

INSTITUT DU GÉNIE CIVIL

CONSTRUCTIONS DU GÉNIE CIVIL

par FERNAND CAMPUS

Ingénieur des constructions civiles et électricien

(A. I. Br., A. I. Lg. et A. I. M.)

Professeur à l'Université

Directeur du Laboratoire d'essais des Constructions du génie civil

« L'expérience est la source unique de la vérité : elle seule peut nous apprendre quelque chose de nouveau ; elle seule peut nous donner la certitude. Voilà deux points que nul ne peut contester. »

Henri POINCARÉ :

(*La Science et l'Hypothèse*,
Chapitre IX).

1) **Débuts.** — La section des constructions civiles de la Faculté Technique de l'Université de Liège fut instituée par un A.M. du 25 mai 1925. Un A.R. du 30 décembre de la même année nomma le premier titulaire du cours de constructions du génie civil, dont la première leçon fut donnée le 26 février 1926. Le terme de leçon inaugurale serait déplacé ; aucun événement ne fut plus obscur, aucun début plus modeste. On vit plus d'une fois le maître, suivi de ses trois premiers disciples, parcourir les couloirs du bâtiment central de l'Université en quête d'un auditoire et n'en trouvant pas. Les leçons se donnaient le plus souvent dans une petite salle de réunion, pourvue pour la circonstance d'un minuscule et misérable tableau noir, encombrée aussi d'un réchaud à gaz redoutable. Le local servait de vestiaire à nombre de collègues, très embarrassés de venir y reprendre leurs vêtements pendant l'exposé du cours. Les travaux graphiques s'effectuaient sur quelques tables réformées, sorties d'une réserve quelconque et disposées dans une salle de dépôt de matériel topographique. Pendant les séances de travaux, un préparateur impétueux, dont cette salle constituait le repaire, manifestait son mécontentement d'être troublé en déplaçant perpétuellement des trépieds, des jalons et des mires, ce qui créait une atmosphère et une poussière particulièrement propices aux études. A cela se bornèrent, pendant plus de trois années, les premières installations du service. Tout de même, le nombre des étudiants ayant augmenté, ainsi que les désagréments qui en résultaient pour le préparateur précité, les travaux graphiques purent être effectués dans une salle de dessin disponible l'après-midi. Seulement, par une sorte de fatalité, l'éclairage électrique s'y évanouissait tous les soirs, dès l'allumage des lampes, ce qui réduisait à peu de chose le travail des séances d'hiver.

En octobre 1929, le service put disposer d'un immeuble situé rue Grétry, n° 9, appartenant à la

Ville de Liège et qui avait servi d'école primaire. Ce bâtiment très vétuste avait été jugé impropre à cet usage ; il était mis en vente. Pour celui qui est dénué de tout, les pires détroques des autres sont désirables. Je désirai ce bâtiment de toute mon ardeur. J'en fis part aux autorités académiques et je leur rends grâce d'avoir obtenu de la Ville de Liège la disposition de cet immeuble et de l'avoir fait aménager le mieux possible. Les installations



Fig. 1. — L'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège en 1930.

comportaient un auditoire muni d'une lanterne de projection, deux salles de dessin, une salle de préparation contiguë à l'auditoire, une bibliothèque, des bureaux pour les trois professeurs (plusieurs collègues vinrent professer dans ce bâtiment) et mes collaborateurs, enfin des locaux pour des laboratoires, au rez-de-chaussée et dans les caves. Mes laboratoires y débutèrent, modestement aussi, en mars 1930, grâce à une libéralité du Patrimoine de l'Université. Très vite ces locaux furent trop petits. Une cour fut vitrée pour en faire une sorte d'atelier, d'ailleurs sibérien en hiver. Ce fut insuffisant. L'activité du laboratoire se développait trop vite. Au cours des dernières années, une annexe put être installée dans l'abbaye du Val-Benoît et les locaux du nouvel Institut du Génie Civil durent être occupés avant leur achèvement. Bref, l'installation n'était pas de celles que l'on regrette et que l'on aime à montrer. Un ministre de l'Instruction publique l'apprécia en termes sévères. Et cependant, ce fut en 1929 une aubaine qui permit, de cette date à 1937, un développement progressif grâce auquel le service peut actuellement occuper dignement des installations modernes et de grande envergure, équipées dès le début d'une manière judicieuse et déjà remarquable. Aussi me souviendrai-je tout de même de cette bâtisse incommode et branlante comme d'une chose familière et propice et dois-je rester reconnaissant à la Ville de Liège et aux autorités de l'Université qui l'ont mise à ma disposition. Plus de cent ingénieurs s'y sont élaborés et de nombreux et solides liens d'amitié s'y sont noués ; son souvenir restera cher à plus d'une mémoire.

2) **Buts.** — L'enseignement des ingénieurs des constructions civiles a le privilège, au même titre que celui des ingénieurs civils des mines, de préparer à l'un des deux anciens grades légaux et d'avoir non seulement une tradition, mais, mieux encore, un caractère. Ce caractère est celui d'une formation très générale orientée vers la construction et tout ce qui lui est connexe. Ainsi que je l'exposais dans une conférence aux étudiants de la Faculté Technique, le génie civil n'est ni une science ni une industrie, mais une branche importante et ancienne de l'activité humaine, qui embrasse un ensemble de sciences et d'industries et à laquelle presque toutes contribuent. Quand on l'analyse de plus près, on constate qu'elle a pour objet tout ce qui sert aux communications et aux constructions connexes. Pour répondre à sa destination, l'ingénieur des constructions civiles doit recevoir une formation très générale, très vaste et très scientifique. Il est surtout un ingénieur d'études, d'exécution et de direction, non d'exploitation. Il n'est point formé pour le travail en série ou à la chaîne, mais bien pour la création. L'enseignement doit être adapté à ce caractère ; il doit développer l'initiative, en donner les moyens, exalter la personnalité, éveiller le sentiment de responsabilité et le sens de direction.

Ingénieur des constructions civiles par diplôme et par profession, ayant pratiqué depuis plus de

dix années avant d'avoir l'honneur d'enseigner à l'Université de Liège, je conçus l'enseignement nouveau à fonder en fonction du souvenir très vif de mes études et des difficultés de mes débuts d'ingénieur. Je suis certes reconnaissant aux maîtres auxquels je dois ma formation scientifique, mais il m'a toujours semblé qu'elle a été trop peu professionnelle. J'ai jugé cela d'après la difficulté que j'ai eue à faire la synthèse, par moi-même, de connaissances diverses acquises, notamment dans le domaine de la construction. Sans doute mes difficultés auraient-elles été encore plus grandes si je n'avais eu l'avantage d'avoir comme chefs de travaux de constructions du génie civil les ingénieurs M. Castiau et J. Raimbaut qui, par leur compétence professionnelle, par leur manière de concevoir les travaux pratiques et d'en faire l'objet d'études complètes et intéressantes autant qu'il était possible, enfin par des excursions impressionnantes et vivantes, m'avaient donné dès l'Université un contact avec la vie professionnelle.

Au moment d'aborder mon enseignement, je trouvai dans ces souvenirs l'indication d'une voie à suivre et je l'ai suivie. Elle tend, par une formation progressive, à préparer le futur ingénieur à sa profession en lui rendant la transition entre l'école et la pratique aussi facile que possible. Cela veut dire aussi, par le fait même, mais d'un autre point de vue, qu'une telle méthode tend à former des ingénieurs susceptibles de rendre des services (certains, pas tous naturellement) dès le début dans la carrière. Cette méthode s'accorde avec un niveau scientifique élevé.

