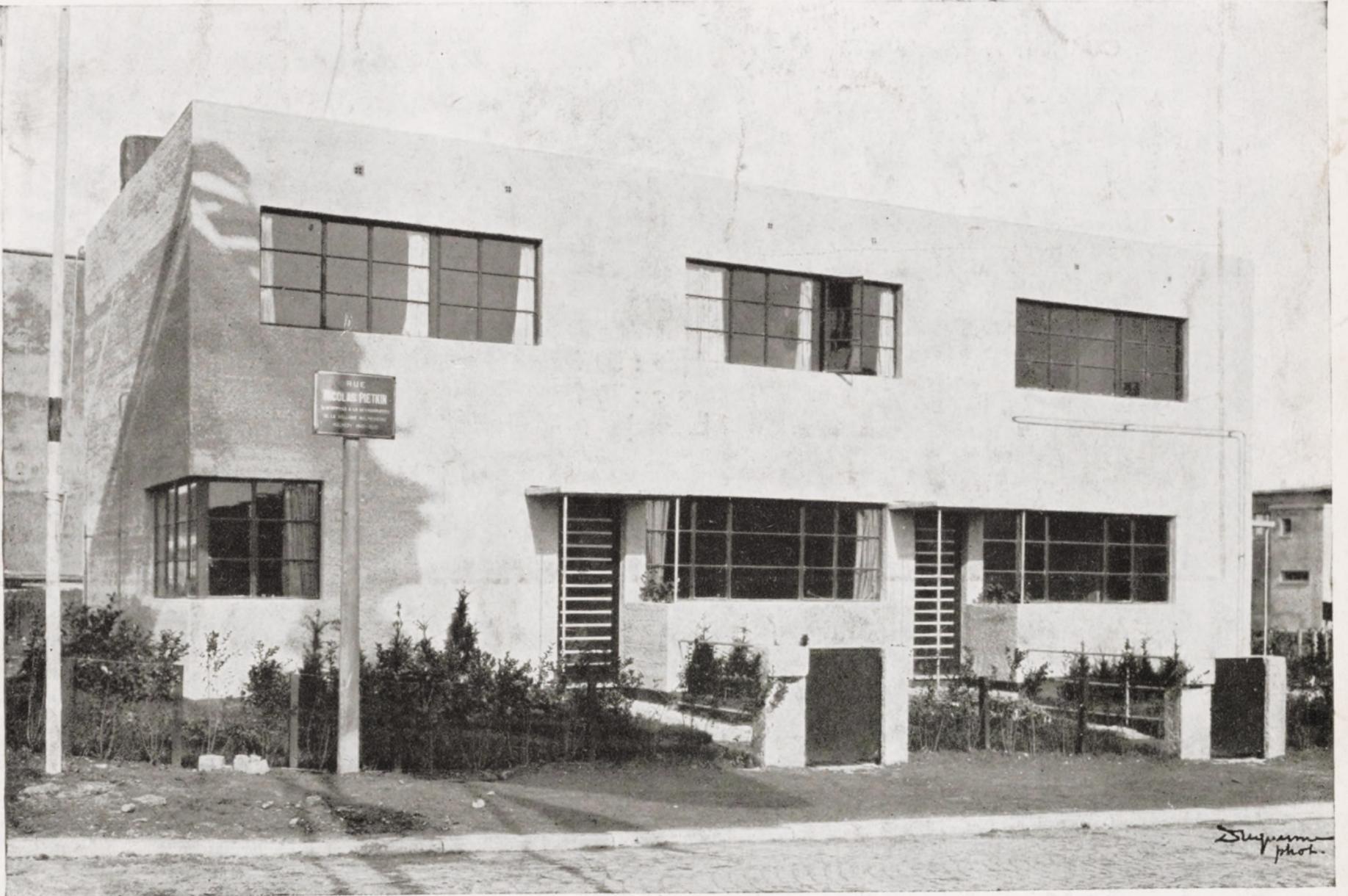


LA CITE

AUG 18 1934 G

REVUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME



SOMMAIRE

- Les ressources de la méthode expérimentale appliquée aux constructions, par M. F. Campus, Professeur à l'Université de Liège.
- Bétons de Parement.
- Trois Maisons Minimum en Béton.
- La Bibliothèque Albertine, par P. J. J. Verbruggen, architecte.

12^e ANNÉE

J U I N

Ce numéro 5 francs

1 9 3 4

LIBRAIRIE DIETRICH & C^o, RUE DU MUSEE, 10, BRUXELLES



LA CITÉ

SOCIÉTÉ COOPÉRATIVE

XII^E ANNEE

79, RUE DE LA CROIX-DE-FER
B R U X E L L E S

Téléphone : 11.18.33

Administrateur-Directeur :
A. CORNUT, Architecte

CONSEIL D'ADMINISTRATION :
G. FRANCE, Architecte
J. HOEBEN, Architecte
P. VERBRUGGEN, Architecte
R. VERWILGHEN, Ing. c. c.

EDITION :

Revue d'architecture " La Cité "
Soc. Coop.

Compte Chèque Postal : N° 1204

LIBRAIRIE : Dietrich & C°
Rue du Musée, 10, Bruxelles

PUBLICITE :

M. Lud. Schwachhofer
Boulevard d'Ypres, 28
Téléphone : 17.73.12

REVUE MENSUELLE BELGE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
comprenant la Revue d'information technique parue jusqu'ici sous le titre 'Tekhné'

Organe de la Société Belge des Urbanistes et Architectes Modernistes

COMITE DE REDACTION :

Chefs de rubrique

L. FRANÇOIS, Architecte
J. FRANSEN, Architecte
C. VAN NUETEN, Architecte
R. VERWILGHEN, Ing. urbaniste

REDACTION :

V. BOURGEOIS, Architecte
L.-H. DE KONINCK, Architecte
G. EYSSELINCK, Architecte
H. HOSTE, Architecte
J. MOUTSCHEN, Architecte
A. NYST, Ingénieur-Architecte

SECRETARIAT :

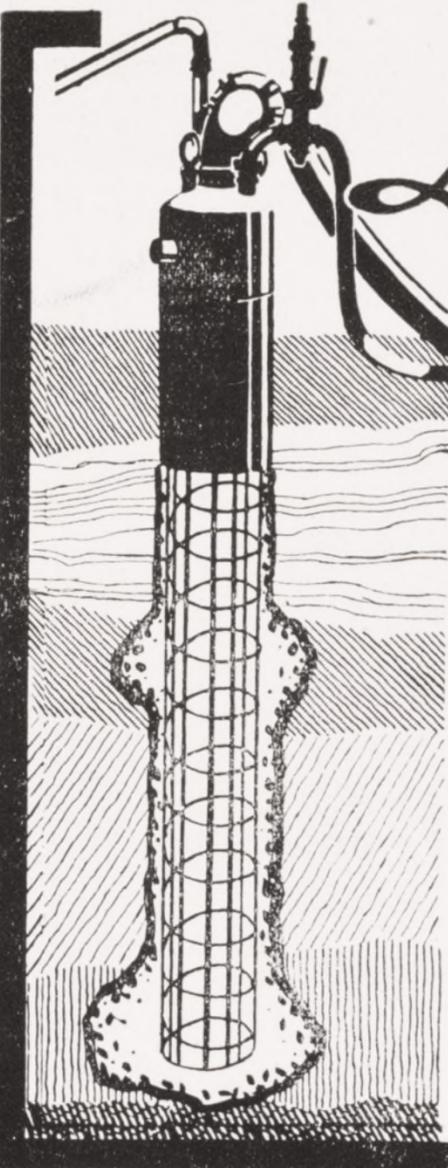
Rue de la Croix-de-Fer, 79

Le bureau de la Revue est ouvert tous les jours de 2 h. à 6 h.
(samedis et dimanches exceptés).

Les rédacteurs et collaborateurs sont seuls responsables
de leurs articles. Il sera rendu compte dans la revue
de tout ouvrage dont un exemplaire lui sera envoyé.

ABONNEMENT :

Belgique : 50 francs
Etranger : 70 francs
(14 belgas)



Les pioux Forum

pioux forés à la main et bétonnés à l'air comprimé, constituent un procédé de fondations économique, là où l'emploi d'une sonnette de battage ne semble pas indiqué : près des immeubles vétustes, dans les chantiers exigus ou encombrés, pour les reprises en sous-œuvre, etc.

Ils ne provoquent ni ébranlement, ni bruit, ni fumée.

