxima dans les brides. Mais les tensions au voisinage de la baie et les tensions principales dans la paroi au voisinage des naissances sont pratiquement inconnues et l'on n'a guère de guide pour la disposition des armatures dans ces régions.

Un modèle en celluloid à l'échelle de 1/20 a été construit et assez lourde-

(1) Revue Universelle des Mines, 1933.

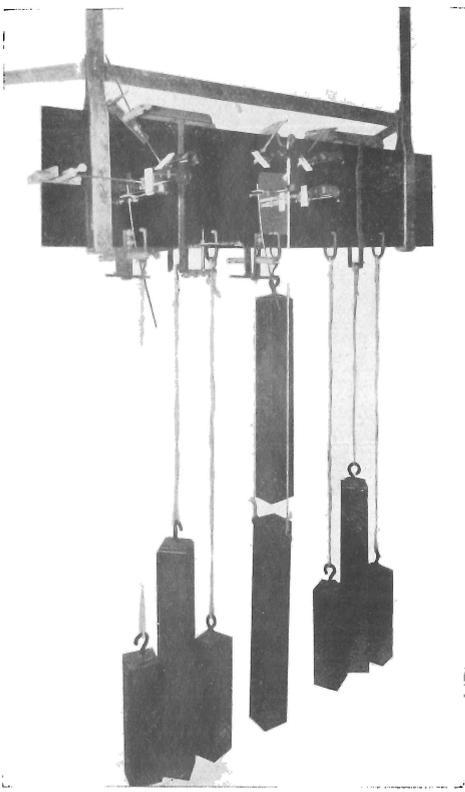


Fig. 94. Essai sur modèle réduit d'une poutre en béton armé de 20 m. de portée à évidement central.

Le rectangle noir dans le haut de la fig. est le modèle en celluloïd à l'échelle de 5 %. Le rectangle gris qu'on aperçoit dans l'axe correspond à la baie centrale. (Voir fig. 95 et 96.)

Fig. 96. Vue de la poutre en béton armé après décoffrage.

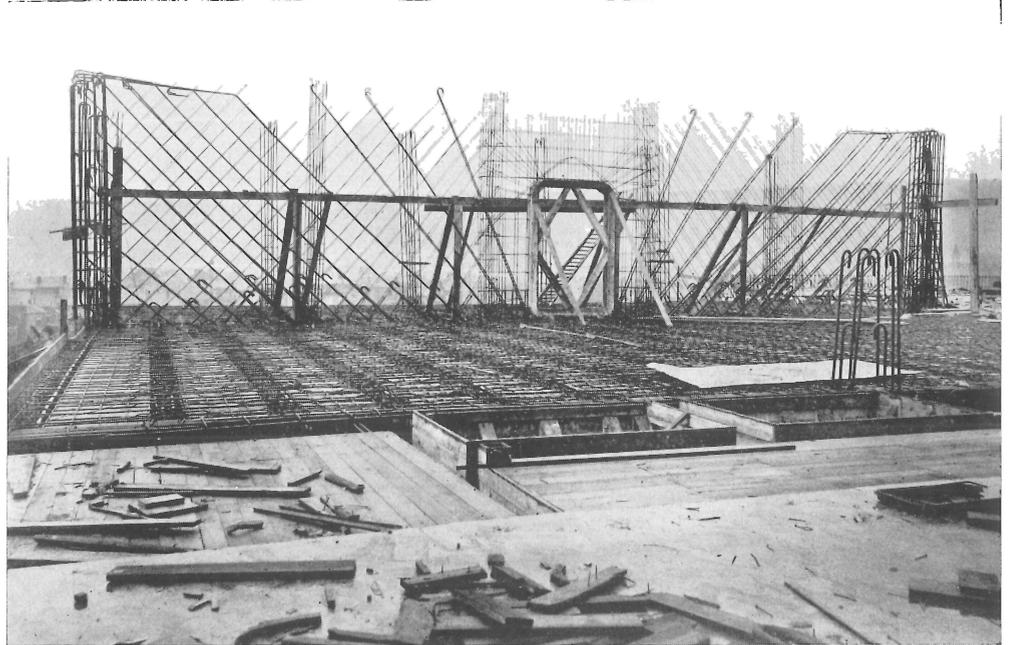


Fig. 95. Armature de la poutre en béton armé de 20 mètres de portée, à évidement central.

ment chargé (fig. 94). Les tensions y ont été relevées au moyen d'extensomètres Huggenberger. Malgré de réelles difficultés rencontrées dans le travail par suite de la susceptibilité thermique et hygrométrique du celluloïd, la patience et la ténacité de mon assistant M. Selezneff ont permis d'obtenir à temps des données suffisantes pour corriger et dessiner définitivement l'armature de la poutre, actuellement construite (fig. 95 et 96). Les perturbations par rapport à la théorie de la résistance des matériaux ont été considérables au voisinage de la baie et ont donné lieu à des accroissements de tensions.

