

# Les travaux de construction des nouveaux Instituts de la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Liège

PAR

**F. CAMPUS**

Professeur à l'Université de Liège,  
Directeur du laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil.

**I. STERNBACH**

Ingénieur attaché à la Direction technique.

**G. DAVID**

Ingénieur attaché à la Direction technique.

---

Extrait de la *Revue Universelle des Mines*, n° de Février 1938  
(8<sup>e</sup> Série, tome XIV, n° 2)

---



# LES INSTITUTS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE AU VAL-BENOIT

## LA DIRECTION TECHNIQUE

par F. CAMPUS

Ingénieur des constructions civiles et électricien

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

Professeur à l'Université de Liège

---

Au cours de l'été 1929, pour passer à l'exécution, M. l'Administrateur-Inspecteur de l'Université de Liège adjoignit à M. l'architecte professeur Alb. Puters un bureau d'études techniques. Il était formé de deux ingénieurs des constructions civiles diplômés dans le cours de la même année et recevant leur inspiration technique de l'auteur. Cette institution fut transformée en direction technique au début de 1930, lorsqu'apparut l'imminence des premières entreprises de fondations et de charpente métallique, premiers résultats de l'activité du bureau d'études. Cet organisme improvisé fut renforcé au fur et à mesure du développement des travaux dont il fut chargé, mais toujours avec un certain décalage, de telle sorte qu'il est à peu près constitué de la manière convenable pour pouvoir réaliser son travail lorsque la majeure partie en est terminée.

La création et le développement de la direction technique sont dus uniquement à des causes extérieures à sa propre action. L'explication en réside dans la nature de l'œuvre, consistant en instituts dont le caractère dominant est la spécialité dans l'ensemble et dans le détail. Ils correspondent à des besoins très particuliers et divers, d'une grande complexité. La réalisation doit répondre strictement au but, en harmonisant les nécessités variables,

en sauvegardant l'avenir et en réservant la possibilité de répondre à l'évolution des sciences et des méthodes scientifiques. Enfin, eu égard à l'importance des dépenses à engager, qui ne permet pas le renouvellement fréquent de semblables efforts financiers, la construction doit rechercher une très grande durabilité.

La ruine prématurée de plusieurs bâtiments de l'Université, à peine anciens de trois quarts de siècle, a apporté récemment à cette dernière considération une justification éclatante.

Un semblable travail a, par nature, un caractère analogue à celui des ouvrages d'art des ingénieurs, toujours marqué par l'importance des études préalables, complètes et coordonnées, afin de réaliser une œuvre adéquate aux besoins, conforme aux règles de la science et de l'art de construire et capable de résister aux atteintes du temps. C'est la seule méthode permettant une création raisonnable et raisonnée. Elle ne tient à la tradition que par la pérennité des concepts scientifiques qui sont à la base des réalisations des ingénieurs. Elle implique la subordination de toutes considérations personnelles au déterminisme technique du problème et des moyens de le résoudre. Il n'y a pas plus de raisons de construire une faculté scientifique moderne, constituée de laboratoires, par les mêmes

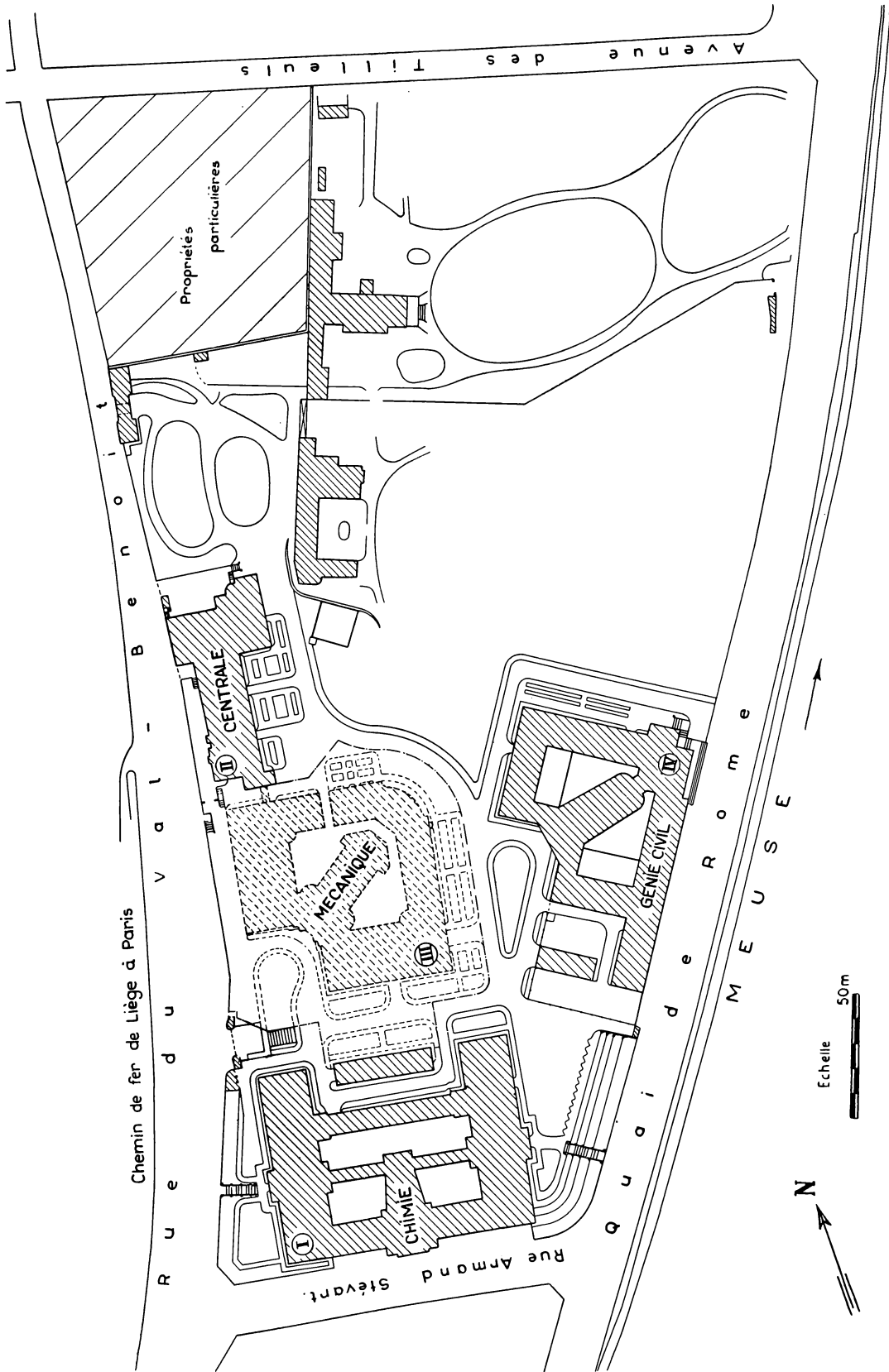


Fig. 1. — Plan de la propriété du Val-Benoît. Disposition d'ensemble des nouveaux instituts, de leurs abords et de leurs accès.  
(Situation en novembre 1937).

moyens et les mêmes méthodes que les temples antiques, les cathédrales moyenâgeuses ou les hôtels baroques, que de s'inspirer des trirèmes ou des galères pour la construction des paquebots modernes.

Ainsi fortement marqués par la technique, les Instituts du Val-Benoît et leurs abords recueillent les suffrages de ceux auxquels ils sont destinés et de leurs collègues belges et étrangers.

### Plans général et particuliers

Antérieurement à l'institution de la direction technique, un plan schématique d'ensemble avait été établi. Il est reproduit à la figure 5 de la note de M. l'Administrateur-Inspecteur M. Dehalu, intitulée : « Les nouveaux Instituts de la Faculté technique », publiée en 1930 dans le Bulletin de la Société des Amis de l'Université de Liège. On s'est écarté de ce plan dans l'exécution et les dispositions effectivement réalisées sont représentées à la figure 1 de la présente note.

L'Institut de Chimie et de Métallurgie n'a pas subi de modification d'emplacement ni de plan ; ces éléments étaient déjà arrêtés en 1929 par M. l'architecte professeur Alb. Puters.

Le bâtiment destiné aux services généraux, au chauffage, à la production d'énergie électrique et au laboratoire de thermodynamique devait, dans le projet primitif, se trouver à peu près au centre de gravité de l'ensemble des instituts à desservir.

Cette situation répondait à la préoccupation théorique et classique de l'économie de distribution. Mais elle présentait un grave défaut pratique : le trafic important et peu désirable du charbon et des autres matières d'exploitation de la centrale et tous les impédiments de la manutention et du service en plein centre du groupe, avec tous leurs inconvénients au point de vue de la propreté et de l'esthétique. Pour les éviter, la direction technique proposa d'établir la Centrale thermo-électrique et le Laboratoire de Thermodynamique en bordure de la rue du Val-Benoît, grande artère de trafic lourd et industriel, permettant l'accès direct à la centrale sans aucun passage par le parc. Ce bâtiment est ainsi devenu contigu à l'Institut de Mécanique. Le plan de la centrale ne diffère que par quelques annexes des dispositions rectangulaires résultant du projet de l'entrepreneur général de la partie thermo-électro-mécanique, choisi à la suite d'une adjudication-concours. Le Laboratoire de Thermodynamique constitue un rectangle allongé, en bordure de la rue du Val-Benoît, selon les dispositions demandées par son directeur, M. le professeur A. du Chesne. Il est relié par une passerelle couverte à l'Institut de Mécanique, encore en construction, dont le plan diffère totalement de celui schématisé en 1930. Il est identique à celui de l'Institut du Génie Civil, qui lui aussi diffère totalement de celui du schéma de 1930. L'emplacement de cet Institut a été modifié et transporté au Sud du chemin au Nord duquel il était d'abord projeté. Quant au plan en carré avec amphithéâtres suivant la diago-

nale, adopté d'abord pour l'Institut du Génie Civil et ensuite pour celui de Mécanique, il a pour buts de faciliter la circulation aux divers étages, entre les étages et par rapport aux accès, d'assurer la plus grande économie et la plus grande simplicité, ainsi que la séparation des fonctions. Ces buts sont réalisés dans les deux Instituts de la manière suivante. L'entrée principale se trouve à l'extrémité Est de la diagonale ; elle commande une grande cage d'escalier, des ascenseurs et monte-charges et conduit par le plus court chemin à tous les auditoires. A l'extrémité Ouest opposée de la diagonale, autre entrée, autre cage d'escalier, autres ascenseurs et monte-charges, desservant tous les laboratoires et services. Le plan est extrêmement simple et répond à toutes les conditions. Les culs-de-sac et les labyrinthes sont évités. La possibilité d'être coupé de l'une ou l'autre issue par un sinistre est pratiquement exclue.

Naturellement, cette simplicité a demandé un grand effort pour l'aménagement de détail des plans, c'est-à-dire la répartition des services et des locaux. En ce qui concerne l'Institut du Génie Civil, M. l'architecte Jos. Moutschen, professeur à l'Académie royale des Beaux-Arts de Liège, a apporté une collaboration appréciée à la direction technique, qui a établi entièrement, par ses propres moyens, toutes les dispositions relatives à la Centrale, au Laboratoire de Thermodynamique et à l'Institut de Mécanique.

L'Institut de Minéralogie figurait déjà au plan d'ensemble de 1929. Il est question de l'édifier, combiné avec un Institut de Physique, à l'angle du quai de Rome et de l'avenue des Tilleuls, dans une propriété récemment acquise par l'Université. De la sorte, le parc et les pelouses situés entre la Meuse et l'abbaye subsisteraient.

### Fondations

Le terrain est situé au voisinage immédiat de la Meuse et sous le niveau de ses crues. Le sol alluvial est formé de limon surmontant une couche de gravier assez épaisse et solide, reposant à son tour sur le schiste. Par endroits le terrain a été remblayé à une époque récente. Ailleurs (angle de la rue du Val-Benoît et de la rue Armand Stévert), il est bordé par d'anciennes exploitations de terre à briques et forme une sorte de marécage (« champ de glace »). Au Sud de cet endroit se trouve l'ancien terril d'un charbonnage situé immédiatement de l'autre côté de la rue du Val-Benoît. De tout cela résultent diverses particularités.

La voirie du quai de Rome a été relevée en remblai, de même que celle de la rue Armand Stévert, de manière à former des digues mettant le terrain du Val-Benoît à l'abri des submersions par les crues de la Meuse. Ces travaux ont été exécutés par l'Administration des Ponts et Chaussées et par la Ville de Liège. La voirie de la rue du Val-Benoît doit encore être relevée et quelque peu déplacée pour permettre le raccordement de la rue Armand Stévert.

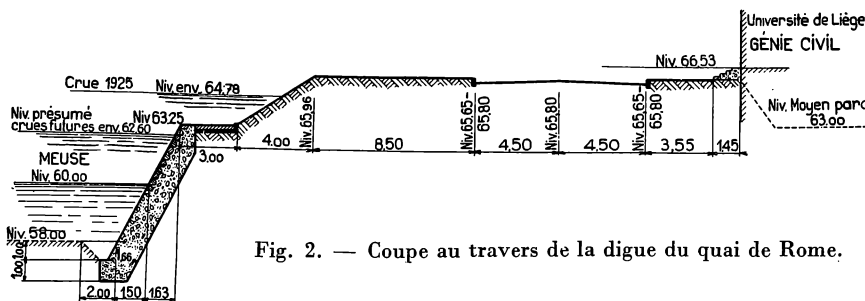


Fig. 2. — Coupe au travers de la digue du quai de Rome.

colonne est fondée sur une pile en béton descendant jusque sur le terrain solide de fondation. Le projet indiquait pour chaque pile tous les efforts sollicitants et la cote probable de fondation, généralement située sous le niveau de la nappe phréatique. La pression maximum admise dans la base de fondation

était de 4 kg/cm<sup>2</sup>. La réalisation de ce projet en fouille ouverte blindée et épuisée paraissait a priori improbable ; aussi son élaboration avait-elle surtout

Dans la partie du terrain contiguë à la Meuse, l'eau souterraine est à un niveau en rapport avec la flottaison du fleuve canalisé. En bordure de la rue du Val-Benoît, il a été constaté un niveau sensiblement plus élevé de l'eau ; la nappe phréatique semble alimentée par la colline toute voisine et n'être pas en relation directe avec la Meuse. La proximité des terrils et l'existence de vestiges de canalisations d'évacuation des eaux d'exhaure du charbonnage font que les eaux de cette partie du terrain sont appréciablement sulfatées (jusqu'à 587 milligrammes de SO<sup>3</sup> par litre).

Enfin, l'exploitation du charbonnage rend possible encore certains affaissements, modérés toutefois d'après les prévisions du Corps des Mines (quelques décimètres à peine). Ces affaissements modérés, probablement en raison de la proximité de la Meuse, peuvent être les plus nocifs pour les constructions, parce qu'ils correspondent souvent aux limites des cuvettes d'affaissement, où les descentes sont les plus inégales. Il en résulte que les fondations devaient tenir compte de plusieurs sujétions spéciales.

La présence d'eaux sulfatées, dont les actions destructives sur le béton ont été reconnues à diverses reprises au cours des dernières années dans la région liégeoise, imposait de se prémunir contre elles (1). Des précautions étaient à prendre pour parer aux effets des affaissements possibles (2). Il fallait tenir compte de ce que le niveau de la Meuse pouvait être plus élevé que celui du terrain naturel. Enfin, il fallait, selon toute apparence, descendre les fondations jusque dans la couche de gravier solide pour assurer aux bâtiments une assise inébranlable. Cette assise de gravier se trouvait à des niveaux assez variables selon les endroits. Elle s'approfondissait notamment au voisinage de la rue du Val-Benoît, comme si un ancien bras de la Meuse avait coulé au pied de la colline.

La figure 3 indique quelques sondages types, dont les emplacements sont repérés à la figure 1.

Toutes les fondations ont été projetées et mises en adjudication de la manière suivante. Les bâtiments ont comme squelette résistant une ossature métallique ou en béton armé, reportant toutes les charges sur le terrain à la base d'un nombre assez restreint de colonnes fortement chargées. Chaque

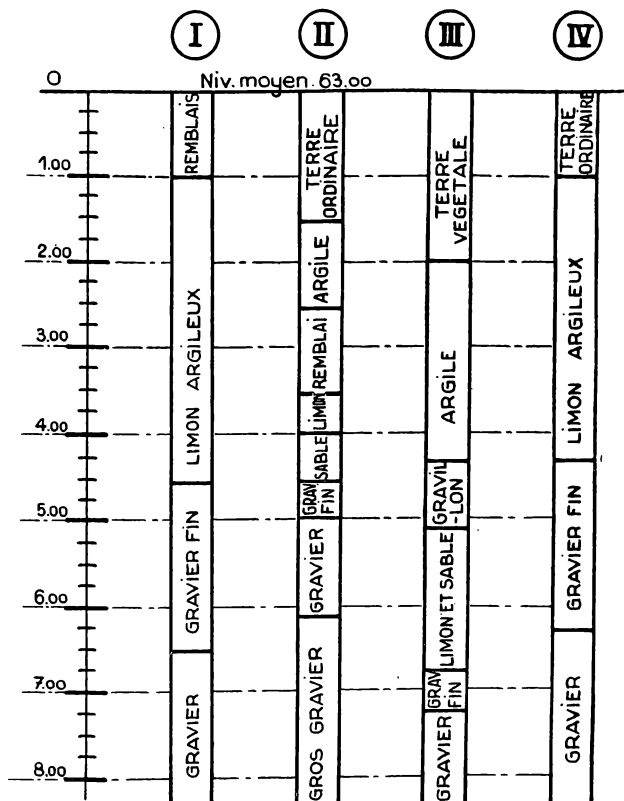


Fig. 3. — Types de diagrammes de sondages.

pour but d'établir un programme tout à fait précis et dépourvu d'ambiguïté, en vue de permettre aux soumissionnaires de présenter des contre-projets de fondations spéciales plus économiques, satisfaisant entièrement aux conditions de stabilité. Effectivement, toutes les fondations ont été établies sur des pieux Franki moulés dans le sol et surmontés de blocs en béton armé de deux mètres de hauteur, recevant l'appui des colonnes ou piliers. Le contrôle du battage a été très attentif ; les refus exigés étaient de 18 mm pour le mouton de 2,3 tonnes et de 28 mm pour le mouton de 3,2 tonnes.

Certaines épreuves de charge ont été effectuées avec d'excellents résultats. C'est sur les chantiers

(1) G. Batta, F. Campus. — *Bulletin de la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels*, juin 1931.

(2) F. Campus. — *R. U. M.*, 1<sup>er</sup> et 15 décembre 1929.

de fondation de la charpente métallique de l'Institut de Chimie et Métallurgie qu'ont été battus les premiers pieux Franki obliques.

Pour la résistance des bétons aux eaux sulfatées, il a été fait usage de bétons spéciaux. Pour les premières fondations, on a employé du ciment de laitier (mélange intime de chaux et de laitier granulé basique) additionné de trass. Ensuite, on a substitué au trass du laitier granulé moulu <sup>(3)</sup>. Plus tard,

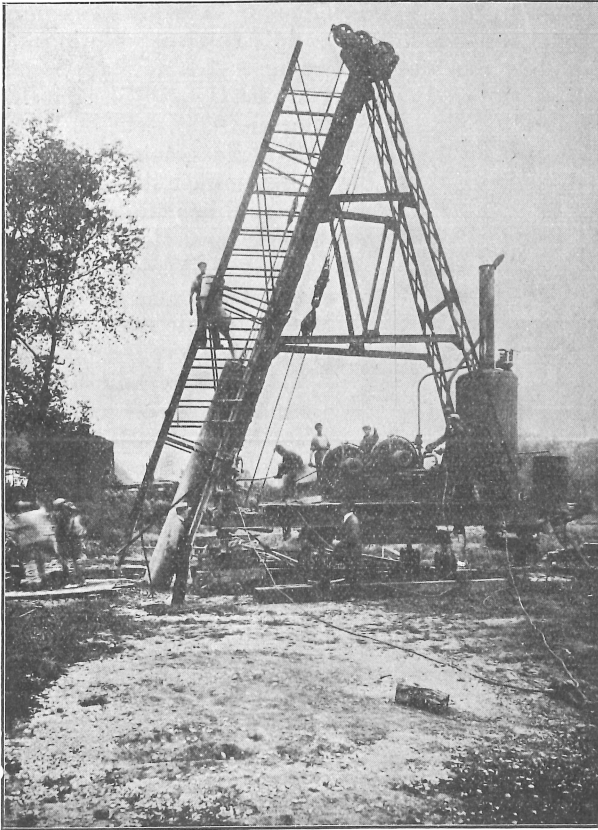


Fig. 4. — Battage de pieux Franki obliques (1930).

pour l'Institut du Génie Civil, on a utilisé du ciment de haut fourneau, avant que ce produit ait été officiellement reconnu. Pour le groupe Centrale-Thermodynamique-Mécanique, il a été fait usage de ciment permétallurgique, riche en laitier et récemment introduit sur le marché. Dix-huit cubes de béton du dosage des fondations de l'Institut du Génie Civil (800 litres de gravier 10/30, 350 litres de sable, 450 kg de ciment portland artificiel additionné de laitier), confectionnés le 9 novembre 1932, ont été enfouis à l'âge de 7 jours dans la nappe phréatique, à l'endroit dénommé « champ de glace », où l'eau paraissait le plus suspecte. Ils ont été retirés en février 1937 et essayés. Trois cubes ont donné comme résistance

à la compression 434, 465 et 472 kg/cm<sup>2</sup>. Deux cubes essayés en novembre 1937, après 9 mois de séchage à l'air ont donné 468 et 473 kg/cm<sup>2</sup>. Ceci prouve que, après plus de quatre années d'enfouissement, le béton n'a subi aucune attaque, mais a fortement durci. Les résistances initiales étaient 155 kg/cm<sup>2</sup> à 7 jours et 290 kg/cm<sup>2</sup> à 28 jours.

On peut donc considérer que les fondations des Instituts sont aussi résistantes et durables qu'il est possible.

Pour tenir compte des possibilités d'affaissement, les bâtiments sont divisés en blocs indépendants, dont la plus grande dimension en plan ne dépasse pas 40 m et est généralement inférieure. Ces blocs sont séparés par une travée entière, permettant les affaissements indépendants. Il n'y a pas eu, jusqu'à présent, d'apparences d'affaissements, mais les joints ont aussi fait office de joints de retrait et de dilatation et, à ces points de vue, leurs mouvements ont été perceptibles.

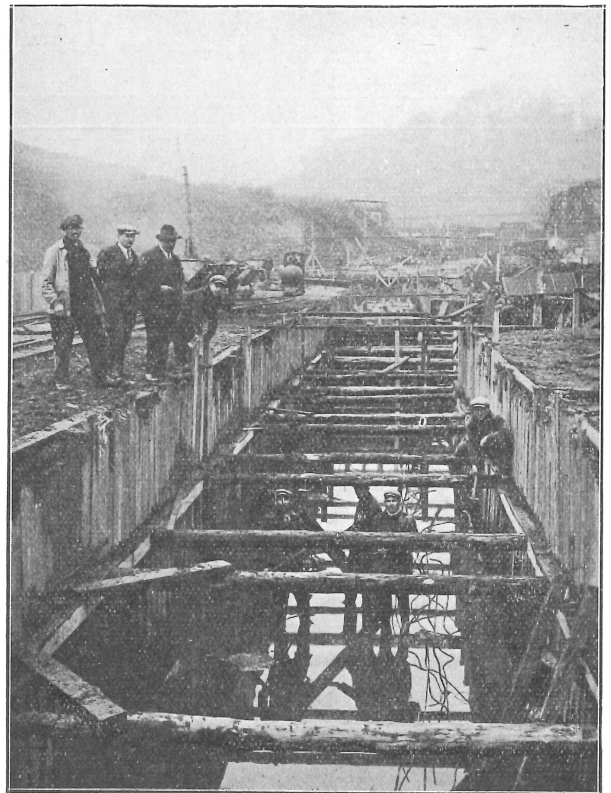


Fig. 5. — Fouille de fondations de l'Institut de Chimie-Métallurgie (1930). On aperçoit, à gauche, les vestiges du terril.

Eu égard à la situation du niveau du parc par rapport aux plus hautes eaux de la Meuse, un drain général en gravier a été établi sous tous les bâtiments, pour éviter les infiltrations. Ce drainage est relié aux canalisations très ramifiées et complexes établies sous chaque Institut et qui déversent leurs eaux dans les égouts de la ville de Liège. Il n'y a

<sup>(3)</sup> F. Campus. — Livre du Congrès international d'essais des matériaux, Zurich, 1931.

que les galeries souterraines établies entre les divers Instituts et la Centrale et sous la plupart des Instituts (sauf celui de Chimie-Métallurgie), pour le placement des canalisations d'eau, de chauffage, de gaz et d'électricité, qui fassent exception au point de vue du drainage. Leur assèchement par les égouts est impossible. En outre, elles pénètrent en divers endroits dans la nappe aquifère. C'est particulièrement le cas de la galerie exécutée sous une partie de l'Institut de Chimie-Métallurgie après sa construction, dont l'exécution dans une fouille très aquifère a été pénible. Ces parties des galeries ont été rendues aussi étanches que possible. En outre, cinq pompes automatiques,

époques. Aussi, pour les autres instituts, les cloisons et murs au niveau du parc ont-ils été assis sur des poutres de fondations établies entre fondations des colonnes, d'ailleurs en général moins écartées que dans l'Institut de Chimie-Métallurgie.