Demandez la brochure explicative illustrée R 32 à

PIEUX FRANKI

196, rue Grétry

LIÈGE

Au moment où l'on comprend enfin que l'architecture passéiste a vécu et qu'un mode nouveau d'expression architecturale s'impose en raison des moyens récents mis à notre disposition par les progrès de la technique, M. le Professeur F. Campus veut bien autoriser « La Cité » à publier la conférence qu'il a faite, il y a quelques mois, à la « Société Belge des Ingénieurs et des Industriels » sur **Les Ressources de la Méthode expérimentale appliquée aux Constructions.**

L'architecture rationnelle moderne n'en est encore qu'à la période de tâtonnements. La formidable quantité de connaissances techniques que tout architecte devrait pouvoir posséder en dehors de l'essentielle culture générale, lui impose, de jour en jour davantage, la collaboration d'ingénieurs spécialistes. Mais toute collaboration peut être une nuisance à qui l'accepte en aveugle : un architecte non particulièrement averti de l'essence des choses ne saurait atteindre la maîtrise; si, par exemple, il n'est pas indispensable qu'il soit à même de calculer les ouvrages compliqués en béton armé, il faut au moins qu'il sache ce qui s'y passe, en connaisse les matériaux et leurs rôles ainsi que les moyens dont on dispose pour leur étude et leur contrôle.

Les idées qui doivent présider à la conception des œuvres nouvelles prennent corps peu à peu. Tandis que l'ordre cherche à s'établir dans les mentalités et les connaissances nouvelles, l'étude du Professeur Campus vient situer l'une des faces essentielles du problème général; dans l'incertitude des réalisations actuelles elle fixe et précise admirablement un point de départ de la plus haute importance.

A. N.

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 décrier 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.

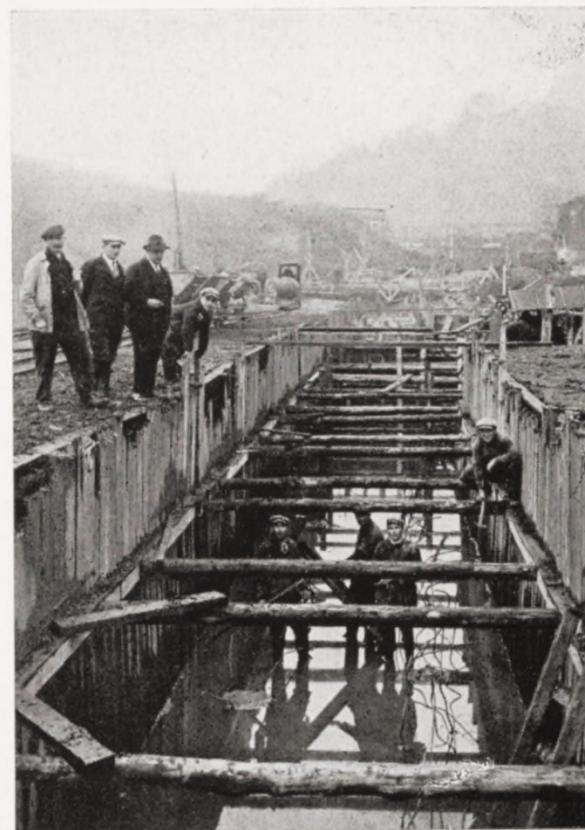


Fig. 85. Fouille inondée de fondation de l'Institut de Chimie et de Métallurgie au Val Benoît.

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 donnés 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

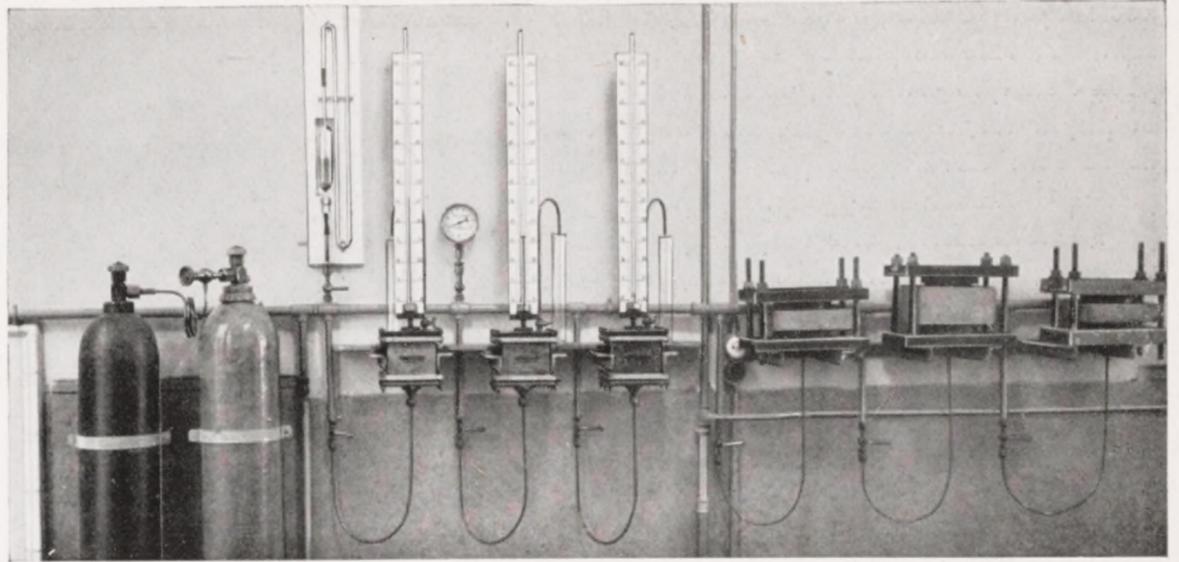


Fig. 86. Appareil d'essai de la perméabilité des bétons à l'eau.

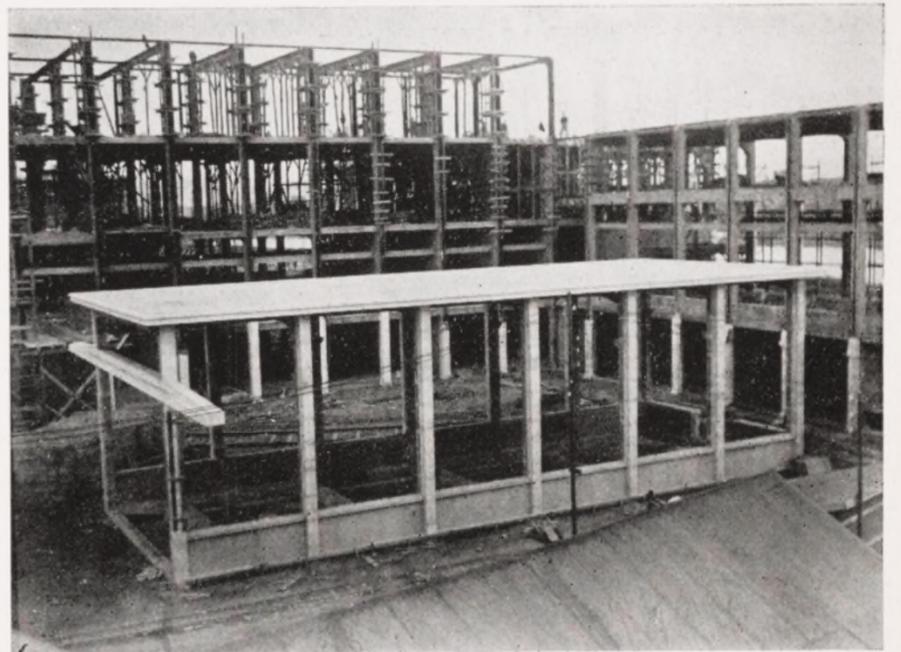


Fig. 87.
Béton de parement blanc.