Les circonstances étaient, en principe, propices à un tel dessein, puisqu'il n'y avait pas à Liège d'enseignement préexistant. Il était permis de tailler en plein drap. Malheureusement, des lisières assez malencontreuses avaient été posées par un programme des études de la section des constructions civiles établi sans attendre l'avis des professeurs qualifiés. Ce programme, entièrement différent de celui des autres Universités belges, confinait tous les cours propres au grade en une seule épreuve, la dernière. Il a fallu plusieurs années d'efforts et divers changements de programme pour arriver, enfin, en 1930, par mise en application de la nouvelle loi de 1929 sur la collation des grades académiques, à obtenir un plan d'études provisoirement satisfaisant. Il est désirable que l'on y apporte encore des améliorations de deux ordres. Les unes relatives à des conditions traditionnelles d'enseignement d'une Ecole quasi centenaire, dont l'orientation était différente de celle de la nouvelle section. Une indépendance suffisante n'est pas encore acquise à la section des constructions civiles. D'autres sont plus générales et tiennent au programme officiel, qui sépare les cours de construction en Belgique en deux branches distinctes : la théorie dans le cours de stabilité et l'application dans le cours de constructions du génie civil. Il en est ainsi dans toutes les grandes écoles belges, sauf à l'Ecole Royale Militaire. J'en ai trouvé l'expli-

cation dans une brochure de M. Léon Bonnet, administrateur-inspecteur général des services maritimes d'Anvers, président de l'Association des Ingénieurs sortis des Ecoles Spéciales de Gand, intitulée : « Cours de Constructions du Génie Civil professé aux Ecoles Spéciales annexées à l'Université de Gand » (*Annales de l'A. I. G.*, fascicule 2 de 1936). Elle est confirmée dans une étude de M. le professeur Fr. Keelhoff, inspecteur des études honoraire, intitulée : « Les Ecoles du Génie Civil, des Arts et Manufactures et des Mines de Gand » (fascicule 4 de 1935 des mêmes *Annales*). Il en résulte que de 1836 à 1870, à l'Ecole des Ponts et Chaussées de Gand, alors seule de son espèce en Belgique parallèlement à l'Ecole des Mines de Liège, les cours de constructions du génie civil et de stabilité étaient confondus. Le dernier titulaire de ce cours unique fut l'éminent Emm. Boudin, professeur également de calcul des probabilités, d'hydraulique et de technologie, en outre inspecteur des études aux Ecoles Spéciales. Surchargé, Boudin partagea en deux le cours de constructions, conservant la partie théorique sous le nom nouveau de « Stabilité des constructions » et remettant à Wolters le cours d'application sous le nom de « Constructions du génie civil ». C'était la division horizontale, qui a subsisté dans le programme belge, alors que dans toutes les écoles étrangères la division verticale a prévalu, créant des cours de constructions partiels par leurs objets : ponts, ouvrages hydrauliques, béton armé, etc..., mais complets en ce qui concerne chaque objet, c'est-à-dire comportant la théorie et l'application. La division horizontale est moins favorable pour la formation professionnelle et l'on ne peut pas estimer, en se référant au niveau des études à l'étranger, qu'elle est préférable au point de vue de la formation scientifique. On observe d'ailleurs, dans plusieurs universités belges, une orientation ou des tendances qui concordent avec mon point de vue.

Néanmoins, le régime actuel a permis l'organisation d'un cours de constructions du génie civil orienté vers une application synthétique des connaissances scientifiques des futurs ingénieurs. Le seul inconvénient consiste dans une charge de cours très lourde. Celle-ci a comme contrepartie avantageuse pour les récipiendaires une plus grande unité de formation, préférable à certains points de vue à la dispersion, tant que la capacité de travail du titulaire lui permettra de faire face d'une manière suffisante à ses obligations.

3) **Résultats.** — Les considérations qui précèdent ne sont sans doute pas superflues si l'on veut bien considérer que la section des constructions civiles de l'Université de Liège est récente et peu connue, même des ingénieurs A. I. Lg. Ensuite, qu'à l'occasion du Centenaire de l'Ecole, il est opportun de faire le point et, en évoquant le passé, de justifier le présent et de préparer l'avenir. L'énumération des résultats acquis en un peu plus de dix années complétera ce tableau et permettra d'apprécier

la nécessité des installations importantes dont se trouve doté maintenant un service jusqu'à présent démuné.

La figure 2 reproduit en diagramme la fréquentation du cours de constructions du génie civil, réservé aux seuls candidats ingénieurs civils des constructions. 116 diplômés ont été délivrés jusqu'en 1937.

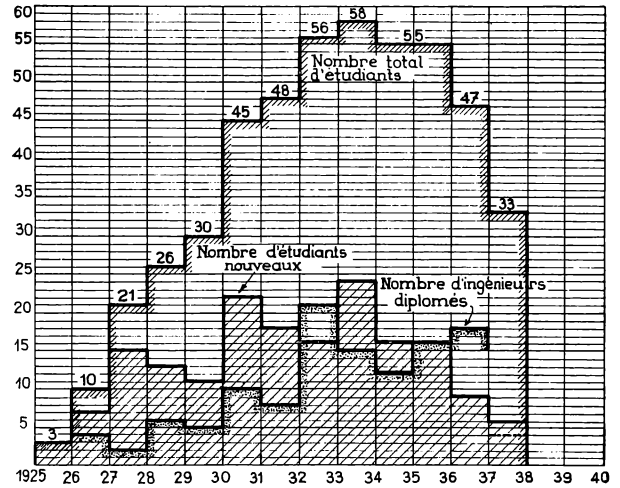


Fig. 2. — Diagramme statistique de fréquentation annuelle du cours.

Il en résulte que l'efficacité de la section a été réelle et appréciable. La diminution actuelle (en 1937) du nombre des élèves est due à un phénomène général qui affecte toute la Faculté Technique au même degré. Elle a des causes démographiques et économiques, conséquences de la guerre dernière et de la crise récente. Actuellement, un seul ingénieur civil des constructions sorti de Liège et disponible est dépourvu d'emploi (il est tout récemment diplômé et de nationalité étrangère). Il est probable que bientôt et pendant quelques années, il y aura pénurie d'ingénieurs de cette catégorie. La statistique des années passées, relative à une époque où l'installation du service était franchement mauvaise, permet de croire que la situation redeviendra normale dès que les circonstances le permettront, les études devant bénéficier beaucoup des possibilités que donnent les installations nouvelles et dont je m'efforce, dès le début, de faire profiter les étudiants le plus possible.

4) **Organisation de l'enseignement.** — Il comporte trois parties conjuguées et qui font l'objet des mêmes soins :

- les cours oraux ;
- les travaux graphiques ;
- les travaux et recherches de laboratoire.

L'ordre d'énumération n'indique pas une hiérarchie, mais plutôt une gradation.

Les cours oraux sont indispensables mais, dans une large mesure, ils ne constituent qu'une pré-

paration aux travaux. Le temps consacré aux travaux est plus que triple de celui consacré aux leçons. Ces travaux s'adaptent au cours et sont établis selon un programme gradué, tel que tous les concepts essentiels fassent l'objet d'exercices qui constituent des applications directes du cours et, d'autre part, en assurent en quelque sorte la compréhension approfondie. Cependant, au fur et à mesure de l'avancement des études, on laisse filer du câble, la part d'initiative personnelle augmente. Sans perdre le contact avec le cours, la nature plus compliquée des problèmes favorise un effort personnel pour lequel on cherche à procurer à l'étudiant des conditions favorables. Enfin, le travail final, qui est le plus souvent un travail de laboratoire ou encore un projet d'une certaine envergure, fait appel réellement à la capacité personnelle du récipiendaire et constitue un vrai prélude à la navigation sur la haute mer de la carrière d'ingénieur. Je me permets d'insister sur le souci de gradation d'un tel programme et, sans savoir si le mot correspond à la chose en Angleterre, il me semble que cette méthode répond à la signification que l'on peut appliquer au terme « training » en usage dans les écoles anglo-saxonnes.

Enseignement oral. — Il est assez réduit, quoique comportant 248 heures de cours pour l'ensemble des cours de procédés généraux de constructions, de constructions du génie civil, d'hydraulique fluviale et de travaux urbains et coloniaux. Cela provient de la division de ce total important d'heures en un nombre non moins important de parties, à chacune desquelles en particulier les écoles étrangères consacrent en général plus de temps. Voici cette subdivision :

Première épreuve.