IV. ESSAIS, ETUDES EXPERIMENTALES ET OBSERVATIONS SUR LES CONSTRUCTIONS REELLES.

Des essais élémentaires sur les ouvrages réels ont déjà été faits assez anciennement, notamment par Rabut. Le perfectionnement et la création récente de nombreux appareils de mesure : extensomètres, clinomètres, fleximètres, télémètres, déformètres, etc. ont permis le développement de ces essais et ont rendu possible des expériences à but scientifique sur ouvrages réels.

Au point de vue théorique, ils ont une portée capitale si l'on admet

que pour les ingénieurs, la théorie est faite pour l'application, non pour une raison intrinsèque. L'épreuve des hypothèses de base et des méthodes édifiées sur ces hypothèses, par confrontation du calcul et de l'expérience, est évidemment cruciale (1).

Au point de vue didactique, il en est naturellement de même. J'ai fait déjà allusion au scepticisme possible des étudiants ingénieurs. Je viens d'indiquer que les essais sur modèles ne sont pas exempts de reproche au point de vue pratique : il n'est pas mauvais que les jeunes esprits soient enclins à s'exagérer l'importance des causes d'erreur. Mais la vérification expérimentale suffisante sur ouvrages réels constitue la garantie totale, qui impose la confiance.

Quel sentiment de sécurité aussi d'ailleurs pour le professeur, s'il peut justifier son enseignement par ses propres expériences ou celles d'autres expérimentateurs dignes de foi. J'insiste sur cette dernière qualification. Car expérimenter n'est pas simplement enregistrer des faits (1), une pareille définition de l'expérience peut conduire à plus d'erreurs que de vérités. Des résultats et interprétations d'expériences peuvent être faussés par insuffisance d'esprit critique et, quoique j'estime la chose peu pro-

(1) Voir Henri Poincaré, « La Science et l'Hypothèse », chap. IX.

bable et exceptionnelle, par manque de scrupule. On conçoit qu'un homme ayant consacré beaucoup d'efforts à certains essais et n'en tirant pas un résultat satisfaisant puisse, sous l'influence de certains mobiles psychologiques, donner des accrocs plus ou moins importants à la vérité, afin de recueillir certaines satisfactions de ses essais. Je n'envisage ceci, je le répète, que comme une hypothèse, mais elle est utile pour certaines observations ultérieures. Il faut indubitablement que les comptes-rendus d'essais soient scrupuleusement établis.

Au point de vue pratique, les essais sur constructions réelles présentent le même intérêt. Abstraction faite de leur signification usuelle en tant qu'épreuves de réception, des expériences plus étendues apportent aux ingénieurs praticiens la même confiance dans leurs connaissances et leurs moyens d'action qu'aux théoriciens dans leurs théories et qu'aux étudiants dans leurs enseignements. Elles leur permettent de se représenter véritablement le fonctionnement intime de leurs ouvrages. Elles peuvent prélever aux techniques nouvelles (charpentes métalliques continues, ponts soudés, aciers spéciaux); par là, elles contribuent aux progrès de la science des constructions et au prestige de la profession d'ingénieur.

A titre d'exemples d'application, je citerai :

- 1) Les essais du pont soudé et rivé de Lanaye, à rapprocher des essais sur modèles de nœud (premier pont soudé en Belgique) (1) (fig. 97 et 98);
- 2) Les essais de la charpente métallique rivée et enrobée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie au Val-Benoit à Liège (2) (fig. 99 et 100, page 94);
- 3) Les essais de la charpente métallique entièrement soudée, en acier spécial, de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoit à Liège, en particulier les essais sur les nœuds de types divers, en vraie grandeur, de cette construction (encore inédits) (fig. 101, 102, 103 et 104, p. 95);
- 4) Les essais de l'ossature métallique soudée d'une voiture motrice des Tramways Unifiés de Liège (1) (fig. 105, page 95).