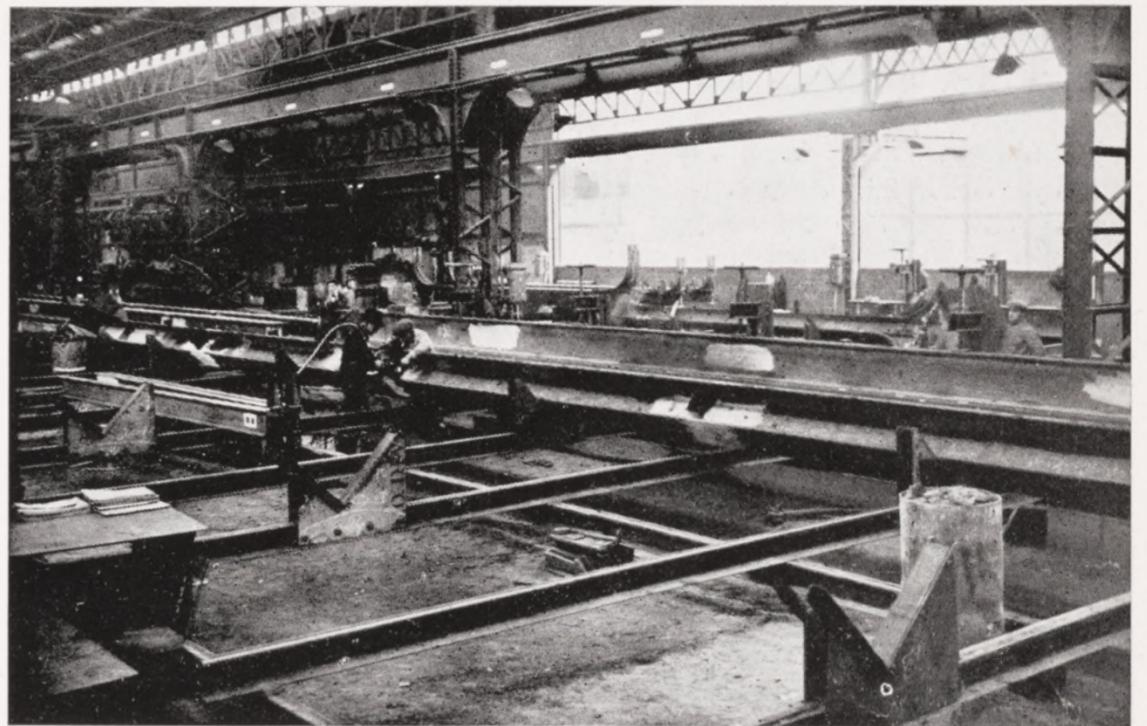


Fig. 89. Contrôle d'un cordon de soudure à l'atelier.

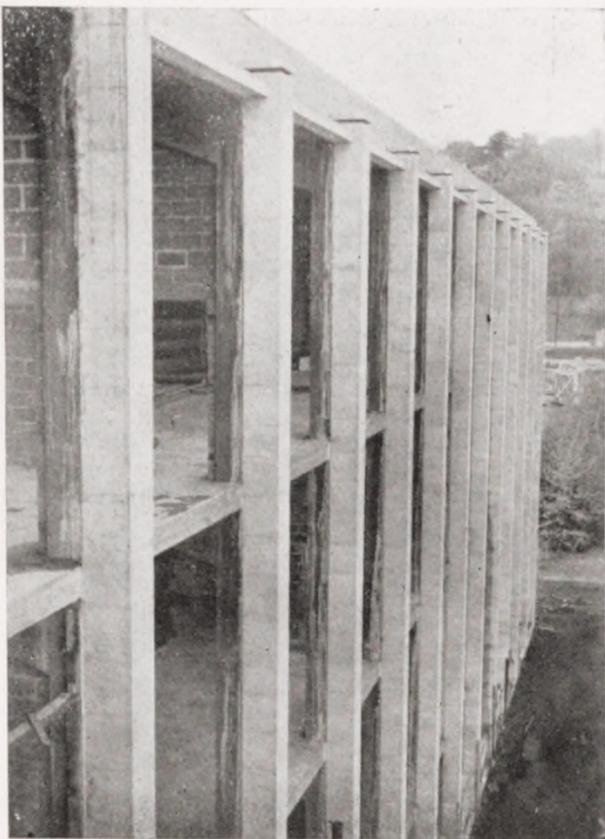


Fig. 88. Colonnade en béton blanc de la façade Sud de l'Institut du Génie Civil au Val Benoit (avant sablage).

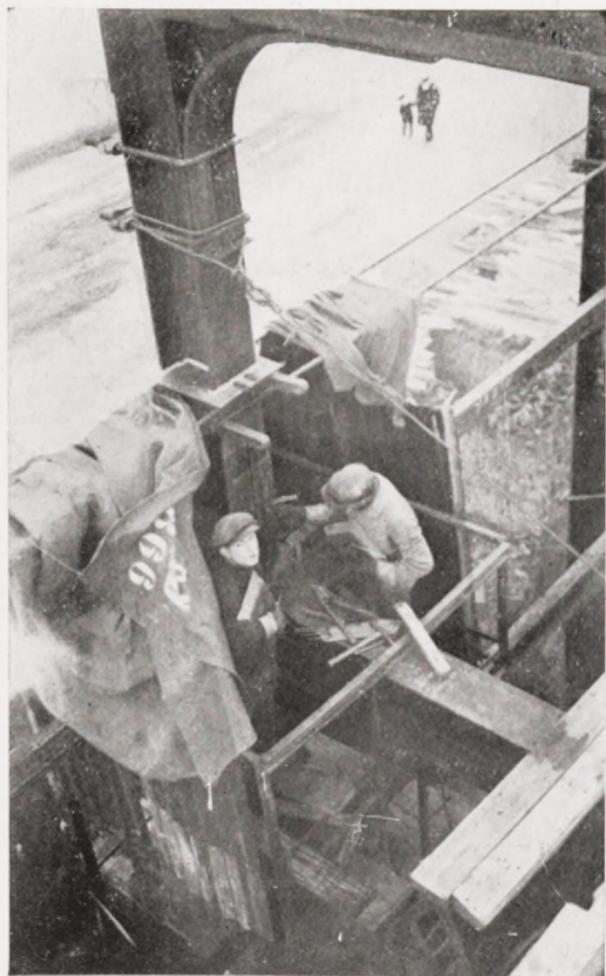


Fig. 90. Soudure de montage en hiver.

dans le sens des bétons. Des essais de tarmacadam, commencés dans mon laboratoire au début de 1930 et non poursuivis alors, viennent d'y être repris avec des résultats déjà très encourageants, qui seront publiés en temps opportun. On peut espérer 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 matériaux composés et les garantir.

Comme exemples d'applications effectuées, 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 chantiers, 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 quartzeux blancs employés pour l'Institut 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 continue, entièrement soudée et en acier spécial, construite d'après nos plans par la S. A. d'Ougrée-Marihaye pour l'Institut 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 renseignements qui lui sont nécessaires pour la connaissance, l'usage, la mise en œuvre et le contrôle des matériaux quelconques, simples ou composés. Il ne pourrait obtenir ces

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

renseignements, qui lui sont indispensables, 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 matériaux 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 EXPERIMENTALES SUR DES MODELES OU DES ELEMENTS DE CONSTRUCTION.

Point de vue théorique.

Pourvu des renseignements que lui procurent les essais des catégories I et II, l'ingénieur doit concevoir, c'est-à-dire calculer et dessiner, ses ouvrages. Il dispose principalement, à cet effet, des théories de la résistance 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 fondement expérimental; elles appartiennent à la mécanique, c'est-à-dire plus généralement à la physique (1).

En effet, les hypothèses fondamentales de ces théories résultent d'expériences élémentaires : proportionnalité des déformations aux tensions : loi de Hooke, conservation 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 simplement 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 technique 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 générales de la troisième partie de « La Science et l'Hypothèse » d'Henri Poincaré.



Fig. 91. Contrôle d'un cordon de soudure 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 (influentiographie Colonnetti, continostat, déformètre de M. Beqas, 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

(1) Voir encore les références citées d'Henri Poincaré.

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 régimes auxquels 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.