Routes	14 h.	} 25 h.	} 60 h.
Exécution des terrassements .	11 h.		
Ouvrages terrassés	18 h.	} 35 h.	
Fondations	17 h.		

Deuxième épreuve :

Ponts-Généralités	5 h.	} 35 h.	} 60 h.
Ponts en bois	8 h.		
Ponts en maçonnerie	8 h.		
Ponts métalliques	8 h.		
Ponts mobiles	6 h.		
Barrages	15 h.	} 25 h.	
Ecluses	10 h.		
Hydraulique fluviale et maritime	30 h.		

Troisième épreuve :

Grandes voûtes	10 h.	} 45 h.	} 90 h.
Grands ponts métalliques ...	20 h.		
Ponts en béton armé	15 h.		
Béton armé	20 h.	} 25 h.	
Energie hydraulique	5 h.		
Voies navigables	10 h.	} 25 h.	
Génie maritime	10 h.		
Constructions urbaines et coloniales	8 h.		

La répartition globale est :

Terres	60 h.	} 100 h.
Ponts.....	80 h.	
Béton armé	20 h.	
Ouvrages hydrauliques	50 h.	} 80 h.
Hydraulique appliquée	30 h.	
Constructions urbaines et coloniales	8 h.	} 88 h.

Encore ici il faut remarquer le souci de gradation des études. La première épreuve est consacrée, dès 1926, à faire connaître à l'étudiant l'élément primordial qu'est le sol. La deuxième épreuve le familiarise davantage avec le deuxième élément important, l'eau, et ses interractions avec le sol; en même temps, les rudiments des ponts sont enseignés. La troisième épreuve trouve l'étudiant préparé à comprendre les grands ouvrages et les projets d'ensemble.

Mais on remarquera que, pour chaque partie du cours, le temps est très mesuré, surtout qu'il s'agit d'un cours approfondi et spécial d'application. Le nombre d'heures affectées à ces divers cours dans les écoles étrangères similaires est certes plus élevé. Si l'enseignement était partagé, il est vraisemblable qu'il en résulterait une augmentation du nombre d'heures de cours. Le peu de temps consacré à chaque partie distincte oblige à éviter toute abondance excessive de compilation et toute digression superflue; l'enseignement est réduit aux principes et à l'essentiel. Les mêmes principes servent d'ailleurs pour plusieurs parties du cours et permettent de réduire le nombre d'heures consacrées à certaines d'entre elles à un quantum hors de proportion avec leur importance intrinsèque (voies navigables, génie maritime, etc...) Cette situation évite, dans ce domaine, les répétitions, les doubles emplois et les contradictions.

D'autre part, l'enseignement peut être limité aux principes sans inconvénients, par suite de l'importance des travaux pratiques, qui seront analysés plus loin.

Pour compléter autant que possible la formation, les étudiants sont conduits en excursion sur les travaux intéressants de la région liégeoise, de Belgique et des pays limitrophes. Il y a quelques séances régulières d'excursion au début et à la fin de la période des cours. En outre, les occasions exceptionnelles de visite sont rarement négligées, fallut-il pour cela utiliser une séance de travaux. Ces excursions sont des adjuvants précieux de l'enseignement et les ingénieurs qui reçoivent les visiteurs sur les chantiers sont des professeurs bénévoles dont les leçons sont écoutées avec une avidité fructueuse.

Les excursions à l'étranger, assez coûteuses, sont naturellement facultatives. Soigneusement préparées, elles ont toujours laissé à leurs participants un souvenir excellent. Ces voyages sont invaluables et mériteraient d'être favorisés par une institution quelconque, dans l'intérêt général, comme il est fait dans beaucoup d'autres pays.

Pour l'enseignement oral, je dispose d'un auditoire à gradins, d'une contenance d'une quarantaine d'auditeurs, accolé d'un vestiaire et d'une salle de préparation et équipé d'une manière moderne (tableaux mobiles à commande électrique, épi-diascope, rideaux ordinaires et opaques, éclairage électrique perfectionné, téléphone). Ce groupe est au même étage que le bureau du professeur, la bibliothèque du service, la salle de lecture et une salle d'archives. Le couloir sur lequel ouvrent ces locaux est muni de valves permettant l'exposition de documents sélectionnés. Cet ensemble est parfait.

La bibliothèque est déjà assez riche, notamment en revues. Les ouvrages et les collections reliées des revues peuvent être prêtés au dehors moyennant certaines conditions et garanties, subordonnées à l'autorisation du professeur. A la salle de lecture, les revues récentes peuvent être consultées. Le but est de favoriser la documentation des élèves, de leur apprendre ou de les habituer à s'en servir et de leur montrer l'utilité autant que de leur indiquer le besoin de la connaissance des langues étrangères. Le rendement pourrait toutefois être meilleur.

Au sujet de l'enseignement oral, signalons diverses extensions de la section des constructions civiles, instituées à des époques diverses :

le grade scientifique complémentaire d'ingénieur des constructions coloniales, destiné à se muer bientôt en celui d'ingénieur des travaux urbains et coloniaux, dont la fréquentation a été bonne (37 diplômés de 1930 à 1937) ;

le grade scientifique complémentaire d'ingénieur des constructions hydrauliques et hydrographe (deux diplômés) ;

le grade scientifique tout récent de conducteur civil des constructions (en trois années d'études au total).

Signalons aussi l'institution récente du grade d'ingénieur civil des constructions navales, qui n'est pas dépourvu de liens avec celui d'ingénieur civil des constructions.

En résumé, en dix années, un ensemble d'enseignement a été élaboré à l'Université de Liège, qui répond aux tendances actuelles du progrès humain dans le domaine du génie civil, aux besoins correspondants de la société moderne et qui est résolument orienté vers l'avenir.

Les travaux graphiques et pratiques. — Ils comportent environ 800 heures pendant les trois années d'études spéciales et sont répartis environ dans la proportion 1 : 1,6 : 3,1 entre les trois épreuves (y compris l'hydraulique fluviale en deuxième épreuve). Il serait trop long d'entrer dans le détail du programme, maintenant bien établi, très gradué et d'efficacité éprouvée. Notons seulement qu'en première et en deuxième épreuves les travaux graphiques dominent pour les ingénieurs. En première année, quelques séances les mettent en contact avec des opérations rudimentaires de laboratoire relatives aux matériaux pierreux et aux terres. En deuxième épreuve, quelques séances au laboratoire d'hydraulique s'ajoutent à



Fig. 3. — Les salles de dessin (au centre, le bureau des assistants).

quelques essais de matériaux ligneux, pierreux et métalliques. Mais en troisième épreuve, une fraction importante du temps, environ la moitié, est consacrée au laboratoire pour un travail à la portée des étudiants. Il est veillé à la critique la plus rigoureuse de ces travaux, car il est jugé préférable que le résultat soit inférieur à l'attente plutôt que de permettre à l'étudiant des libertés à l'égard de la rigueur scientifique.