Il est permis de croire que l'ensemble des essais effectués sur modèles de nœuds et sur des nœuds réels a vraiment donné une meilleure connaissance du fonctionnement des nœuds des poutres Vierendeel et des

(1) Annales des Travaux Publics de Belgique, décembre 1933.

(2) Revue Universelle des Mines, 1933.

(3) L'Industrie des Voies Ferrées et des Transports Automobiles, avril 1933.

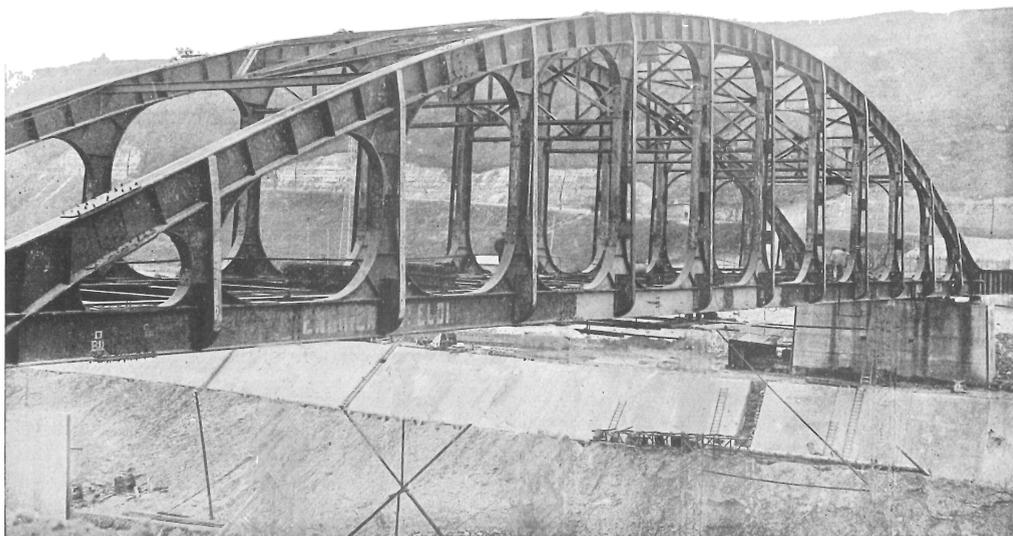


Fig. 97 et 98. Pont de Lanaye soudé à l'atelier, rivé au montage.



charpentes continues; elle a eu comme résultats pratiques des progrès dans la construction et dans les dimensions de ces nœuds.

Qu'il me soit permis de signaler l'application de toutes les ressources des quatre catégories d'essais à un même travail, la construction des instituts universitaires du Val-Benoît à Liège, dans des conditions qui ont permis l'appréciation simultanée des trois points de vue théorique, didactique et pratique. Elle a été la principale suggestion de l'objet de ma conférence, synthèse déjà vécue et qui continue à se dérouler.

La raison d'être des essais relatifs aux constructions, à quelque point de vue que l'on se place, est presque toujours la recherche de garanties contre la dégradation et la

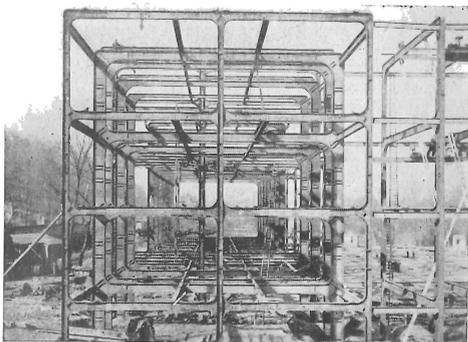


Fig. 99. Aspect de la charpente métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie du Val-Benoît.

destruction partielle ou totale des ouvrages. Les expériences destructives possèdent, pour cette raison, une signification particulière. Cependant, elles ne sont pas toujours les plus intéressantes et leurs résultats sont parfois de portée limitée. Beaucoup d'études expérimentales n'impliquent pas la rupture. Souvent, ce sont celles qui donnent lieu aux mesures les plus nombreuses, les plus délicates et les plus précises et leur portée peut être générale.