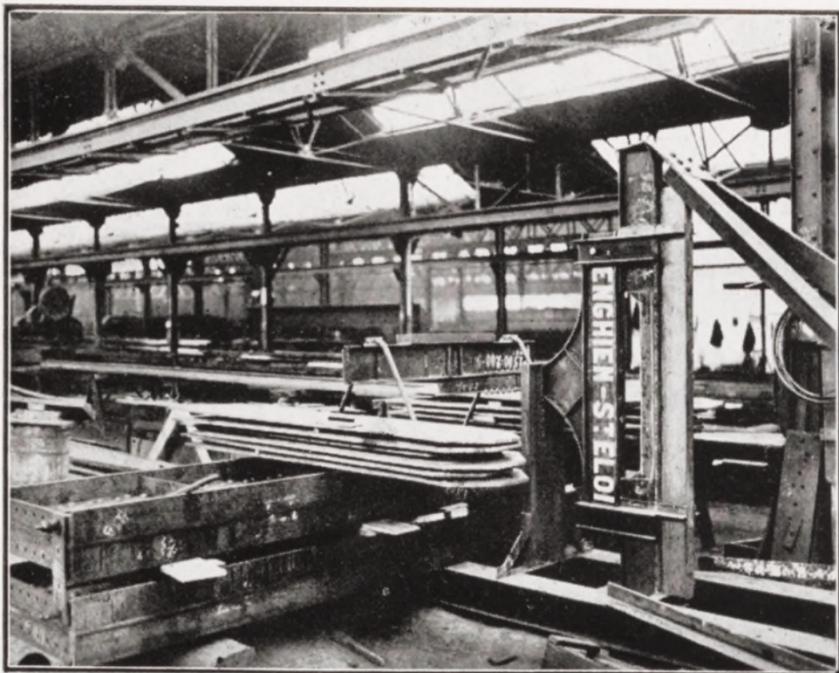
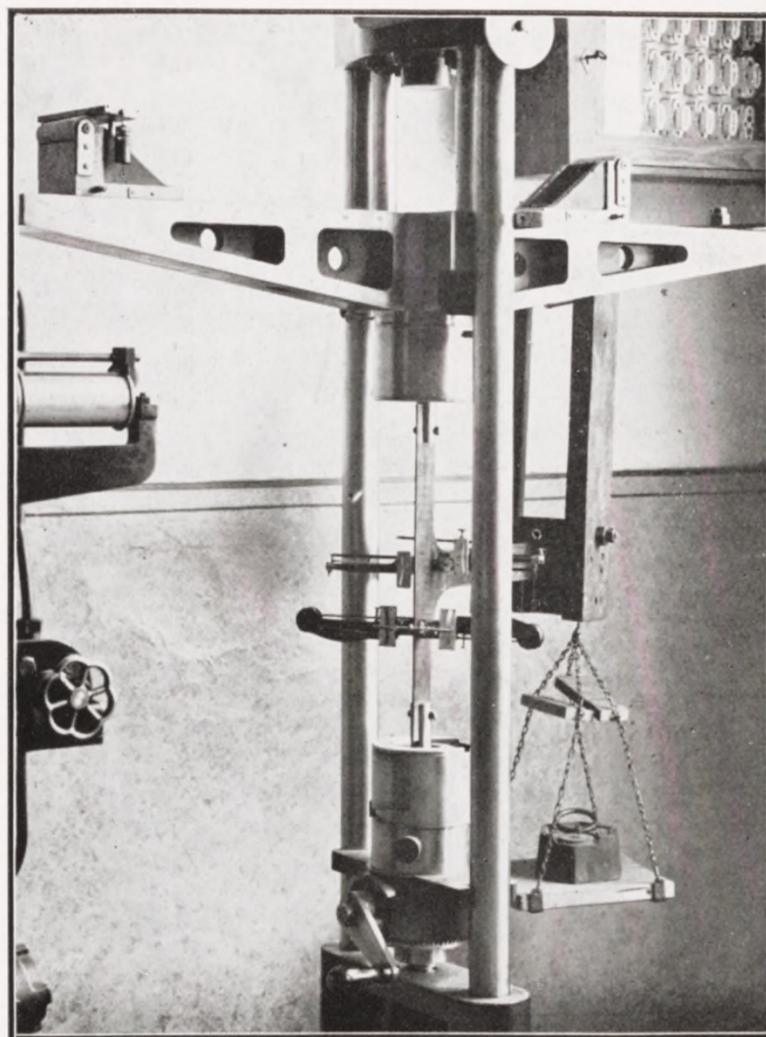


Fig. 92.
Essai du modèle du nœud soudé et rivé du pont de Lanaye.

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 celluloïd 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'avait 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 celluloïd à l'échelle de 1/20 a été construit et assez lourde-

(1) Revue Universelle des Mines, 1933.

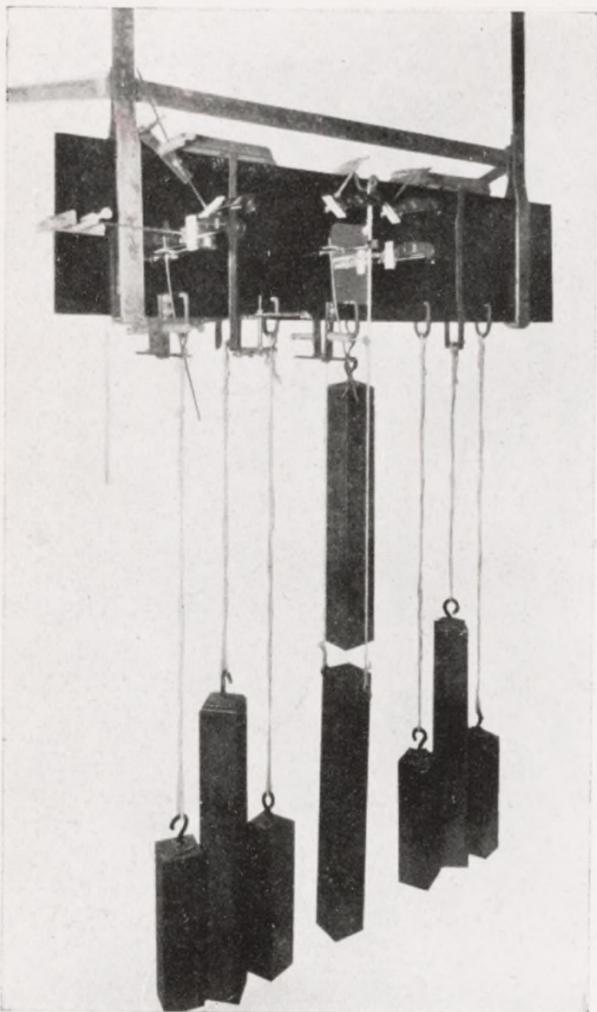


Fig. 94. Essai sur modèle réduit d'une poutre en béton armé de 20 m. de portée à évidement central.

Le rectangle noir dans le haut de la fig. est le modèle en celluloid 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.

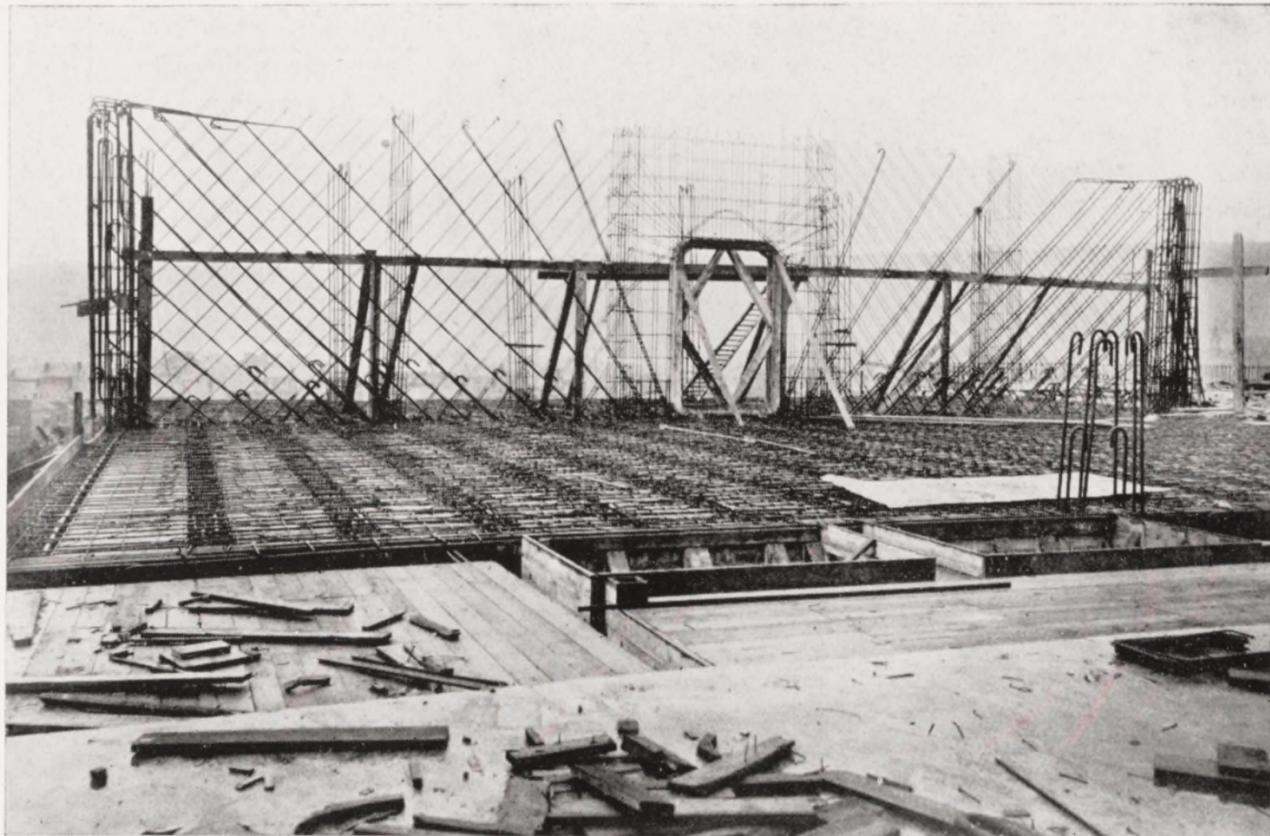


Fig. 95. Armature de la poutre en béton armé de 20 mètres de portée, à évidement central.