Pour les étudiants conducteurs, la répartition est inverse. En première épreuve, ils fréquentent principalement les laboratoires ; en deuxième et dernière épreuve, pendant la moitié du temps. De la sorte on cherche à leur faire acquérir une connaissance intime des matériaux, de leurs qualités et défauts et de leur mise en œuvre, ainsi que des propriétés du sol et de l'eau. Tous les travaux effectués par les étudiants, dessins et rapports, sont soigneusement corrigés par plusieurs correcteurs : chefs de travaux ou assistants et le profes

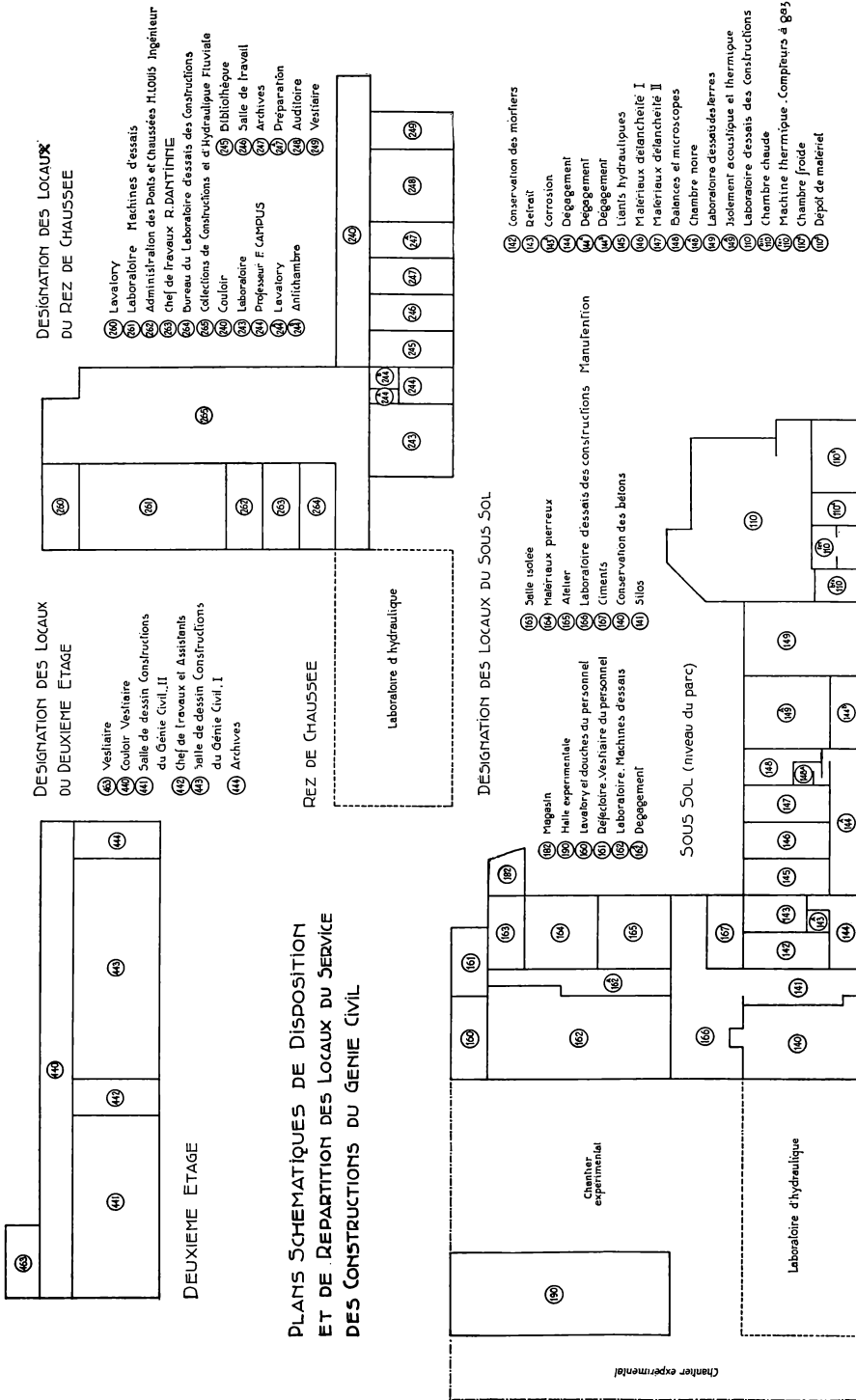


Fig. 4.

destinée aux étudiants de troisième année et aux spécialistes. Entre les deux salles, un bureau des assistants et chefs de travaux, vitré sur les deux faces contiguës aux salles. Les conditions d'éclairage naturel et électrique, de chauffage et de ventilation, sont tout à fait modernes. Le mobilier est perfectionné et confortable. Des tableaux noirs, des tables de consultation, des valves d'affichage de documents, à l'intérieur et à l'extérieur des salles, achèvent de donner à l'équipement un caractère complet. Diverses commodités accessoires existent, notamment des petits dépôts de la bibliothèque où sont déposés des ouvrages très spéciaux utiles à consulter aux travaux. Une salle d'archives et un vestiaire complètent ce groupe et contiennent tout le mobilier spécial, notamment pour classer et conserver les travaux. Le service dispose d'une assez riche collection de plans. L'aménagement peut être considéré comme satisfaisant aux exigences les plus grandes. Les salles de dessin sont des endroits tout à fait propices au travail et réalisent une ambiance particulièrement favorable.

En résumé, l'organisation des travaux est, après dix années, bien mise au point et susceptible d'utilité pratique pour tous les étudiants, moyennant un effort suffisant pour en tirer parti. Le régime fait, en effet, appel à

leur, avant d'être cotés. Ensuite, ils sont remis aux étudiants avec l'indication des corrections.

Pour les travaux graphiques, deux salles de dessin claires et spacieuses sont établies à l'étage supérieur de l'Institut du Génie Civil, à l'aplomb de l'auditoire. L'une des salles, la plus grande, est destinée aux étudiants des deux premières années d'études et aux conducteurs. L'autre est

l'effort personnel et n'est pas stéréotypé.

En outre, par les travaux en groupe, on cherche à inculquer un esprit de collaboration, de discussion et d'échange intellectuel. De nombreux travaux d'étudiants ont déjà donné lieu à des publications intéressantes et importantes, dans le courant ou après la fin de leurs études, tant en ce qui concerne le calcul des constructions que l'expérimentation au laboratoire.

Les laboratoires. — Dès la fondation du cours, en 1926, l'institution de laboratoires d'essais des constructions et matériaux du génie civil et d'hydraulique fluviale fut l'objet des préoccupations principales de l'auteur de ces lignes. Il paraît superflu d'en invoquer ici les raisons évidentes. Les idées directrices furent exposées dans le *R.U.M.* le 15 décembre 1926 (1).

J'ai rappelé plus haut la naissance en 1930 du laboratoire provisoire d'essais des constructions du génie civil, son développement progressif et son transfert dans les locaux actuels nouveaux. L'activité en est déjà considérable. Par contre, le laboratoire d'hydraulique commencera seulement à fonctionner après onze années d'attente. Il sera décrit ailleurs.

Le laboratoire d'essais des constructions du génie civil occupe principalement les locaux de l'étage inférieur des faces sud et est de l'Institut du Génie Civil ; en outre au rez-de-chaussée de la face sud se trouvent trois bureaux et un laboratoire de machines spéciales d'essai ; enfin, à ce même étage, se trouve le laboratoire spécial contigu au bureau du professeur. A cet étage aussi, une vaste salle de collection ouverte relie le groupe de l'auditoire au groupe des laboratoires. Elle est bien équipée en meubles d'exposition et en valves d'affichage.

La figure 4, qui reproduit les dispositions en plan des divers étages du service, dispensera d'une description plus complète ; on y remarquera, au niveau inférieur, un chantier expérimental en plein air, au milieu duquel est édifié une halle expérimentale couverte de 24×9 m de surface et de 7 m de hauteur.

Il serait trop long d'énumérer ici les travaux déjà effectués par le laboratoire, dont certains figurent dans les publications déjà nombreuses de ses collaborateurs. Les principaux domaines étudiés sont :

- les revêtements routiers ;
- les pierres naturelles et artificielles et les sables ;
- les bétons et les ciments, le béton armé ;
- les liants et les conglomerats hydrocarbonés ;
- les corrosions des bétons, de l'acier et les moyens de protection ;
- les soudures et les constructions soudées ;
- les essais sur modèles et les auscultations des constructions ;
- la perméabilité, le retrait et les caractères spéciaux des bétons hydrauliques ;
- la gélivité ;
- les terres.

L'équipement actuel, qui n'est pas encore complet, a été établi selon ces directions. L'énumération complète du matériel serait ennuyeuse. Disons seulement que le petit matériel d'usage courant,

qui fait tant défaut à beaucoup de laboratoires, existe à suffisance et est entretenu en bon état constant, grâce aux ressources propres du laboratoire. On ne pourrait assez engager les personnes qui désirent avoir une idée complète du laboratoire, à le visiter ; elles peuvent être assurées d'un accueil empressé.