Pratiquement, les essais des deux premières catégories, relatifs aux matériaux, procèdent très souvent jusqu'à la rupture. Par contre, ce n'est qu'à la faveur de circonstances exceptionnelles que l'on peut effectuer des expériences destructives systématiquement organisées sur des ouvrages réels. On en connaît peu d'exemples et les résultats ont généralement été décevants. Cela tient à la très réelle difficulté de ces essais, que seuls les initiés peuvent pleinement apprécier. Il est assez facile, au contraire, d'effectuer des essais de rupture sur des éléments de construction et sur des modèles à échelle réduite. Seulement, en ce qui concerne ces derniers, une difficulté résulte de l'incertitude des lois de similitude en régime non élastique, notamment dans l'état de rupture. En résumé, si le phénomène de rupture est le plus souvent intéressant, il n'est cependant pas toujours nécessaire pour rendre une expérience profitable.

Pour terminer, j'examinerai quelle est l'influence probable de ce changement d'esprit sur l'avenir de l'ingénieur des constructions. Je l'envisagerai encore au triple point de vue théorique, didactique et pratique.

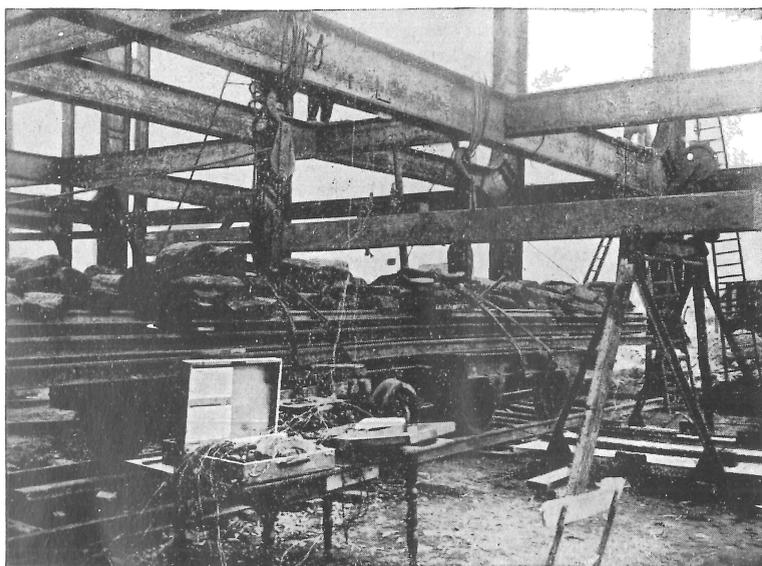


Fig. 100. Chantier d'essai de la charpente métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie du Val-Benoît.

Au point de vue théorique, on pourrait croire que c'est le déclin de la théorie, notamment dans son expression mathématique. Je considère que c'est tout à fait l'inverse qui est probable. L'interprétation exacte des expériences exigera des ingénieurs, à l'avenir, une formation mathématique plus étendue que par le passé. La notion des trajectoires de tensions, comme celle des lignes de courant et des lignes équipotentielles, appelle des extensions de connaissance dans le domaine de la théorie des fonctions et des fonctions spéciales. Une étude plus approfondie de la mécanique rationnelle et appliquée s'impose. Certains expérimentateurs auxquels manque cette base ou sa perception s'aventurent parfois dans des explications erronées. Le support physique de la théorie en rendra d'ailleurs l'assimilation plus aisée et conduira à élarger de l'enseignement mathématique des ingénieurs ce qui ne pourrait leur convenir, même pour leur formation générale, qui est aussi vaste que celle des diplômés des autres facultés. Car l'éducation générale provient d'une somme coordonnée de connaissances, et une fraction de ces connaissances ne peut avoir plus de valeur éducative que tout le reste. Donc, on peut prévoir une élévation du niveau théorique de l'ingénieur. Ce haut niveau théorique doit s'accompagner d'un très haut niveau moral. Car la méthode expérimentale confère plus de responsabilité personnelle que l'étude mathématique, qui est plus facilement contrôlable par les tiers. Correction scrupuleuse, critique, impitoyable, modestie consciente, ni facilité ni complaisance ni négligence, telle est la règle morale des expérimentateurs. Son habitude ne peut que renforcer la valeur d'une élite.