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 celluloid, 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.

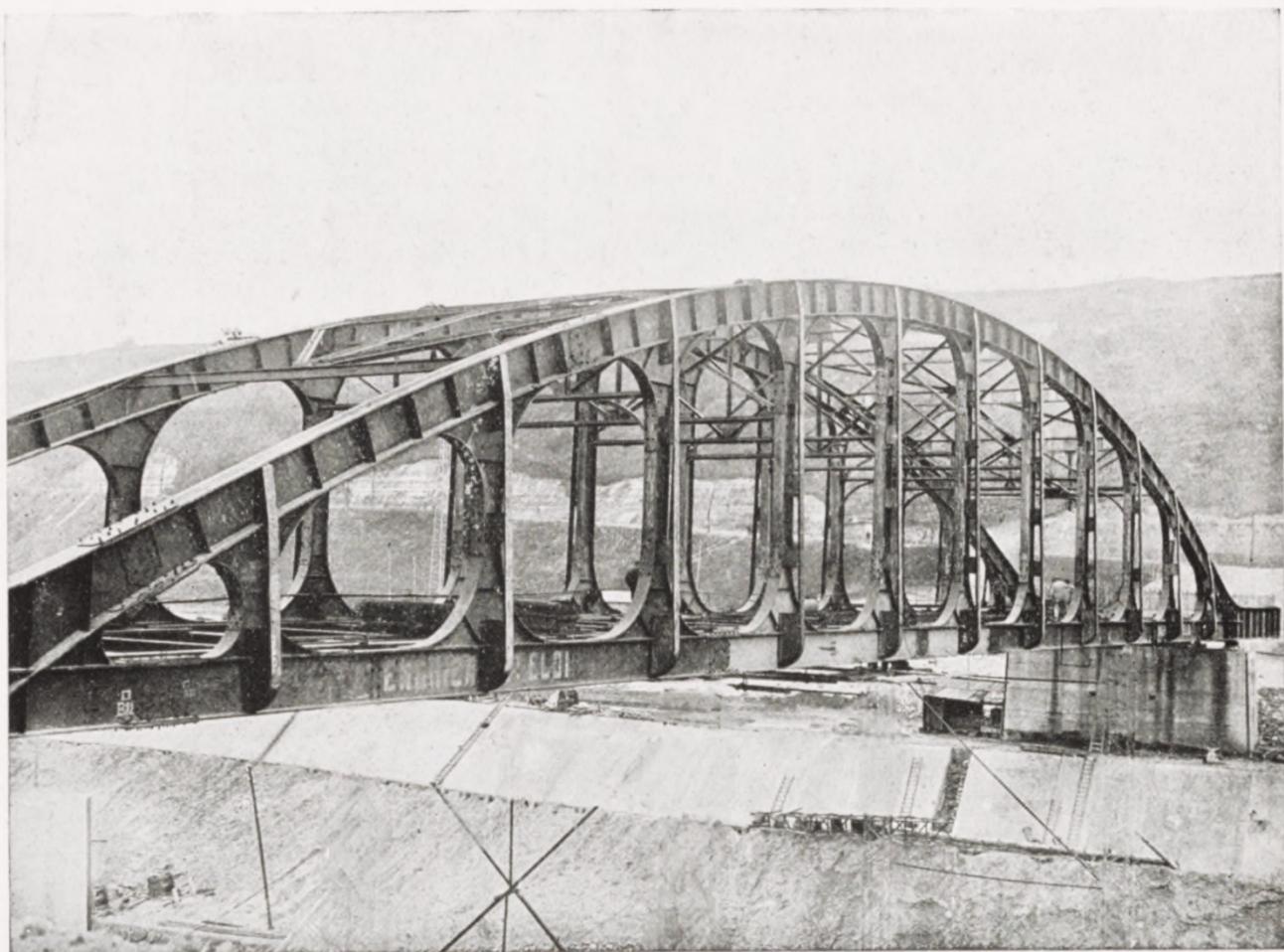


Fig. 97 et 98. Pont de Lanaye soudé à l'atelier, rivé au montage.



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

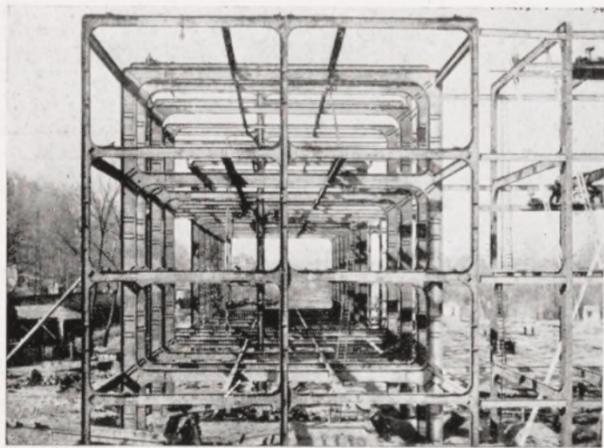


Fig. 99. Aspect de la charpente métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie du Val-Benoît.

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 donc 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.

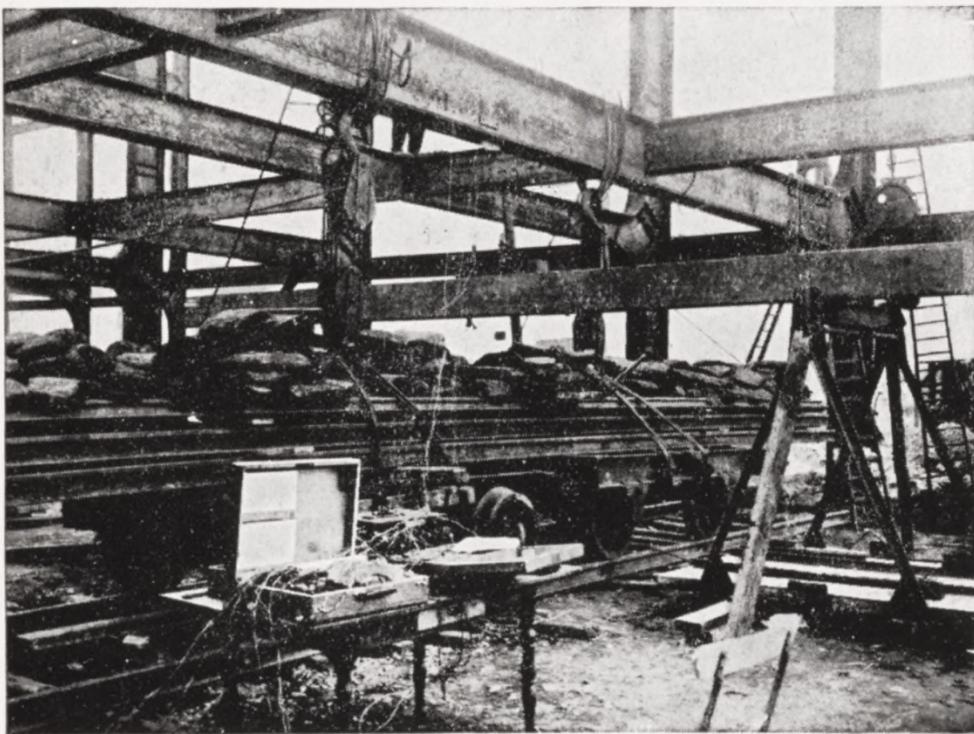


Fig. 100. Chantier d'essai de la charpente métallique rivée de l'Institut de Chimie et de Métallurgie du Val-Benoît.

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 équipotentiels, 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 élaguer 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.