Naturellement, les pignons extérieurs ont tous été fondés sur des poutres rigides et n'ont jamais montré la moindre fissure.

### Ossatures Métalliques

L'ossature métallique de l'Institut de Chimie-Métallurgie a été entièrement décrite dans cette revue (1<sup>er</sup> et 15 mars, 1<sup>er</sup> avril 1933). Celle de l'Institut du Génie Civil a été mentionnée dans une étude publiée dans ces colonnes par M. G. Moressée (août 1935). D'autres publications ont été faites au sujet de ces charpentes (4). L'espace fait défaut pour revenir longuement sur ces ossatures, sur la justification de leur emploi, leur conception et leur réalisation. On peut se borner à constater que l'établissement du projet de la charpente de l'Institut de Chimie-Métallurgie en 1930 a été le point de départ d'une rénovation de la charpente métallique en Belgique, et que la naissance des ponts Vierendeel soudés, qui ont eu un développement si retentissant, en est une conséquence. Cinq années après l'exécution de la

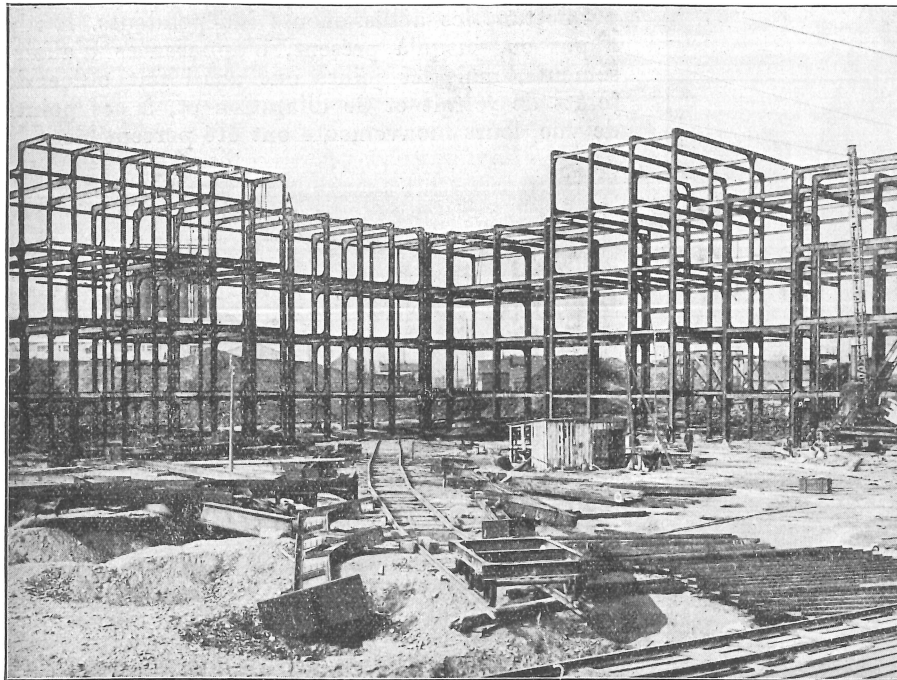


Fig. 6. — Ossature métallique de l'Institut de Chimie-Métallurgie (1931).

situées aux points bas du réseau important et complexe des galeries, assurent leur assèchement permanent en dépit des circonstances précitées.

En ce qui concerne les cloisons et murs des locaux situés au niveau du parc, on a, dans l'Institut de Chimie-Métallurgie, renoncé par raison d'économie à les établir sur des poutres de fondations en béton armé prenant appui sur les bases des colonnes, à cause du grand écartement transversal de celles-ci (environ 16 m). La fondation directe sur le terrain, en partie formé de remblai récent déversé sur le marécage du « champ de glace », a provoqué pendant de nombreuses années des tassements de ces cloisons, plus considérables qu'il n'avait été prévu. Ces mouvements paraissent actuellement stabilisés. Quoique tout à fait inoffensifs, ils ont été cependant jugés fâcheux à cause de l'impression défavorable créée par les larges crevasses qui se sont manifestées à certaines

charpente continue entièrement soudée, en acier spécial, de l'Institut du Génie Civil, il n'existe encore aucune charpente dans le monde qui, n'en étant pas inspirée, lui soit supérieure. Mon ancien assistant et collaborateur pour l'étude de la charpente de l'Institut de Chimie-Métallurgie, A. Spoliensky, a fait une glorieuse carrière en concevant les premiers ponts Vierendeel soudés de Lanaye et d'Hérenthals. Il est également l'auteur de nombreuses charpentes, notamment celles des nouveaux bâtiments de l'Université de Gand. Il suffit de consulter l'article « Le Nouveau Technicum de Gand » par M. J. N.

(4) Rappelons entre autres les suivantes :

F. Campus. — Les charpentes métalliques continues (Congrès national des Sciences, Bruxelles, 1935).

F. Campus et A. Spoliensky. — Progrès réalisés en Belgique de 1932 à 1936 dans les applications de l'acier à la construction des ponts et charpentes (2<sup>e</sup> Congrès international des Ponts et Charpentes, Berlin, 1936).

Cloquet, professeur à l'Université de Gand, paru dans « l'Ossature métallique » de novembre 1937, pour reconnaître aussitôt l'allure caractéristique créée par les charpentes des Instituts de Liège, auxquels M. Spoliansky a ajouté les derniers raffinements de la recherche de la légèreté et de l'économie.

Toutes les ossatures de Gand ont été exécutées à la suite d'adjudications-concours, où elles ont triomphé avec une nette différence de poids et de prix. Ce résultat répété fait justice de certains reproches adressés aux charpentes des Instituts du Val-Benoît et qui étaient basés sur une pure idéologie. Le fait que la justification d'une technique innovée à l'Université de Liège puisse être trouvée dans les réalisations ultérieures de l'Université de Gand, pour ses écoles spéciales d'ingénieurs, fait également honneur à ces deux hautes écoles et se passe d'autres commentaires.

Il est cependant opportun de signaler qu'en plus de ces progrès pratiques de la construction métallique, qu'ont déclenchés les charpentes du Val-Benoît, elles ont engendré de nombreuses études. Outre celles de l'auteur et de son ancien collaborateur A. Spoliansky, il faut citer une étude importante de J. Perelman (*R. U. M.*, 15 avril et 1<sup>er</sup> mai 1933) sur la flexion composée des colonnes, qui a beaucoup contribué à l'économie des dernières constructions de ce type, les travaux et publications de G. Moressée jun. et enfin les travaux et publications de nombreux autres anciens élèves de l'auteur, qui se sont distingués déjà dans la construction métallique. De nouvelles recherches vont être encore entreprises.

Les ossatures de l'Institut du Génie Civil et du Laboratoire de Thermodynamique n'ont pas encore fait l'objet de descriptions détaillées. Elles possèdent cependant de multiples particularités. Signalons notamment qu'à l'Institut du Génie Civil, les colonnes du côté des façades des cours ont été disposées en recul vers l'intérieur, de telle sorte que ces façades sont supportées par des consoles des fermes métalliques et ne possèdent pas de fondation. Ce dispositif n'avait pas été appliqué en Belgique avant 1932, à la connaissance de l'auteur. Il a été également appliqué aux bâtiments construits depuis par l'Université de Gand, dont il a été question ci-dessus.

Toutes les charpentes métalliques des Instituts de Liège sont enrobées de béton ou de maçonnerie, par raison d'architecture, de conservation et de protection contre l'action du feu. Il en a été tenu compte dans les calculs par une majoration des tensions admissibles, élevées jusqu'à 20 kg/mm<sup>2</sup>. Le calcul des charpentes enrobées d'après les méthodes du béton armé, préconisé par divers auteurs et règlements, est un contresens.

### Béton armé

Les parties suivantes ont été contruites en béton armé :

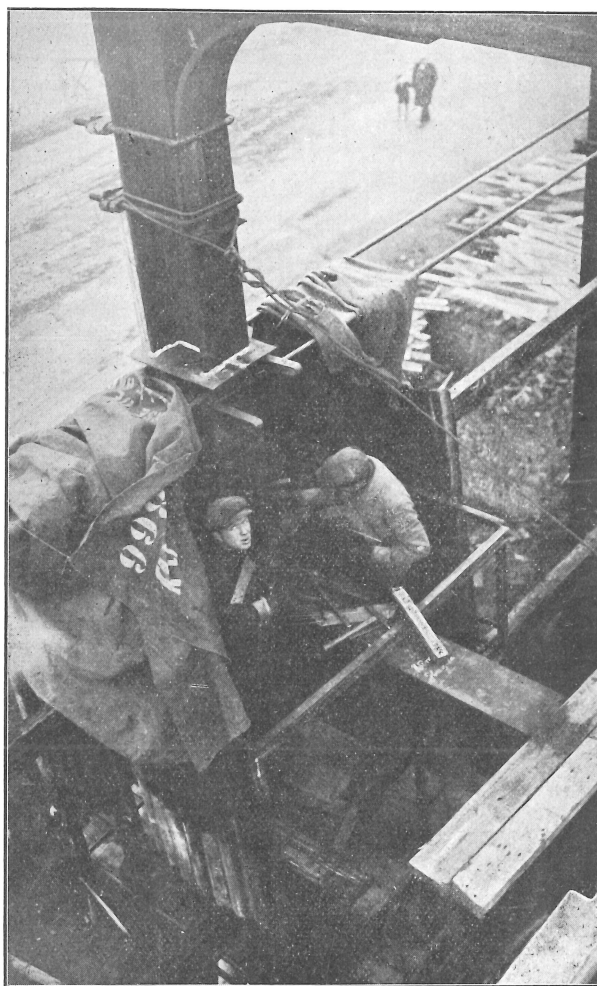


Fig. 7. — Soudure au chantier d'un assemblage de poutre du laboratoire d'hydraulique (1932).

I) A l'Institut de Chimie et Métallurgie : les poutres de fondation des façades, les ossatures des grands amphithéâtres, des ailes intérieures et de la halle de fonderie, tous les hourdis, y compris ceux des toitures terrasses, les escaliers, les auvents, les citernes, la galerie d'arrivée des canalisations.

II) A l'Institut du Génie Civil : les poutres de fondation des façades et cloisons intérieures au niveau du parc, les fermes des ailes Est et Nord, des entrées principale et postérieure, des grands auditoires et de la halle expérimentale, tous les hourdis y compris ceux de la toiture terrasse, les deux grands escaliers et les escaliers de service, les auvents, une citerne, les couvertures et une partie des galeries enterrées.

III) Toute la Centrale électrique, y compris l'ossature, les silos à charbon avec leurs portiques, les hourdis, les escaliers, les fondations des chaudières et machines, les fondations des façades et cloisons au niveau du parc, etc... Le façade est presque entièrement en béton apparent. Toutefois, la tour de l'élévateur à charbon n'a que le soubas-



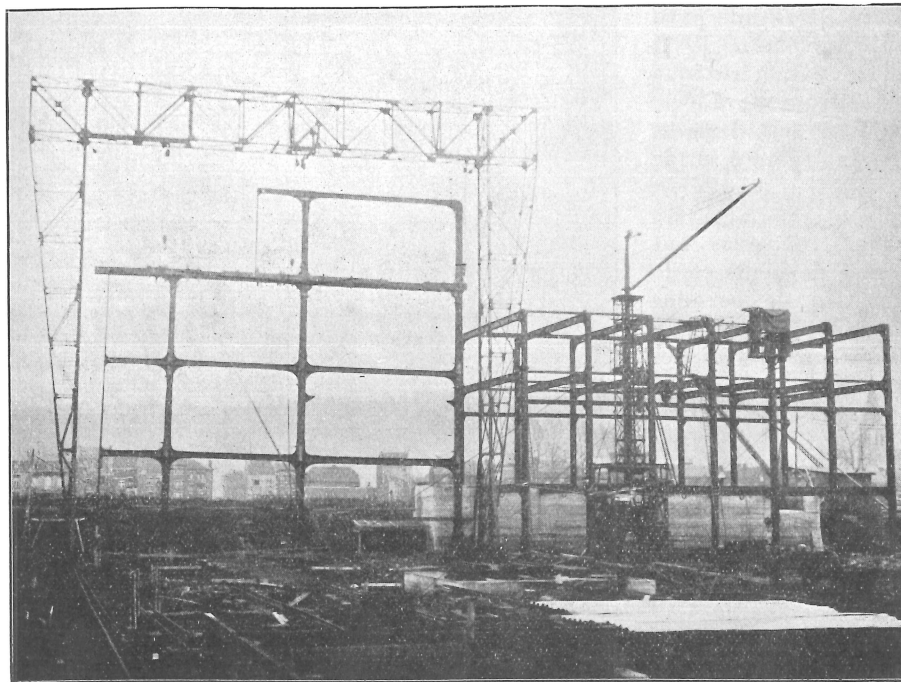


Fig. 8. — Montage de l'ossature métallique entièrement soudée de l'Institut du Génie Civil (1933).

sement et les planchers de refend en béton armé ; ses parois extérieures sont en maçonnerie armée de 36 cm d'épaisseur (hauteur totale de la tour : 49 mètres).

IV) Au Laboratoire de Thermodynamique : la majeure partie des façades, les hourdis, escaliers,

etc.), faibles portées (ailes peu larges) ou faibles charges (à l'Institut de Mécanique, il y a peu d'étages et il n'y a de fortes charges qu'au niveau du parc, directement reportées sur le sol). Il a été employé aussi systématiquement pour tous les hourdis, escaliers, voiles de soutènement, etc...

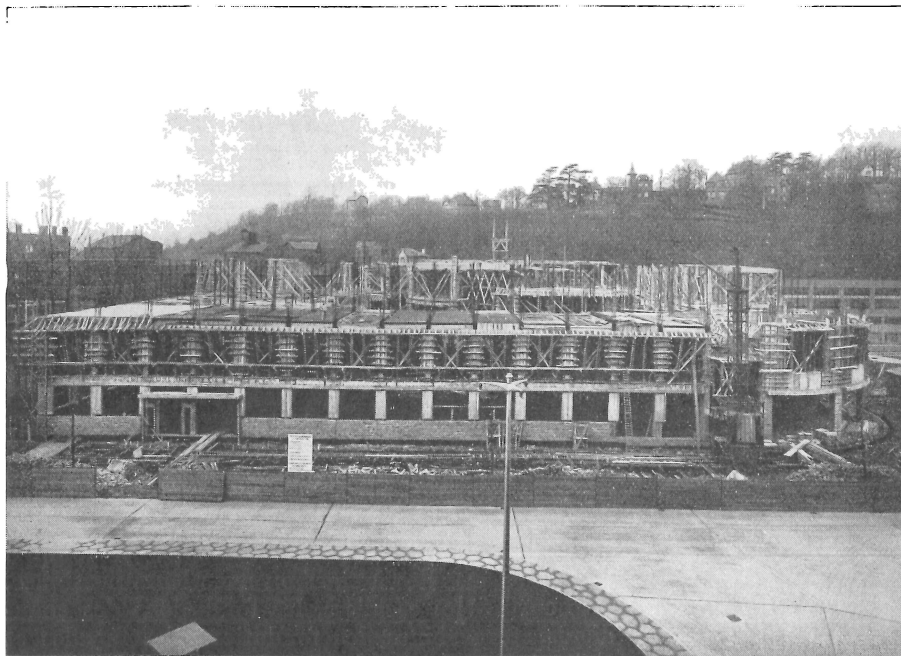


Fig. 9. — L'Institut de Mécanique en construction (novembre 1937).

auvents, fondations des machines, des cloisons au niveau du parc et des façades, galeries enterrées, etc.

V) A l'Institut de Mécanique : tous les éléments de résistance et de support ; il n'y a pas d'éléments en charpente métallique.

VI) Dans l'aménagement des abords, les murs de soutènement, poutres de fondations des murs de clôture, les escaliers, les galeries enterrées, le réservoir régulateur des pompes à la Meuse, les mâts d'éclairage extérieur, certains tronçons de revêtement de routes, etc...

Le béton armé a été employé pour l'ossature où les dimensions le permettaient : grandes hauteurs disponibles (grands amphithéâtres, centrale,

Tous ces ouvrages ont été étudiés, calculés et dessinés par la direction technique, conformément aux règles de la bonne pratique, en envisageant toutes les circonstances possibles de sollicitation. Les tensions admissibles ont été en général de 1200 kg/cm<sup>2</sup> pour l'acier (limite élastique minimum 2400 kg/cm<sup>2</sup>) et, pour le béton, en général 80 ou 90 kg/cm<sup>2</sup>. Pour les portiques des silos à charbon de la centrale, de l'acier à 30 kg/mm<sup>2</sup> de limite élastique avait été prescrit, pour une tension admissible de 1500 kg/cm<sup>2</sup>. Il n'a pas été possible d'obtenir la fourniture de cet acier. On a procédé à la mesure de la limite élastique des lots de barres ; on a admis la moitié

comme tension admissible et on a majoré la section d'armature en proportion.

Il a été fait usage des ciments suivants :

Portland artificiel à durcissement rapide pour l'Institut de Chimie-Métallurgie.

Portland artificiel normal et haut fourneau normal pour l'Institut du Génie Civil.

Haut fourneau normal pour la Centrale et le Laboratoire de Thermodynamique ainsi que pour les abords, permétallurgique pour les massifs de fondation.

Haut fourneau normal et portland normal pour l'Institut de Mécanique.

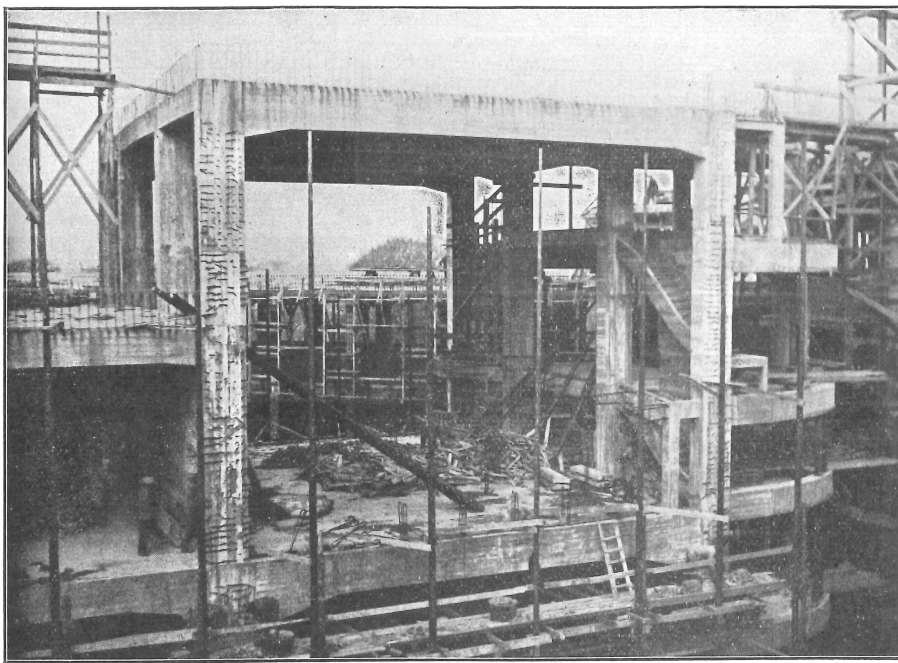


Fig. 10. — Grand amphithéâtre supérieur de l'Institut du Génie Civil (1934).

Pour les premiers travaux, le dosage était environ 800 l de gravier 5/20, 420 l de sable de rivière 0/5 et 400 kg de ciment par mètre cube de béton.

A partir d'octobre 1933, les dosages ont été exprimés entièrement en poids, avec un excellent résultat. Les ciments font l'objet de réceptions d'après les clauses des cahiers des charges de l'Etat. Le contrôle des bétons se fait d'après le règlement de l'Association Belge de Standardisation. Les graviers et sables sont réceptionnés en vue de garantir leur propreté et le dosage est réglé pour chaque arrivage d'après la granulométrie des produits. Les résistances obtenues sur cubes de 16 cm de côté atteignent en moyenne 250 kg/cm<sup>2</sup> à 14 jours et 350 kg/cm<sup>2</sup> à 28 jours, en cas d'emploi de ciment de haut fourneau ou portland normaux. Ce résultat prouve l'excellence des ciments, de la granulométrie et de la mise en œuvre.

Le ciment à durcissement rapide du premier

Institut a donné lieu à quelques inconvénients, qui se sont manifestés par une tendance marquée à la fissuration.

Le ciment permétallurgique de certaines fondations et même le ciment de haut fourneau ont donné quelques ennuis en hiver, en ce sens que les résistances des cubes d'essais diminuaient sensiblement. Dans ces cas, des cubes ont été découpés dans le béton d'œuvre ; ils ont généralement donné des résistances très élevées, dépassant les conditions requises. Ceci montre que le contrôle du béton sur cubes est susceptible d'être en défaut et que la seule certitude peut être donnée par l'examen du béton d'œuvre. On y a eu recours dans tous les

cas douteux et on peut dire qu'aucun élément de béton n'a été accepté, notamment dans les fondations, qu'après des essais finalement satisfaisants, parfois après un durcissement prolongé.

Comme il convient, toutes les ossatures et les hourdis en béton armé ont été calculés, dessinés et exécutés en tenant compte le plus largement possible de la continuité des éléments. Les armatures ont été constituées en conséquence et disposées d'une manière très soignée, en vue d'assurer la résistance à toutes les actions, non seulement de flexion, mais aussi d'effort tranchant et en vue d'assurer une adhérence et une liaison parfaites. L'enrobage suffisant des armatures a été garanti

le mieux possible. Compte tenu de tous les accessoires d'armatures (crochets, agrafes, étriers, barres de liaison, etc.) le pourcentage moyen effectif d'armature est modéré.

Pour l'Institut de Chimie et Métallurgie, il est de 1,33% en volume.

Pour l'Institut du Génie Civil, de 2%.

Pour la Centrale, de 2%

et pour l'Institut de Mécanique, de 1,95%

En vue de permettre aux soumissionnaires d'apprécier facilement le travail de béton armé, les métrés des diverses adjudications indiquaient à part le cube de béton et le tonnage d'acier, établis d'après les études complètes préalables. De la sorte, le pourcentage moyen global d'armatures est bien connu. Naturellement, il varie d'après la nature des éléments ; il est le plus grand dans les fermes continues, où il a atteint jusqu'à 3%. Il s'agit,

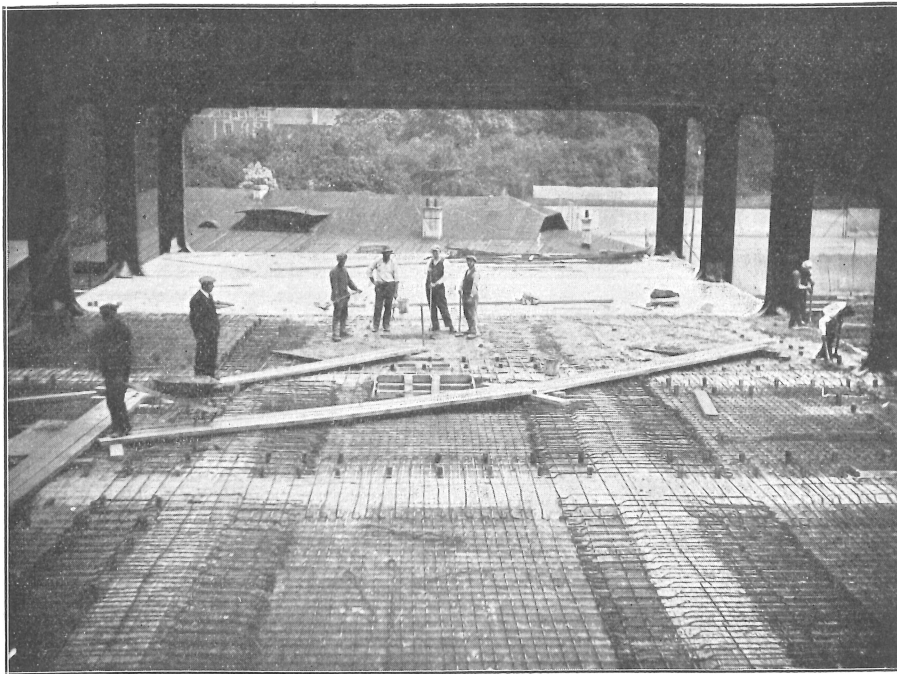


Fig. 11. — Bétonnage du hourdis d'une aile de grande largeur de l'Institut de Chimie-Métallurgie (1931).

il faut le répéter, du pourcentage d'armatures effectives totales, non du pourcentage théorique.

Comme particularités du béton armé, signalons les suivantes :

Les dalles de grande portée ( $6,00 \times 5,50$ ) de l'Institut de Chimie et Métallurgie, sont pleines, d'épaisseur constante (14 cm), légèrement renforcées aux bords et armées comme dalles continues. Certaines dalles de moindre portée (grands auditoires, laboratoire d'hydraulique, planchers très chargés) ont été traitées de même (pourcentage moyen d'acier : 1,11%).