Au point de vue didactique, la méthode expérimentale correspondant à l'élévation théorique, élève nécessairement le niveau de l'enseignement universitaire des sciences techniques. Elle contribue déjà et contribuera plus encore au prestige nécessaire de cet enseignement, accessible seulement aux bien-doués. Elle constituera sa vraie sauvegarde contre l'avilissement, bien loin de contribuer à l'avilir. Car l'avilissement ne pourrait résulter que de l'impuissance à remplir sa mission et à progresser. Or, nous avons vu comment la méthode expérimentale augmente la puissance de l'enseignement. Les méthodes expérimentales seront moins accessibles aux enseignements n'ayant pas le niveau universitaire, que des théories vulgarisées souvent inconsidérément par l'imprimerie, car elles demandent trop de moyens, trop de soins, trop de science, trop de temps. La méthode expérimentale demande un état d'esprit et une atmosphère que crée seule l'Université et qu'augmente encore le

coude à coude des diverses facultés. Elle demande une préparation et une habileté spéciales, que possèdent ses adeptes par profession. C'est pourquoi je considère qu'il serait déplorable de disperser les centres de recherches expérimentales et scientifiques : les universités sont naturellement désignées à cet effet et y suffiront toujours. Leur nombre, déjà considérable en Belgique, doit garder contre un plus grand éparpillement et garantit une émulation et un contrôle sérieux.

Donc, l'enseignement supérieur des sciences de la construction ne pourra que gagner, par la méthode expérimentale, en portée, en rayonnement et en permanence.

Au point de vue pratique enfin, le même résultat de progrès est avéré. Il est hors de doute que le progrès de la construction en béton armé et le développement de la construction métallique soudée sont, en Belgique, l'œuvre récente des universités et des ingénieurs issus de ces universités, adeptes de la méthode expérimentale. D'autres questions nouvelles sont en voie de préparation ou à l'étude dans le même esprit, dans un but éminemment pratique.

Je citerai :

l'expérimentation sur modèles pour le progrès des ouvrages hydrauliques, l'étude des effets du vent,

en me bornant à ce qui intéresse le plus les constructions civiles. Il s'agit uniquement dans tout cela, réalisé ou à venir, de questions pratiques, traitées par des ingénieurs. On voit donc que la méthode expérimentale place les ingénieurs aussi près des réalités industrielles qu'il est possible de l'être. Bien mieux, elle les place en tête de ces réalités industrielles; elle en fait les moteurs et les promoteurs, plus assurés aujourd'hui et demain qu'hier, grâce à l'appui plus développé de la méthode expérimentale.

Plus aucune réalité industrielle technique ne restera inaccessible à l'ingénieur qui aura reçu la formation expérimentale et s'en servira. En ce qui concerne les réalités industrielles d'ordre non technique, je pense que la large formation humaine et générale de l'Université est bien celle qui convient pour les dominer. Je suis convaincu que la haute personnalité acquise par une formation simultanément mathématique et expérimentale et la calme assurance qu'elle confère seront les plus sûrs garants de la destination des ingénieurs aux leviers de commande des administrations publiques et des industries.

F. CAMPUS.

(Voir ci-contre tableau récapitulatif.)

Fig. 101. Aspect de la charpente métallique soudée de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

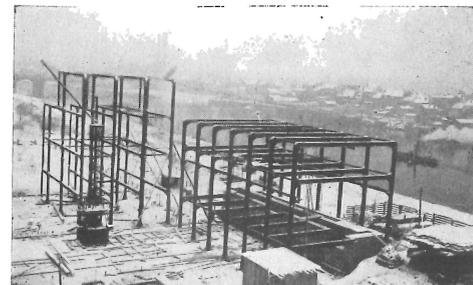


Fig. 102. Aspect de la charpente métallique soudée de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

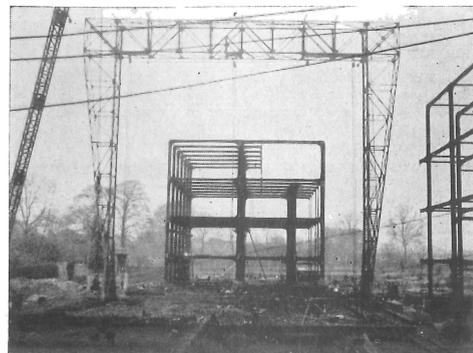


Fig. 103. Chantier d'essai de la charpente métallique soudée de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.