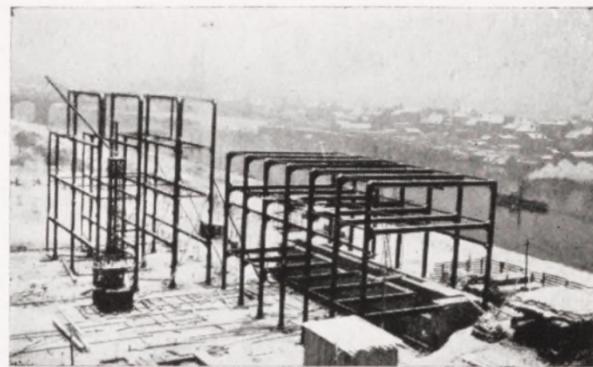


Fig. 102. Aspect de la charpente métallique soudée de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

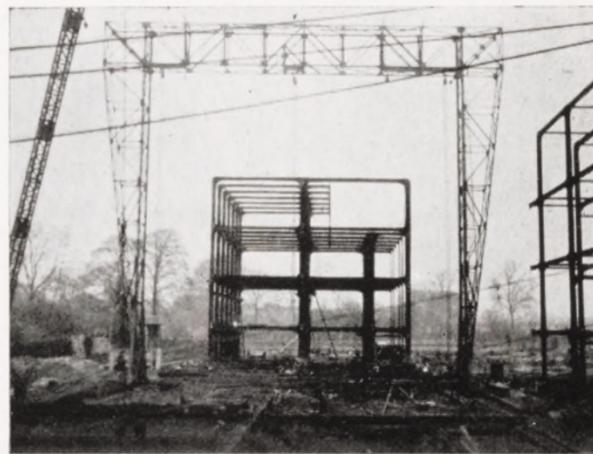


Fig. 103. Chantier d'essai de la charpente métallique soudée de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

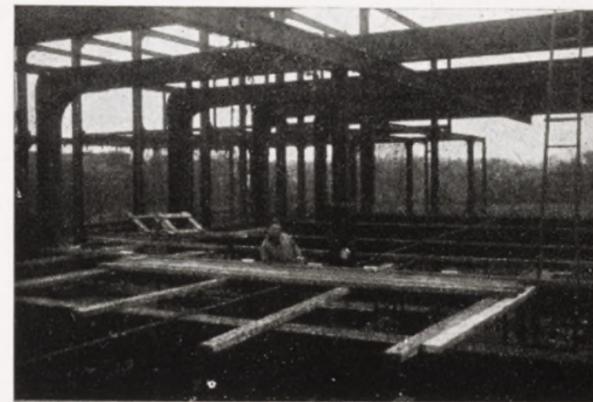


Fig. 104. Essai d'un nœud soudé de la charpente métallique de l'Institut du Génie Civil au Val-Benoît.

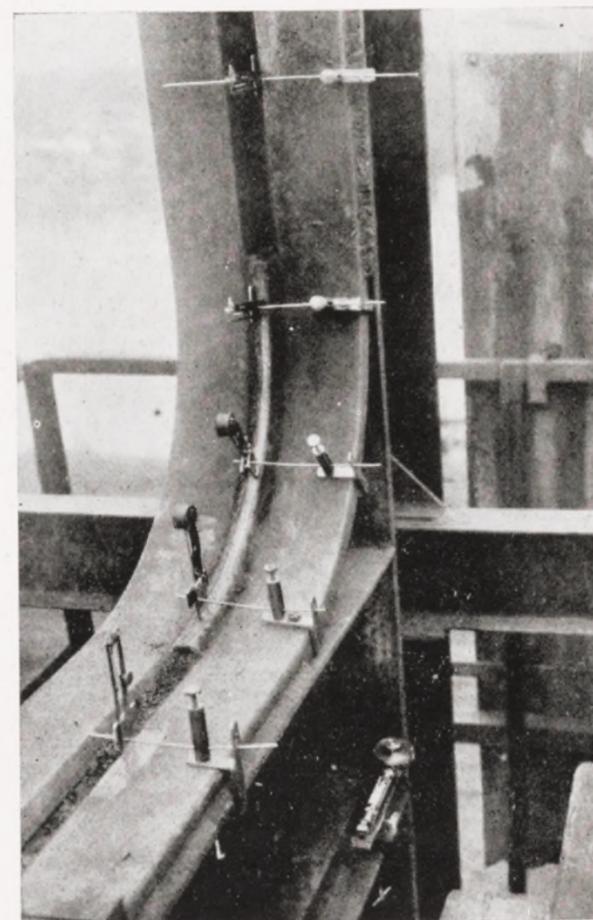
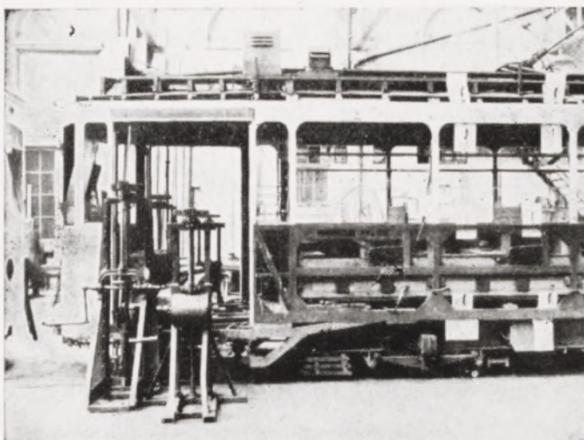


Fig. 105. Essai de l'ossature soudée d'une voiture motrice des Tramways Unifiés de Liège.



CATEGORIE	POINTS DE VUE		
	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.

Bétons de Parement



Fig. 105. Exemple d'une face de colonne en béton blanc bouchardé au marteau à 49 dents avec palettes ciselées à raison de 24 coups au dcm.

Les ingrédients ayant servi à la composition du béton sont ici, en ordre principal, du ciment Extra blanc C. B. R. et des sables et graviers des Carrières de l'Arbre-Saint-Michel, produits de qualité de notre industrie nationale.

Les frères Perret les premiers, certainement, demandèrent au béton armé non seulement une fonction utilitaire, constructive, mais encore une fonction architectonique définitive en traitant les surfaces vues des ossatures en parement reflétant la composition même des bétons utilisés.

Les problèmes posés aux constructeurs s'apparentent fréquemment. Il en est notamment ainsi de la texture des parements de façades.

Nos lecteurs se souviendront, sans aucun doute, de notre numéro 1 de l'année 1930 où il nous fut permis de publier une note technique due à notre collaborateur L.-H. de Koninck sur un procédé de construction qu'il mit au point et appliqua notamment à une construction, que nous avons dénommée rationnelle, édifiée à Auderghem. Il y est entre autre question de l'application de ce procédé à la construction de trois maisons minimum par les architectes L.-H. de Koninck et A. Nyst au Plateau du Tribouillet au Thier-à-Liége.

L'innovation pour ces dernières habitations fut, sans conteste, dans l'essai hardi de concevoir non seulement la construction de celles-ci intégralement en béton armé mais

aussi de ne pas avoir considéré ce dernier comme un parent honteux, ayant exigé de sa texture même une fonction définitive de matériau apparent. Du ciment blanc, des graviers et des sables blancs provenant de carrières belges permirent aux architectes de résoudre avec économie leur intéressant problème. Le béton achevé à la pointe, de couleur très approchant de celle des pierres savonnières, est d'un effet très agréable. La reproduction photographique (fig. 108) qui illustre ce commentaire est déjà très expressive. Érigées à l'occasion d'un concours international dû à l'initiative des organisateurs de l'Exposition de Liège 1930, les maisons qu'elle représente se virent décerner un diplôme d'honneur.

Le cliché 105 se rapporte à un fragment d'une construction érigée à Uccle. Il montre avec éloquence la beauté de finissage que peuvent réaliser des compositions judicieuses d'ingrédients pour bétons blancs, lesquels sous le travail de la boucharde ou du ciseau se parent d'aspects bien séduisants.

Il est peut-être encore opportun de rappeler que l'an dernier au Concours Natio-

nal organisé par le Groupement Professionnel des Fabricants de Ciment Portland Artificiel de Belgique (G. P. C.), concours d'idées pour la meilleure maison où l'emploi du ciment serait maximum, c'est le procédé préconisé par L.-H. de Koninck, prévoyant des parements en béton bouchardé qui fut classé premier à l'unanimité. Entretemps les recherches déjà se sont étendues et un encouragement réel nous pénètre lorsque des constructeurs qui ont à résoudre l'édification de bâtiments aussi importants que ceux destinés à abriter certains des locaux de l'Université de Liège s'appliquent également à mettre au point des procédés tels ceux des bétons apparents. Un essai nouveau consistant en l'emploi de graviers blancs concassés fut appliqué ici de même qu'un traitement des surfaces de parement au jet de sable. L'exposé de M. le Professeur Campus vous a largement éclairé à ce sujet. Les idées sur cette technique nouvelle se précisent avec franchise et de cette précision naîtra infailliblement un concept définitif qui placera le béton armé apparent parmi les matériaux de choix de l'architecture contemporaine.

3 Maisons Minimums en Béton

Réalisation des architectes S. B. U. A. M. L.-H. DE KONINCK et A. NYST, pour les T. U. de Liège, au Concours International d'H. B. M. du plateau de Tribouillet en 1930.