Il a été fait un usage très étendu de dalles à petites nervures écartées en moyenne de 50 cm. Entre les nervures, le hourdis n'a que 5 cm d'épaisseur. Les premières, pour l'Institut de Chimie-Métallurgie, avaient été conçues comme planchers moulés d'avance, à éléments en U renversés, placés côte à côte et liés ensemble par du béton fin. L'entrepreneur a demandé à pouvoir les bétonner sur place (pourcentage moyen d'acier : 1,18%). Cette pratique a été généralisée pour les autres Instituts, pour lesquels les hourdis nervurés ont pu être conçus comme continus, ce qui a permis de les alléger d'une manière appréciable, en réduisant la hauteur et la largeur des nervures. L'épaisseur moyenne a été ramenée de 14 cm à 11,6 cm, le pourcentage total d'accès étant devenu 1,27%

Ces hourdis sont isolants, légers et permettent une fixation aisée des faux-plafonds. Leur coffrage est facile grâce à des formes métalliques de emploi fréquent, d'ailleurs usuels.

Le dessin des planchers prévoyait, pour tous les

Instituts, de nombreux trous pour le passage des canalisations. Mais c'est là un chapitre décevant ; les entrepreneurs de parachèvement paraissent animés d'une méfiance insurmontable à l'égard des trous qu'ils n'ont pas confectionnés eux-mêmes.

Comme ossatures, les plus impressionnantes étaient celles des grands auditoires (fig. 10), ainsi que les deux portiques des silos de la Centrale, de 25 m. d'ouverture libre horizontalement et verticalement. Ces portiques ont été traités comme articulés aux pieds ; les poutres horizontales forment en même temps parois des silos. L'épaisseur des colonnes des portiques n'est que de 50 cm. Pour cette raison,

il a été veillé à un entretoisement suffisant. Les fondations sont constituées d'une pile située sous

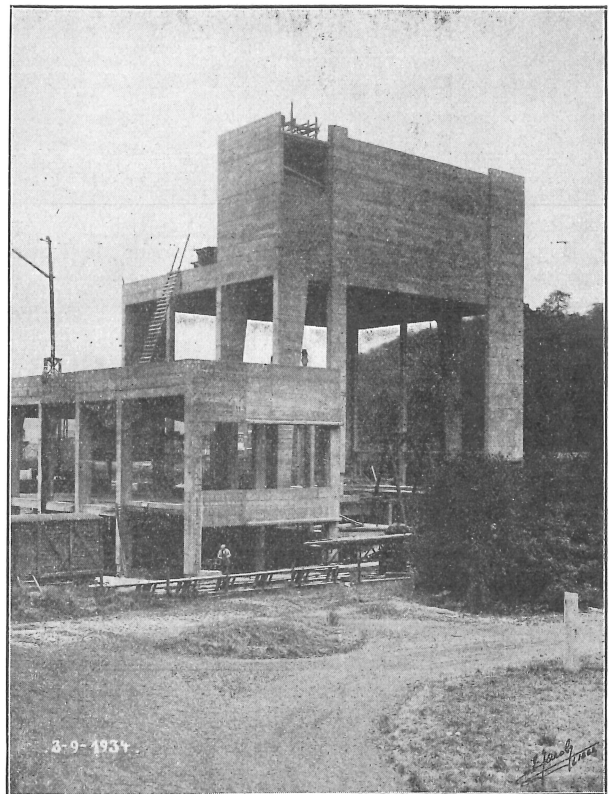


Fig. 12. — Les portiques en béton armé de la centrale (1934).

chaque pied, surmontant un groupe de pieux Franki capables de supporter 300 tonnes.

A l'Institut du Génie Civil, les fermes de l'ossature en béton armé des ailes étroites (Est et Nord) ont deux colonnes et des consoles supportant les façades côté cour (comme dans la partie à ossature métallique). On y remarque aussi le grand escalier de l'entrée principale, très aérien, dont les volées et paliers sont en porte-à-faux, les volées de l'escalier de l'entrée postérieure, aussi peu appuyées et un élégant escalier à vis, très comode, dans le laboratoire d'hydraulique.

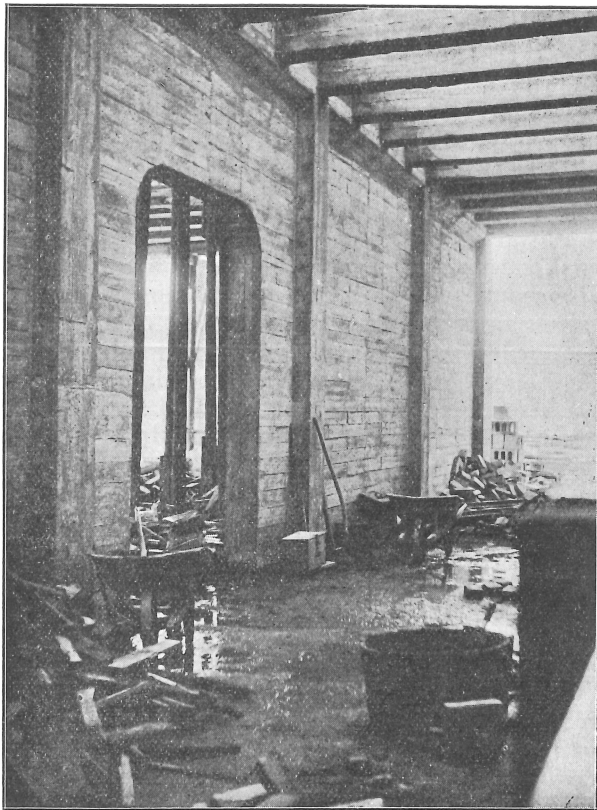


Fig. 13. — Poutre-cloison en béton armé de 20 m de portée (Institut du Génie Civil, 1934).

C'est aussi à l'Institut du Génie Civil, que se trouve une poutre de 20 m de portée et 5 m de hauteur, formant cloison et percée d'une baie en son centre, qui supporte le hourdis d'une grande salle sous-jacente, de 20 × 20 m sans appuis intermédiaires et sans surépaisseur par rapport aux hourdis ordinaires.

L'emploi de ciment portland normal et de ciment de haut fourneau normal a donné lieu à une absence presque totale de fissures dans les Instituts du Génie Civil et suivants. C'est ainsi qu'au Laboratoire d'hydraulique, un grand canal réservoir de 24 m de longueur et 4 m de profondeur, en béton armé simplement enduit à l'intérieur, s'est révélé parfaitement étanche, même au passage des tuyauteries multiples.

A l'Institut de Mécanique, quoiqu'il soit entièrement en béton armé, il n'y a guère de particularités à signaler, sauf un massif assez complexe de réservoirs et canaux pour le laboratoire hydro-mécanique en béton armé. On y trouve aussi quelques colonnes cylindriques très chargées et fléchies dans des plans différents.

La tour de la Centrale est, en dépit de son aspect architectural, essentiellement utilitaire. Elle abrite l'élévateur à charbon vers les silos, un manomètre absolu à mercure de grande hauteur, un réservoir élevé d'eau de Meuse (35,50 m au dessus du niveau du parc) et ses canalisations de refoulement et de départ vers le réseau d'incendie, d'arrosage et de nettoyage du parc. Enfin elle est couronnée de plateformes accessibles destinées à des observations sur le vent. Elle est desservie par un ascenseur. Sa base, en béton armé, est fortement évidée. Des précautions spéciales ont été prises pour assurer sa stabilité. Les parois de la tour sont en maçonnerie de briques spéciales, d'épaisseur uniforme de 36 cm, d'ailleurs percée de nombreuses baies ou verrières. Le calcul de cette tour d'une particulière légèreté a été fait cependant avec la plus grande prudence. Toutes les sollicitations possibles ont été envisagées y compris un hors plomb. La maçonnerie a été armée verticalement et horizontalement. Cette technique mérite d'être signalée, car elle est exceptionnelle. Des planchers en béton armé entretoisent les parois tous les 3,54 m. Le réservoir repose sur des ceintures en béton armé. La fondation sur pieux est inébranlable. La hauteur totale depuis la pointe des fondations au sommet est de 56 m.

Certaines fondations de la Centrale Thermo-Electrique, notamment celles de la fosse à cendrées, de la fosse de l'élévateur à charbon et des citernes du condenseur, en terrain très aquifère, ont donné lieu à des difficultés. Pour les citernes, il a fallu recourir à des caissons en béton armé. La construction du grand réservoir compensateur extérieur a été très aisée. La réalisation de certaines parties enterrées allant de la Centrale vers les Instituts du Génie Civil et de Mécanique, a aussi présenté des difficultés.

Les silos pour charbons fins, fréquemment chargés d'eau agressive pour le béton, ainsi qu'il ressort de l'expérience de beaucoup d'usines de la région, ont reçu des doubles parois en béton, dont les intérieures sont confectionnées au moyen d'un ciment inattaquable. En outre, un drainage a été établi à la partie inférieure des trémies. Il ne se manifeste aucune tache d'humidité, ni altération.

En ce qui concerne les charges envisagées pour la construction, signalons que pour tous les Instituts, on a prévu la possibilité de déplacer les cloisons initiales et de les disposer d'une manière quelconque sur les planchers, indépendamment de la position des fermes, supports et poutres (fig. 11 et 13). Cela revient à prévoir une surcharge amovible très élevée, qui a été généralement de 750 kg/m<sup>2</sup> pour le calcul

des hourdis, mais seulement de 500 kg/m<sup>2</sup> pour le calcul des fermes. Pour certains hourdis susceptibles d'être fortement chargés, la surcharge envisagée a été portée à 1000 kg/m<sup>2</sup>, voire 1500 kg/m<sup>2</sup> pour les laboratoires du Génie Civil et d'Hydraulique. Eu égard à l'importance du poids mort dans la construction en béton armé, une majoration même accentuée de surcharge a peu d'effet sur les dimensions et la dépense et conduit à l'inappréciable avantage de ne pas limiter l'usage des bâtiments. Indépendamment de la durabilité réelle que leur confère une construction tout à fait soignée, ces bâtiments répondent tellement aux changements et besoins qui peuvent se manifester dans l'avenir qu'ils « dureront » aussi quant à leur destination.

Une telle conception est finalement économique, par la durée qui supprime pour ainsi dire l'amortissement, par la réduction des frais d'entretien et par la suppression des transformations essentielles. Pour modifier les instituts, il suffira, à toute époque, d'abattre et de reconstruire des cloisons légères et économiques. En cours de construction, un étage a pu être ajouté à une aile de l'Institut de Chimie-Métallurgie, destiné à un nouvel enseignement, sans aucun renforcement et sans délai.

J'ai d'ailleurs été préoccupé d'une grande rigidité, aussi bien pour les constructions métalliques qu'en béton armé, et tout en réduisant les dimensions au minimum. Elle a été surtout assurée par l'usage général du principe de continuité et le résultat a été atteint pleinement. Dans les anciens bâtiments de l'Université, les instruments les plus sensibles : galvanomètres et balances, doivent être disposés sur des supports spéciaux. Il est impossible de les mettre complètement à l'abri des trépidations. Le professeur de physique M. Morand avait déjà, il y a quelques années, procédé à des expériences sur les hourdis de l'Institut de Chimie-Métallurgie, en y plaçant un galvanomètre ultra sensible. Pour réussir à l'ébranler, il a fallu laisser choir sur le hourdis une lourde pièce de bois, à proximité immédiate de l'appareil. Ce qui confirme entièrement ces expériences critiques et prouve l'excellence pratique du résultat, c'est la satisfaction du professeur Victor Henri (physico-chimie), qui a pu disposer ses appareils les plus sensibles sans aucune précaution et d'une manière entièrement stable. Or, ce professeur occupe l'étage imprévu ajouté à une aile du bâtiment, qui est plutôt une des moins rigides.

Des doutes ont été élevés sur ce mode de construction en ce qui concerne la sonorité. Cette question est très complexe et demande une explication claire. Les constructions continues, formant un tout rigide, ont une très grande masse et sont inébranlables. L'énergie sonore du bruit étant généralement faible, elle ne peut avoir beaucoup de répercussion dans la grande masse de la construction. Cependant, la parfaite élasticité et l'absence de joints, si elles suppriment des causes de bruits

(battements, chocs, etc.) suppriment aussi des causes d'amortissement d'énergie vibratoire. Bref, la propagation massive n'est pas entravée, mais l'énergie sonore est dispersée dans une grande masse. Il en résulte que les bruits à craindre pour la transmission ne sont guère que ceux des machines percutantes ou à mouvement alternatif, qu'il faut isoler du plancher par un matelas amortisseur. Cela est vrai même des machines posées sur le sol, au niveau du parc.

Un autre genre de sonorité correspond aux bruits aériens. Dans les bâtiments modernes, les grands couloirs rectilignes, les vastes halls de dégagement, les spacieuses cages d'escaliers, les grandes salles permettent une propagation idéale des bruits aériens. C'est donc surtout une question de volume, non de construction. On sait que l'énergie des bruits aériens est faible et facilement absorbée par certaines matières peu consistantes et peu rigides, amortisseuses, tandis que les corps rigides les réfléchissent en les affaiblissant peu.

Naturellement, les Instituts du Val-Benoît contiennent peu de tentures et peu de matières absorbantes. Le problème de l'insonorisation générale se ramène alors à une étude de plans. Il faut écarter les locaux qui réclament l'absence de bruit (auditoires, laboratoires, etc.) des endroits bruyants (ateliers, lieux de réunion, etc.). La subdivision des couloirs par des portes, même du type va-et-vient, suffit généralement à supprimer toute possibilité de gêne par les bruits aériens. J'ai fréquemment remarqué dans les divers Instituts, en rencontrant inopinément des personnes parlant à haute voix, que de faibles discontinuités de plan : couloir coudé, épanouissement ou étranglement, suffisaient pour empêcher toute propagation appréciable de bruits aériens normaux. Globalement, l'usage des bâtiments les révèle insonores. La plus réelle difficulté réside probablement dans la propagation des bruits par les canalisations, en dépit des dispositions d'isolation. Ces considérations sont indépendantes du problème d'aménagement acoustique de certains locaux, qui est une question autonome. Il existe certes quelques locaux résonnants, mais cela ne provient pas du mode général de construction.

En résumé, les ossatures employées confèrent aux bâtiments des caractères de solidité, de rigidité, de durabilité, de commodité et d'adaptabilité aussi grands que possible. En outre, leurs dimensions ont été réduites le plus possible en vue de réserver le maximum d'espace et de lumière. De l'avis général, c'est ce qui produit la plus forte impression dans ces bâtiments, c'est ce qui leur confère leur caractère propre et éveille l'impression d'un luxe et d'un confort tout particuliers, malgré la simplicité générale de facture.

#### Maçonneries

Les maçonneries les plus diverses ont été mises en œuvre. A l'extérieur, il a été fait un usage im-

portant de pierres de taille du pays (petit granit). Cette maçonnerie a constitué un poste de dépense important. Son emploi le plus apparent se remarque à l'Institut du Génie Civil. L'architecte Joseph Moutschen a proposé le revêtement de la majeure partie des façades extérieures en dalles sciées de pierre bleue, de 10 cm d'épaisseur. Cette disposition a posé un problème technique important d'agrafage solide et durable des dalles. On a eu recours à des agrafes plates en un métal inoxydable, appelé P. M. G., ayant les caractéristiques d'une sorte de bronze, métal laminé et satisfaisant à des conditions mécaniques élevées. Les agrafes sont ancrées par des queues de carpes dans la maçonnerie intérieure des doubles murs (tous les murs extérieurs sont à double paroi). A l'autre extrémité, deux crochets opposés disposés à mi-épaisseur dans le joint de deux dalles superposées, pénètrent dans des trous taillés ad-hoc.

Un autre problème est celui du tassement et des déformations de telles maçonneries, exposées aux intempéries, par rapport à l'ossature rigide qu'elles protègent de ces actions. De distance en distance, des joints plus larges bourrés de mortier de chaux ont été prévus pour permettre le mieux possible ces mouvements. Eu égard à l'action permanente et bien connue des intempéries sur ces pierres, une telle maçonnerie est entachée du risque sérieux à la longue, imprévisible et incontrôlable, de chute de dalles. La direction technique s'est efforcée sur ce point d'apporter à l'architecte le concours le plus effectif en prenant toutes les précautions pratiquement possibles.

Les soubassements en moellons de grès bigarrés ont été employés par la direction technique pour la Centrale, le Laboratoire de Thermodynamique, les clôtures extérieures et l'Institut de Mécanique. Il s'agit de grès silicieux, de qualité contrôlée et de teintes choisies et assorties.

Les briques forment le matériau principal des façades de l'Institut de Chimie-Métallurgie. Je renvoie pour ce point à la note de M. le professeur Alb. Puters. Ces briques, de qualité spéciale, ont été soumises à des essais de réception technique concernant la résistance à la compression et la porosité.

Des craintes ayant été exprimées au sujet de l'éclairage des cours intérieures de l'Institut du Génie Civil, en raison de leur forme triangulaire, il s'imposait de revêtir leurs façades de matériaux clairs. Pour cette raison, il a été fait usage pour cet Institut de briques de teinte jaune paille, fabriquées en Belgique, soumises aux mêmes essais techniques que ci-dessus et qui ont donné toute satisfaction. L'éclairage naturel des cours est parfait.

Les mêmes briques ont été adoptées, en association avec le grès et le béton bouchardé, pour les bâtiments du groupe Centrale-Thermodynamique-Mécanique.

Selon l'opinion que j'ai exprimée dans la revue

*Bâtir* (Le béton armé et sa révolution, 15 mars 1935), le béton est un matériau parfaitement susceptible de convenir à l'expression de l'architecture de notre temps, à condition de savoir s'en servir. C'est là la seule difficulté, mais elle est assez grande. J'ai voulu tenter plusieurs applications du béton en façade. A l'Institut du Génie Civil, les piliers en façade ont été enrobés, sur les faces apparentes, de béton de parement spécial, de 8 cm d'épaisseur, damé dans des coffrages métalliques. Le dosage, arrêté après une étude complète de laboratoire et les premiers tâtonnements du chantier, a été le suivant :

1000 litres de gravier blanc quartzeux concassé 2/5, 300 litres de sable quartzeux blanc 0/1 et 450 kg de ciment extra-blanc à haute résistance C. B. R.

Après démoulage, ce béton blanc a été surfacé au jet de sable. C'est un matériau de haute qualité, tout à fait silicieux, très résistant, d'aspect granitoïde, décapable aisément et réparable. Cette application a été relativement coûteuse (quoique sensiblement moins que la pierre naturelle) ; seulement, il importe de ne pas oublier qu'elle était la première en Belgique. Depuis, l'usage de ce genre de revêtement s'est répandu en général sous la forme, d'ailleurs moins durable mais plus économique, d'enduit mince, appliqué à la truelle, qui ne pouvait convenir pour la façade de l'Institut du Génie Civil. Il a par contre été fait un usage considérable de tels enduits à l'intérieur des Instituts, avec un succès parfait, sans fissures.

Seulement, il s'agit là d'un béton de revêtement, non d'œuvre. Le groupe Centrale-Thermodynamique-Mécanique devait me permettre d'aller plus loin et de rechercher l'expression du béton d'œuvre, brut, sans ennoblissement artificiel. Cette expérience avait déjà été tentée à l'Institut de Mécanique de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich, pour la tour. Le restant de la façade de ce bâtiment est revêtu de plaques de béton de parement moulées d'avance.

A la Centrale et au Laboratoire de Thermodynamique, le béton d'œuvre domine ; il a été bouchardé en très grandes surfaces ; entreprise hasardeuse et qui a assez bien réussi. La seule imperfection réside dans les déformations des tôles de doublage des coffrages, qui ont laissé certaines empreintes apparentes. Cet écueil a été le plus grand, alors qu'on l'avait sous estimé. On a mieux réussi qu'on ne pouvait l'espérer à organiser les joints de coffrage et les reprises, mais la réalisation de coffrages indéformables est peu commode. Le doublage en tôle de zinc assez mince a donc été insatisfaisant. La tôle mince d'acier n'est pas plus favorable. Le contreplaqué spécial, en dépit de ses bonnes qualités, se gondole aussi. Le coffrage métallique ne convient que pour les formes standardisées et très répétées. Finalement, pour l'Institut de Mécanique, où le béton bouchardé en façade est employé d'une manière importante, quoique discrète

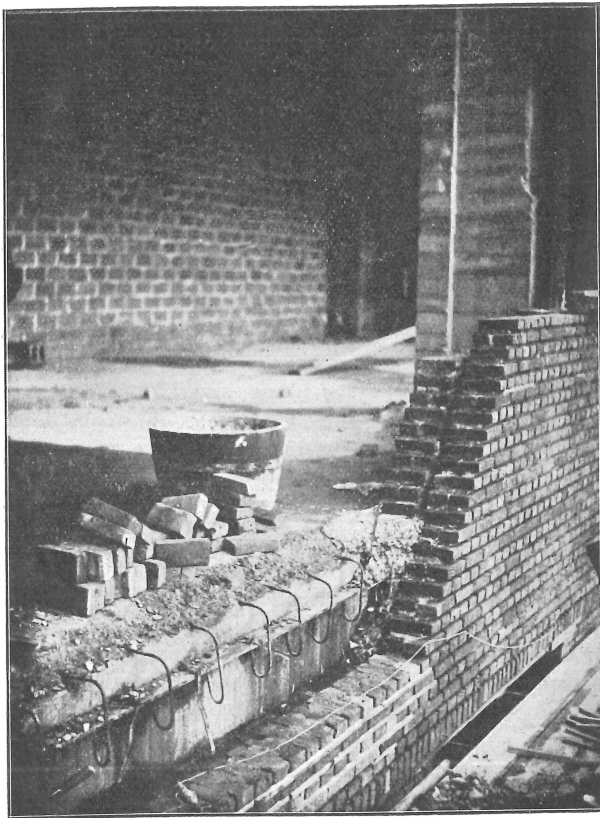


Fig. 14. — Maçonnerie de briques des murs extérieurs (Institut de Chimie-Métallurgie, 1931).

(en association avec les moellons bigarrés de sous-bassement et les briques jaunes), on obtient de bons résultats par des coffrages très rigides et exécutés avec beaucoup de soins, à joints rabotés.

Le dosage de ce béton est celui défini pour le béton armé ; il est mis en œuvre avec soin. Etant composé de ciment de haut fourneau, le béton bouchardé a pris une teinte de pain-bis assez chaude et de bon aloi. Les grandes surfaces uniformes ne donnent aucune impression de monotonie et s'harmonisent bien avec les briques jaunes de la tour et de certains panneaux, les sous-bassements en grès bigarrés, la pierre de taille bleue des seuils, escaliers, corniches et certains enca-

drements des fenêtres et une nervure en béton gris foncé.

Tous les murs extérieurs sont à double paroi ; ils sont isolés des fondations par une chape de jute asphalté, en outre ils sont ventilés par de nombreuses grilles, servant d'ailleurs à la ventilation naturelle des laboratoires (Chimie-Métallurgie) ou des locaux (Génie Civil). Les parois intérieures sont en briques d'argile cuite, en provenance de Boom ou de la Campine. Toutes les maçonneries extérieures sont au mortier de ciment portland normal (600 kg par m<sup>3</sup> de sable du Rhin) ; elles sont donc d'une grande résistance et durabilité .

Tous les revêtements minces, en pierres ou briques, des éléments bétonnés sont ancrés au béton par des feuillets.

Les maçonneries intérieures sont en partie en briques (niveau du parc à l'Institut de Chimie-Métallurgie et en général aussi pour les autres Instituts), mais pour la majeure partie en matériaux légers. On a employé des briques creuses de cendrée de 28 cm d'épaisseur pour tous les instituts, sauf celui de Mécanique. En dépit des conditions imposées, c'est un matériau vraiment médiocre. Il est certes clouable, mais les vides rendent difficiles les scellements si souvent nécessaires dans des instituts techniques. Le poids des cloisons par m<sup>2</sup> achevé (enduit) est d'environ 250 kg.

Pour l'Institut de Mécanique, on a décidé d'avoir recours aux briques de bims, moyennant garantie de résistance. L'épaisseur est de 24 cm ; le poids par m<sup>2</sup> : 230 kg. Le matériau n'est guère plus coûteux et certes supérieur.

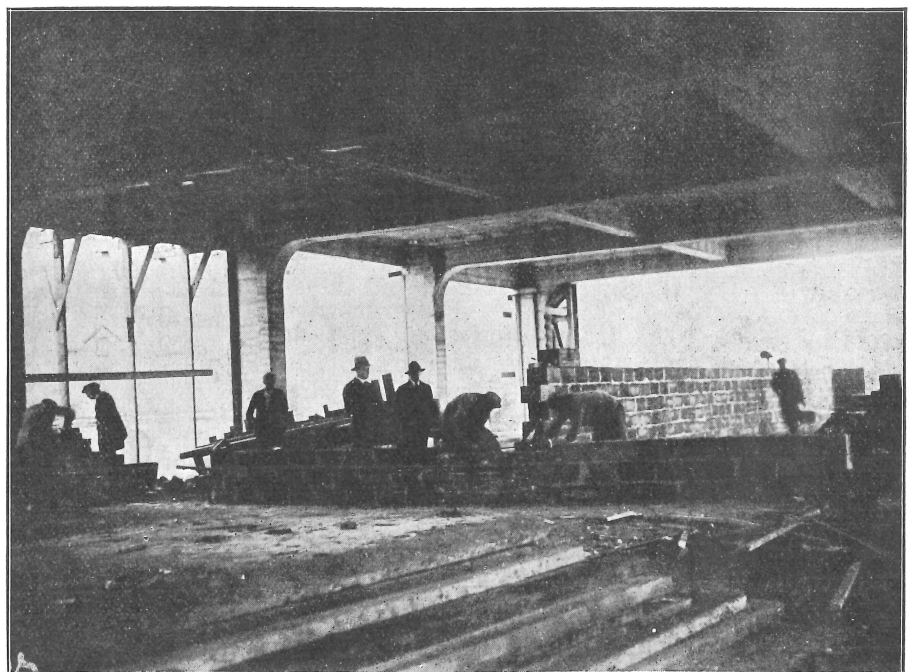


Fig. 15. — Cloisons intérieures en blocs de cendrées (Institut de Chimie-Métallurgie, 1931).