On énumèrera seulement les points les plus particuliers de l'équipement.

Grosses machines. — Dans la salle principale des machines d'essais, une partie a la hauteur des deux étages inférieurs réunis. Elle contient : une presse Amsler de 1000 tonnes, à quatre colonnes filetées (hauteur maximum des pièces : 2,25 m) ; une presse Amsler de flambage de 500 tonnes, à deux colonnes filetées (hauteur maximum des pièces : 6 m) ; une machine universelle Amsler de 100 tonnes, à pulsateur de 170 cm^3 de capacité de pulsation (longueur maximum des pièces : 2,25 m).

Ces trois machines sont non seulement les plus puissantes de leur espèce en Belgique, mais toutes sont de dimensions exceptionnelles, permettant au laboratoire d'effectuer des expériences sur des pièces de construction de dimensions réelles et importantes, conformément au caractère spécial des recherches du laboratoire.

On trouve encore dans cette salle un mouton pendule de Losenhausen de 75 kgm, une presse Amsler de 60 tonnes et une presse universelle Amsler de 10 tonnes. Toutes les presses Amsler sont à pompe électrique et dynamomètre pendulaire. Une machine de traction Amsler de 20 tonnes, équipée de même et de 1,50 m de distance entre mordaches, se joindra sous peu à cet ensemble.

A l'étage supérieur de la même salle, une machine Alpha (Stockholm) de 50 tonnes, un duromètre Brinell-Rockwell et un mouton-pendule de 15 kgm de la même marque constituent un groupe très intéressant, de construction très soignée et d'une grande précision. De cet étage et de la galerie ainsi que de l'escalier conduisant au niveau inférieur, les auditeurs et spectateurs peuvent suivre dans des conditions parfaites les expériences effectuées sur les grosses presses précitées.

La salle contient un pont roulant de 5 tonnes. Un échafaudage démontable et stable en tubes légers, supportant des planchers de madriers, permet l'accès facile aux pièces en essai dans la machine de flambage et dans la presse de 100 tonnes à pulsateur.

Le laboratoire est pourvu de nombreux instruments de tarage de diverses forces, de marques Amsler et Schopper, permettant le contrôle permanent de la précision des machines.

Pierres. — Le laboratoire a une véritable spécialité de l'essai et de l'étude des pierres naturelles, artificielles et des agglomérés, tels que les bétons de route, les bétons vibrés, le béton armé, etc... Dans un atelier spécial, trois scies à ruban non denté

(1) F. Campus. — La conception moderne des laboratoires techniques universitaires.

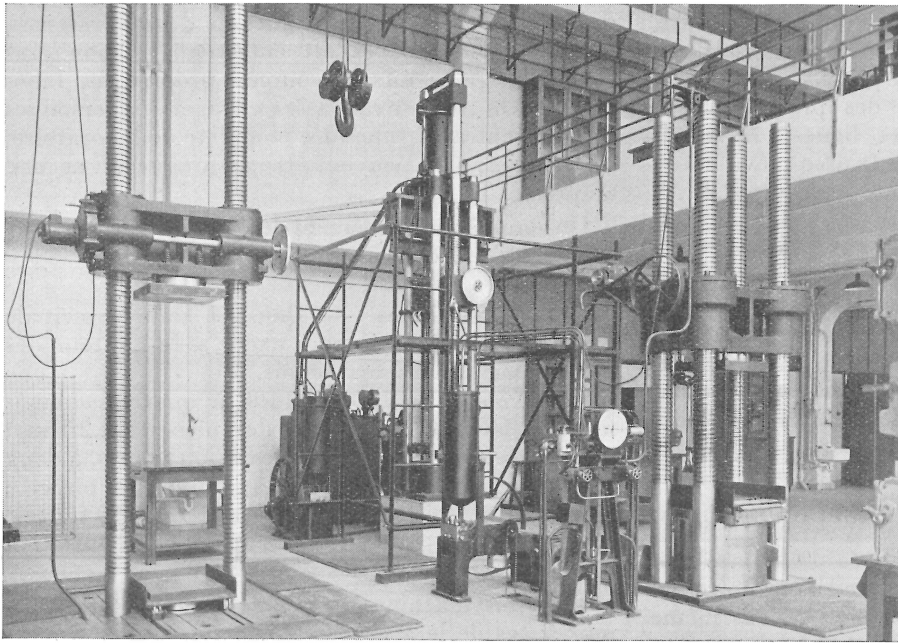


Fig. 5. — Le laboratoire des machines d'essais.

débitent sans arrêt des pavés ou des dalles de béton pour en extraire des éprouvettes. A bref délai, deux scies supplémentaires s'y ajouteront. Malgré l'importance de ce matériel, on travaille fréquemment à trois équipes par jour. Ces scies sont d'un principe très spécial. Elles procèdent par usure, au moyen de carborundum et d'eau. Elles sont confectionnées au laboratoire à partir d'anciennes scies à bois. Elles ont demandé une longue mise au point, qui est désormais acquise. Les avantages des scies de ce type sont : un fonctionnement assez silencieux, pas brutal, permettant le sciage net des corps les plus durs (fonte blanche trempée) aux plus tendres (béton friable) et des corps les plus hétérogènes. La puissance est faible, l'encombrement aussi. Le fonctionnement est très propre. L'avancement est assez lent mais continu. Un préposé sert facilement plusieurs machines et le travail est économique.

Le laboratoire a aussi une sondeuse à diamants, à couronnes de 1, 2, 3 et 4 pouces, pour la confection d'éprouvettes cylindriques, située dans le même atelier. On y trouve aussi une grande étuve de dessiccation, une machine d'usure, sur meule de fonte tournante et sablée, divers moutons, etc... Un petit mouton automatique américain de Page, pour l'essai standard américain de choc, se trouve dans le laboratoire des presses.

A côté de l'atelier des pierres se trouve une chambre isolée acoustiquement, qui contient les machines bruyantes : le mouton de Föppl de 50 kg, la machine Deval standard américaine, le brick-rattler standard américain ⁽²⁾, un broyeur cyclone

⁽²⁾ La plupart de ces machines sont décrites dans diverses publications du laboratoire : F. Campus : Le laboratoire d'essais des matériaux pour routes de l'Université de Liège

Pepping, un broyeur à boulets Westfalia, enfin une machine de chocs répétés Amsler. L'isolement est suffisant pour que le fonctionnement de ces machines bruyantes ne cause pas trop de troubles dans les locaux environnants. Il existe enfin un abondant matériel de tamisage, de pesage et de calibrage, ainsi que de détermination du poids spécifique et de toutes les propriétés physiques quelconques des pierres.

Atelier de mécanique. — A côté de l'atelier des pierres se trouve un atelier mécanique servant surtout à la préparation d'éprouvettes métalliques, ainsi qu'à l'entretien du matériel, à la

confection de petit matériel et même de machines complètes. Il contient un tour Demoor de 1250 mm entre pointes, une fraiseuse Jaspard de 1 m de course, une foreuse Jaspard de 35 mm de diamètre maximum, une affuteuse à deux meules, une rectifieuse Micox sur le tour et une scie à rubans universelle, très pratique et à grand rendement. L'extension de cet outillage est déjà nécessaire.

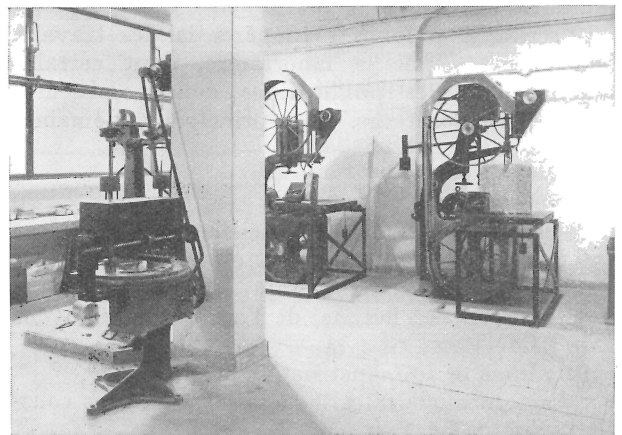


Fig. 6. — L'atelier des pierres.