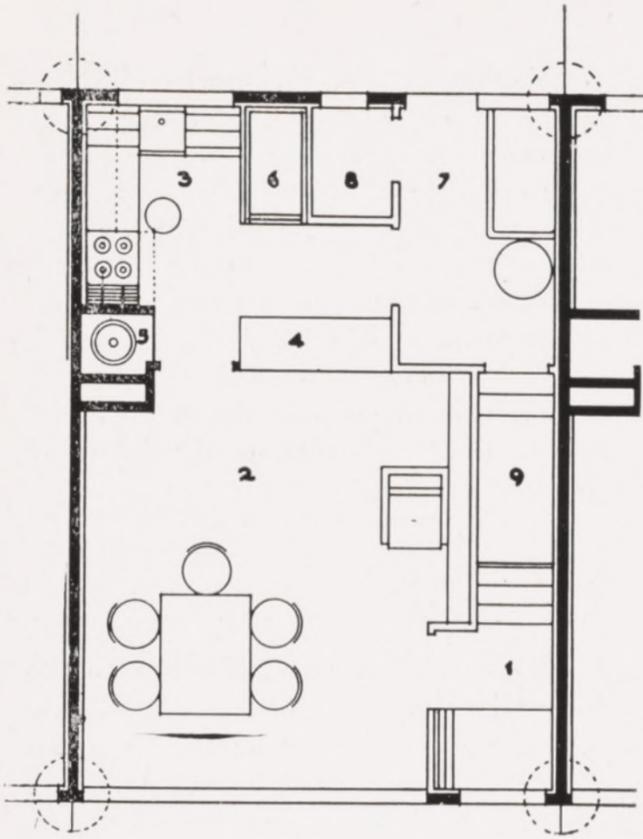


Fig. 106. REZ-DE-CHAUSSEE TYPE.

1) entrée; 2) salle de séjour avec « coin du déjeuner » et « coin de lecture »; 3) cuisine; 4) armoire à usage double (accès côté cuisine et côté séjour, passe-plats); 5) chauffage spécial pour petites maisons suivant un système de Koninck; 6) provisions; 7) buanderie combinée pour le bain, eau chaude par la douche-lessiveuse; 8) débarras pour malles, outils, etc.; 9) charbon.

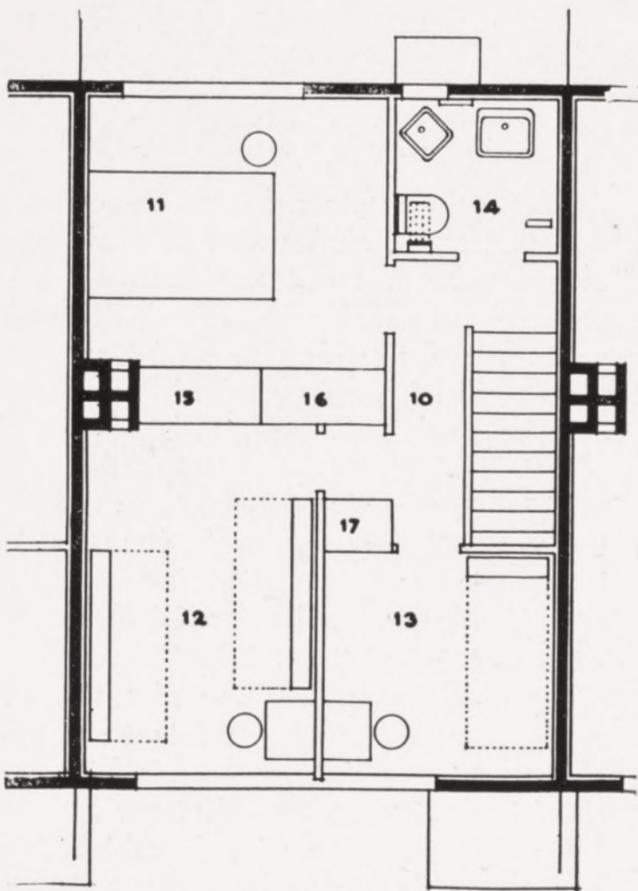


Fig. 107. ETAGE TYPE.

10) dégagement; 11) chambre des parents; 12) chambre équipée de 2 lits réversibles; 13) chambre équipée de 1 lit réversible; 14) toilette et W.-C.; 15, 16, 17) armoires-placards combinées pour les vêtements et le linge.

PRINCIPES DE LA CONSTRUCTION

Quatre murs minces en béton armé et deux poutres portant les planchers.

Suppression systématique des enduits tant intérieurs qu'extérieurs.

Placement immédiat des planchers et construction de cloisons sèches indépendantes du plan de l'étage inférieur.

Les murs en béton armé des façades forment poutres entre les linteaux et seuils sur 1,60 m. de hauteur; il en résulte la possibilité d'étendre économiquement les baies sur toute la largeur des façades.

EXECUTION

PAROIS EXTERIEURES.

La composition particulière du béton de graviers, donne aux façades une tonalité semblable à celle de la pierre de France. Les surfaces sont traitées à la pointe et ne reçoivent pas d'enduit. Le supplément de prix du béton résultant de sa composition et du travail de la surface ne sont pas plus coûteux qu'un enduit : avantages du procédé : solidité, aspect, masse hydrofuge, entretien nul, suppression possible des seuils de fenêtres et corniches, d'où façades simples, sans saillies, battues uniformément par la pluie et acquérant une patine régulière.

PAROIS INTERIEURES ET CLOISONS.

Plaques isolantes, en l'occurrence Célotex, clouées sur chevrons et séparées du béton armé par des matelas d'air immobile de 6 cm. d'épaisseur. Au point de vue isolement ces murs de 19 cm. d'épaisseur équivalent à un mur en briques de 40 cm. Contre les murs mitoyens la membrane isolante est double ainsi que les matelas d'air qui sont réduits à 2 cm. d'épaisseur. Les mitoyens ont donc en tout 16 cm., ils corres-

pondent, au point de vue isolation, à des murs pleins en briques de 70 cm. d'épaisseur. Les cloisons sont constituées par des armatures en chevrons de 6 x 7 recouvertes de célotex, d'éternit ordinaire ou émaillé ou de bois contreplaqués des colonies.

Dans les cuisines, buanderies et toilettes le célotex est remplacé par de l'éternit du type ordinaire peint en blanc, avec lambris en éternit émaillé dans les cuisines.

Dans la maison n° 2 les cloisons du rez-de-chaussée ont été exécutées en béton armé apparent et blanchi dans la buanderie et dans la partie supérieure de la cuisine, avec revêtement en carreaux céramiques du Sphinx sur 1,50 m. de hauteur.

Dans le cabinet de toilette de cette maison le célotex a été maintenu et recouvert de toile cirée à hauteur de la porte.

De la toile cirée collée recouvre également le célotex derrière les lavabos.

Comme variante il est placé des panneaux de bois contreplaqué ciré dans les chambres familiales, avec doublure en célotex vers les façades : il n'en résulte qu'un supplément minime de prix et l'aspect est plus meublant.

N. B. Le débit des plaques de célotex est étudié de façon à éviter les joints verticaux. Les joints horizontaux sont placés de façon à utiliser sans déchets les dimensions commerciales ce qui est double profit au point de vue matière et main-d'œuvre. Ces joints (deux sur la hauteur) sont marqués par des couvre-joints de profil spécial peu saillant et par une cimaise, à hauteur des portes, permettant l'accrochage de tableaux. Il résulte de cette disposition une décoration naturelle par bandes horizontales qui, en raison de la texture du célotex, peut se passer de papier ou peinture.

CHASSIS

Type métallique standard des usines Soméba ouvrants vers l'extérieur renvoyés pour permettre le nettoyage.

PORTES INTERIEURES

Type standard Woco, en pin d'Orégon naturel teinté et ciré.

VENTILATION CHAUFFAGE CENTRAL FOURNEAU ET LESSIVEUSE

Le système de chauffage à air chaud avec prise d'air à l'extérieur a été choisi parce que hygiénique, simple et économique d'installation. Il assure automatiquement un renouvellement d'air continu tant en été qu'en hiver, chauffe aux saisons froides et rafraîchit pendant les chaleurs. Le service se fait dans la cuisine pour les maisons 1 et 3, dans la buanderie vis-à-vis du réduit à charbon dans la maison n° 2 (milieu). Les foyers des calorifères sont placés derrière un grillage de 0,70 x 0,40 qui per-

met l'action de la chaleur radiante dans les pièces familiales.

Les fourneaux et lessiveuses sont alimentés au gaz.

Dans la maison n° 2 le calorifère est muni d'un pot bouilleur alimentant un réservoir à eau chaude situé dans la laverie desservant la cuisine, la baignoire et les trois lavabos d'étage. Cette installation ne fonctionne donc qu'en hiver ce que nous estimons suffisant : en été l'eau chaude se produit dans la lessiveuse : celle-ci pourrait être munie d'un pot bouilleur assurant la distribution générale d'eau chaude.