Comme briques, on avait prévu des briques dites de campagne. Mais la médiocrité et la variabilité de leur qualité a conduit à y substituer généralement des briques de laitier, abondantes dans la région. Elles ont été mises en œuvre après essai de résistance et moyennant garantie contre le foisonnement ultérieur. Le mortier des maçonneries intérieures est à la chaux moyennement hydraulique additionnée de laitier granulé, qui durcit convenablement.

Le principal problème qui se pose pour ces maçonneries légères, dans les constructions à ossatures, est celui de leur tassement et de leur retrait, provoquant des décollements par rapport aux fermes. Les briques de cendrée sont affectées de ce défaut. Cependant, seul l'Institut de Chimie-Métallurgie présente quelques traces, modérées d'ailleurs, du phénomène. Les autres Instituts en sont pratiquement exempts. A l'Institut de Mécanique, on a prévu un ancrage des maçonneries au béton par des feuillards.

Avant d'en terminer pour les maçonneries, il reste à rappeler les joints d'affaissement déjà définis au sujet des fondations. Ces joints existent sur toute la hauteur des bâtiments et traversent tous les murs extérieurs et intérieurs, les hourdis, les toitures et, généralement, tous les dispositifs quelconques. Cela pose de sérieux problèmes de détail et d'exécution et il est malaisé de faire respecter le principe du joint complet dans toute son intégrité. Néanmoins, en dépit de ces petites difficultés, affectant le gros œuvre et le parachèvement, les joints d'affaissement et de dilatation se sont parfaitement comportés et ont manifesté une activité favorable à diverses reprises.

### Toitures

Avant l'intervention de la direction technique dans les études et travaux, l'architecte de l'Institut de Chimie-Métallurgie avait déjà décidé d'employer comme couverture une terrasse. D'après l'expérience personnelle que j'ai pu avoir dans le territoire de la Sarre au sujet de toitures en ardoises ou tuiles de très grands bâtiments, la solution de la toiture-terrasse est justifiée en principe, la seule difficulté réside dans la réalisation et elle est grande. Elle était majorée dans cet Institut du fait de nombreux joints de dilatation, de très nombreuses cheminées et de la traversée des parapets par les dégorgeoirs vers les tuyaux de descente. La solution étudiée par des spécialistes présentait les faiblesses de ne pas protéger efficacement les parapets et de ne pas drainer la contre-chape en carreaux céramiques sur couche assez épaisse de sable, posée sur la chape étanche au bitume. La direction technique est intervenue dans l'exécution pour mettre au point la composition étanche, après échec de celle prescrite par le cahier des charges, et pour améliorer, sans dépense supplémentaire, la protection des parapets par un bétonnage.

Ces interventions n'ont pas suffi et ne pouvaient suffire pour éviter certaines défauts, qui sont tolérées dans beaucoup de bâtiments, mais que la direction technique, soucieuse de qualité, proposa de réparer en janvier 1934. Les réparations furent exécutées selon ses propositions, en vue de rendre l'étanchement de la toiture aussi semblable que possible à celui de l'Institut du Génie Civil, qui a donné satisfaction d'emblée. En même temps, la contre-chape en carreaux éramiques, fortement dégradée par les intempéries, fut remplacée, sur proposition de la direction technique, par du béton qui a donné satisfaction.

La chape de l'Institut du Génie Civil, étudiée par la direction technique, comporte une membrane souple étanche complète sur les parties horizontales de la toiture, se relevant sans solution de continuité contre les parapets du pignon et s'engageant profondément sous les pierres de couverture. La terrasse devient ainsi une cuvette étanche. Pour écouler sûrement l'eau, il faut des pentes et contre-pentes suffisantes conduisant aux dégorgeoirs. La toiture de l'Institut de Chimie-Métallurgie péchait aussi par défaut de pentes; lors de la réfection on les a majorées le plus possible.

La chape étanche de l'Institut de Chimie-Métallurgie, en asphalte artificiel, où l'on a relevé quelques fissures lors des réfections, a été renforcée par une membrane de jute asphalté. Celle de l'Institut du Génie Civil a été faite d'emblée en jute asphalté à plusieurs couches. On peut cependant douter de la durabilité du jute asphalté, dont les fibres végétales sont susceptibles de se consommer.

Aussi a-t-on admis pour la couverture de la Centrale et du Laboratoire de Thermodynamique une chape de tôle de cuivre de 3/10 de mm collée au bitume. La toiture de l'Institut de Mécanique sera en tôle de zinc à tasseaux sur voliges, avec des dispositions perfectionnées pour les dilatations.

Les chapes des Instituts déjà achevés, à l'exception donc de l'Institut de Mécanique, sont posées sur une couche isolante, en liège aggloméré pour l'Institut de Chimie-Métallurgie, en liège expansé pour les deux autres. Ce matériau a été adopté pour son bas prix. Le liège aggloméré ne convient pas du tout et le liège expansé ne paraît pas non plus recommandable pour cet usage. La question des sous-toitures isolantes, pour les grandes surfaces, est économiquement et pratiquement complexe. Quelle que soit la sous-toiture, il faut recommander d'y éviter toute adhérence de la chape étanche, en interposant au besoin du papier spécial. De même, la contre-chape ne doit pas adhérer à la chape et, si elle doit être assez épaisse pour protéger efficacement la chape des actions thermiques, il faut cependant éviter de la constituer de matières pouvant retenir l'eau ou du moins, dans ce cas, faut-il les drainer soigneusement.

La question des toitures a donné à la direction technique beaucoup de soucis et lui a demandé beaucoup d'études. Si l'on veut bien considérer que les exemples d'échecs importants de toitures-



terrasses abondent, dans notre pays et dans les autres, on peut admettre que, eu égard à l'étendue des surfaces à couvrir, les couvertures des nouveaux Instituts du Val-Benoît peuvent être jugées satisfaisantes.

### Canalisations

Il a déjà été indiqué qu'un drainage général en gravier ou pierres cassées existe sous les sous-pavements en béton et sous les poutres de fondation au niveau du parc, pour recueillir les infiltrations éventuelles par le terrain en contrebas du plan d'eau de la Meuse en crue. Ce drainage général est associé à d'importants réseaux de canalisations disposées sous les bâtiments pour l'évacuation aux égouts des eaux d'usage et pluviales.

Le réseau des canalisations de l'Institut de Chimie-Métallurgie a été étudié par MM. Anciaux, collaborateurs de l'architecte professeur Albert Puters. Le rôle de la direction technique s'est borné à la réception des matériaux, notamment des tuyaux de poterie vernissée, qui devaient être aptes à résister aux agents chimiques venant des évacuations des laboratoires. La direction technique s'est livrée à ce sujet, avec l'aide du laboratoire d'essais des Constructions du Génie Civil de l'Université de Liège, à une coordination des essais de réception divers des matériaux céramiques.

des eaux abondantes et éventuellement chaudes de la centrale et ensuite parce que l'égout évacuateur s'y trouve plus haut. Il a fallu relever légèrement le niveau de l'étage inférieur par rapport aux autres bâtiments.

Les cours intérieures et la voirie dans le parc, entre les Instituts, sont également drainées par des canalisations. La réalisation est faite dans l'ensemble et dans les détails selon la meilleure technique.

### Aménagement des abords

Inspiratrice du plan de disposition générale réalisé, la direction technique a été chargée aussi de l'aménagement des abords, c'est-à-dire de l'urbanisation d'ensemble. Ce travail important et délicat a demandé des nivellements importants, en vue des terrassements superficiels considérables nécessaires. Les clôtures ont été réalisées par des murs ajourés à soubassements de moellons, piliers de briques jaunes et traverses de béton bouchardé. Ils sont fondés sur semelles profondes, piliers et poutres et divisés par des joints. Certains sont combinés avec des murs de soutènement en béton armé, à section en équerre, là où les niveaux respectifs de la voirie et du terrain l'exigent.

Les accès à la voirie ressortent à suffisance du plan d'ensemble (fig. 1) et sont en général pourvus de portes ou grilles métalliques, de facture très simple.

Il convient de citer la grande porte baissante, de 10 m d'ouverture, qui commande la grande entrée charretière à la rue du Val-Benoît. Elle est équilibrée et mue électriquement; la manœuvre de secours est à main. Les détails en ont été très soigneusement étudiés; cette porte est très perfectionnée et d'un aspect très satisfaisant.

La partie architecturale de l'aménagement des abords n'est d'ailleurs pas dépourvue d'importance. Elle comporte, s'harmonisant avec les clôtures et les bâtiments voisins, des cabines flanquant la grande porte d'entrée charretière, de nombreuses cabines pour les compteurs d'eau, etc...; en outre, de

multiples escaliers combinés avec les accès et la voirie.

Celle-ci est formée de routes en béton de facture moderne. D'une largeur de 6 m, elles sont pourvues de joints transversaux et d'un joint longitudinal. Elles sont limitées par des bordures de trottoir



Fig. 16. — La porte baissante de 10 m à la rue du Val-Benoît (1937).

Le réseau du Génie Civil a été étudié avec la collaboration de l'architecte J. Moutschen. Celui du groupe Centrale-Thermodynamique-Mécanique a été étudié par la direction technique et a donné lieu à certaines difficultés, à cause de l'évacuation

en béton du type « Ponts et Chaussées ». Les dalles ont 15 cm d'épaisseur uniforme et sont posées, avec interposition d'une feuille de papier spécial, sur une couche de 15 cm de briquillons ou d'empierrement consolidée par cylindrage. Le fond du coffre est lui-même cylindré au préalable. Aux deux bords de la route, la fondation est approfondie pour recevoir deux drains longitudinaux en poterie

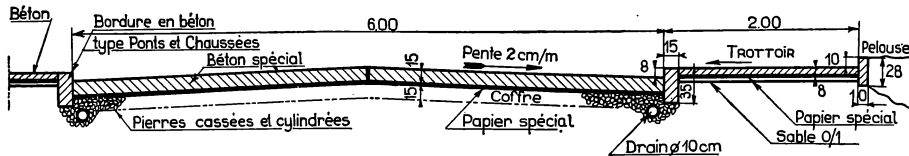


Fig. 17. — Coupe transversale de la route et des trottoirs en béton (1937).

poreuse. La voirie est pourvue de grilles d'évacuation des eaux de ruissellement aux égouts. La béton a été damé partiellement à la machine Van Steenkiste, partiellement à la main dans les nombreuses courbes. Le ciment employé est du ciment de haut fourneau à haute résistance. Le dosage du béton est le suivant, choisi à la suite des études de l'auteur au laboratoire d'essais des Constructions du Génie Civil : environ 970 kg de pierrailles 20/40, environ 650 kg de grenaille 2/10, environ 400 kg de sable de rivière 0/3 et 375 kg de ciment H.F.H.R.

Ce dosage économique et simple a donné toute satisfaction dans l'emploi.

Les joints comportent une bande de liège expansé bitumé, recouverte d'une coiffe métallique engagée dans le béton de part et d'autre du joint. La partie supérieure est obturée au moyen d'un mastic de bitume et de poudre d'aluminium (40% en poids), de teinte grise. Jusqu'à présent, ce système donne satisfaction. Des mouvements de joints ont pu être mesurés. Les conditions d'exécution ont été conformes aux derniers cahiers des charges des Ponts et Chaussées et aux conclusions du dernier Congrès belge de la route, à Bruxelles en 1935.

Les dalles de route ont été armées en certains endroits, où elles franchissaient d'anciens déblais ou les galeries enterrées.

Les trottoirs et les cours extérieures et intérieures ont été dallés en béton ordinaire, sous des épaisseurs respectives de 8 et de 12 cm. Ils sont bétonnés sur une aire consolidée par damage, avec interposition d'une couche de sable ou de gravier et d'une feuille de papier spécial. On leur a donné un aspect très agréable d'opus incertum, par subdivision en dalles polygonales, au moyen de bandes perdues de fibre de bois formant coffrages et joints. Cette subdivision évite les fissures.

L'aménagement des abords est complété par leur éclairage, qui comporte certains caissons lumineux aux escaliers, quelques foyers lumineux girandoles aux murs extérieurs et de nombreux foyers fixés à des poteaux en béton armé centrifugé très légers et élégants, à mosaïque apparente de marbre rose.

## Parachèvements et aménagements spéciaux

Les parachèvements seront décrits par M. l'ingénieur I. Sternbach, adjoint à la direction technique.

L'action de cette dernière dans ce domaine a été déterminante pour la haute qualité des matériaux, assurant la durabilité et pour la simplicité de la conception alliée au soin de l'exécution, assurant

en même temps l'économie et l'aspect satisfaisant, approprié au caractère des bâtiments, sérieux sans être austère, mais embellis, ainsi qu'il a été dit, par l'impression d'espace et de lumière.

A signaler aussi le souci constant de précaution contre la corrosion, qui a donné lieu à de nombreuses études préalables et à certaines solutions inusitées. Le problème revêtait une importance particulière pour la ventilation de l'Institut de Chimie-Métallurgie. Les tuyaux de ventilation ont été établis en poterie de grès vernissé et jointoyés au ciment fondu, la suspension étant souple. Les pales des ventilateurs ont été protégées par une laque blanche spéciale, qui semble donner satisfaction.

Les aménagements spéciaux électro-mécaniques et acoustiques des auditoriums de l'Institut du Génie Civil, ainsi que d'autres dispositions de détail, concernant aussi les éclairages, ont été inspirés à l'auteur par les observations notées au cours de nombreuses visites d'Instituts modernes qu'il a pu faire au cours de voyages des dernières années, le plus souvent à l'occasion de congrès scientifiques, à Stockholm, Zurich, Cambridge, Munich, Berlin, Amsterdam, etc... De la sorte, ses collègues étrangers ont contribué, par leur hospitalité cordiale, à la réussite de l'œuvre liégeoise, souvent pour d'infimes détails. Mais ne sait-on pas que la construction est effectivement faite d'une foule de détails et que seul le soin du détail assure la qualité et le fini. Ces inspirations sont allées jusqu'au delà de ce qui est simplement utile, car c'est le spectacle de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich éclairée par les projecteurs, à l'occasion des fêtes de son centenaire, qui m'a inspiré de prévoir le même éclairage de l'entrée principale de l'Institut du Génie Civil et de la tour de la Centrale.

## Remarques finales

On aurait sans doute perdu son temps si, à l'issue d'un travail de plus de huit années, on n'avait pas quelques conclusions à formuler. L'exposé précédent, quoique trop long, est cependant insuffisant pour rendre compte de la somme d'études et de recherches faites en vue de la réalisation des Instituts du Val-Benoît. Etant bâtiments universitaires, on a voulu non seulement qu'ils répondent le mieux possible à leur destination, mais aussi qu'ils consti-

tuent en quelque sorte, par eux-mêmes, des enseignements et des expériences. Il a fallu pour cela non seulement beaucoup d'études préalables et d'observations postérieures à la construction, mais aussi une collaboration incessante et bénévole du laboratoire d'essais des Constructions du Génie Civil, en vue de l'étude préalable des matériaux et des procédés de construction ou de l'observation des résultats obtenus, par exemple pour les essais sur les charpentes métalliques.

Il importait de mentionner cette collaboration, dont les conséquences ont été essentielles, et qui a été aussi utilisée et appréciée par les autres collaborateurs à l'exécution des Instituts. Dans cette collaboration, l'auteur s'est inspiré des hautes paroles du Chef qu'il avait appris déjà à vénérer comme un guide sûr, lorsqu'il contribuait pour sa modeste part à défendre le dernier lambeau du territoire national inviolé :

« La science moderne ouvre des perspectives » nouvelles et presque infinies à la technique.  
« C'est dans les laboratoires de recherches que » s'élaborent les rudiments de l'industrie future... »

Le travail de la direction technique a été fait dans cet esprit, qui est aussi celui de l'enseignement que j'ai l'honneur de faire à l'Université de Liège et que j'ai exposé dans *La Cité* de 1934 (Les ressources de la méthode expérimentale appliquée aux constructions). Les leçons que j'en ai tirées viennent à l'appoint de cette unité et invariabilité de ligne de conduite.

Si la direction technique est une institution improvisée, elle s'est efforcée du moins d'éviter que ce caractère marque aucun élément de son œuvre. Elle a aussi sciemment voulu éviter toute extravagance. La science a été le guide, non le maître. Elle n'a pas été considérée comme une fin, mais uniquement comme un moyen puissant et bien-faisant. De même que la science ne peut se concilier avec l'idée préconçue, la bonne construction basée sur ses principes exclut également le parti-pris. L'œuvre de la direction technique est objective et impersonnelle. Elle est réalisée et justiciable du jugement public.

### Remerciements

Des remerciements sont dus par l'auteur :

à M. le professeur M. Dehalu, administrateur-inspecteur de l'Université de Liège, promoteur incontesté des nouvelles installations du Val-Benoît et instaurateur de la direction technique, pour la confiance qu'il lui a témoignée ;

à tous ses collaborateurs, les ingénieurs des constructions civiles, A. Spoliansky (1929-1931), son ancien assistant (ossature métallique et en béton armé de l'Institut de Chimie-Métallurgie) ;

J. Perelman (1929-1934) (idem, parachèvements de l'Institut de Chimie-Métallurgie, ossatures métalliques de l'Institut du Génie Civil et du Laboratoire de Thermodynamique, gros œuvre et parachèvement de l'Institut du Génie Civil, ponts roulants, etc.) ;

I. Sternbach (1931) (béton armé de l'Institut du Génie Civil et de la Centrale, parachèvement des divers Instituts, gros œuvre de l'Institut de Mécanique, ascenseurs, etc.) ;

Alb. Defrecheux (1935-1937) (béton armé de l'Institut de Mécanique, aménagement des abords, etc.) ;

H. Lemoine, chef du service de surveillance des travaux depuis mars 1936 ;

l'ingénieur électricien G. David (1932) qui a étudié toutes les installations électriques (sauf l'alternateur) et l'éclairage de tous les instituts et qui résume ses études dans un article spécial ;

les architectes diplômés :

J. Willemaers (1933-1936), un des premiers collaborateurs du professeur A. Puters pour l'Institut de Chimie-Métallurgie, qui a ensuite travaillé à la direction technique pour le projet de la Centrale du Laboratoire de Thermodynamique et pour le plan de l'Institut de Mécanique, ainsi que pour les abords.

M. Gysbrecht (1935), ancien collaborateur de M. Puters également, qui a continué le travail de M. Willemaers pour l'Institut de Mécanique, et a étudié le mobilier de l'Institut du Génie Civil ;

MM. Joris et Thibeau, qui ont assité les précédents ;

les dessinateurs techniciens Delahaut (1932) et Bolsée ;

les surveillants Rouha (1929) et Rorive ;

les employés Lassaux, Closset et Toussaint, qui tous ont été des collaborateurs probes, consciencieux et dévoués, trouvant dans leur travail peu rémunéré plus de satisfactions morales que matérielles.

Le petit nombre de collaborateurs permanents témoigne des moyens modestes dont la direction technique a disposé, hors de proportion avec l'importance du travail.

Des remerciements doivent aller aussi à tous les entrepreneurs, sous-traitants, fournisseurs, artisans et ouvriers qui ont travaillé à ces Instituts, qu'il est impossible de citer, mais qui ont acquis tous le droit de se réclamer de leurs prestations.

Qu'il soit permis de signaler qu'à de peu importantes exceptions près, tous les matériaux mis en œuvre sont d'origine belge et que toutes les entreprises ont été belges. Puisque la dureté des temps contraint le pays à une attitude économique si peu conforme à ses traditions, il est permis, pour atténuer les scrupules qui peuvent en résulter, de se réjouir que cette politique ne conduit pas à une régression car, du point de vue de la qualité, les Instituts du Val-Benoît font certes figure honorable.

Les travaux ont apporté des millions de salaires à des milliers de travailleurs belges. Il y a heureusement eu peu d'accidents, dont un seul cas mortel, très regrettable mais banal ; à part un certain nombre de chutes sans conséquences graves et quelques blessures et contusions bénignes, signalons la chute de plus de 20 m de hauteur d'un monteur de la charpente de l'Institut de Chimie-

Métallurgie, sans autre conséquence qu'une interruption de travail de quelques jours (en 1931), une main broyée par imprudence dans un malaxeur de mastic, enfin la chute grave d'un charpentier du gros œuvre de l'Institut de Chimie-Métallurgie également, suivie d'invalidité grave. Par une coïncidence surprenante, la victime était un ancien militaire de la compagnie du génie à laquelle l'auteur appartient pendant la guerre. Cet infortuné artisan est actuellement à l'abri du besoin par un modeste emploi aux nouveaux Instituts.

Tous les accidents les plus graves se sont produits à l'Institut de Chimie-Métallurgie, où le hourdis d'un auditoire s'est aussi effondré en cours de bétonnage, par flambage de l'étaçonnage, sans causer d'accident de personnes.

La direction technique a toujours veillé, dans la mesure de ses moyens, à assurer la plus grande sécurité possible du travail.

### Résultats numériques

Il a été procédé à 55 adjudications, se répartissant comme suit :

Institut de :	Nombre d'adjudications	Montants totaux
Chimie-Métallurgie . . . . .	18	28.025.600,00 <sup>(1)</sup>
Génie Civil . . . . .	13	19.288.700,00
Centrale-Thermodynamique . . . . .	12	10.398.200,00 <sup>(2)</sup>
Mécanique . . . . .	2	8.309.300,00
Abords et services communs . . . . .	10	4.809.300,00 <sup>(3)</sup>

Le prix par m<sup>3</sup> bâti des Instituts achevés et meublés est :

Fr. 298,00 pour la Chimie et Métallurgie (94.000 m <sup>3</sup> ) <sup>(1)</sup>	
Fr. 230,00 pour le Génie Civil (84.000 m <sup>3</sup> )	
Fr. 205,00 pour la Centrale-Thermodynamique (sans la partie thermo-mécano-électrique) (26.820 m <sup>3</sup> )	

Le prix par m<sup>3</sup> pour le gros œuvre, sans parachèvement, s'élève à :

Fr. 148,00 pour la Chimie Métallurgie ;
Fr. 105,00 pour le Génie Civil ;
Fr. 94,00 pour la Centrale-Thermodynamique <sup>(4)</sup> ;
Fr. 112,00 pour la Mécanique (74.219,61m <sup>3</sup> ).

Pour le nouveau bâtiment B2 de l'Université de Gand, ne contenant que des laboratoires techniques, le prix du gros œuvre par m<sup>3</sup> construit est de 98,50 fr. (cf. J. N. Cloquet, art. cité).

Le 21 novembre 1937.

<sup>(1)</sup> Y compris les aménagements des laboratoires.

<sup>(2)</sup> Y compris les chaudières, le turbo-alternateur, toutes les installations électriques, les échangeurs, la station de pompage à la Meuse, les galeries et conduites de raccordements, etc.

<sup>(3)</sup> Y compris tous les transformateurs, les batteries d'accumulateurs, les ponts roulants et les ascenseurs, etc.

<sup>(4)</sup> Y compris les fondations spéciales de toutes les chaudières et machines, toutes les citernes et fosses, etc.

# LES TRAVAUX DE PARACHÈVEMENT

## DES INSTITUTS UNIVERSITAIRES DU VAL-BENOIT

par I. STERNBACH,

Ingénieur civil des constructions A. I. Lg.  
attaché à la Direction technique.

---

L'étude et l'exécution de bâtiments modernes importants, tels que les nouveaux instituts de la Faculté technique de l'Université de Liège au Val Benoit, exigent l'intervention active de la technique, science concrète, non seulement pour les fondations et l'ossature en béton ou en charpente métallique, mais aussi dans l'étude et l'exécution des entreprises qui suivent celle du gros œuvre, appelées communément « entreprises de parachèvement » : châssis des fenêtres et portes extérieures ; vitrages ; chauffage et ventilation ; installations électriques ; plafonnages, enduits, carrelages et revêtements ; menuiseries et ferronneries ; aménagement acoustique et électro-mécanique des salles de conférences et auditoires ; peintures, etc...

L'étude préalable de ces entreprises pose de multiples problèmes dans des domaines les plus divers : choix des solutions qui conviennent le mieux aux cas particuliers envisagés et qui s'adaptent de la façon la plus avantageuse aux circonstances et aux lieux ; choix des matériaux après une documentation sérieuse et une étude qualitative approfondie de tous ceux mis en compétition pour un

même objet et susceptibles à première vue de pouvoir convenir ; essais et épreuves préalables aux laboratoires d'essais des matériaux, avant de pouvoir définitivement arrêter le choix ; rédaction du cahier des charges et en particulier des prescriptions auxquelles devront satisfaire les matériaux et des conditions optima exigées pour l'exécution des travaux ; surveillance attentive au cours de l'exécution de l'ouvrage, etc...

Et tout ceci dans un esprit de saine économie, qui n'est pas synonyme de « bon marché » ; la vraie économie réside principalement dans le choix judicieux des solutions les plus avantageuses, au point de vue de l'usage prolongé et l'emploi de matériaux de bonne qualité sous la devise « inaltérabilité et durabilité ». La solution la moins coûteuse parmi celles qui remplissent d'une manière également satisfaisante les deux premières conditions, sera préférée si rien ne s'y oppose dans l'aspect.