Ciments. — Pour les ciments, un atelier de gâchage, contenant deux moutons de Klebe-Tetmayer et tous les accessoires, est voisin d'une salle de

(Premier Congrès belge de la Route, Liège, août 1930). F. Campus et R. Dantinne : Essais des pierres dures utilisées pour la construction des routes (*Science et Industrie, Travaux* 14 février 1934, Paris). Voir aussi, des mêmes auteurs, les publications du Deuxième Congrès belge de la Route, Anvers, 1933, et du Troisième Congrès belge de la Route, Bruxelles 1935.

conservation remarquablement équipée de réservoirs et tablettes. Elle contient une chambre humide commode et parfaite. Tous ces locaux sont thermostatiques, pourvus de doubles portes formant tambours. Ils sont équipés d'appareils perfectionnés de contrôle thermique et hygrométrique. Le matériel de moulage est abondant.

Bétons. — Une grande partie du laboratoire est consacrée à la confection, à la conservation et à l'essai des bétons. Une salle de manutention, qui s'ouvre sur le chantier expérimental, sert à la confection des bétons. Elle sera bientôt pourvue d'une petite bétonnière; elle contient deux vibrateurs et une table à secousses, divers palans de 1000 kg et un portique mobile de 1000 kg de force de levage (construit au laboratoire). Au voisinage de cette salle, de nombreux silos en béton armé contiennent des sables et pierrailles divers, des dépôts de ciments et des tablettes de support d'un abondant matériel de moulage. Une grande salle thermostatique de conservation des bétons contient de nombreux bacs en béton armé bitumés pour la conservation dans l'eau, des tablettes pour conservation à l'air et un stand pour la conservation en sable humide ou immergée, même pour de longues pièces. Cette salle contient aussi un appareil de perméabilité à accumulateur hydraulique et une autoclave pour la détermination de l'absorption d'eau limite ⁽³⁾.

Une salle thermostatique et à atmosphère assez confinée, quoique ventilée, sert aux mesures de retrait du béton. Son équipement a déjà permis beaucoup de mesures, mais le perfectionnement de ce compartiment constitue l'une des plus prochaines besognes du laboratoire. Enfin, au voisinage immédiat, un petit laboratoire de chimie sert aux analyses et dosages indispensables dans les recherches relatives aux bétons hydrauliques (perméabilité, filtration, dissolution, corrosion, durcissement, etc.).

Corrosion des métaux. — Une petite salle entièrement confinée, établie aux environs du laboratoire de chimie, est réservée aux essais de corrosion

des métaux et d'efficacité des enduits protecteurs. L'établissement de semblables laboratoires est, d'après l'expérience, très gênante pour les installations voisines. C'est pourquoi nous avons prévu un local confiné, calfeutré et obscur. Un compresseur placé à l'extérieur fait fonctionner un brouillard salin de disposition assez particulière propre à mon laboratoire. Des essais en plein air seront effectués et un jet de sable, à installer prochainement, servira au décapage mécanique comme aux essais d'usure.

Le laboratoire a déjà une expérience assez longue en matière de peinture et de certaines méthodes d'essai qui lui sont propres. Ce département a été créé naturellement et développé progressivement, en raison des problèmes qui se sont posés pendant

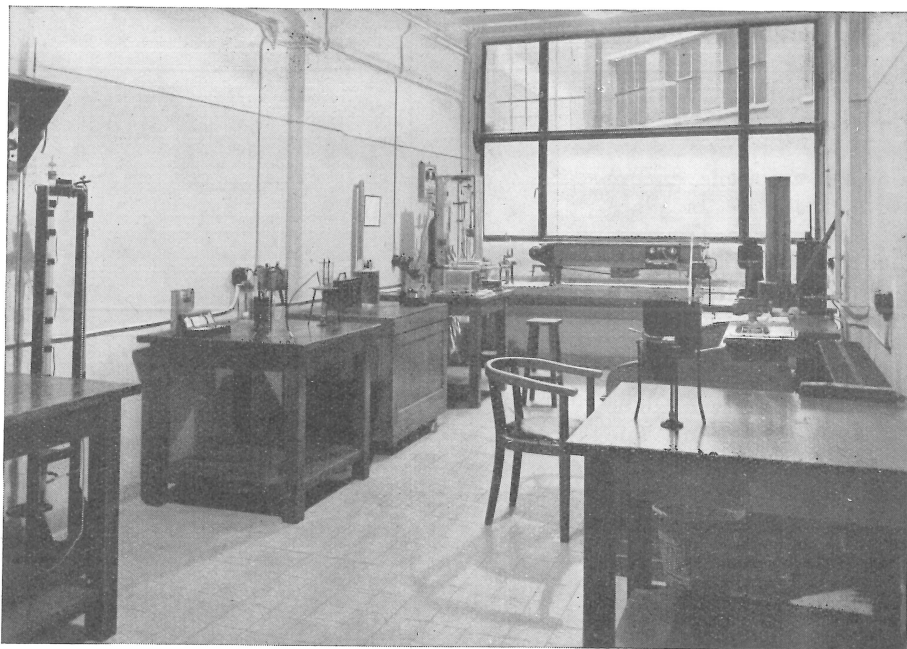


Fig. 7. — Le laboratoire des essais physiques.

la construction des nouveaux Instituts et de l'intérêt général que suscite actuellement la question, par suite d'un regain d'activité de la construction métallique.

Liants hydrocarbonés et matériaux d'étanchéité. — L'auteur a, dans le cours de sa carrière, eu beaucoup à s'occuper de questions routières et y est resté très attaché. Son enseignement du cours de route est relativement développé et l'activité de son laboratoire en rapport avec la construction des routes a toujours été importante. Les problèmes que pose l'usage des liants hydrocarbonés pour les revêtements ne pouvaient donc échapper à son attention et deux salles convenablement équipées pour les essais physico-chimiques sont consacrées à ces manipulations. Le matériel spécial est abondant et en bon état, conforme aux Standards A. S. T. M., les plus usuels en la matière. Le laboratoire dispose de nombreux viscosimètres

⁽³⁾ Contributions de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège aux Séances du Congrès international d'essais des matériaux à Londres en avril 1937. *R. U. M.*, 15 octobre 1937. (Campus, Dantine, Jacquemin).

et pénétromètres, d'un ductilomètre standard, d'un appareil construit selon mes indications pour étudier la sédimentation des goudrons-fillers, d'un appareil de Frass, d'étuves, etc... Ce même laboratoire s'occupe aussi des matériaux d'étanchement hydrocarbonés. Des publications relatives à ces questions ont été faites déjà aux Congrès belges de la route (1930, 1933 et 1935), ainsi qu'à l'Association internationale des producteurs de goudrons pour routes (Gleneagles, 1936) par Campus, Dantinne et Pirard.

Essais physiques, microscopes et balances. — Deux salles contiennent des appareils très spéciaux, délicats et d'emploi peu fréquent : un appareil de sédimentation Kühl-Czernin (finesse des poudres impalpables), un calorimètre adiabatique simplifié B. R. S. (Building Research Station) pour l'étude calorifique de la prise des ciments, des bouteilles Thermos spéciales pour dito, une lampe à rayons U. V., d'autres appareils encore et il reste de la place disponible, car l'équipement est encore incomplet.