Fig. 104. Essai d'un nœud soudé de la charpente métallique de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

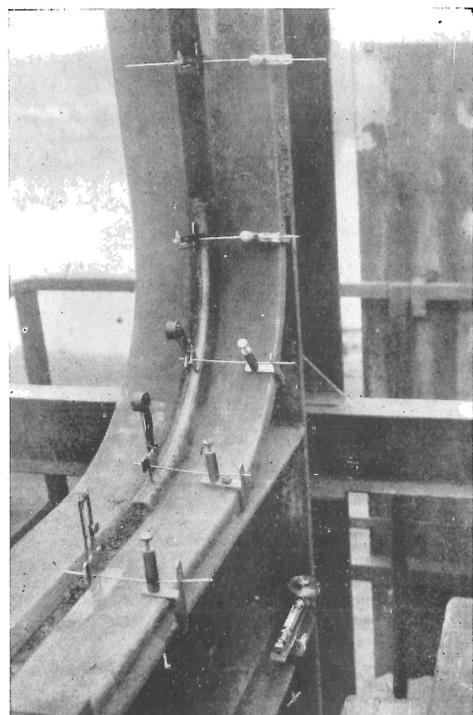
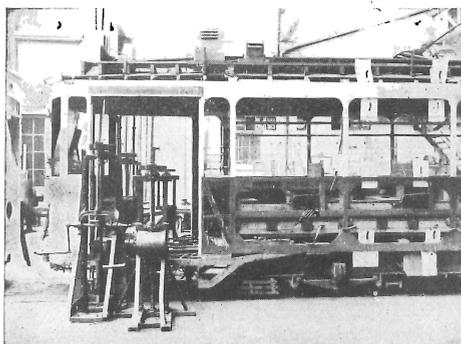


Fig. 105. Essai de l'ossature soudée d'une voiture motrice des Tramways Unifiés de Liège.



P O I N T S D E V U E

CATEGORIE	P O I N T S D E V U E		
	THEORIQUE	DIDACTIQUE	PRATIQUE
I. ESSAI DES MATIERES PREMIERES	intéressent surtout la production ou l'exploitation de ces matières, par l'étude théorique des qualités des matières et des éléments qui les influencent. Problème type : déterminer à priori les qualités d'une matière ou en produire de qualités définies .	importance fondamentale au point de vue des cours de métallurgie, chimie (ciments, céramiques, goudrons) et des cours d'application des constructions : facteurs fondamentaux.	essentiels, fondamentaux tant au point de vue de la conception et des dimensions des ouvrages dépendant des taux de résistance (donc prix) qu'au point de vue de l'exécution conforme au programme (réception).
II. ESSAIS DE MATERIAUX COMPOSES	assez peu avancés au point de vue théorique; on ne peut guère parler de théorie proprement dite des bétons, par exemple, quoique des orientations se dessinent.	importants au point de vue des cours d'application des constructions : connaissance des facteurs fondamentaux.	essentiels pour la conception et les dimensions des ouvrages, essentiels pour la mise en œuvre des matériaux composés. Si l'on ne peut guère parler de théorie, par contre la pratique des bétons a fait des progrès décisifs. Tarmac, etc.
III. ESSAIS SUR MODELES ET ELEMENTS DE CONSTRUCTION	auxiliaires de la théorie. Des essais sur modèles théoriques ou des éléments simples aident à la résolution de problèmes théoriques ou s'y substituent : essais élasticimétriques sur modèles, photoélasticité, déformètres ou influentiomètres.	utilisation directe des résultats théoriques pour l'enseignement, par projections, cinéma, expériences démonstratives. Recherches d'étude pour élèves spécialisés.	auxiliaires des études et des calculs par modèles ou éléments d'ouvrages. Peuvent remplacer partie des calculs. Questions de validité des reports, similitude, discussion, perturbations, limites élastiques.
IV. ESSAIS SUR CONSTRUCTIONS REELLES	importance très grande si l'on considère que les théories sont faites pour l'application aux ouvrages réels, non pour raison intrinsèque. Epreuve des hypothèses de base et des méthodes édifiées sur ces hypothèses.	élément capital : le maître est sûr de ce qu'il enseigne s'il a éprouvé lui-même les bases de son enseignement ou s'il en a des épreuves dignes de foi. Nécessité de la plus stricte honnêteté morale et de l'esprit critique le plus incisif.	Essais de réception, consécration des techniques nouvelles ou des progrès techniques. Confiance des praticiens, meilleure connaissance de leurs ouvrages et des bases d'établissement. Contribue au progrès technique et au prestige de la profession.

F. CAMPUS.