D'une manière générale, les travaux de parachèvement des Instituts Universitaires du Val-Benoît, ont été économiques.

L'esthétique, l'harmonie et la beauté d'une construction ne résident pas nécessairement dans la recherche de décorations coûteuses et superflues et qui bien souvent cachent mal des défauts, lacunes et imperfections des matériaux mis en œuvre et les négligences dans l'exécution dues à un manque de compétence ou de surveillance; on retrouve les réelles qualités d'une construction de valeur dans l'application des stricts principes de la simplicité, alliée à la bonne qualité des matériaux et surtout au fini impeccable dans leur mise en œuvre et aux soins particulièrement attentifs apportés à l'exécution des travaux.

Les lignes qui vont suivre feront ressortir ces principes qui ont servi de guides aux nombreuses études et recherches de la Direction technique, au cours de sa collaboration avec les architectes M. le Prof. A. Puters et M. J. Moutschen, et qui ont été confirmés par les observations faites au cours de la construction des nouveaux bâtiments universitaires du Val Benoit.

**Châssis des fenêtres extérieures et vitrages.** — La première question qui se pose est la suivante : châssis en bois ou métalliques ? Simple question et non dilemme, car la réponse est immédiate : châssis métalliques.

En effet, le béton armé et la charpente métallique introduits couramment dans la construction moderne, permettent actuellement d'appliquer largement, sans hésiter et sans autres difficultés d'ordre constructif, ce postulat important : « Air et Lumière », vers la réalisation duquel tendait de tout temps l'art de bâtir, digne de ce nom. Il importe d'ailleurs que cette tendance reste dans des limites raisonnables, l'expérience montrant qu'un excès de vitrages entraîne de réels inconvénients tant pour la construction que dans l'usage.

Les baies deviennent de plus en plus larges de telle sorte que le bois, d'une résistance à la flexion insuffisante, ne peut plus convenir pour la confection des châssis; la limite supérieure de la largeur des baies qui permette une utilisation économique du bois, est de 2 mètres; or, comme aux Instituts Universitaires du Val Benoit, des largeurs de 5,60 m et davantage sont courantes et qu'elles ne descendent que dans des cas exceptionnels en-dessous de 2,50 m, on a été amené par la force des choses à adopter des châssis métalliques.

Un châssis métallique convenablement étudié et conçu suivant toutes les règles de l'art doit répondre aux postulats suivants :

- 1° être pratiquement incorrodable;
- 2° être parfaitement étanche à l'humidité et à la poussière et aussi étanche que possible à l'air;
- 3° être très peu déformable;
- 4° permettre un nettoyage aisé des vitrages;
- 5° être muni d'appareils de manœuvre simples, en métal inoxydable et d'un entretien facile et aisé.

Dans le cadre de la première de ces conditions, se pose tout d'abord la question suivante : quel métal choisir pour la confection des châssis ?

On lamine actuellement des profilés pour châssis métalliques en bronze, en acier ordinaire et en acier au cuivre, en attendant que l'acier inoxydable devienne d'une fabrication plus économique et d'une utilisation pratique suffisamment aisée pour pouvoir entrer en compétition avec quelque chance de succès.

C'est indiscutablement le bronze qui donne à l'heure actuelle le châssis idéal : il allie les qualités mécaniques de l'acier à l'indifférence du cuivre aux agents destructeurs de l'air et de l'humidité; mais tandis qu'un châssis en acier revient posé à environ 250 à 350 francs le mètre carré, le châssis en bronze coûte trois à quatre fois plus. C'est la raison pour laquelle l'adoption de ce dernier n'a pas pu être envisagée pour les Instituts du Val Benoit.

Les châssis métalliques de ces bâtiments sont en acier ordinaire additionné de 0,2 à 0,3% de cuivre; l'addition d'une quantité aussi minime de cuivre rend l'acier plus résistant à la corrosion tout en n'augmentant son prix que dans des proportions tout à fait insignifiantes.

Après découpage, mise en longueur et façonnage, les profilés sont assemblés aux angles par soudure électrique par rapprochement sans apport de métal étranger. Ces assemblages sont ensuite meulés, limés et retouchés pour les rendre parfaitement nets et propres.

Après assemblage, les châssis métalliques sont parfaitement décapés au jet de sable et ensuite traités par l'un ou l'autre des procédés suivants de protection superficielle :

- 1° la parkérisation, transformation chimique en surface;
- 2° la métallisation, revêtement par projection au pistolet d'une poudre de métal;
- 3° la galvanisation à chaud.

Il n'entre pas dans le cadre de la présente étude de discuter les avantages et les inconvénients de chacun de ces procédés — la place ferait d'ailleurs défaut. Les caractéristiques essentielles de chacun d'eux sont les suivantes :

Le principe de la parkérisation (brevet Parker U. S. A.) est à base exclusivement chimique. La méthode consiste essentiellement en une immersion des pièces à protéger dans un bain très chaud tenant en solution des sels métalliques complexes (qui sont le secret du brevet), formés principalement de phosphates de fer et de manganèse. Les pièces restent dans le bain pendant une heure à une heure et demie. L'acier se transforme en surface sur une profondeur infinitésimale (5 à 7 millièmes de millimètre) en une substance neutre et indifférente aux actions corrosives de l'air et de l'humidité.

Le procédé de métallisation consiste en une projection au pistolet-chalumeau d'une couche de métal fondu dans une flamme oxy-acétylénique. Le métal projeté peut être utilisé sous forme de poudre ou d'un fil entraîné mécaniquement par un dispositif spécial ou encore sous forme de métal fondu (procédés divers brevetés).

Des nombreux métaux sont utilisés pour la projection : le zinc, le plomb, l'aluminium, l'étain et plus rarement le cadmium, le cuivre, le bronze, le laiton, etc. Le métal choisi dépend principalement du genre d'utilisation de l'objet à recouvrir : les industries chimiques se servent du plomb, les industries d'alimentation de l'étain et parfois de l'aluminium.

Pour les châssis métalliques, on utilise généralement le zinc en dépôts de 600 à 900 grammes par mètre carré.

Le procédé par galvanisation à chaud, connu de longue date, a fait ses preuves, mais il n'a été l'objet que d'une application insignifiante aux châssis métalliques des Instituts Universitaires du Val Benoit. Il a été fait usage presque exclusivement de la parkérisation ; une grande verrière a été zinguée par projection.

Les châssis parkérisés reçoivent avant expédition une couche de minium de plomb. Pour les châssis zingués, le minium de plomb est remplacé par du minium de fer ; cette dernière précaution est essentielle, car le zingage et le minium de plomb se détruisent mutuellement.

Après placement et avant pose des vitrages, les châssis sont recouverts d'une couche de peinture à la céruse et après pose des vitrages, de deux couches de peinture à l'huile à base de céruse.

Les châssis métalliques sont en profilés spéciaux

de formes spécialement étudiées pour leur utilisation rationnelle et conçus de manière à réaliser la double frappe, ce qui veut dire qu'en position fermée, les ouvrants s'appliquent de telle manière contre les dormants que, pour tout chemin d'infiltration possible de l'air, de l'humidité et de la poussière, quatre surfaces d'acier en contact intime par deux opposent le maximum de résistance à ces infiltrations.

La traverse inférieure du châssis est munie du côté intérieur, de gouttières en bronze ou en laiton recueillant l'eau de condensation et la rejetant vers l'extérieur par de petits tubes régulièrement espacés. Toutes les traverses principales sont munies du côté extérieur de rejets d'eau en bronze ou en laiton.

Le châssis métallique dans son ensemble doit être très peu déformable ; aucun des profilés qui le constituent ne peut avoir en principe une hauteur d'âme inférieure à 35 mm. Les traverses principales et les montants devront être calculés de façon à ce que le châssis résiste parfaitement et sans flèche exagérée à la pression du vent. Cette condition est essentielle sans quoi on s'expose à des bris des vitrages, surtout si les châssis sont de dimensions supérieures à la normale.

Dans cet ordre d'idée, on peut citer l'exemple du châssis de la façade Nord de la salle de chauffe de la Centrale thermo-électrique, qui a des dimen-

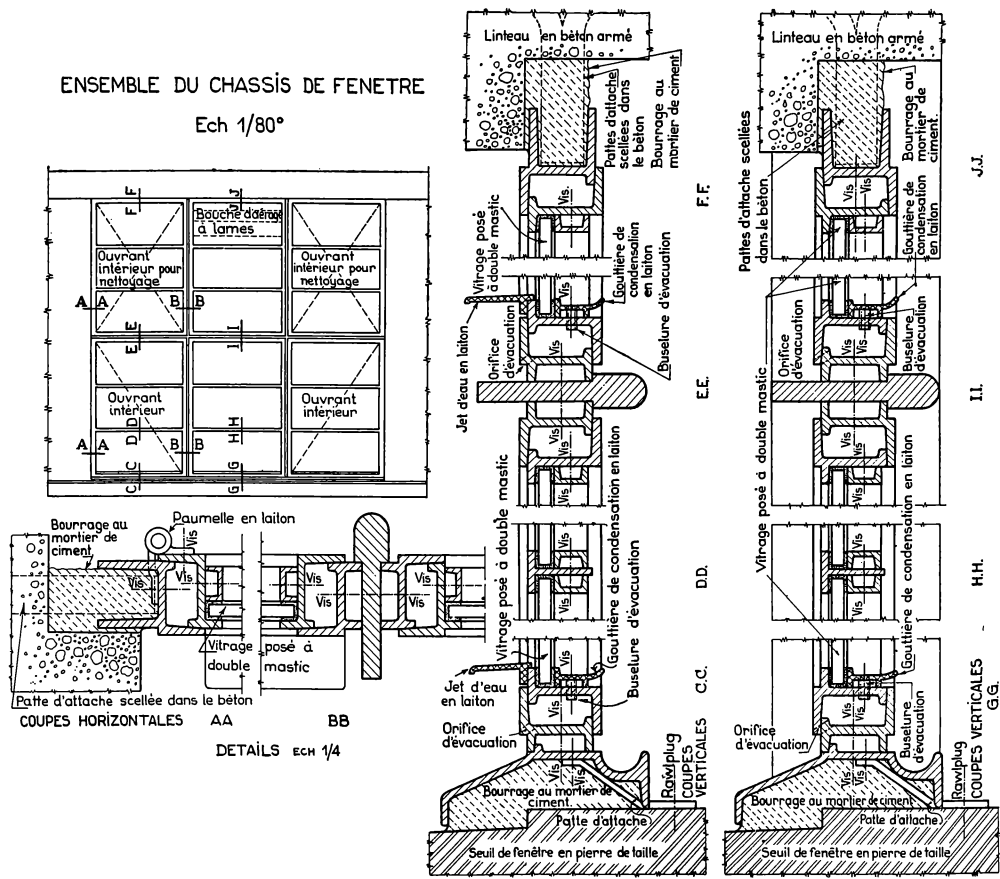


Fig. 1. — Ensemble et détails d'un châssis métallique type.

sions très considérables. Il mesure, en effet, 15 m de largeur sur 12,50 m de hauteur ; on conçoit facilement qu'un châssis de cette importance exige de sérieuses études préalables.

Un problème important à approfondir lors de l'étude des châssis métalliques est celui du nettoyage des vitres ; le châssis doit présenter des combinaisons d'ouvrants spécialement étudiées dans le but de permettre un nettoyage facile, sans perte de temps et sans danger inutiles pour le personnel.

La figure 1 indique le principe de conception et quelques détails d'exécution d'un châssis métallique type qui répond d'une manière satisfaisante aux conditions exposées ci-dessus.

Le châssis mis en place est fixé aux pieds-droits et au linteau de la baie par des doguets scellés dans la maçonnerie et par des rawplugs dans le seuil en pierre de taille.

Le châssis est ensuite rejointoyé sur son pourtour au moyen d'un mortier de ciment dont les composants sont choisis de manière à obtenir les teintes désirées, se rapprochant le plus de celles des maçonneries.

Les fenêtres sont munies d'un système de fermeture consistant en une manette en bronze patiné avec arrêt pour les ouvrants ordinaires et avec arrêt à manœuvrer par clé carrée pour les ouvrants destinés à servir au nettoyage. Les paumelles sont en laiton avec pivot et bague en bronze phosphoreux. Aux instituts actuellement terminés, les ouvrants sont munis de fixe-châssis en bronze à vis de pression permettant de les caler en position ouverte. Ces fixe-châssis n'ont toutefois pas donné le résultat escompté ; ils se détériorent facilement et sont d'un entretien délicat et onéreux ; ils seront pour ces raisons, supprimés aux châssis du futur Institut de Mécanique.

A leur partie supérieure, les châssis sont munis de vastas tombants manœuvrés soit par un câble flexible guidé (Institut de Chimie et Métallurgie), soit par une manivelle actionnant par l'intermédiaire d'une vis sans fin un système de leviers rigides (Institut du Génie Civil).

Le premier système s'avère défectueux et d'un fonctionnement assez peu sûr et exige de ce fait un entretien presque continu. Le second fonctionne toujours et ne fait défaut que rarement, mais il est d'une manœuvre lente et assez dure.

Les tombants étant de plus assez coûteux, on a pris le parti de les supprimer au futur Institut de Mécanique et de les remplacer par des clapets à lamelles de verre inclinables et manœuvrés par des chaînettes gales d'un fonctionnement facile, aisé et sûr.

Un problème particulièrement délicat se présente pour les châssis se plaçant au droit des joints de dilatation et d'affaissement des bâtiments ; il faut, en effet, que le châssis, tout en restant parfaitement étanche, puisse se mouvoir librement et suivre sans déformation des mouvements éventuels qui se produiraient dans le bâtiment.

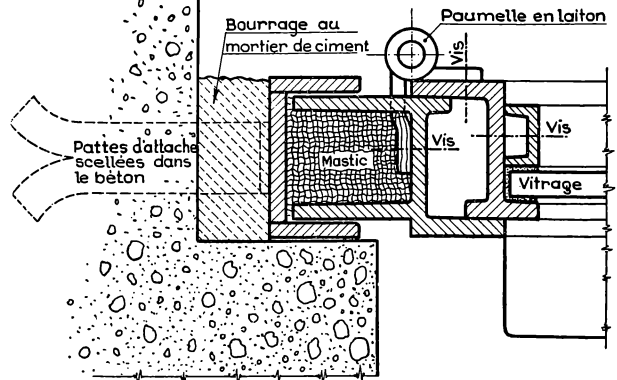


Fig. 2. — Détail pour un châssis métallique dans un joint de dilatation.

La figure n° 2 indique clairement comment ce problème a été résolu d'une façon simple et efficace.

Deux montants en fer U fraisés à l'intérieur sont scellés aux pieds-droits de la baie ; les montants extrêmes des châssis s'adaptent parfaitement et à frottement doux dans ces glissières ; cette façon de procéder permet le mouvement absolument libre du châssis par rapport aux quatre côtés de la baie. Pour garantir dans la mesure du possible l'étanchéité, les glissières sont remplies de mastic de vitrier d'une composition telle qu'il ne durcit jamais complètement.

Un problème du même ordre s'est posé pour la fixation des grands châssis d'angle de la cage de l'escalier principal de l'Institut du Génie Civil, supportés par des poutres en porte à faux, dont on doit craindre les déformations. Les châssis ont été fixés à leur support comme l'indique la figure 3, par l'intermédiaire de boîtes en bronze permettant des petits déplacements relatifs mais uniquement dans le sens vertical.

Le succès de ces solutions est complet ; aucun désordre n'a jamais été constaté en dépit des grandes dimensions.

\* \* \*

Les vitrages sont en glaces de 6 à 8 mm d'épaisseur pour les façades extérieures et en verre étiré de 4 mm d'épaisseur pour les façades des cours ; les vitres sont posées à double joint de mastic d'une composition telle qu'il ne durcit jamais complètement ; les vitres sont au préalable calées dans leur cadre par des cales en plomb, judicieusement réparties par le vitrier de commun accord avec le fabricant des châssis ; cette répartition se fait d'après les dimensions de la vitre en tenant compte du genre du cadre (ouvrant ou dormant fixe) et de son mode d'ouverture. La pose et la répartition de ces cales doivent se faire avec soin si l'on veut éviter des bris ultérieurs des vitres.



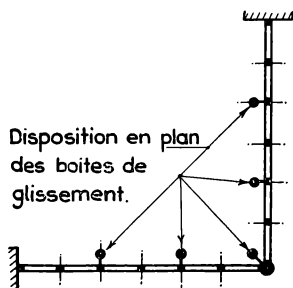
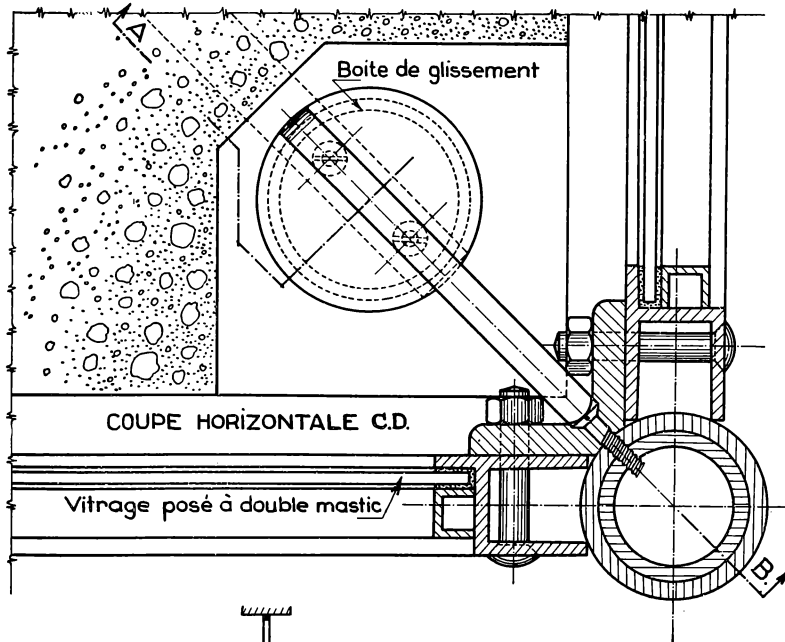
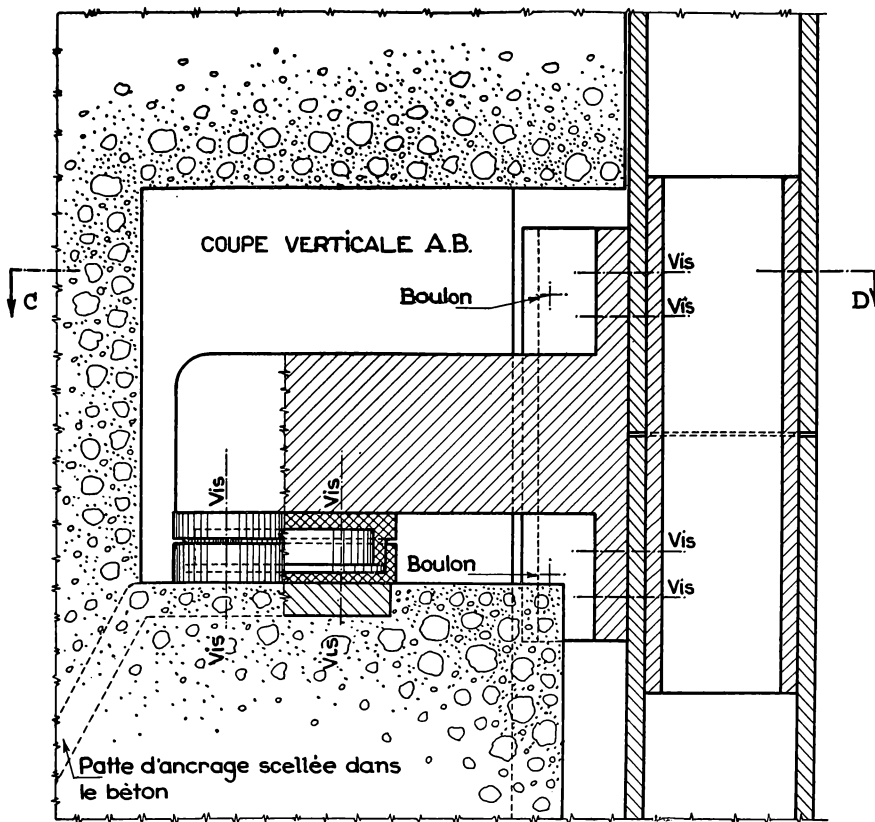


Fig. 3. — Boîtes en bronze permettant les déplacements relatifs entre poutres en béton et châssis.

Voici pour finir ce chapitre, quelques chiffres qui donneront une idée comparative de l'importance des surfaces vitrées des divers instituts du Val-Benoît :

Institut de Chimie	
et de Métallurgie	4.550 m <sup>2</sup>
Institut du Génie	
Civil. ....	8.000 m <sup>2</sup>
Centrale et Thermodynamique..	1.900 m <sup>2</sup>
Futur Institut de	
Mécanique ....	3.250 m <sup>2</sup>

**Eaux, gaz, plomberie et installations sanitaires.** — Les Instituts Universitaires du Val-Benoît sont situés aux confins de la ville de Liège et se trouvent de ce fait dans une situation défavorable au point de vue de leur alimentation en eau et en gaz.

Les services des Eaux et du Gaz de la Ville de Liège ont dû prendre des mesures spéciales pour obtenir des pressions et des débits d'utilisation suffisants à l'intérieur des bâtiments.

L'alimentation en eau par la conduite de la rue du Val-Benoît seule n'aurait pu suffire ; elle ne donnait qu'une pression de 2 à 3 kg à l'entrée de l'abbaye, pression tout à fait insuffisante pour les prévisions très importantes de débit en pleine période d'exploitation des laboratoires. Le service des eaux réalise actuellement un projet d'alimentation de la Ville de Liège par des conduites venant de Hologne à une pression notablement supérieure à celle existant actuellement.

A ce moment là, les instituts du Val-Benoît se trouveront à l'entrée du réseau et disposeront de la pression complète d'origine d'environ 6 kg/cm<sup>2</sup>. En attendant l'achèvement de ce projet, les instituts du Val-Benoît sont raccordés à la fois à une conduite spéciale venant du château d'eau de Cointe qui amène l'eau à une pression d'environ 13 à 14 kg/cm<sup>2</sup> et au réseau basse pression de la Ville de Liège.

La pression de Cointe est cependant trop forte pour les bâtiments et ne peut être utile qu'en cas d'incendie. A l'entrée de la propriété de l'Université de Liège, la conduite haute pression aboutit dans une chambre spacieuse souterraine où sont installés les compteurs et les réducteurs de pression réglés de façon à ramener la pression de Cointe de 14 à 7 kg/cm<sup>2</sup> environ.

Les conduites de distribution à l'intérieur de la propriété sont conçues de façon à pouvoir être débranchées facilement de la conduite de Cointe et être raccordées à celle venant de Hollogne.

En ce qui concerne l'alimentation en gaz, la situation est encore plus défavorable, en raison des quantités très importantes qui sont demandées pour l'exploitation normale des laboratoires de de l'Institut de Chimie et Métallurgie et des nombreux fours à gaz qui y sont installés. Cet Institut est alimenté par cinq compteurs à gaz de 300 becs chacun, ce qui équivaut à un débit total possible de  $5 \times 300 \times 0,14 \text{ m}^3$ , soit 210 m<sup>3</sup> de gaz à l'heure.

Ce débit ne sera évidemment jamais atteint, mais il sera toujours très important. L'Institut du Génie Civil et celui de la Mécanique sont alimentés par un compteur de 300 becs chacun.

Le gaz est actuellement amené aux instituts par une seule conduite de 200 mm de diamètre intérieur venant de la rue du Val Benoit et se terminant en cul de sac au quai de Rome, un peu au delà de l'Institut du Génie Civil. Cette alimentation est évidemment insuffisante et n'est que provisoire jusqu'à ce que l'aménagement du quai de Rome soit terminé par l'Administration des Ponts et Chaussées ; à ce moment là, la conduite du quai de Rome sera continuée et raccordée à celle de la rue d'Angleur. De cette façon, une boucle complète d'alimentation sera réalisée et il est à espérer qu'à partir de ce moment, l'alimentation en gaz sera suffisante.

Le sous-sol des Instituts universitaires contient un réseau de galeries souterraines de 2 à 2,50 m de largeur et de 2 m de hauteur, reliées entre elles et bouclées en tous sens. Dans ces galeries, sont logées toutes les conduites principales de chauffage, d'eau, de gaz, d'incendie, les câbles électriques haute et basse tensions, etc...

En ce qui concerne plus particulièrement l'eau et le gaz, chaque bâtiment est alimenté par des conduites horizontales situées dans la galerie et bouclées de telle sorte que l'alimentation ne sera jamais interrompue, même en cas où un tronçon quelconque de ces boucles devrait être réparé. De nombreux robinets d'arrêt avec purgeur permettent d'isoler et de vider n'importe quelle partie de ces canalisations.