Une balance de précision J. Q. Becker à lecture directe, un trébuchet Sartorius également à lecture directe, se trouvent dans la même salle, ainsi que divers microscopes : un petit banc microscopique de Leitz, un microscope de mesure Zeiss très perfectionné, un comparateur à deux microscopes de la Cambridge C^o, une machine à mesurer universelle de la même firme, un microscope Zeiss ordinaire, une machine à diviser de Schopper, etc. Ce compartiment se développe encore. Le Congrès d'essais des matériaux de Londres en 1937 a montré la nécessité pour les laboratoires et les ingénieurs s'occupant d'essai des matériaux de se servir non seulement du microscope, déjà depuis longtemps indispensable, mais encore des autres moyens d'investigations physiques, tels que les rayons X, etc.

Dans le large couloir sur lequel ouvrent les derniers laboratoires cités (retrait, chimie, liants hydrocarbonés, essais physiques) sont établis de nombreux appareils de préparation et d'usage commun, tels que des fours électriques, une polisseuse, etc., ainsi que des armoires contenant les appareils spéciaux.

Isolement acoustique et thermique. — Une salle réservée à cet effet est en voie d'équipement, mais n'est pas encore occupée.

Terres (géotechnique). — Ainsi qu'il a été dit plus haut, l'auteur enseigne depuis 1926, d'une manière aussi développée que le lui permet le temps disponible et une répartition rationnelle des cours, les propriétés des terres et des sols qui intéressent l'ingénieur civil des constructions. Il a écrit diverses publications sur ce sujet. (*De Ingénieur*, 3 novembre 1928 et 27 décembre 1930, La Haye; *Génie Civil* 15 et 22 mars 1930; Congrès national des Sciences, Bruxelles 1935; *R. U. M.*, 1^{er} et 15 décembre 1929; XIV^e Congrès international de navigation, Bruxelles, 1935). Les premières installations n'ont pas permis d'y établir un vrai laboratoire d'essai des terres. Des expériences isolées ont été faites. Un grand local est réservé à cette section dans le nouvel Institut et comprend

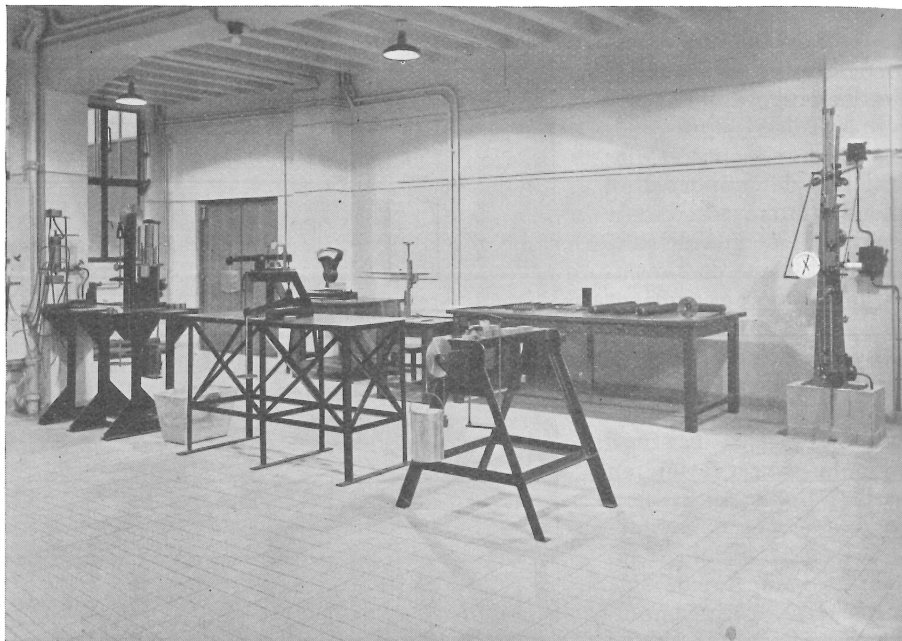


Fig. 8. — Le laboratoire des terres.

déjà de nombreux instruments, construits d'après les plans établis par un ancien étudiant, O. Debaize, sous la direction de R. Spronck et de l'auteur. On y trouve des oedomètres, divers appareils de compression, un appareil de cisaillement, un appareil de perméabilité et de capillarité, des appareils de pénétration, la capsule d'Atterberg, des balances, des tamis, des aréomètres et l'appareillage spécial de laboratoire. Une machine de traction et de compression Amsler de 300 kg, à dynamomètre à pendule, se trouve dans la même salle et sert aux terres comme à toutes les matières peu résistantes manipulées dans les laboratoires voisins : peintures, matières isolantes, membranes étanches, etc. Je dispose d'un appareil de sondage Foraky, type IV de 10 m de profondeur et de 6 pouces de diamètre avec de nombreux instruments de forage. Un géoptosimètre de M. Van der Meer a été transformé; un appareil pour extraire

des échantillons vierges a été équipé avec le matériel de conservation et d'extraction, des appareils d'empreinte à profondeur variable, etc. Une très grande salle voisine est disponible pour des recherches encombrantes sur la poussée des terres, des modèles divers, etc. Ce laboratoire, quoique déjà équipé d'une manière intéressante, n'est pas encore complet. Les étudiants y travailleront d'une manière combinée avec le travail sur le terrain.

Gélimité et chambres thermiques. — Depuis longtemps, le laboratoire dispose d'un petit frigorifère Dell'Orto, qui a permis de nombreux essais de gélimité, notamment sur les céramiques émaillées⁽⁴⁾.

Dans les nouvelles installations, le laboratoire dispose de deux grandes chambres thermiques installées par la firme Lebrun, de Nimy, (4.500 frigories/heure). Elles permettent d'y travailler et de régler la température entre certaines limites ainsi que le degré d'humidité. L'une d'elles est une chambre froide, où la température peut être maintenue jusqu'à -20°C . L'autre est une chambre chaude (max. 60°C), mais qui peut être aussi refroidie jusqu'à 0°C environ.

Elle rendra le laboratoire indépendant du climat géographique pour certains essais spéciaux qui pourront être utiles pour la colonie et pour d'autres circonstances (cfr. travaux sur le durcissement du béton à basse température, en collaboration avec A. Bijls. A.T.P.B. fasc. 1, 2 et 3, de 1937).

Soudures et constructions soudées. — L'auteur s'est occupé depuis de nombreuses années de construction de charpentes et de ponts soudés à l'arc électrique. De nombreuses publications ont paru à ce sujet et divers anciens collaborateurs ont suivi cette voie avec succès et originalité, entre autres A. Spoliensky et G. Moressée jun. Des essais de soudure ont été effectués au laboratoire depuis longtemps; actuellement ce compartiment est en plein développement, avec le concours de H. Louis, ancien assistant, ingénieur des Ponts et Chaussées. Comme appareillage spécial, le laboratoire dispose d'un poste de soudure mixte (continu et alternatif) Philips (intensité maximum 300 amp.) et d'un pyrotomé A. L. L'atelier de mécanique

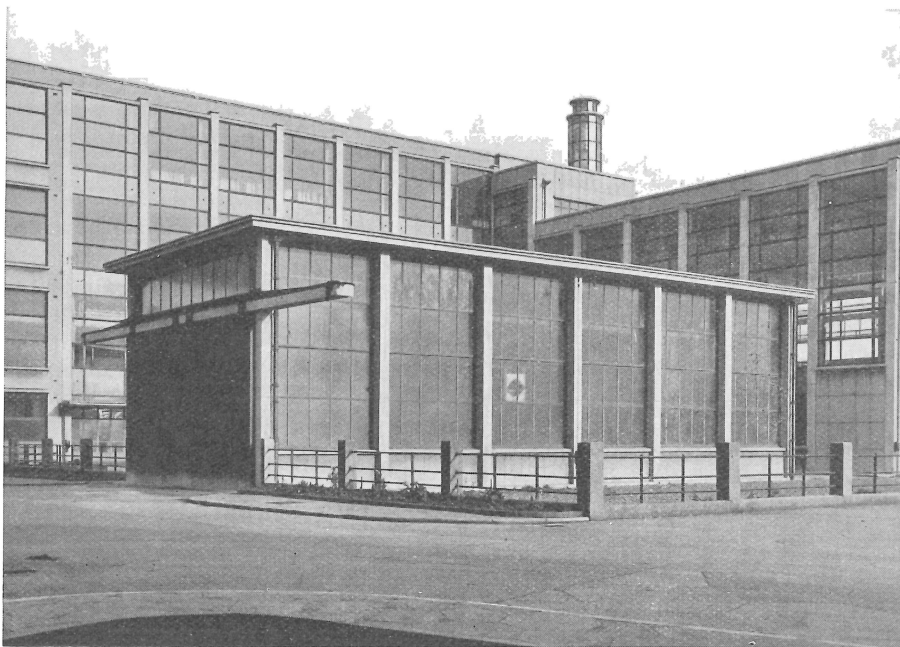


Fig. 9. — Le chantier expérimental et la halle expérimentale.

seconde ce département et de nombreux appareils de mesures microscopiques et autres sont à sa disposition. Un petit cabinet métallographique y est adjoint, ce qui est indispensable. Un développement important se fera dans ce département au cours des prochaines années; en tout premier lieu, un équipement d'examen macroscopique aux rayons X est prévu. Actuellement, le travail de soudure (préparation des éprouvettes) est effectué dans la halle isolée.