CHEMINEES

Les cheminées sont munies d'aspirateurs en béton armé d'un système dus aux architectes assurant un tirage convenable au niveau des terrasses.

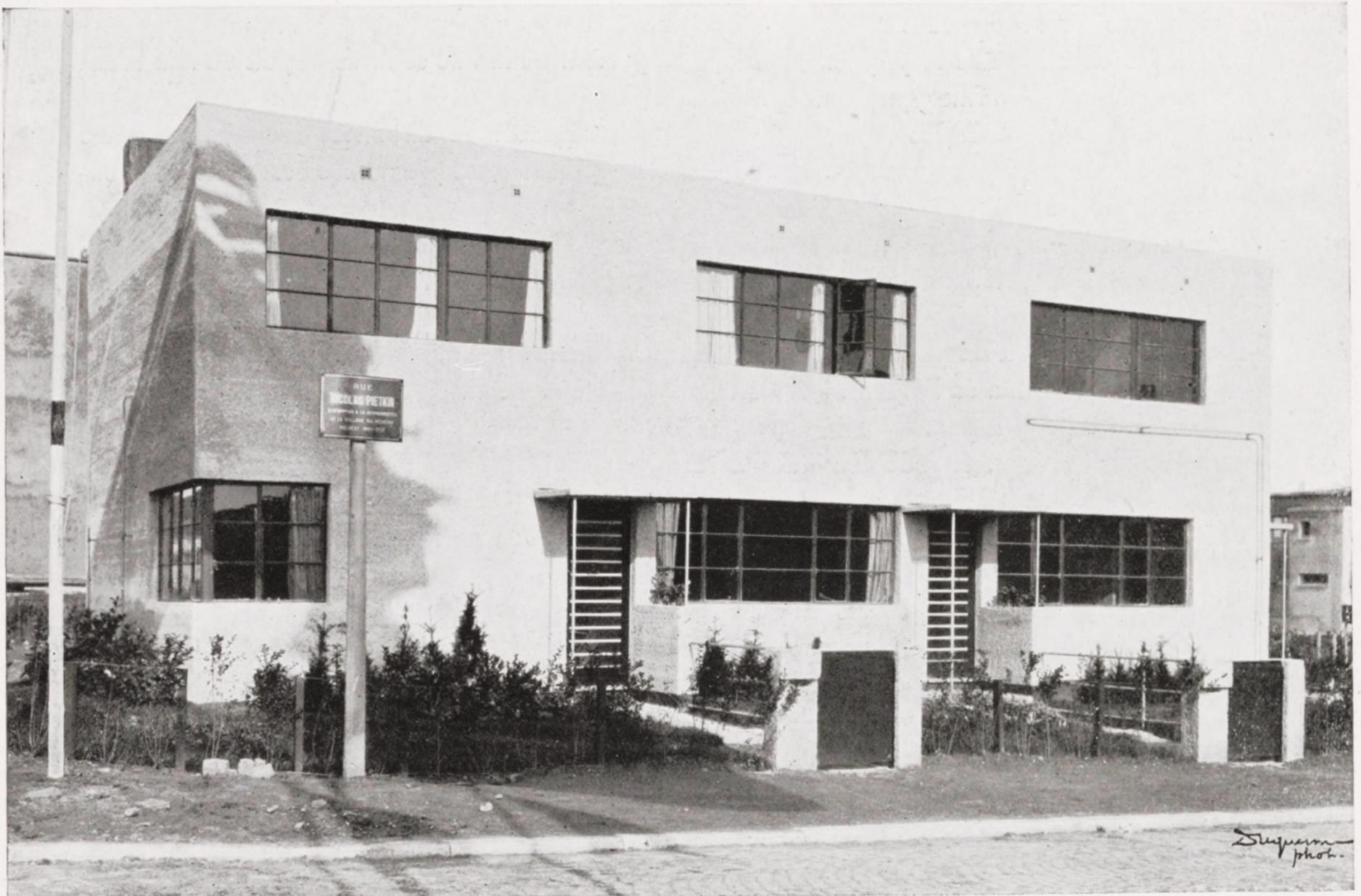
ESCALIERS

Les escaliers, qui ne comportent pas de marches tournantes, sont exécutés en béton armé avec nez en cornières de 50 retournées et formant battées pour recevoir du linoléum en recouvrement des marches. Ce lino est collé au moyen de mastic spécial imperméable permettant le lavage. Les contre-marches et plinthes sont exécutées en carreaux céramiques.

La balustrade est formée par la cloison de la salle familiale recouverte, à l'étage, d'une main courante.

PLANCHERS PAVEMENTS

Les planchers des étages sont en sapin 4/4. Les rez-de-chaussées sont pavés en carreaux céramiques avec plinthes à angles arrondis.



Cliché de „L'Architecture d'Aujourd'hui”.

Fig. 108. Les trois Maisons Minimums en Béton du Plateau de Tribouillet.

Commencées le 26 mai 1930, le 6 septembre, soit 104 jours plus tard, ces trois maisons étaient non seulement achevées et sèches, mais deux d'entre elles étaient encore pourvues d'un équipement mobilier complet tant fixe que mobile et même de vaisselle.

LA BIBLIOTHEQUE ALBERTINE

La lettre que SA MAJESTE vient d'adresser à son Premier ministre, M. le Comte de Broqueville, a tranché définitivement la question des monuments à élever à la mémoire de feu son Père ALBERT I^{er}, en faveur de la construction, dans la capitale du royaume, d'une grande bibliothèque nationale.

A l'aurore de son règne, le ROI a prouvé ainsi qu'il possède une haute compréhension des besoins supérieurs de la nation, Il a montré qu'un petit pays se doit d'être grand par l'étude, par sa valeur scientifique et morale, bases indispensables de toute gloire durable.

La bibliothèque ALBERT I^{er}, élevée à la mémoire du monarque, rappellera aux générations futures que celui-ci ne fut pas uniquement grand dans la guerre, mais qu'il fut le promoteur d'institutions scientifiques, qu'il travailla sans relâche au développement économique de son pays et que rien de ce qui touchait au domaine des arts n'échappa à son attention.

Il importe, en tout premier lieu, d'assurer à cette institution toute sa grandeur, d'en faire un des principaux foyers d'études du monde et de veiller à ce que sa haute conception initiale ne soit pas minimalisée.

ELLE DOIT ETRE DE CARACTERE NATIONAL ET REpondre AU PRESTIGE QUE LUI DONNERA SON NOM.

Il faudra donc, avant de procéder à quoi que ce soit de définitif, déterminer le cadre urbain dans lequel les nouveaux bâtiments devront être placés.

Ce cadre existe-t-il à Bruxelles ?

L'incertitude dans laquelle le problème de l'aménagement de la ville se meut depuis de nombreux lustres me permet d'affirmer que non.

En effet, il n'existe à Bruxelles aucun plan d'ensemble, aucune idée directrice d'urbanisation. De nombreux terrains situés au cœur de la ville restent disponibles, les problèmes essentiels de la circulation demeurent sans solution.

Dans ces conditions, il faudra, en tout premier lieu, étudier le problème de « BRUXELLES GRAND CENTRE URBAIN » dans son ensemble et examiner en particulier les moyens de transport en commun.

Les récents travaux effectués dans la ville même jetteront une lumière nouvelle sur certains problèmes vitaux que l'on a eu le grand tort de transplanter de leur milieu économique et social sur le terrain de la politique locale.

Il faudrait qu'enfin l'on se décidât à faire passer L'INTERET NATIONAL AVANT L'INTERET PARTICULIER ET L'ESPRIT DE CLOCHER !

Grâce à la décision royale, une occasion unique s'offre aux esprits larges et désintéressés.

C'est pourquoi je préconise :

1° la mise au concours, dans ses grandes lignes, du problème urbain du Bruxelles métropolitain; ou tout au moins celui de l'aménagement des terrains libres au centre de la ville avec étude des accès indispensables et emplacements des divers édifices dont l'absence l'empêche de remplir son rôle de capitale.

Alors seulement pourra se poser;

2° le problème des bâtiments de l'ALBERTINE et de leurs abords immédiats, après quoi il pourrait être procédé, en temps opportun, à des concours de moindre envergure pour les travaux d'achèvement : décoration sculpturale et picturale.

Envisagée avec toute l'ampleur nécessaire, la création de la bibliothèque pourrait former le point de départ d'une série de travaux à l'échelle de notre époque et susceptibles de perpétuer dignement le génie de la nation.

P.-J.-J. VERBRUGGEN,
Président de la Fédération Royale des
Sociétés d'Architectes de Belgique.
Vice-président de la S. B. U. A. M.