Pour les conduites d'eau, on a autorisé l'emploi de canalisations en cuivre ou en acier galvanisé. Jusqu'en 1935, les canalisations en cuivre étaient offertes, à très peu de chose près, au même prix que l'acier galvanisé ; les installations d'eau des instituts actuellement terminés sont exclusivement exécutées en cuivre. Les assemblages des conduites en cuivre sont confectionnés par brasure ;

ce mode d'assemblage laisse malheureusement à désirer pour les conduites de gros diamètre, tandis qu'il se comporte parfaitement bien pour les assemblages des conduites 6/4'' de diamètre intérieur et en dessous. Il est à conseiller d'assembler les canalisations en cuivre au dessus de 6/4'' de diamètre intérieur par des manchons filetés.

Les canalisations de gaz sont exécutées en tubes d'acier ordinaire et sont assemblées au moyen d'accessoires, joints, coudes, tés, etc., en fonte renforcée ; l'emploi de coudes façonnés à froid ou à chaud est strictement interdit.

Les colonnes principales de décharge et de chute des eaux usées, sont exécutées en fonte sanitaire, les raccordements secondaires et les siphons des appareils, en plomb.

Les colonnes de chute des matières excrémentielles (WC, urinoirs) et les colonnes de décharge des eaux usées (lavabos, évier, etc) sont tenues complètement indépendantes les unes des autres. Tous les siphons sont ventilés par des colonnes secondaires en fonte, débouchant directement à l'air libre au dessus du branchement du dernier appareil.

Les colonnes de chute des matières excrémentielles sont directement raccordées à l'égout, tandis que les colonnes de décharge des eaux usées débouchent, à la sortie du bâtiment avant de continuer à l'égout, dans des chambres siphonnées et ventilées ; ces chambres servent généralement en même temps d'avaloirs pour les eaux de précipitation et empêchent les émanations des égouts de pénétrer dans le bâtiment.

Toutes les tuyauteries sont fixées aux parois et plafonds au moyen de colliers démontables en acier ou en fonte galvanisés.

Pour éviter la transmission des bruits par les canalisations, les colliers de fixation des conduites de gaz et d'eau, à l'exception des couloirs et dégagements, sont pourvus d'une lame isolatrice de plomb de 3 mm d'épaisseur ; pour le futur Institut de Mécanique, ce système est généralisé pour toutes les canalisations de quelque nature qu'elles soient : eau, gaz, décharges, chauffage, etc.

Les tuyaux doivent pouvoir se dilater librement et ne peuvent être calés entre parois rigides.

Aux endroits des joints de dilatation et d'affaiblissement dans le bâtiment, il existe des dispositifs de dilatation pour chaque conduite franchissant le joint ; ce sont généralement de vastes boucles donnant aux canalisations une liberté de déformation presque absolue en tous sens.

Aux passages à travers les hourdis, murs et cloisons, les conduites sont entourées d'une gaine en fort carton permettant leur libre dilatation, sans provoquer de dégradations aux enduits, plafonnages et carrelages.

Pour parer aux condensations qui se produiraient sur les tuyaux d'eau froide, ces derniers sont convenablement calorifugés. Un calorifugeage suffisamment efficace et assez économique, se com-

pose d'une feuille d'amiante de 5 mm d'épaisseur, recouverte d'une toile gommée.

Des postes intérieurs d'incendie sont régulièrement distribués dans les bâtiments, conformément aux prescriptions du Comité Interministériel d'incendie.

Les appareils en faïence sanitaire (lavabos, éviers, déversoirs, WC, tubs de douche, etc.) sont de toute première qualité garantie :

- 1° par un double triage par l'agent réceptionnaire de l'Université, une fois à l'usine du fabricant et une deuxième fois à leur arrivée sur le chantier,
- 2° par des épreuves de réception exécutées par le laboratoire d'essai des matériaux et qui sont décrites plus loin.

Ces appareils sont de fabrications anglaise et belge à l'Institut de Chimie et Métallurgie et de fabrication exclusivement belge à l'Institut du Génie Civil et à la Centrale thermo-électrique.

Il est heureux de constater qu'une industrie, pour des produits dont nous étions il y a peu d'années encore tributaires de l'étranger, commence à prendre avec honneur et succès son essor en Belgique. La qualité des faïences sanitaires fabriquées en Belgique est en grand progrès et il est permis d'espérer que, grâce à un effort persévérant, elle pourra bientôt à tous points de vue être considérée comme équivalente à celle des meilleurs produits étrangers.

Les robinets de prise d'eau sont en cuivre chromé d'un modèle spécial avec soupape secondaire automatique par pression d'eau, permettant leur démontage en cas de remplacement du joint, sans devoir couper les eaux.

Les prises de gaz sont constituées par des robinets d'arrêt en bronze à boisseau, serrables par la tête.

**Plafonnages, enduits, revêtements des murs et escaliers, pavements, etc.** — Le problème des parachèvements a plus d'importance qu'on n'a généralement tendance à lui attribuer et si l'on n'apporte pas à leur étude tous les soins voulus et que l'on ne suit pas leur exécution avec une attention soutenue, on s'expose inévitablement à de graves mécomptes, que l'on peut facilement éviter en s'inspirant des quelques principes exposés dans ce qui suit et qui sont le fruit de nombreuses observations faites au cours de plusieurs entreprises de parachèvement et des multiples leçons déduites de la pratique des choses.

a) *Enduits ordinaires sur murs et plafonds.* — Tous les plafonds des Instituts universitaires du Val-Benoît sont exécutés à l'enduit ordinaire à la chaux en deux ou trois couches appliquées, soit directement sur le hourdis, soit sur du métal déployé fixé par des ligatures en cuivre recuit à des barres raidisseuses rondes de 8 mm de diamètre, dis-

tantes d'environ 60 cm, fixées à leur tour sur des fers plats ou crochets scellés dans le béton des hourdis lors de la confection de ces derniers.

Il est essentiel de veiller à ce que les ligatures soient en cuivre recuit et non en laiton. Car, ce dernier ne supporte pas l'écrouissage, change complètement de structure dans les plis et casse sournoisement, non pas lors de son utilisation, mais par vieillissement quelques jours, voire plusieurs semaines après la confection du plafond. Cette altération du laiton à moins de 60% de cuivre est par ailleurs connue.

Il n'y a que l'enduit à la chaux qui puisse convenir pour les faux-plafonds sur treillis déployé. L'enduit au ciment frais n'y adhère pas et se détache dès que la truelle du plafonneur cesse de l'y appliquer.

Comme revêtement des cloisons et murs intérieurs, l'enduit ordinaire à la chaux peut convenir pour les habitations privées, mais n'est pas à conseiller pour les grandes constructions modernes à ossature indépendante, où, comme aux Instituts universitaires du Val-Benoît, les cloisons ne servent que de séparation et ne remplissent aucune fonction de support. Ces cloisons sont construites en matériaux légers, maçonnés à la chaux et subissent inévitablement un tassement qui les détache légèrement des colonnes et poutres en béton armé.

L'enduit à la chaux ne suit généralement pas, par une fissure simple et bien nette, le tassement des maçonneries, mais se fissure et se fendille en tous sens et d'une manière tout à fait irrégulière en formant le long d'une fente dans la maçonnerie un véritable réseau de fissures multiples enchevêtrées et entrelacées; là ne se bornent pas les dégâts : le réseau de fissures est presque toujours accompagné de soulèvements et boursoufflements qui provoquent finalement le détachement complet, par grandes plaques, de la couche de lissage.

D'un autre côté, l'enduit à la chaux est extrêmement vulnérable et convient de ce chef très peu pour des locaux qui auront à subir une intense circulation d'occupants constamment renouvelés et qui n'ont pas toujours le souci de respecter scrupuleusement les installations mises à leur disposition. L'entretien devient onéreux et presque impossible à assurer d'une manière continue, si l'on ne veille pas au cours de la construction à mettre en œuvre des matériaux solides, résistants, défiant toute brutalité et facilement lavables.

Dès lors, l'enduit au ciment peint à l'huile s'impose; il existe évidemment encore de nombreux autres enduits résistants à base de ciment, mais qui sont généralement coûteux et ne remplissent que rarement à la fois les deux conditions : grande résistance et facilité de nettoyage.

L'enduit au ciment en une couche de 12 à 15 mm suffit s'il est à peindre; s'il doit rester nu, il est à conseiller de l'appliquer en deux couches d'une épaisseur totale de 22 mm, car autrement l'ap-

pareillage de la maçonnerie se marque nettement dans l'enduit.

L'enduit à la chaux est toutefois moitié moins cher que le cimentage et il est dès lors intéressant de pouvoir combiner les deux dans les conditions les plus favorables et pour l'économie et pour l'exploitation.

Un cimentage sur environ 2,30 m de hauteur peut suffire, le restant du mur étant enduit à la chaux. Mais il est indispensable, si l'on veut éviter des fissurations irrégulières, de marquer délibérément par un trait de couteau, profond et continu, dans l'enduit à la chaux, la ligne de séparation entre la maçonnerie et l'ossature. On réalise ainsi une mince ligne bien droite et nette, presque imperceptible à ceux qui ne sont pas prévenus de la chose, mais qui évite les fissurations et dégradations importantes dans l'enduit, définies plus haut.

Cette dernière solution a été adoptée à l'Institut du Génie Civil pour tous les locaux à utilisation courante : lambris au ciment sur 2,30 m de hauteur, en une couche de 12 à 15 mm d'épaisseur

peint à l'huile, le reste du mur et le plafond étant d'une manière générale enduits à la chaux également peints à l'huile. Dans les auditoires, salles de dessin, laboratoires, etc., le long de la ligne de séparation entre les deux enduits, s'encastrent des lattes en acier galvanisé (fig. 4) pouvant servir à l'accrochage de plans, cartes, etc.

Fig. 4. — Lattes pour suspension de plans, cartes, etc.

Les murs de l'Institut de Chimie et Métallurgie, sauf certains dégagements et escaliers, sont entièrement enduits à la chaux ; les arêtes sont protégées contre les dégradations par des cornières spéciales en zinc.

b) *Revêtements spéciaux.* — Pour les couloirs, dégagements, salles de collections, escaliers, etc., de l'Institut du Génie Civil, les lambris en ciment ordinaire peint à l'huile sont remplacés par un « revêtement cimenté au silex » dont voici la composition : 900 litres de gravier quartzeux roulé ou concassé 1/3 mm blanc panaché ; 300 litres de sable de carrière siliceux 0/2 et 600 kg de ciment extra blanc C. B. R. ; l'épaisseur totale est d'environ 25 mm. Ce revêtement est appliqué à la truelle en deux couches ; les faces externes doivent

être parfaitement lissées et rigoureusement planes et sont lavées à l'eau à la brosse immédiatement après l'application de l'enduit, pour faire disparaître la laitance superficielle.

Après durcissement suffisant, les surfaces de ce béton sont rendues rugueuses et la mosaïque du gravier rendue apparente par un lavage à l'acide dilué.

Les lambris des cages d'escalier et des grands dégagements principaux de l'Institut de Chimie et de Métallurgie, ainsi que les revêtements des locaux à destination de lavatoires de tous les Instituts, sont exécutés au moyen de carreaux céramiques émaillés.

Les qualités mécaniques exigées pour ces matériaux sont exposées plus loin ; ils ont sur tous les autres revêtements l'avantage incontestable de ne pas être salissants : il suffit pour qu'ils restent propres de passer de temps en temps un chiffon humide ; mais ce revêtement est coûteux et il exige pour être bien réussi une main d'œuvre spécialisée et extrêmement consciencieuse. A la longue, des carreaux peuvent se détacher ici et là et se briser ; à supposer même qu'un service d'entretien suffisant songe à les remplacer, il peut être difficile de le faire si les carreaux sont d'aspect spécial. Si le remplacement ne se fait pas, la salle est dépréciée ; car, le plus beau revêtement de céramique émaillée acquiert un aspect pauvre et misérable s'il n'y manque même que quelques carreaux.

Le Laboratoire de Thermodynamique, les sous-sols et la salle de chauffe de la Centrale thermique sont entièrement cimentés, tandis que la salle abritant le turbo-alternateur et les tableaux de commande est traitée au « revêtement cimenté au silex » tout comme les dégagements de l'Institut du Génie Civil.

c) Il n'est pas possible de passer sous silence les allèges vitrées de l'Institut du Génie Civil ; car, le caractère essentiel de cet Institut est d'être pourvu en façades extérieures (et pour certaines façades des cours) de châssis métalliques de quatre étages de hauteur, qui ne sont pas interrompus par des allèges en maçonneries, comme cela se fait habituellement. Il a toutefois fallu, tout en conservant au bâtiment son caractère particulier voulu par ces châssis, construire des allèges intérieures qui devaient remplir les buts suivants :

1° être conçues de façon à ce que le coefficient de transmission de la chaleur soit autant que possible équivalent à celui d'une allège en maçonnerie ordinaire,

2° enlever aux occupants des locaux l'impression si gênante de se trouver dans une cage en verre et d'être exposés aux regards indiscrets des passants.

Ces allèges vitrées sont en principe constituées des éléments suivants :

- a) d'un verre épais strié de 15 mm d'épaisseur du côté extérieur ;
- b) d'une couche de 3,5 cm d'épaisseur d'amiante bleu projetée avec un adhésif sur une plaque d'éternit, le tout appliqué contre le verre ci-dessus et
- c) d'un muret de 10 cm d'épaisseur en béton armé, revêtu d'un enduit cimenté au silex.

Ce système de facture compliquée et délicate présente un assez sérieux inconvénient : l'amiante étant hygroscopique, les plus légères infiltrations d'eau à travers le châssis, normalement imperceptibles, se marquent d'une façon nette par des taches d'humidité vues par transparence à travers le verre de l'allège.

Le système des allèges vitrées a également été appliqué pour certaines façades de la Centrale thermo-électrique et du Laboratoire de Thermodynamique avec la modification suivante : sur une plaque d'éternit, a été projetée au préalable une très mince couche d'amiante bleue, servant uniquement à donner la teinte voulue par transparence ; la couche isolante est formée de plaques en liège expansé de 4 cm d'épaisseur appliquées contre l'éternit ; vient ensuite le muret en béton comme pour les allèges du Génie Civil. Ce système s'est mieux comporté.

d) *Pavements.* — Sur le hourdis est d'abord étendu un sous-pavement en béton maigre (300 kg de ciment métallurgique par m<sup>3</sup> de laitier granulé) convenablement nivelé.

La surface supérieure de ce béton de sous-pavement est ensuite recouverte d'un enduit plastique d'insonorisation de 5 mm d'épaisseur, composé d'une partie en volume de sciure de bois, pour une partie en volume d'émulsion à 50% de bitume (point de ramollissement « Ring and ball » 60° à 70° C.)

Les carreaux céramiques de pavement sont ensuite posés à l'aide de mortier de ciment sur un lit de sable.

La pose des carreaux s'est faite à joints serrés aux Instituts de Chimie et Métallurgie et du Génie Civil et avec des joints de 5 mm d'épaisseur pour la Centrale thermo-électrique et le Laboratoire de Thermodynamique.

La pose à joints serrés est plus facile que l'autre au point de vue de l'exécution, mais nécessite un triage très soigné des carreaux céramiques pour obtenir la concordance des dimensions.

A l'Institut de Chimie et Métallurgie, il a été fait choix de carreaux de dimensions 100 × 100 × 10 mm, tandis qu'aux autres bâtiments la préférence a été donnée aux carreaux de 150 × 150 × 15.

Une main d'œuvre réellement qualifiée et consciencieuse pour la pose du carrelage est assez difficile à trouver ; il faut pourtant strictement veiller à une pose impeccable qui a une importance capitale pour donner au bâtiment un cachet de

réel fini ; il est indispensable de suppléer par une stricte surveillance à un manque éventuel de conscience professionnelle de la main-d'œuvre.

Ce point a une importance encore bien plus considérable pour la pose des carreaux de revêtement sur murs, où le moindre défaut dans la régularité des joints saute immédiatement aux yeux.

e) Les marches d'escaliers de tous les Instituts sont recouvertes de tranches sciées de calcaire noir (petit granit des carrières de l'Ourthe et de l'Amblève) de 4 à 7 cm d'épaisseur pour l'Institut du Génie Civil et de tranches sciées et polies de 4 cm à l'Institut de Chimie et Métallurgie.

Les contremarches sont également en petit granit et ont 2 cm d'épaisseur. Les marches et contremarches sont posées à plein bain de mortier de ciment.

Divers revêtements ont été examinés avant de fixer ce choix ; tous présentent des défauts plus ou moins sérieux — ceux qui en ont le moins sont d'un prix prohibitif. Le petit granit est le revêtement le plus avantageux, en comparant ses inconvénients et ses qualités à son prix. Les tranches de petit granit sont essayées à la compression, à l'usure et au choc. Une précaution essentielle à prendre si l'on utilise le calcaire noir comme revêtement des marches d'escalier, est d'éviter l'emploi de dalles trop longues ; sinon on s'expose à des fissurations transversales dans les marches.

f) Pour terminer ce chapitre, voici indiquées brièvement les prescriptions de qualité exigées pour les produits en céramique émaillée ou non : carreaux céramiques de pavement, carreaux céramiques émaillés de revêtement intérieur et extérieur, grès sanitaires pour tuyaux et faïences sanitaires.

On a essayé de standardiser dans la mesure du possible les essais et épreuves de réception relatifs à ces matériaux.

Les carreaux céramiques de toutes natures, de même que les pièces en céramique émaillée doivent être de toute première qualité au point de vue des matières employées pour leur confection, du poli des surfaces qui seront sans défauts apparents, de l'imperméabilité, de la solidité et du fini. Tous ces matériaux rendront un son clair sous le choc du marteau d'essai. Leur structure doit être homogène et de grain fin.

Les pièces en grès cérame sont soumises avant agrégation à une série d'épreuves au laboratoire d'essai des matériaux, dont voici l'énumération :

1° Essais de porosité.

2° Essais de gélimité par transport alternatif et répété des pièces à essayer d'un bain d'eau à 100° C dans une chambre frigorifique tenue à la température de — 15° à — 20° C et inversement ; les échantillons doivent rester absolument intacts ;

3° Essais d'usure ;

4° Essais de résistance au choc ;

5° Résistance à la flexion ;

6° Résistance aux acides.

Deux essais supplémentaires se font en outre pour les faïences sanitaires seules :

7° Essais à la bille d'acier chargée de poids variant progressivement de 100 à 500 kg pour l'examen de la résistance superficielle de l'émail et

8° Examen de l'épaisseur et de l'adhérence de l'émail.

**Menuiseries, parquets en bois ou en linoléum et ferronneries.** — Les menuiseries et ferronneries des Instituts universitaires du Val-Benoît sont dépourvues de toute espèce de luxe superflu ; elles sont simples, sans ornements ni préparations coûteuses ; mais une bonne qualité des matériaux alliée à une exécution et pose parfaites sont exigées.

Les balustrades, grilles, rampes, etc... ne comprennent que des profilés courants : barres plates ou carrées et tubes en acier. Les mains-courantes sont d'un profil spécial, en bronze à l'Institut de Chimie et Métallurgie et en tubes d'acier patiné, blanchi et verni à l'Institut du Génie Civil.

Ce dernier dispositif assez agréable d'aspect au début, semble toutefois n'être pas à conseiller ; car, comme il n'existe pas de vernis imperméable, l'acier semble exposé à rouiller malgré la protection et des taches de rouille se répandent rapidement en dessous des vernis.

Lors de la confection des ferronneries, il faut surtout veiller à une exécution convenable des soudures ; la plupart des ferronniers semblent malheureusement attacher peu d'importance à ce point, qui est pourtant d'un intérêt capital pour la résistance et l'aspect satisfaisant d'une ferronnerie.

Les essences de bois utilisées pour les menuiseries des Instituts sont le chêne, le hêtre, le limba clair et foncé et le kambala ; ces deux dernières essences sont originaires du Congo Belge.

Le limba foncé, verni avec soin est d'un effet décoratif remarquable, tandis que le kambala remplace avantageusement le chêne pour la confection des parquets ; il est moins cher que le chêne, aussi dur et résistant que ce dernier, mais il est moins uniforme dans ses teintes. Ce dernier point n'est pas un défaut — bien au contraire : la variété dans les nuances confère au parquet un caractère plus agréable et moins sévère que le parquet en chêne.

Mais dans l'utilisation des essences congolaises, il faut se méfier de l'humidité. Le kambala en particulier y est très sensible. On ne peut utiliser cette essence que dans des endroits secs, régulièrement et uniformément chauffés en hiver.

Les bois de chêne sont de premier choix et sciés sur quartier ; un faible pourcentage de faux quartier est admis.

Un lot de chêne présenté à l'examen de l'agent réceptionnaire n'est définitivement agréé que lorsque des échantillons de ce bois soumis à divers essais au laboratoire ont donné satisfaction.

Ces essais ont pour buts : la détermination du poids spécifique (0.600 au minimum pour le chêne

de première qualité), la recherche de l'humidité (au maximum 16% du poids sec), la résistance à la flexion et la résistance à l'usure pour le parquet.

Les bois lamellés et contreplaqués (triplex, multiplex, etc.) dont un usage abondant a été fait pour la confection des diverses menuiseries des Instituts universitaires, sont soumis à de sévères essais de réception. Car, rien ou presque ne distingue à l'aspect un contre-plaqué de bonne qualité d'un mauvais.

Les bois contre-plaqués sont constitués d'un nombre impair de couches de bois. Les fibres de deux couches quelconques juxtaposées doivent se croiser sous un angle de 90° ; les couches extérieures en bois déroulé doivent être d'une pièce. La colle est à base de caséine, de fibrine ou d'albumine. Le collage doit être tel, que la résistance dans la section de collage ne soit pas inférieure à celle en plein bois.

Des panneaux de contre-plaqué sont soumis à la recherche du degré d'humidité qui doit être inférieur à 20% et à l'essai de résistance à l'eau bouillante : des éprouvettes de 10 × 10 cm immergées dans l'eau maintenue en ébullition pendant une heure, ne peuvent être gauchies ni décollées d'une manière accusée.

Les quincailleries sont à de rares exceptions près, soit en bronze, soit en acier ou en fonte inoxydables. L'acier inoxydable se fabrique à l'étranger, tandis que la fonte inoxydable a l'avantage d'être une industrie nationale. L'acier inoxydable est à teneur d'environ 18% de chrome et 8% de nickel.

Les objets en acier ou fonte inoxydables doivent pouvoir satisfaire à l'essai au « brouillard salin » (solution à 20% de chlorure sodique) pendant une durée de 48 heures sans se ternir ni manifester d'attaque apparente.

Il faut veiller à ce que les pièces, surtout si elles sont en fonte inoxydable, soient bien polies et exemptes de piqûres.

Les parquets de l'Institut de Chimie et Métallurgie sont en chêne, ceux de l'Institut du Génie Civil en kambala.

La pose est faite par collage à froid au moyen d'une matière bitumineuse spéciale sur une aire en béton convenablement lissée. Après pose, le parquet est soigneusement raclé et mis en cure.

Le linoléum, de toute première qualité, d'au moins 4 mm d'épaisseur, est soumis avant agréation à des essais d'usure, de pliage sur mandrin d'un diamètre égal à 8 fois l'épaisseur du linoléum sans pouvoir présenter des fissures et à l'essai à la bille de 10 mm de diamètre sous diverses charges.

L'aspect de la masse au microscope doit être celui d'un mortier fin bien serré.

La pose est faite sur une aire en béton rigoureusement plane et soigneusement lissée, mais au plus tôt quatre semaines après la confection de ce béton. Le linoléum est collé sur toute sa surface à l'aide de colle à la caséine, insoluble après prise ni dans l'eau ni dans l'alcool.

**Couleurs, peintures et vernis.** — La presque totalité des murs et plafonds des bâtiments universitaires du Val-Benoît sont peints à l'huile. Les locaux du sous-sol de l'Institut de Chimie et Métallurgie sont peints à la détrempe et quelques autres pièces du même institut à l'usage de bureaux, sont tapissées.

Les peintures à l'huile se font en trois ou quatre couches, suivant qu'elles sont appliquées sur enduits au ciment ou sur plafonnages ordinaires à la chaux ; il doit s'écouler au moins 48 heures entre la pose des couches successives ; après chaque couche les murs sont égrainés et poncés. Après application de la dernière couche, il est procédé à un tamponnage soigneux à l'aide d'une brosse à poils tendres ; c'est seulement cette dernière opération qui donne à la peinture à l'huile son fini et un aspect mat, légèrement brillant.

La peinture des enduits de ciment ne peut se faire qu'après préparation spéciale des surfaces qui sont traitées comme suit :

brossage énergique et enduisage au moyen d'une solution de cire jaune dissoute dans de l'essence de térébenthine ; après évaporation de la térébenthine, on commence l'application de la peinture.

Tous les objets métalliques sont enduits d'une couche d'une peinture protectrice contre la corrosion. La peinture préférée à ce sujet est celle au minium de plomb, mais n'est autorisée que pour les travaux extérieurs. On y substitue le minium de fer pour l'intérieur. Sur cette base, on applique deux ou trois couches de peinture à l'huile (deux couches à l'intérieur du bâtiment et trois à l'extérieur).

Les couleurs à l'huile sont composées de céruse, de litharge, d'huile de lin et d'un pigment qui donne à la peinture la teinte voulue.

Le dosage de ces divers composants est étudié de façon à ce que la pellicule de peinture soit souple, que la peinture soit bien couvrante et qu'elle sèche en 24 heures au plus tard. Ces qualités sont vérifiées au Laboratoire d'essai des matériaux par des essais d'adhérence, de souplesse et de vieillissement, des essais de pouvoir couvrant et de durée de séchage.