Essais sur modèles et sur ouvrages réels, auscultations, élasticimétrie — Le laboratoire a déjà effectué de nombreuses études, recherches et essais dans ce domaine. Ses publications, que le manque de place empêche de rappeler, en font foi. Le matériel comporte de nombreux tensomètres Huggenberger et Stoppani, un extensomètre acoustique de Schaefer⁽⁵⁾, des fleximètres Huggenberger, Zivy, Précision mécanique, Morin (dont un enregistreur), un déformètre de Huggenberger (250 m), deux clinomètres Stoppani, deux appareils à miroirs de Martens, deux élasticimètres Martens-Kennedy, un élasticimètre à cadran d'Amsler, etc.

Un appareil interférentiel très précis et sensible, construit par Yvon et Jobin de Paris, pour mon laboratoire⁽⁶⁾, grâce à un subside important du F. N. R. S., permet un tarage parfait et rapide de tous ces appareils, précaution indispensable pour leur usage correct.

Ces instruments sont déposés dans le laboratoire spécial voisin du cabinet du professeur, qui sera

⁽⁵⁾ F. Campus et R. Dantinne. — (*Bull. de la Société belge des Ingénieurs et Industriels*, fasc. 10, 1932).

⁽⁶⁾ R. Dantinne. — (Congrès national des Sciences, Bruxelles, 1935).

⁽⁴⁾ F. Campus. — Méthodes d'essais des matières céramiques au point de vue de leur usage. Congrès international d'essai des matériaux, Londres, 1937.

réservé pour d'autres instruments délicats et spéciaux de mesures et d'essais sur modèles.

Chantier expérimental et halle expérimentale.

— Le chantier expérimental est destiné aux travaux en plein air des étudiants, surtout des élèves conducteurs et aussi pour les dispositifs d'essais trop encombrants pour être établis dans les locaux. 12 pieux Franki disposés dans le terrain permettent d'y édifier des constructions déjà importantes ou de procéder à des essais particuliers.

La halle expérimentale sera équipée d'une grande machine de flexion, en élaboration actuellement. D'un usage assez universel, elle doit permettre l'essai de constructions de dimensions déjà considérables : tuyaux, poteaux, poutres, charpentes, etc., et cela aussi bien dynamiquement que statiquement. Une face d'extrémité est constituée par une grande porte mobile, de hauteur égale à celle de la halle, permettant l'introduction facile d'objets encombrants et pondéreux. La halle possède un pont roulant de 10 tonnes et une bascule de 2000 kg. (D'une manière générale, le laboratoire possède de nombreuses balances, principalement automatiques).

Il est intéressant de signaler en passant que le laboratoire a équipé, au moyen d'une partie du matériel qui lui appartient, le laboratoire d'essais, de recherche et de contrôle du chantier de construction du barrage d'Eupen. Ce matériel a été mis par contrat à la disposition temporaire de l'Administration des Ponts et Chaussées. Le laboratoire du chantier est conduit par un ingénieur, ancien collaborateur du laboratoire d'essais des constructions du génie civil, P. Grignet. Le matériel d'équipement comprend un groupe Amsler à électromoteur et dynamomètre à pendule, comprenant une presse de 200 tonnes et une presse universelle de 10 tonnes, une scie à ruban pour pierres, un outillage complet pour l'essai des ciments, avec un marteau double de Klebe-Tetmayer, un stand de perméabilité type G. C., un laboratoire de chimie, etc.

Travaux en cours. — Les lignes précédentes ont indiqué la plupart des domaines d'activité du laboratoire et la direction de ses prochains efforts. Comme recherches assez particulières, citons encore des essais de conservation de béton à la mer (à la demande de l'Administration des Ponts et Chaussées, en cours); des essais sur le retrait, les déformations thermiques et les tensions internes des soudures (à la demande de l'Administration des Ponts et Chaussées et d'un consortium de constructeurs de ponts et charpentes métalliques); des essais sur les nœuds de charpente (avec l'appui du F. N. R. S.) etc.

En conclusion. — En sept années a été élaboré un institut d'essais et de recherches dont les possibilités, entravées jusqu'à présent par des installations dérisoires, sont cependant déjà grandes et l'outillage puissant. Il reste relativement peu à dépenser pour achever son équipement et en faire

une institution capable de rendre à l'enseignement, à la technique et à l'économie nationale tous les services qui peuvent être utiles dans le domaine des constructions du génie civil. Il est à souhaiter que ce résultat soit permis le plus tôt possible.

Remerciements. — L'heureux établissement des institutions du cours de constructions du génie civil n'aurait pu être réalisé sans de nombreux encouragements et appuis, sans de nombreuses collaborations et sans un climat favorable. C'est pourquoi l'auteur de ces lignes est débiteur d'une gratitude considérable :

au Ministère de l'Instruction publique ;
à la Direction générale de l'enseignement supérieur ;
à M. l'Administrateur-Inspecteur-professeur, M. Dehalu et à l'Administration de l'Université de Liège ;

à M. le Recteur de l'Université, professeur J. Duesberg et à la Commission administrative du Patrimoine de l'Université de Liège ;

au Fonds National de la Recherche Scientifique ;
au Ministère des Travaux Publics, en particulier à son secrétaire-général, professeur A. Delmer et à l'Administration des Ponts et Chaussées ;

à toutes les personnes et à tous les organismes, groupements ou sociétés, publics ou industriels, qui ont accordé leur appui ou leur confiance au laboratoire ;

à tous ses amis connus et inconnus, belges et étrangers ;

à tous ses collaborateurs présents et passés ;
R. Dantinne, chef de travaux, et R. Spronck, chargé de cours, ancien assistant, deux de ses premiers disciples et ses plus anciens aides ;

N. Selezneff et E. Foulon, assistants ;

R. Jacquemin et S. Pirard, ingénieurs attachés au laboratoire ;

A. Spoliansky et H. Louis, anciens assistants, dont le concours à tout ce qui a été défini précédemment est total et à qui il est uni par les liens d'une véritable parenté spirituelle ;

ainsi qu'à

J. Lamoën et H. Hondermarcq, anciens aspirants de F. N. R. S. et Ch. Massonnet, collaborateur technique du F. N. R. S. ;

P. Grignet et H. Lemoine, ingénieurs, anciennement attachés au laboratoire ;

enfin à tous les étudiants passés et présents, qui ont contribué et contribuent à faire de ces institutions un centre d'études et d'activité scientifique.

Je ne puis oublier non plus le personnel des préparateurs, aides et employés du laboratoire, dont la conscience a toujours été irréprochable.

Et maintenant, puissions-nous accomplir ensemble notre mission dans les belles installations nouvelles, avec le même enthousiasme que jadis et selon le même esprit, celui que résume d'une manière si nette la pensée d'Henri Poincaré mise en épigraphe à cette note.