Il va de soi que les composants de peintures (minium de plomb ou de fer, céruse ou blanc de zinc, térébenthine, huile de lin, siccatif, pigments, etc.) sont, avant leur utilisation, examinés au laboratoire pour prévenir toute falsification et pour éviter l'emploi de matières premières qui seraient nuisibles à la bonne qualité des peintures.

Les menuiseries (portes, lambris, plinthes, cimaises, etc.) et les meubles sont d'abord peints à une couche d'huile de lin pure, légèrement siccatif ; après un léger ponçage, on applique une couche de bouche-pores et deux couches de vernis ; avant application de la dernière couche de vernis, le bois est soigneusement frotté au papier verrouillé ;

il faut veiller à ce qu'une couche soit bien sèche et bien préparée pour recevoir la suivante.

Les vernis sont du type Etat Belge, pure gomme de copal et essence de térébenthine, sans la moindre trace de colophane, d'huile de lin ou de white spirit.

Ils subissent préalablement à leur agrégation diverses épreuves au laboratoire :

Essai de pliage.

Essai à l'eau (un panneau de fer blanc enduit de vernis est immergé dans l'eau pendant 18 heures ; aucune apparence de blanchissement ou d'efflorescence ne peut se manifester, ou s'il s'en montre, elle devra disparaître dans un délai de moins de deux heures).

Essai en pellicules, à l'étuve et à la savonnée.

**Aménagement acoustique et électro-mécanique des amphithéâtres.** — Les quatre grands auditorios des Instituts Universitaires sont pourvus d'un aménagement acoustique approprié, étudié par un spécialiste en la matière et exécuté suivant ses indications : les parois de fond, opposées à la chaire, sont recouvertes de plaques résistantes en fibres comprimées, spécialement étudiées et conçues pour ce genre d'utilisation.

Les principaux buts que cet aménagement acoustique doit remplir sont les suivants :

Obtenir une correction phonique interne des grands auditorios en rapport avec la destination de ces salles qui est l'enseignement oral direct. Cette correction doit assurer l'auditibilité convenable et suffisante dans toute l'étendue de la salle, sans réverbération prolongée et gênante des sons émis par l'orateur et sans exiger de celui-ci un effort vocal anormal supérieur à celui qui est usuellement développé par un professeur dans son enseignement et qui correspond à l'élocution à voix haute, soutenue pendant une heure ou deux, mais sans effort ni éclat.

Ces conditions avaient été posées préalablement par la Direction technique. Cependant, l'aménagement doit être convenable aussi pour les projections animées sonores, compte tenu d'une absorption majorée par les rideaux d'obscurcissement et un nombre d'auditeurs probablement plus grand.

L'aménagement électro-mécanique complet n'a été prévu que pour les auditorios de l'Institut du Génie Civil. Chacun d'eux est muni de deux tableaux noirs mobiles va et vient de 5,40 m de longueur chacun, à commande électro-mécanique : une barre longitudinale placée en dessous du tableau manœuvre par translation longitudinale un inverseur à trois positions : les deux positions extrêmes correspondent aux fins de course et y bloquent automatiquement les tableaux ; une position médiane permet d'arrêter les tableaux à un niveau quelconque au gré du professeur.

Chacun des auditorios est pourvu d'un appareil cinématographique pour la projection de films

muets ou sonores de 16 mm ; chacun de ces appareils se trouve dans une cabine spécialement aménagée à cet effet derrière la paroi de fond de l'auditoire ; il est doublé d'une puissante lanterne pour projections fixes d'images épi- et diascopiques.

L'écran de projection de 3,40 m × 3,40 m fixé au dessus du tableau est transsonore : le haut-parleur électro-dynamique est placé derrière l'écran et à peu près au centre de celui-ci ; on crée de la sorte pour les auditeurs l'impression que le son vient directement de l'image.

Les stores noirs pour les fenêtres, d'une opacité absolue, sont à commande électro-mécanique simultanée manœuvrés par boutons poussoirs de la chaire du professeur ; les fenêtres étant de dimensions variables, les démultiplications ont été calculées de manière à obtenir une synchronisation parfaite dans le mouvement de tous les stores.

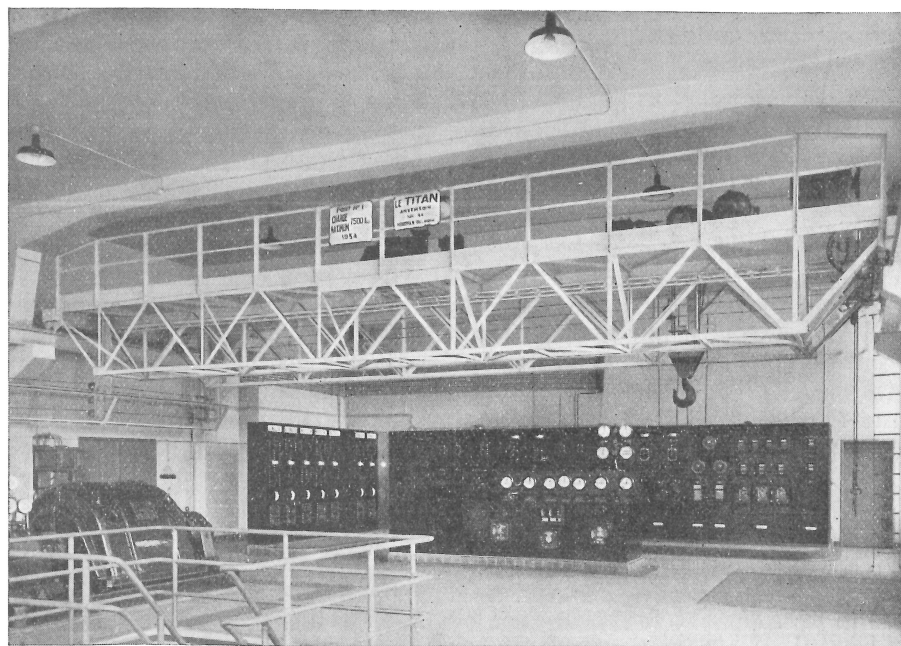


Fig. 5. — Photographie du pont roulant de la Centrale.

Outre l'allumage et l'extinction instantanés et complets de l'éclairage des salles, on a prévu l'extinction progressive et partielle des lampes par dévissage du courant (commandée de la cabine de projection), pour permettre, en cas de projections, un passage progressif et lent de l'éclairage intensif à l'obscurité complète et inversement.

Il est en outre prévu un éclairage tangentiel des tableaux par projecteurs spéciaux encastrés dans le plafond et commandés de la chaire du professeur. Ce dispositif permet au professeur ou au conférencier de donner des explications au tableau tout en maintenant le restant de la salle dans l'obscurité.

Pour compléter cet ensemble, la chaire de chaque auditoire est pourvue d'une liaison téléphonique avec la salle de préparation d'une part et avec la

cabine de projection d'autre part. En outre, on peut de ce point commander l'extinction et l'allumage totaux de l'éclairage, en vue notamment de l'ordre ou de toute éventualité.

**Engins de levage et de manutention.** — Divers ponts roulants, monorails et palans desservent certaines salles de machines et laboratoires des Instituts Universitaires du Val-Benoît.

1° Centrale thermo-électrique, salle du turbo-alternateur : pont roulant de 12,50 m de portée ; charge maximum 7,5 tonnes.

2° Laboratoire de Thermodynamique : pont roulant de 13,50 m de portée ; charge maximum 10 tonnes.

3° Laboratoire d'essai du Génie Civil : pont roulant de 8,00 m de portée ; charge maximum 5 tonnes.

4° Laboratoire d'Hydraulique : pont roulant de 11,80 m de portée ; charge maximum 1,5 tonne.

5° Au même laboratoire : monorail de 1,5 tonne.

6° Halle expérimentale annexée au Laboratoire du Génie Civil : pont roulant de 8 m de portée et de 10 tonnes de charge maximum.

7° Fonderie (halle isolée) annexée au service de métallurgie du fer de l'Institut de Chimie et Métallurgie : pont roulant de 8 m de portée et de 2,5 tonnes de charge maximum.

8° Station de pompage : un pont roulant de 4,80 m de portée et de 1 tonne de charge maximum.

Les ponts roulants énumérés sous 1°, 2°, 3°, 4°, 6° et 7° ont leurs trois mouvements (translation, direction et levage) commandés par moteurs électriques ; pour le monorail 5°, le levage seul se fait électriquement tandis que pour le pont roulant de la station de pompage, la translation et le levage se font par moteurs, la direction à la main. Plusieurs palans, aussi bien à l'Institut de Chimie et Métallurgie qu'à l'Institut du Génie Civil, servent au chargement et déchargement des matériaux.

Tous ces engins ont rendu de réels services lors du montage des machines et lors de l'aménagement des divers services.

La figure n° 5 représente une photographie du pont roulant de la Centrale thermo-électrique.

Le corps enseignant et le personnel scientifique de l'Institut de Chimie et Métallurgie, ont à leur



disposition quatre ascenseurs dont deux desservent les laboratoires et les deux autres les services généraux. L'Institut du Génie Civil est desservi par deux ascenseurs, dont un du côté de l'entrée principale (Quai de Rome) et l'autre à l'entrée postérieure.

Ces ascenseurs sont calculés pour une charge utile de 500 kg et peuvent transporter six personnes à la fois.

Un monte-charge de 2000 kg destiné au transport des minerais, circule entre le sous-sol et le rez-de-chaussée des laboratoires du service « Métallurgie des métaux autres que le fer ».

L'Institut du Génie Civil est pourvu de deux monte-charges de 1000 kg chacun servant au transport de pièces de collections, d'éléments de machines, etc.; ils sont en outre d'une réelle utilité au service de nettoyage.

Les onze étages de la tour de la Centrale thermo-électrique sont desservis par un petit ascenseur pouvant transporter deux personnes ou une charge de 250 kg.

A l'intérieur de la salle de chauffe, circule un monte-charges entre le sous-sol, le niveau des chaudières et la galerie des silos à charbon; sa capacité est de 1 tonne.

---

# L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DES INSTITUTS

par GEORGES DAVID,

Ingénieur électricien A. I. Lg., attaché à la Direction technique

---

## Avant-propos

La Direction technique fut entièrement chargée de l'étude approfondie et détaillée des réseaux électriques des Instituts. Par réseaux électriques, on ne doit pas entendre uniquement la question « éclairage » dont la réalisation, assez simple en apparence, ne constituait qu'une partie du problème posé.

La description donnée ci-après permettra d'attribuer à chaque partie des installations son importance relative et le rôle qu'elle est appelée à jouer dans l'exploitation future des Instituts.

Il existe certes dans le monde des bâtiments d'étendues plus considérables que celles des Instituts universitaires du Val-Benoît ; par exemple, certains hôpitaux, hôtels, vastes bâtiments administratifs, usines, gratte-ciel, etc... dont l'étude des installations intérieures demande moins de temps peut-être, grâce aux possibilités de standardisation des salles, réduisant les types de locaux à équiper à un nombre aussi restreint que le permettent les circonstances et desiderata d'établissement.

Lorsqu'il s'agit d'installations d'instituts universitaires, chaque local exige une étude particulière du fait d'une affectation bien définie.

C'est ce qui frappe précisément un visiteur quelque peu observateur des Instituts du Val-Benoît : l'extrême variabilité des conditions d'installation imposées pour les nombreuses salles des différents services. Certains locaux de l'Institut de Chimie, par exemple, ne sont pas équipés de moins de cinq distributions de courant distinctes aux ramifications multiples.

Personne n'ignore aujourd'hui que les applications de l'électricité s'étendent, sans cesse, dans tous les domaines. Parmi ceux-ci il faudrait comprendre, en lui réservant la place d'honneur, la recherche scientifique, laquelle exige l'utilisation du courant électrique sous toutes ses formes : courant continu et alternatif sous diverses tensions, courant alternatif à diverses fréquences. De plus,

une bonne part des installations doit être réservée aux prévisions car, dans ce domaine, moins encore que dans tout autre, on ne peut établir les bases d'un projet sur de vagues calculs de probabilités, lesquels s'appuyant sur l'expérience du passé, ne fourniraient, en l'occurrence, que des estimations dont l'insuffisance ne tarderait guère à être démontrée.

Dans tous les cas où il s'agissait d'installations d'éclairage ou de force motrice proprement dite, le courant y est fourni dans les conditions normales économiques, c'est-à-dire courant alternatif triphasé avec ou sans neutre. Pour l'utilisation de l'électricité pour les besoins de laboratoire sous les tensions et formes diverses, définies ci-dessus, il est nécessaire de la transformer sur place. C'est ce qui a conduit à installer des groupes redresseurs, batteries d'accumulateurs, etc...

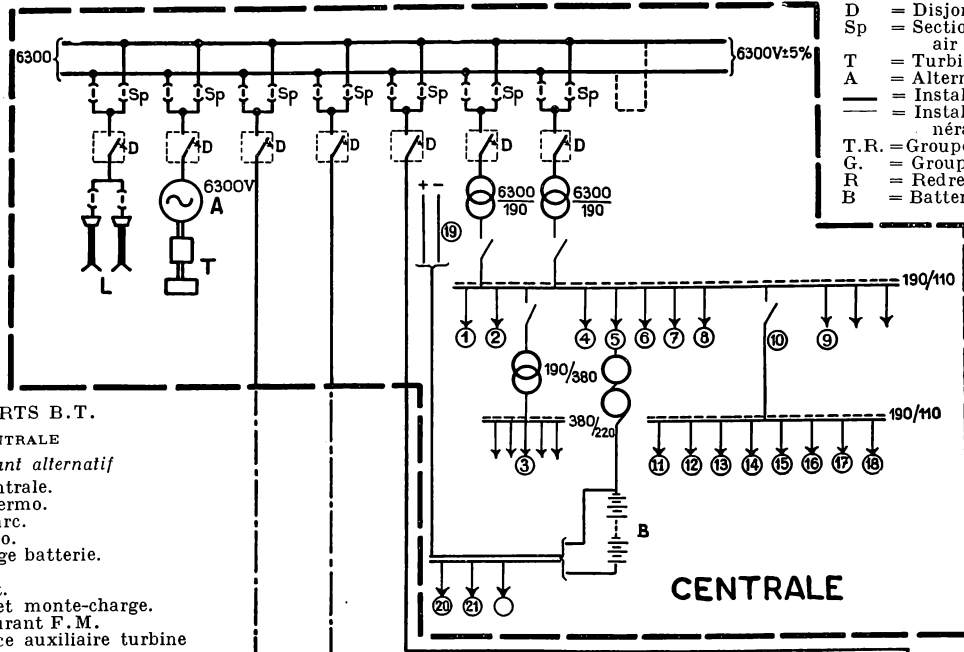
Le programme d'établissement pouvait être résumé comme suit pour chaque Institut :

- 1° Eclairage général.
- 2° Eclairage local ou individuel.
- 3° Eclairage de secours.
- 4° Eclairage extérieur.
- 5° Force motrice.
- 6° Ventilation.
- 7° Chauffage électrique (applications actuellement limitées).
- 8° Courant continu : a) fortes intensités ; b) faibles intensités de longue durée ; c) intensités diverses sous tensions multiples.
- 9° Répartition des circuits et tableaux des différents services.
- 10° Tableaux généraux.
- 11° Sous-stations H. T. et B. T.
- 12° Cabine et réseau H. T.
- 13° Aménagement des locaux du service électrique.
- 14° Essais, réceptions et mise en service.  
Pour la Centrale, il y avait, en outre :
- 15° Le câblage H. T. de liaison avec la sous-station d'Ougrée de l'U. C. E. Linalux.

**SCHEMA GÉNÉRAL DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE**

**LÉGENDE**

- L = Arrivée Linalux.
- D = Disjoncteur à air comprimé.
- Sp = Sectionneur (commande à air comprimé).
- T = Turbine.
- A = Alternateur. 1560 kVA.
- = Installation 6300 V.
- = Installation B. T. (en général).
- T.R. = Groupe transfo-redresseur.
- G. = Groupe d'équilibre.
- R = Redresseur.
- B = Batterie d'accumulateurs.



**DÉPARTS B.T.**

**CENTRALE**

**A) Courant alternatif**

1. Eclairage centrale.
2. Eclairage thermo.
3. Eclairage parc.
4. F.M. thermo.
5. Groupe charge batterie.
6. Projecteurs.
7. Pont roulant.
8. Ascenseurs et monte-charge.
9. Prises de courant F.M.
10. Force motrice auxiliaire turbine et chaudières.
11. Manutention charbon et cendrées.
12. Pompe d'alimentation des chaudières.
13. Ventilateurs chaudière I.
14. Ventilateurs chaudière II.
15. Pompes de circulation et de remplissage du circuit de chauffage.
16. Pompes diverses.
17. Désherbage.
18. Auxiliaires de la turbine.

**B) Courant continu**

19. Commande de l'appareillage électrique et signalisation lumineuse.
20. Eclairage de secours.
21. Excitation secours.

**GÉNIE CIVIL**

30. Départs éclairage.
31. Départs éclairage.
32. Départs éclairage.
33. Départs éclairage.
34. Ascenseurs.
35. Monte-charge.
36. Laboratoires d'essais du Génie Civil.
37. Laboratoire d'hydraulique.
38. Laboratoire d'hydraulique.
39. Station de pompage à la Meuse.
40. Groupe charge batterie.
41. Projecteurs.

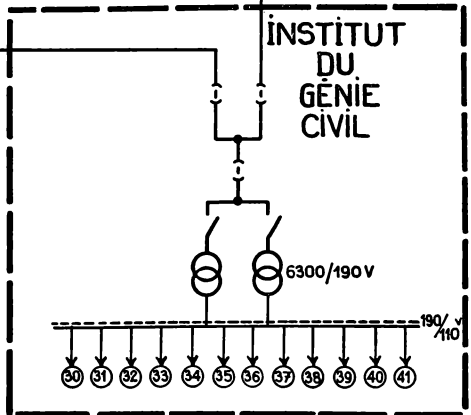
**CHIMIE**

**A) Courant alternatif**

50. Départs éclairage.
51. Départs éclairage.
52. Départs éclairage.
53. Départs éclairage.
54. Départs éclairage.
55. Départs éclairage.
56. Départs éclairage.

**INSTITUT DE MÉCANIQUE  
(EN CONSTRUCTION)**

**INSTITUT DU GÉNIE CIVIL**

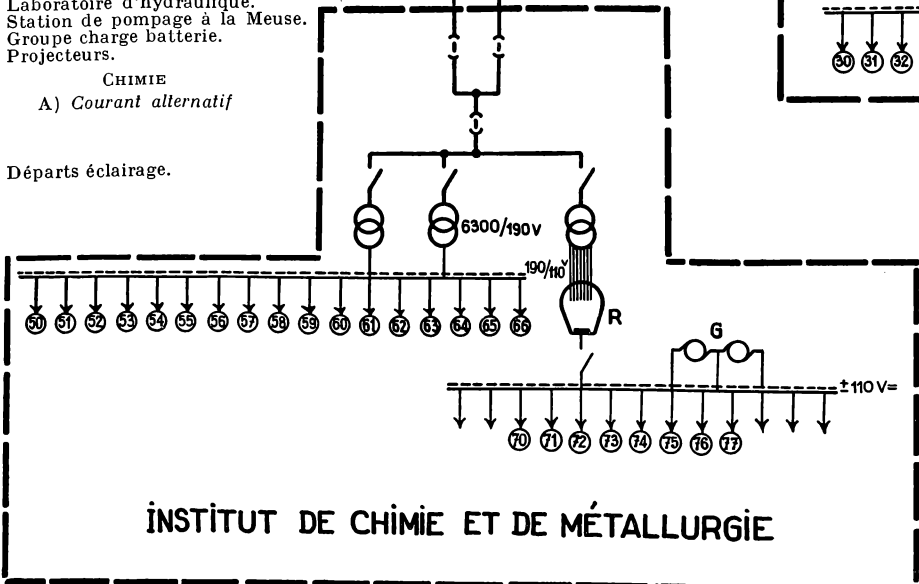


**INSTITUT DE CHIMIE ET DE MÉTALLURGIE**

57. F. M. Métallurgie générale et Sidérurgie.
58. F. M. Métallurgie spéciale.
59. F. M. Electrochimie.
60. F. M. Physico-Chimie.
61. F. M. Physico-Chimie.
62. F. M. Chimie industrielle.
63. F. M. Ascenseurs.
64. F. M. Groupes de charge batteries.
65. F. M. Ventilation.
66. F. M. Chimie analytique.

**B) Courant continu**

70. F. M. Métallurgie générale et Sidérurgie.
71. F. M. Métallurgie spéciale.
72. F. M. Electro-Chimie.
73. F. M. Physico-Chimie.
74. F. M. Physico-Chimie.
75. Chimie industrielle.
76. Chimie analytique.



16° L'alimentation des Instituts en courant haute tension.

17° Les tableaux généraux de couplage de l'alternateur.

Vu l'importance des bâtiments et des différents services, ce programme entraînait l'installation de réseaux intérieurs de grandes capacités. L'étude devait donc être confiée à un ingénieur électricien spécialisé.

Les installations électriques furent réalisées en utilisant 96% de matériel fabriqué en Belgique, ce qui constitue un résultat digne d'être signalé.

Toutes les installations furent établies sur des bases de calculs rigoureux : (flux lumineux pour chaque local suivant sa destination, les milliers de circuits électriques depuis la moindre lampe jusqu'aux tableaux correspondants, colonnes, circuits bouclés, feeders, en respectant constamment les conditions d'uniformité de tension et de densité de courant imposées par les règlements sur les distributions actuellement en vigueur).

Quant au choix des puissances installées des sous-stations, une marge de réserve est assurée pour l'avenir, laquelle, moyennant un programme d'exploitation et de répartition rationnel, s'avérera vraisemblablement suffisante pour de nombreuses années.

### I. — La Centrale électrique

La Centrale électrique est interconnectée au réseau de l'Union des Centrales électriques « Linalux » par une liaison à 6300 V constituée par 2 câbles réunissant la Centrale à la sous-station d'Ougrée.

Un groupe turbo-alternateur de 1500 kVA assure la fourniture d'énergie électrique aux Instituts, l'excédent de puissance étant renvoyé au réseau de l'Union des Centrales.

Pendant la période d'arrêt de l'alternateur, c'est cette dernière société qui fournit le courant aux Instituts.

La Centrale comporte principalement :

1° Les installations haute tension (alternateur et cabine).

2° Une sous-station de transformation équipée de 2 transformateurs de 200 kVA de puissance nominale.

3° La distribution basse tension (force motrice auxiliaire et éclairage).

4° Une batterie d'accumulateurs composée de 62 éléments de 360 Ah pour la manœuvre à distance et la signalisation.

5° Une distribution d'éclairage de secours.

**Cabine haute tension.** — L'appareillage de la cabine haute tension est prévu pour la tension nominale 11.000 V quoique la tension de service ne soit que de 6.300 V.

Le tableau comporte un double jeu de barres omnibus auxquelles aboutissent :

a) l'arrivée des câbles de l'U. C. E. Linalux ;

b) l'arrivée des câbles de l'alternateur ;

c) deux départs vers les transformateurs de la Centrale ;

d) trois départs vers les Instituts ;

e) un départ de réserve.

Chaque départ est muni, outre les appareils usuels (sectionneurs, réducteurs, etc.), de disjoncteurs de protection de haut pouvoir de coupure (250.000 kVA) à air comprimé. L'adoption de ce type de disjoncteur, d'encombrement réduit vis-à-vis de la puissance de coupure imposée, fut rendue nécessaire par le peu de place prévue pour les installations électriques.

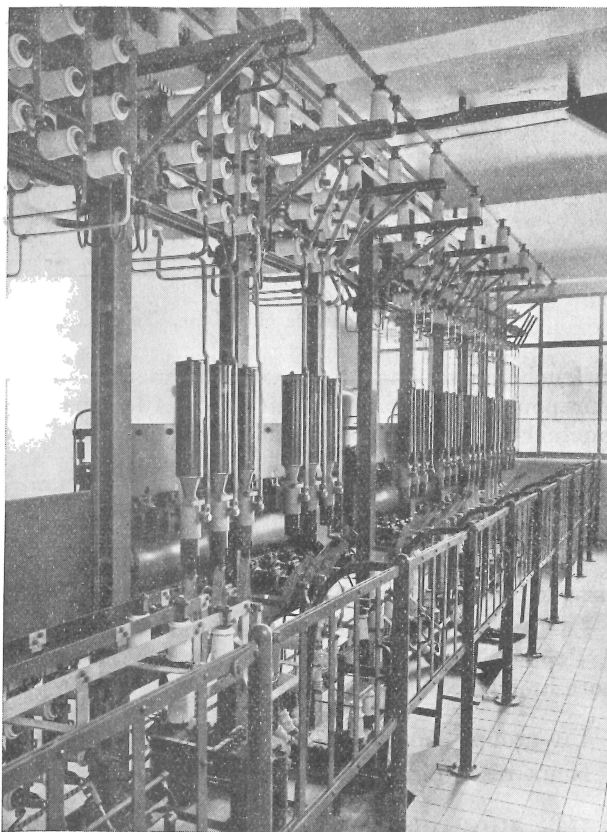


Fig. 2.

A l'exception des sectionneurs d'arrivée, les sectionneurs et disjoncteurs sont commandés de la salle de l'alternateur par une distribution électropneumatique. Cette disposition, dont il n'existe encore que peu d'exemples en Belgique, présente l'avantage d'une grande sécurité pour le personnel et l'installation en réduisant les risques de fausse manœuvre grâce aux dispositifs de sécurité décrits ci-après.

La commande de l'appareillage H. T. s'effectue à partir du schéma lumineux installé dans la salle de l'alternateur, réduisant ainsi au strict minimum la présence du personnel dans le local H. T.

De plus, des verrouillages de sécurité assurent notamment :

1) L'impossibilité de manœuvrer un sectionneur sous charge, en obligeant le préposé à effectuer les

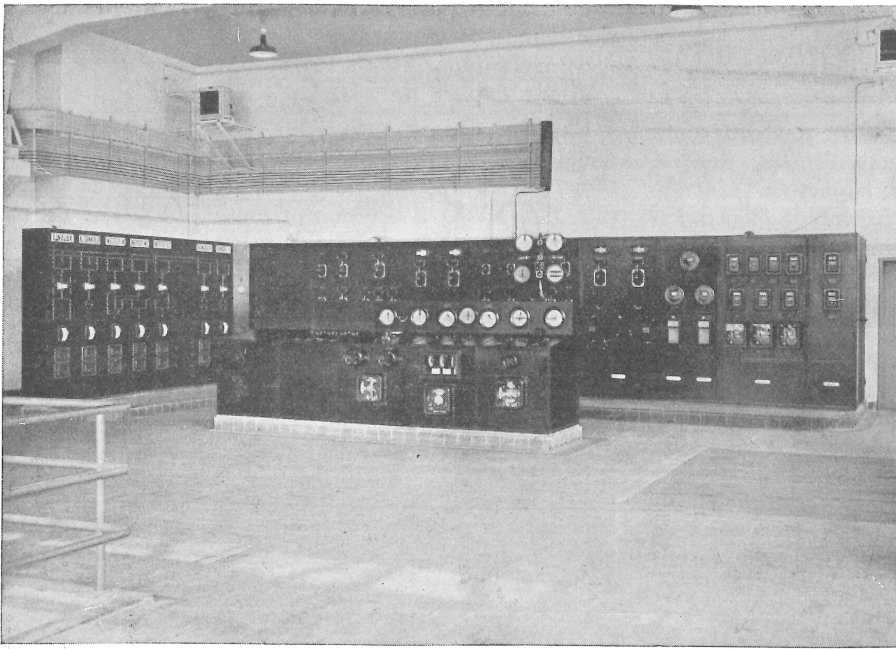


Fig. 3. — Centrale électrique. Tableau général basse tension.

enclenchements dans le sens sectionneur-disjoncteur pour une mise en circuit et dans le sens disjoncteur-sectionneur pour une coupure.

2) L'impossibilité de l'ouverture des cellules des transformateurs lorsque ceux-ci sont sous tension (même par retour par la B. T.).

3) L'impossibilité de mettre en circuit un transfo lorsque la porte de la cellule est ouverte.

La distribution d'air comprimé pour la manœuvre de l'appareillage H. T. est prévue à 9 kg et comporte notamment :

- Un groupe compresseur ;
- Deux réservoirs principaux ;

Une distribution vers les sectionneurs et disjoncteurs ; ceux-ci sont munis chacun d'une réserve d'air comprimé assurant ainsi la possibilité d'effectuer des coupures, même en cas de panne plus ou moins prolongée du compresseur.

Pour une description détaillée des disjoncteurs, on consultera les brochures éditées par la société B. B. C. à Baden (Suisse).

Lorsque la pression dans les réservoirs principaux diminue, le compresseur se remet en marche sous la commande d'un pressostat.

Si la pression tombe en-dessous des limites prévues par le constructeur, un signal acoustique et optique avertit le préposé au tableau de la salle des machines. Toutes les commandes se font par l'intermédiaire d'électrovalves.

**Le tableau général basse tension.** — Ce tableau est entièrement monté dans la salle des machines ; il se compose de 4 sections :

1) Tableau de dispersion assurant la fourniture du courant vers tous les départs force motrice auxiliaire et éclairage.

2) Tableau des compteurs et enregistreurs :

- 5 compteurs d'énergie wattée ;
- 4 compteurs d'énergie déwattée ;
- 2 enregistreurs de puissance ;
- 3 printomètres (enregistreurs de puissance quart horaire).

3) Schéma lumineux signalant à tout instant la position des sectionneurs et disjoncteurs ainsi que l'état de service des différentes parties du réseau intérieur à haute tension. Ce schéma sert également à la commande à distance

de la cabine haute tension de la Centrale. Il comporte en outre les relais de déclenchement des disjoncteurs.

4) Pupitre de manœuvre de l'alternateur. Ce pupitre comporte les appareils de *synchronisation automatique* et manuelle, les manettes de commande à distance du régulateur d'admission de la turoine, le régulateur de tension de l'alternateur, le rhéostat d'excitation de l'excitatrice, les relais de protection différentielle, les boutons de manœuvre des stations de pompage, une arrivée du courant continu de secours pour l'excitation avec rhéostat de réglage, les appareils de mesure usuels.

L'installation de couplage de l'alternateur est entièrement automatique. Elle comporte, en effet, outre les appareils bien connus de mise en parallèle automatique proprement dite, le dispositif *synchroniseur* d'invention et de mise au point récentes. Cette combinaison permet d'effectuer la mise en parallèle par la simple fermeture d'un interrupteur, écartant ainsi l'obligation de devoir disposer continuellement de la main d'œuvre qualifiée pour effectuer la manœuvre ordinaire.

Néanmoins, en cas de panne des équipements automatiques, il suffit de manœuvrer un sélecteur pour pouvoir effectuer la mise en parallèle manuelle. Pour plus de détails au sujet de cet équipement, le lecteur peut consulter la brochure 1405F B. B. C. d'octobre 1935.

Pour l'éclairage de la Centrale, on a eu principalement recours à l'éclairage direct.

Les sources lumineuses sont nombreuses et judicieusement réparties. Elles assurent un éclairage absolument uniforme dans le plan horizontal.

Citons l'emploi de réflecteurs à larges ouvertures, d'armatures étanches pour les locaux poussiéreux,

de hublots pour les passages difficiles, de circuits de prises à 24 V pour l'inspection des chaudières.

La distribution *force motrice* auxiliaire comporte divers départs en câbles armés alimentant des tableaux de dispersion « SA » suivant nomenclature ci-après :

SA <sup>1</sup>	{	Elévateur à charbon, Elévateur à cendrées, Transporteur à raclettes, Cabine de commande des chaudières, Grille des chaudières.
SA <sup>2</sup>	{	Pompes d'alimentation des chaudières.
SA <sup>3</sup>	{	Chaudière I : Ventilateurs (cheminée et grille).
SA <sup>4</sup>	{	Chaudière II : Ventilateurs (cheminée et grille).
SA <sup>6</sup>	{	Pompes de circulation d'eau de chauffage. Pompes de remplissage du circuit de chauffage.
SA <sup>7</sup>	{	Pompe de l'épurateur, Pompe de reprise du condensat des réchauffeurs, Pompe d'alimentation du distillateur, Pompe à l'huile du saturateur.
SA <sup>8</sup>	{	Désherbage.
SA <sup>9</sup>	{	Auxiliaires turbine.

D'autres départs alimentent les pompes d'assèchement des tunnels, les ascenseurs et monte-charges, les ponts roulants, etc...

## II. — Installations générales

1) *Câblage général vers les Instituts.* — Les sous-stations des Instituts sont alimentées par un réseau de câbles à 6.300 V formant boucle. Celle-ci emprunte les tunnels d'intercommunication qui réunissent tous les bâtiments. Cette disposition permet le remplacement aisé d'un câble sans interruption de la fourniture du courant aux sous-stations.

2) *Eclairage des façades.* — Les façades et la tour de la Centrale ainsi que les façades principales de l'Institut du Génie Civil peuvent être éclairées le soir par projection au moyen de projecteurs et de réflecteurs munis chacun d'une lampe de 1000 W.

L'éclairage extérieur par projection convient particulièrement aux bâtiments dont l'architecture est caractérisée par la sobriété des lignes.

L'influence de celles-ci sur l'esthétique de l'ensemble atteint toute sa valeur lorsqu'elles sont accusées sous le feu des projecteurs par des contrastes d'ombre et de clarté du plus heureux effet.

3) *Les paratonnerres.* — La protection des bâtiments contre la foudre est assurée par 3 paratonnerres à tiges radio-actives. Ces paratonnerres utilisent le principe du paratonnerre de Franklin, en ce sens qu'ils guident le coup de foudre vers un conducteur présentant une excellente liaison avec le sol. Néanmoins, le paratonnerre radio-actif est

conçu de manière à ioniser l'air autour de sa pointe d'une façon beaucoup plus intense que la simple tige métallique du paratonnerre Franklin.

Le paratonnerre du type « Cage de Faraday » était à proscrire, étant donné la complication d'installation et d'entretien qu'il aurait exigé pour son établissement à cause de la forme même des toitures (terrasses).

Le paratonnerre radio-actif débite en effet un courant électronique (sous forme d'effluves) très intense qui a pour effet de décharger continuellement les nuages environnants en écartant ainsi d'une manière à peu près certaine le danger de coup de foudre direct et cela, pour un rayon d'action minimum de 150 à 300 mètres suivant la hauteur de l'appareil au-dessus du sol et les conditions locales.

En cas de coup de foudre direct (cas assez rare, mais pouvant survenir lors d'un grain orageux progressant rapidement), des expériences faites sur le paratonnerre radio-actif ont démontré son efficacité par la constatation du fait que la trajectoire de l'éclair atteignant la pointe présente ordinairement un coude marqué aux environs de la pointe, le reste de sa trajectoire étant dirigé vers le nuage au-delà de la zone de protection de l'appareil.

Pour des renseignements plus complets concernant ces paratonnerres, on consultera les brochures « Paratonnerres Hérita ».

Les descentes vers les prises de terre sont constituées par des rubans en cuivre électrolytique de 100 mm<sup>2</sup> de section. Les rubans de descente aboutissent à des boîtes de jonction où se raccordent également les prises de terre proprement dites. Celles-ci sont constituées par des rubans de mêmes caractéristiques que ceux des descentes, répartis en forme de patte d'oie à 3 branches enfoncées à une profondeur de 2 m dans la terre grasse, de manière à assurer une bonne dispersion du fluide. La quantité de ruban enfoncée pour chaque prise est de 50 m, présentant une résistance de terre variant entre 3 et 8 ohms pour chaque prise.

Afin de réduire le plus possible les effets de self-induction sur les pièces métalliques voisines, dus à la composante oscillante des coups de foudre directs, toutes les masses métalliques importantes (châssis de fenêtres, canalisations d'eau et de gaz, toitures métalliques, etc...) sont réunies à la descente du paratonnerre.

Trois paratonnerres ont été installés respectivement sur la tour de la Centrale, sur la tour de l'Institut de Chimie et de Métallurgie et au point culminant de l'Institut du Génie Civil. Cette disposition triangulaire assurera une protection des plus efficaces et rendra superflue l'installation d'un paratonnerre sur l'Institut de Mécanique.

Enfin, mentionnons la mise à la terre des toitures en cuivre de la Centrale et de la terrasse du Laboratoire de Thermodynamique par deux descentes vers deux prises de terre distinctes situées de part et d'autre du bâtiment susdit.

**Notes descriptives relatives à certaines fournitures.** — 1) *Canalisations, tubes isolants, câbles armés, petit appareillage.* — Toutes ces fournitures furent livrées et mises en œuvre suivant les prescriptions du Comité Electrotechnique Belge et du Règlement technique de l'Union des Exploitations Electriques en Belgique.

2) *Transformateurs de puissance.* — Les puissances nominales varient entre 100 et 300 kVA.

Ils répondent tous aux caractéristiques suivantes : couplage H. T. étoile — B. T. zig-zag.

Type intérieur à refroidissement naturel dans l'huile avec conservateur et indicateur de niveau d'huile ; thermomètre à cadran avec contact à maximum de température réglable pour la commande de signaux optique et acoustique et du disjoncteur ; relais Buchholz à 2 contacts actionnant des signaux et, en cas de danger, provoquant le déclenchement du disjoncteur ; commutateur H. T. à 3 positions pour le réglage de la tension à  $\pm 6\%$ . Tous les transformateurs sont protégés sur la haute et sur la basse tension par des disjoncteurs dans l'huile.

Chaque transformateur est logé dans une cellule distincte construite de manière à assurer une ventilation efficace. Le fond de chaque cellule est muni d'un avaloir de décharge aboutissant à une fosse pour récolter l'huile enflammée en cas de destruction du transformateur. L'incendie du transformateur se trouve donc localisé et des clapets ou siphons empêchent tout retour de flamme vers les autres cellules. Dans de telles conditions d'installation, ces appareils présentent une sécurité de service quasi absolue.

3) *Redresseur.* — Le redresseur est capable de débiter 400 A sous 220 V. Il comporte une ampoule de verre, un ventilateur, les dispositifs d'amorçage, d'entretien de l'arc aux faibles intensités, et de sécurité.

Il est alimenté par un transformateur statique triphasé muni d'un adducteur réglable en charge sur la haute tension.

Les caractéristiques de ce transformateur sont les suivantes :

Puissance moyenne en marche continue : 153 kVA.

Couplage étoile, double zig-zag.

Rapport de transformation :  $6300 \pm 10\% / 6 \times 190$  V.

### III. — Institut du Génie Civil

L'installation comporte :

a) *La distribution d'éclairage général* sur laquelle est greffée une commande à distance d'éclairage réduit à partir de la loge du concierge. Cet éclairage réduit est destiné à éclairer les passages, halls, cages d'escaliers, servitudes, etc... d'une façon indépendante et centrale, de manière à n'être, en aucun cas, livré à la merci des usagers. Il présente de plus l'avantage de pouvoir être commandé d'une seule salle.

La puissance installée est d'environ 150 kVA.

Le câblage est réalisé de la manière suivante :

Deux feeders partent de la salle du tableau général basse tension et aboutissent à 2 centres d'alimentation situés sur une boucle comportant également 4 points de sectionnement. De ces centres d'alimentation et points de sectionnement, s'élèvent six colonnes alimentant les tableaux divisionnaires des divers étages. Le Laboratoire d'Hydraulique et ses dépendances ainsi que le bâtiment isolé sont alimentés par 2 câbles indépendants.

*Les tableaux divisionnaires* des étages ont été encastrés entièrement dans les murs. Cette solution présente de multiples avantages. D'abord au point de vue esthétique, les tableaux sont pratiquement invisibles et n'encombrent pas les salles. En second lieu, l'accessibilité est assurée aussi bien du côté face que du côté arrière. De plus, le montage du tableau lui-même peut être entièrement exécuté en usine, ce qui permet une belle exécution des connexions et barres ; seuls, les raccordements aux départs sont à effectuer lors du montage sur place.

L'éclairage proprement dit est presque entièrement réalisé par des diffuseurs type « boule » à suspension tubulaire. Pour l'éclairage de salles de dessin, l'éclairage semi-indirect a été adopté. L'éclairage indirect a été proscrit par suite de l'entretien constant et méticuleux qu'il nécessite si l'on a égard à l'importance du rendement lumineux.

Pour les ateliers, l'éclairage direct par réflecteurs était tout indiqué.

L'éclairage du Laboratoire d'Hydraulique est entièrement latéral afin d'éviter les reflets gênants provenant de réflecteurs placés au plafond.

Les salles de collections et halls sont pourvus d'un éclairage uniforme.

Citons enfin l'éclairage des grands auditoriums comportant des réflecteurs encastrés dans le plafond dans le but d'éviter une trop forte dispersion du flux lumineux dans les plans verticaux (écran et fenêtres). Un gradateur commandé de la salle de projection permet de réduire l'intensité lumineuse jusqu'à une valeur suffisamment faible pour ne pas gêner les projections, tout en étant suffisante dans le plan horizontal pour permettre aux auditeurs de prendre des notes ou de consulter un programme, etc.

En résumé, l'éclairage dont la réussite revêtait une importance capitale pour ce bâtiment, fut entièrement étudié par la direction technique, laquelle s'inspira d'ailleurs, pour sa réalisation, des principes suivants : sobriété, haut rendement, minimum d'entretien.

b) *La distribution force motrice* comporte un réseau de câbles alimentant divers tableaux répartis principalement dans les locaux du niveau du parc et du rez-de-chaussée. Parmi ces tableaux, se trouve celui qui commande les stations de pompage de l'eau de Meuse. Les pompes y sont mises en marche à distance, soit par des flotteurs installés dans la citerne de la Centrale, soit manuellement

par les poussoirs du pupitre de manœuvre de la Centrale.

Citons enfin la distribution alimentant les circuits de commande des stores et tableaux noirs des auditoires ; les circuits à 4 V du Laboratoire de Photogrammètrie, etc...

c) *L'éclairage de secours* est mis automatiquement en service, lors d'une panne ou d'une baisse anormale de la tension du tableau général par un relais à minima de tension et un contacteur.

L'éclairage de secours comporte une distribution indépendante à 110 V bouclée et munie de points de sectionnement et de tableaux de dispersion placés à côté des tableaux d'éclairage général du niveau du parc et faisant corps avec ceux-ci.

L'éclairage de secours est alimenté par une batterie d'accumulateurs composée de 62 éléments de 480 ampères-heure. Cette batterie sert également à l'éclairage permanent des locaux du concierge et aux circuits de signalisation et de commande de la sous-station.

d) *La ventilation* faisant partie d'un autre chapitre ne sera pas décrite ici. Les lignes alimentant les ventilateurs prennent simplement leurs départs sur les tableaux d'éclairage ; les faibles puissances requises (1/3 CV environ) autorisaient cette solution.

e) La sous-station est équipée de 2 transformateurs de 100 kVA de puissance nominale. Une cellule de réserve est prévue pour un troisième transformateur.

#### IV. — Institut de Chimie et de Métallurgie

L'installation comporte :

- a) la distribution d'éclairage général,
- b) la distribution d'éclairage de secours,
- c) la distribution force motrice courant alternatif,
- d) la distribution force motrice pour ventilateurs et appareils de conditionnement de l'air,
- e) la distribution force motrice courant continu,
- f) les distributions diverses de courant de batteries d'accumulateurs.

a) *La distribution d'éclairage général* est analogue à celle de l'Institut du Génie Civil avec cette principale différence qu'elle comporte 4 centres d'alimentation au lieu de 2 ; la puissance installée est d'environ 200 kVA.

b) *La distribution d'éclairage de secours* comporte un tableau général qui alimente 9 tableaux divisionnaires répartis dans les sous-sols. De ces tableaux partent les circuits alimentant directement les lampes.

c) *La distribution force motrice* comporte notamment des tableaux importants devant alimenter des installations semi-industrielles de fours électriques (à arc, à haute fréquence, etc...), des étuves, ainsi que des moteurs et diverses machines-outils.

La description des divers appareils alimentés ne peut être entreprise sans sortir du cadre de cet

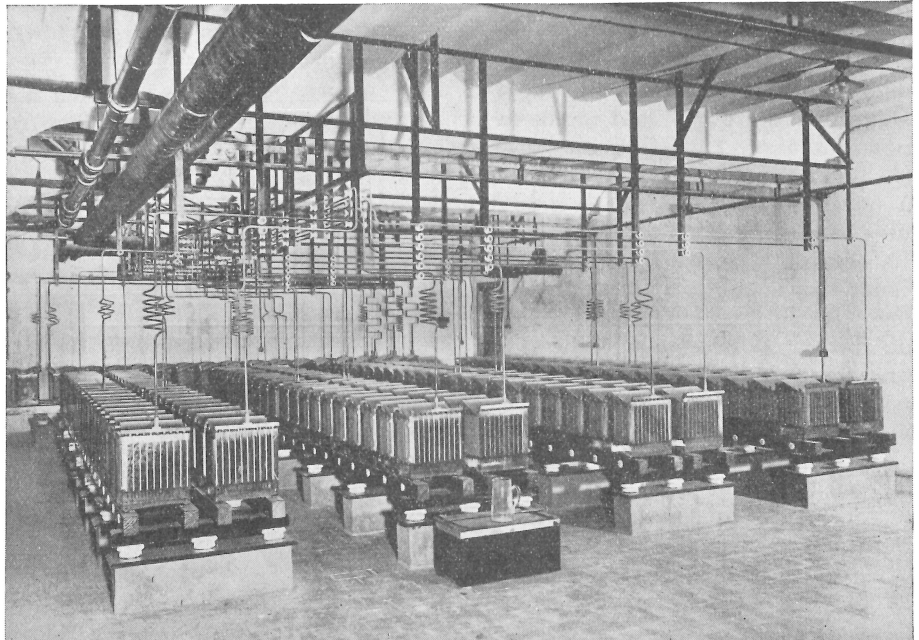


Fig. 4. — Institut de Chimie et de Métallurgie. Salle des batteries de Physico-chimie.

article. Les lecteurs qui s'intéresseraient à ces questions devront s'adresser aux services des divers professeurs.

d) *Force motrice pour ventilation*. — En raison du nombre considérable de laboratoires de chimie et de métallurgie, une ventilation efficace s'avérait nécessaire. Pour assurer aux ventilateurs une grande sécurité de fonctionnement, l'installation d'un réseau spécial de ventilation fut décidée. Cette solution rend la marche des ventilateurs absolument indépendante des conditions de fonctionnement des réseaux d'éclairage et de force motrice.

La distribution « ventilation » est constituée par une boucle alimentée par 4 feeders à partir des colonnes vers les tableaux de dispersion des divers étages.

f) *Les distributions de courant de batterie d'accumulateurs* comportent :

1° La batterie de Physico-chimie de 200 éléments de 540 Ah scindée en 5 groupes de 40 éléments.



Un de ces groupes est, en outre, constitué de plusieurs sections de 1,2 et 8 éléments pour les débits sous faible tension. L'installation est complétée par un tableau de manœuvre pour les débits en série-parallèle, série ou parallèle, un commutateur suisse de grande dimension d'où partent les câbles vers les tableaux situés dans les laboratoires.

2° La batterie de Chimie physique de 120 éléments de 540 Ah composée de 3 groupes de 40 éléments.

Cette installation comporte également des tableaux de manœuvre pour les débits en série, série-parallèle, parallèle et un départ à 4 conducteurs vers les laboratoires du dit service.

3° Une batterie d'Électrochimie de 120 éléments de 540 Ah composée de 3 groupes de 40 éléments. Deux de ces groupes sont munis de prises multiples pouvant assurer le débit sous des tensions diverses (4, 8, 12, 16... 80 V). Ces prises sont raccordées à un important faisceau de câbles qui alimentent un commutateur suisse sous les tensions indiquées. Le commutateur suisse se trouvant à grande distance des batteries (par suite de l'impossibilité de loger les batteries à proximité), une commande à distance a été nécessaire. Celle-ci est combinée avec une signalisation concentrée sur un schéma lumineux qui renseigne à tout instant sur l'état de service des batteries, inverseurs, conducteurs et câbles.

Cette installation est complétée par un tableau de contacteurs et un réseau étendu de câbles assure la fourniture du courant aux laboratoires sous les multiples tensions désirées.

4° Une batterie du service général de 120 éléments de 360 Ah destinée principalement à l'éclairage de secours.

Un tableau et un groupe de charge sont communs à cette batterie et à celle décrite sous le 3°.

En résumé, une installation très complexe dont la description détaillée ne peut être entreprise ici.

g) La sous-station comporte 2 transformateurs de puissance nominale de 200 et de 300 kVA pour la distribution à courant alternatif et 1 transformateur de 153 kVA pour l'alimentation du redresseur. Le tableau général B. T. est divisé en 3 sections : courant alternatif, courant continu, panneaux comptage.

L'emplacement du local de la sous-station, excentré par rapport aux axes de symétrie du bâtiment, occupe néanmoins le centre de gravité des gros consommateurs de courant.

## V. — Eclairage du parc

Dans un but démonstratif, l'éclairage du parc est réalisé de 3 façons différentes :

- a) Eclairage à incandescence : parc Abbaye ;
- b) Eclairage par lampes à décharge dans la vapeur de mercure à haute pression : grand parc ;
- c) Eclairage blanc (combinaison des 2 précédents) : chantier expérimental : cour d'entrée de la centrale.

a) Il n'y a rien à dire de l'éclairage ordinaire à incandescence trop connu et qui n'est installé que dans le but de servir de témoin.

b) L'éclairage par lampes à vapeur de mercure haute pression présente sur l'éclairage à incandescence les grands avantages suivants :

1) A égalité de consommation, le flux lumineux est approximativement le double ;

2) L'éblouissement est réduit au minimum avec comme conséquence directe une visibilité extraordinaire des objets éclairés, même sous l'incidence d'un flux lumineux réduit. En effet, à la lueur de ces lampes, les contours des objets se présentent avec une netteté comparable à celle d'un cliché photographique obtenu avec petit diaphragme et écrans colorés.

c) L'éclairage blanc est obtenu par combinaison d'une lampe à vapeur de mercure et d'une lampe à incandescence ordinaire ; chacune de ces lampes produisant le même flux lumineux.

Cet éclairage reconstituant à peu de chose près la lumière du jour convient pour l'éclairage des lieux où la perception exacte des couleurs est nécessaire.

L'éclairage du parc comporte également les caissons lumineux des escaliers d'entrée.

Le réseau est triphasé à 4 fils et est alimenté sous une tension de 380/220 V par un petit transformateur élévateur de tension. Il est commandé de la Centrale à la main ou par un interrupteur horaire à 2 allumages et 2 extinctions par nuit.